



Kund: Kungälv kommun

Projekt: Riskutredning för detaljplan Ytterby-Tunge 2:72 m.fl.

Projektnummer: 789956

Riskutredning

Uppdragsledare
Oscar Lindén
Telefon
010-505 84 94
Mobil
073-074 87 74
E-post
oscar.linden@afry.com

Datum
23/10/2020
Projekt ID
789956
Beställare
Ida Andersson
E-post
ida.andersson2@kungalv.se

Kund
Kungälv kommun

Riskutredning för detaljplan Ytterby-Tunge 2:72 m.fl., Kungälv kommun

Uppdragsledare/Handläggare: Oscar Lindén
Intern kvalitetsgranskning: Sohrab Nassiri

Riskutredning

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	8
1.1	Bakgrund och syfte	8
1.2	Avgränsningar	8
2	Metod	9
2.1	Programvara	9
2.2	Styrande lagstiftning och riktlinjer	10
2.3	Kvantitativa riskmått	12
2.3.1	Individrisk	12
2.3.2	Samhällsrisk	12
2.4	Risikvärdering	13
3	Skyddsvärda objekt	15
3.1	Beskrivning av planområde	15
3.2	Persontäthet	15
4	Riskobjekt	18
4.1	Marstrandsvägen (väg 168).....	18
4.1.1	Trafikuppgifter vägtransporter.....	18
4.1.2	Fördelning av farligt gods vägtransporter	19
4.2	Bohusbanan	21
4.2.1	Trafikuppgifter järnvägstransporter.....	21
4.2.2	Fördelning av farligt gods på järnväg.....	22
4.3	Olycksscenario vid transport farligt gods.....	24
4.4	Sammanfattning olycksscenario	28
5	Risikanalys	29
5.1	Individrisk	29
5.1.1	Väg 168.....	29
5.1.2	Bohusbanan	29
5.1.3	Planskild korsning av Bohusbanan och väg 168.....	29
5.1.4	Sammanfattning individriskavstånd.....	30
5.2	Samhällsrisk	31
6	Kvalitativ osäkerhets- och känslighetsanalys.....	34
6.1	Känslighetsanalys	34
6.1.1	Antal transporter/sannolikhet för olyckor Fel! Bokmärket är inte definierat.	
6.1.2	Persontäthet och konsekvenser ... Fel! Bokmärket är inte definierat.	
6.2	Osäkerhetsanalys.....	34
6.2.1	Antal transporter/sannolikhet för olyckor	35

Riskutredning

6.2.2	Konsekvenser	35
7	Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder	37
7.1	Säkerhetshöjande åtgärder	37
7.1.1	Åtgärder avseende väg 168	37
7.1.2	Åtgärder avseende Bohusbanan.....	38
8	Slutsatser.....	39
9	Referenser.....	40
Beräkningsbilaga		

Riskutredning

Dokumenthistorik

Ver.	Status	Datum
A	Granskningsversion	2020-10-02
B	Reviderad version	2020-10-23

Riskutredning

Sammanfattning

I Kungälv kommun pågår en detaljplaneprocess som ämnar exploatera fastigheten Ytterby-Tunge 2:72 m.fl. med bostäder, förskola och mindre verksamheter. Planområdet är beläget i nordvästra delen av Ytterby, norr om den planskilda korsningen av väg 168/Marstrandsvägen och Bohusbanan, vilka båda är leder för farligt gods. Av denna anledning har markens lämplighet avseende personrisker till följd av transporter av farligt gods undersökts kvantitativt.

Relativt ringa mängder transporter genomförs på transportlederna. Individrisknivån är acceptabel på avstånd längre än 25 meter från väg 168 och 30 meter ifrån den planskilda korsningen med Bohusbanan. På kortare avstånd är individrisknivån inom lägre ALARP-området, vilket medför att säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas. Från Bohusbanan är individrisken att betrakta som acceptabel.

Samhällsrisknivån är acceptabel för området om bostadshusen placeras på avstånd om 50 meter eller längre från Bohusbanan. Om de närmsta bostadshusen istället placeras på 30 eller 20 meters avstånd når samhällsrisknivån för planområdet som helhet upp i lägre ALARP-området, vilket medför att säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas. Skillnaden i risknivå mellan en gräns på 30, och 20 meter är marginell.

Transporter av giftig och brandfarlig gas på Bohusbanan bidrar mest till risknivån inom området. På korta avstånd från respektive transportled har emellertid brandfarlig vätska stort riskbidrag. Föreslagna säkerhetshöjande åtgärder prioriteras därav mot olyckor och skadehändelser med dessa ämnen.

Trafikverkets planer på en ny väg som ansluter till E6 norr om planområdet skulle kunna medföra förändrade trafikflöden förbi planområdet. Antalet målpunkter för de transporter som genomförs på väg 168 är mycket få och det har bedömts att projektet torde ha en begränsad inverkan på planområdets risker avseende farligt gods.

Lokala önskemål om utvidgning till dubbelspår för Bohusbanan har inte bedömts ha påverkan på planområdets risknivåer då nyttjandet redan idag är långt under maxkapaciteten för järnvägen. Dock skulle ett ytterligare säkerhetsavstånd om 10 meter tillkomma då den eventuella utbyggnaden av spåret gör att det kommer fysiskt närmare planområdet. Detta inkluderas inte i föreslagna planbestämmelser men bör hanteras på lämpligt sätt framgent i detaljplaneprocessen.

Om följande planbestämmelser vidtas bedöms föreslagen exploatering vara lämplig och acceptabel ur ett personriskperspektiv:

- Inga bostadshus placeras inom 25 meter från väg 168.
- Inom 25 meter från väg 168 ska verksamheternas fasad som vetter åt sydväst (mot väg 168) utformas i brandteknisk klass EI30 eller högre.
- För verksamheter inom 25 meter från väg 168 ska minst en (1) entré eller utrymningsväg finnas som vetter åt nordost (bort från vägen).
- För verksamheter inom 25 meter från väg 168 ska friskluftsintag placeras på nordostlig fasad (riktas bort från väg 168).
- Bostadsbebyggelse rekommenderas på avstånd av 20 meter eller längre från Bohusbanan.

Riskutredning

- För bostadshus inom 50 meter från Bohusbanan ska friskluftsintag placeras på tak eller högt på fasad som vetter åt nordväst (bort från Bohusbanan).
- För bostadshus inom 50 meter från Bohusbanan ska minst en (1) entré eller utrymningsväg finnas som vetter åt nordväst (bort från Bohusbanan).
- För bostadshus inom 30 meter från Bohusbanan ska byggnadernas fasad som vetter åt sydost (mot Bohusbanan) utformas i brandteknisk klass EI30 eller högre.

Riskutredning

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

I Kungälv kommun pågår en detaljplanprocess som ämnar exploatera fastigheten Ytterby-Tunge 2:72 m.fl. med bostäder, förskola och mindre verksamheter. Planområdet är beläget i nordvästra delen av Ytterby tätort (ca 5 km sydväst om Kungälv centrum), norr om den planskilda korsningen av väg 168/Marstrandsvägen och Bohusbanan, vilka båda är transportleder för farligt gods. Av denna anledning behöver personriskerna avseende transporter av farligt gods utredas för att möjliggöra exploatering, vilket är syftet med denna riskutredning. Vid behov kommer också lämpliga riskreducerande åtgärder föreslås.

1.2 Avgränsningar

Riskutredningen omfattar planärendet för fastigheten Ytterby-Tunge 2:72 och Ytterby-Tunge 2:3 (Västra Tunge).

Utredningen avgränsas till att beakta påverkan på människors hälsa från oavsiktliga olyckor med farligt godstransporter på 168/Marstrandsvägen och Bohusbanan. Risker från andra riskobjekt, såsom industrier eller drivmedelsstationer, har ej beaktats i riskutredningen.

De kvantitativa beräkningarna omfattar olyckor med påverkan på människor så att dessa förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks ej. Med olyckor menas i denna rapport händelser som resulterar i en konsekvens där människors hälsa kan påverkas negativt, men där ingen avsikt har funnits från någon ingående aktör att åsamka skada. Händelseförlopp där istället avsikten är att medvetet skada människor, så kallade antagonistiska händelser, omfattas ej av föreliggande utredning.

Då exploaterings utformning inte är exakt bestämd kan byggnadsplaceringar justeras och skilja sig i viss utsträckning i jämförelse med aktuell skiss (2020-07-01). Därav kommer samhällsriskmättet att beräknas för tre olika placeringar, 50 meter ifrån Bohusbanan (benämnt utvecklingsalternativ) samt 30 och 20 meter ifrån Bohusbanan (benämnda känslighetsanalyser).

Vidare tas ingen hänsyn till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering eller materiella skador inom området (om inte dessa i sin tur kan innebära en personrisk).

Riskutredning

2 Metod

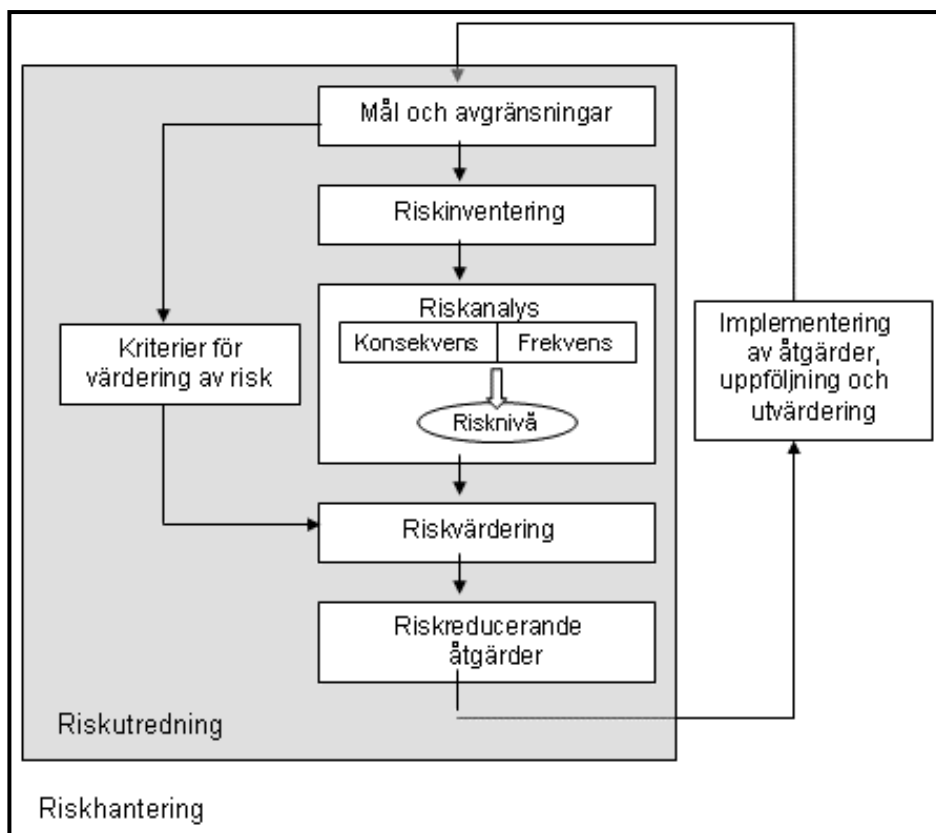
Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Inledningsvis bestäms de **mål och avgränsningar** som gäller för den aktuella riskutredningen. Även principer för hur risken värderas ska fastställas.

Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarioer presenteras i en så kallad olyckskatalog.

I **riskanalysen** analyseras sedan de identifierade olycksscenarioerna avseende deras konsekvenser och sannolikhet. Riskanalysen kan göras kvalitativt eller kvantitativt beroende på omfattningen av riskutredningen.

I **riskvärderingen** jämförs resultatet från riskanalysen med principer för värdering av risk för att avgöra om risken är acceptabel eller ej. Utifrån resultatet av riskvärderingen undersöks behovet av **riskreducerande åtgärder**.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Processen åskådliggörs i Figur 2-1 nedan.



Figur 2-1. Riskhanteringsprocessen.

2.1 Programvara

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands

Riskutredning

Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Frekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves (TNO Purple Book, 2005b). Där dessa frångås nämns detta uttryckligen. Beräkningarnas konsekvensmodelleringar är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista. Verktygets fördelar är att olika modeller kan byggas upp och beräknas relativt snabbt. Det är också enkelt att plocka ut relevanta och tydliga resultat i tabeller, grafer och kartbilder.

2.2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

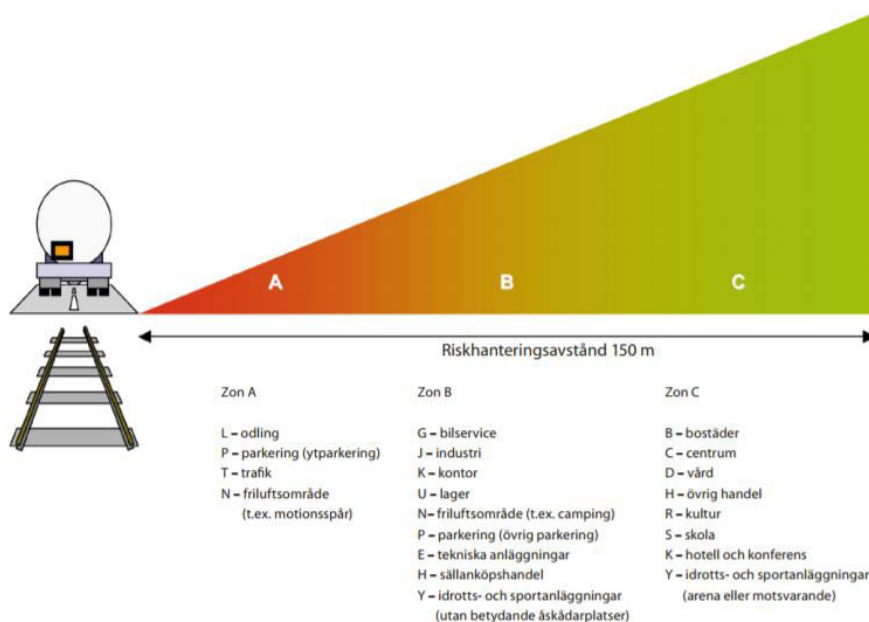
Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, plan- och bygglagen (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). I plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk ska utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser. I miljöbalken anges att när val av plats sker för en verksamhet ska det göras med hänsyn till olägenheter för människors hälsa och miljön.

Det anges i lagtext inte i detalj hur riskanalyser ska genomföras och vad de ska innehålla. På senare tid har därför riktlinjer, kriterier och rekommendationer givits ut av länsstyrelser och myndigheter gällande vilka typer av riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. Riktlinjer beskriver skyddsavstånd för olika markanvändning som kan användas vid planering.

I denna utredning används Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands gemensamma riktlinjer *Riskhantering i detaljplaneprocessen*, (Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län, 2006). Det svenska vägnätet för transport av farligt gods består av två delsystem; dels det primära vägnätet där de största mängderna och de flesta typerna av farligt gods transporteras och som används för genomfartstrafik, och dels det sekundära vägnätet som är tänkt som ett lokalt vägnät som inte bör användas för genomfartstrafik. I figuren visas riktlinjen presenterad av Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland som gäller för primära och sekundära transportleder. Järnvägar där godstrafik förekommer bör ses som del av det primära nätet för farligt gods- leder.

Riktlinjen redogör för olika typer av markanvändning för de tre zonerna där zon A är närmast och zon C är längst ifrån farligt gods-leden i det aktuella planområdet. Den genomgående tanken är att verksamheter och markanvändning som är förknippad med en stor persontäthet skall befinna sig så långt bort från farligt gods-leden som rimligen kan vara möjligt för att minska individ- och samhällsriskerna för tredje person.

Riskutredning



Figur 2-2 Zonindelning enligt Västra Götalands Länsstyrelse. Avstånden gäller från väg- och rälskant (Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län, 2006).

Riskutredning

2.3 Kvantitativa riskmått

Inom samhällsplanering kan kvantitativ riskanalys användas om riktlinjer liknande de som beskrivs ovan inte finns eller om sådana riktlinjer på något sätt frångås. En kvantitativ riskanalys brukar innebära att två olika riskmått beräknas och sedan jämförs med vedertagna kriterier. Riskmått är individrisk och samhällsrisk. Riskmått skiljer sig på så sätt att individriskkriterier syftar till att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risker. Samhällsrisk å andra sidan syftar till att säkerställa att ett område (allt ifrån ett bostadsområde till samhället i stort) som en helhet inte utsätts för oacceptabla risker.

2.3.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk och oskyddad individ som kontinuerligt befinner sig på en plats ska omkomma på ett visst avstånd från ett riskobjekt, ofta utomhus (Räddningsverket, 1997). Individrisken är rättighetsbaserad och tar ingen hänsyn till hur många individer som kan påverkas av skadehändelsen. Med rättighetsbaserad menas att alla individer har den personliga rättigheten att inte behöva utsättas för orimlig risk att omkomma.

Individrisken beräknas enligt:

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} \quad \text{formel 1a, 1b}$$

$$IR_{x,y,i} = f_i * p_{f,i}$$

Där f_i är frekvensen för sluthändelsen i . $p_{f,i}$ är sannolikheten för studerad konsekvens. Den antas, enligt ovan, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför effektzonen. Genom att summera individrisken för de olika sluthändelserna på olika avstånd från riskobjektet, kan individrisken för området presenteras.

2.3.2 Samhällsrisk

För samhällsrisk beaktas, förutom frekvenserna, även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet individer som omkommer vid olika skadescenarier. Då beaktas personbelastningen inom det aktuella området, i form av persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året. Samhällsrisk är ej rättighetsbaserad, utan utgår istället ifrån hur mycket sammanlagd risk ett samhälle kan tolerera.

Samhällsrisk beräknas enligt formel 2 nedan.

$$N_i = \sum_{x,y} P_{x,y} * p_{f,i} \quad \text{formel 2}$$

N_i står för antalet människor som utsätts för den studerade sluthändelsen i . $P_{x,y}$ är antalet individer i punkten x, y och $p_{f,i}$ definieras enligt individrisken ovan.

Samhällsrisk redovisas normalt i F/N-kurvor.

$$F_N = \sum_i F_i \quad \text{för alla sluthändelser } i \text{ för vilka } N_i \geq N \quad \text{formel 3}$$

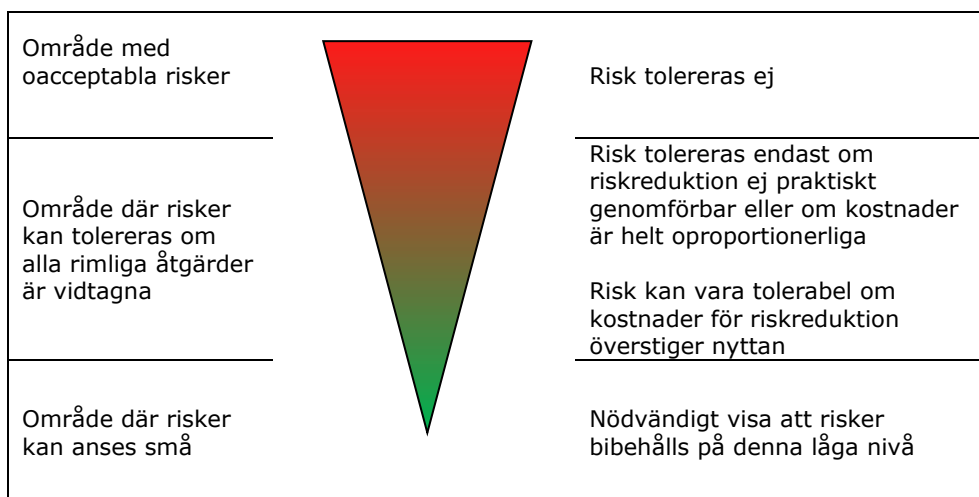
Riskutredning

F_N står för frekvensen av sluthändelser som påverkar N eller fler människor.

F_i är frekvensen för sluthändelse i . N_i definieras enligt ovan.

2.4 Riskvärdering

För att begreppen individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste dessa ställas i relation till kriterier för acceptabel risk. I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier (Räddningsverket, 1997) gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som frekvensen med vilken en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; tolerabla, tolerabla med åtgärd eller ej tolerabla, se Figur 2-3.



Figur 2-3. Princip för värdering av risk. Fritt från Räddningsverket (1997).

Följande förslag till tolkning föreslås:

- Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas där den riskreducerande effekten verifieras.
- De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-/nyttoanalys (CBA).
- De risker som kategoriseras som små kan värderas som acceptabla. Det är dock viktigt att visa att riskerna kommer fortsätta att vara acceptabla, att riskhanteringen framöver fortlöper och att åtgärder som kan införas utan kostnad också införs.

Riskutredning

Dessa förslag till kriterier för värdering av risk för industrier och transportleder har med tiden blivit vedertagna vid riskutredningar i Sverige. De liknar de kriterier som finns i flera andra länder i Europa. Kriterierna utformas som ett intervall med en övre gräns över vilken risker ej accepteras och en undre gräns under vilken risker är acceptabla. Mellan dessa gränser finns ett intervall som benämns ALARP enligt ovan. Gränserna ska dock inte uppfattas som ett svar på vad samhället faktiskt accepterar utan endast ett exempel på en metod att kvantifiera kriterierna.

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som små: 10^{-7} per år

Kriterierna för individrisk avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1

I motsats till individrisk beräknas samhällsrisken med avseende på de i undersökt område som faktiskt utsätts för risken. För transportleder föreslås kriterierna av Räddningsverket (Räddningsverket, 1997) gälla för en sträcka av 1 km och båda sidor av riskobjektet. Acceptanskriterierna för aktuellt område behöver därav anpassas till en sträcka av 500 meter och att planområdet endast är lokaliserat på en av riskobjektens sidor. Detta ger att övre gränsen startar på $F=2,5 \times 10^{-5}$ och att den undre startar på $F=2,5 \times 10^{-7}$.

Även följande fyra vägledande principer är allmänna utgångspunkter för värdering av risk:

Rimlighetsprincipen: Om det med rimliga tekniska och ekonomiska medel är möjligt att reducera eller eliminera en risk ska detta göras.

Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

Fördelningsprincipen: Risker bör, i relation till den nytta verksamheten medför, vara skäligt fördelade inom samhället.

Principen om undvikande av katastrofer: Om risker realiserats bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

Riskutredning

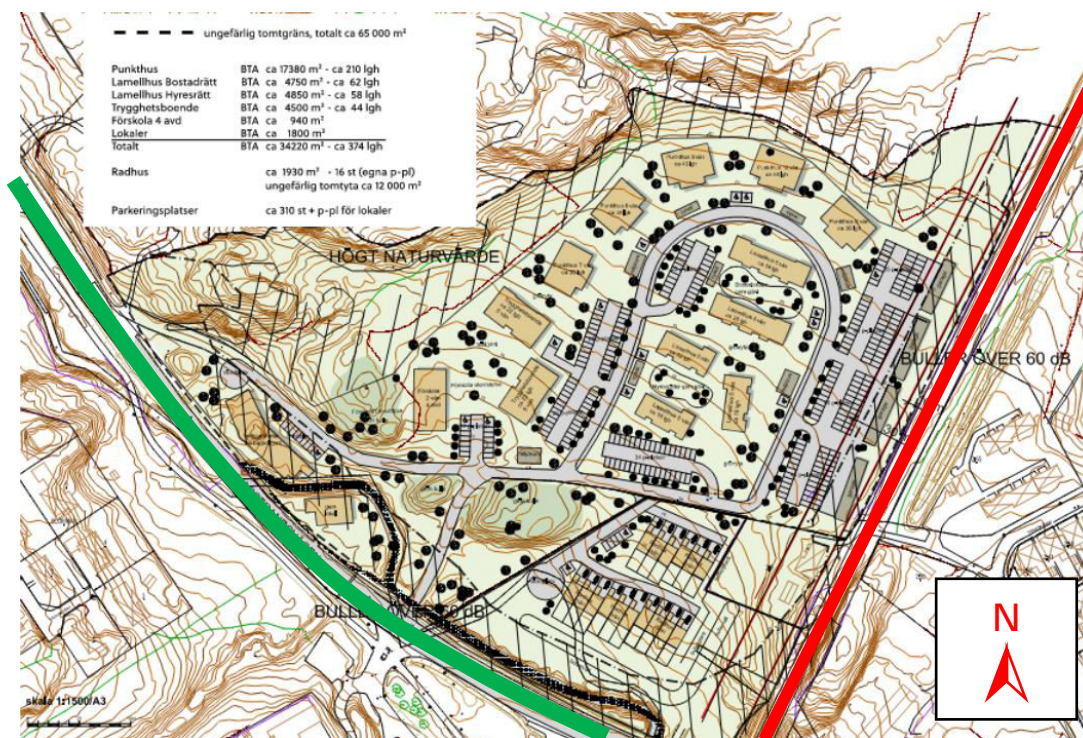
3 Skyddsvärda objekt

Denna riskutredning fokuserar på oavsiktliga olycksrisker för människors hälsa och säkerhet. Skyddsvärda objekt är personer som vistas inom planerad markanvändning, dvs. inom de planerade fastigheterna, både i och utanför byggnader.

3.1 Beskrivning av planområde

Planområdet är beläget i nordvästra delen av Ytterby tätort (ca 5 km sydväst om Kungälv centrum), norr om den planskilda korsningen av väg 168/Marstrandsvägen och Bohusbanan, se Figur 3-1. Idag består marken av grönytor och skogsmark. Planerad exploatering utgörs av ca 400 bostäder fördelat på flerbostadshus (lamell- och punkthus om 5-12 våningar), trygghetsboende och radhus, förskola samt yta för fåtal mindre verksamheter såsom bageri eller gym. Då exploateringen utformning inte är exakt bestämd kan byggnadsplaceringar justeras och skilja sig i viss utsträckning i jämförelse med skissen (2020-07-01) som syns i Figur 3-1.

Intill planområdet löper järnvägen Bohusbanan i öster och väg 168 (Marstrandsvägen) i sydväst. Sammanlagt finns därmed en komplex riskbild och ett stort antal skyddsvärda objekt att beakta. För att beräkna samhällsriskmåttet behöver personbelastningen i området uppskattas, vilket görs i nästkommande avsnitt.



Figur 3-1 Skiss (2020-07-01) över planområdet i befintligt skede. Det ska noteras att detaljer och placeringar av byggnader kan omarbetas framgent. I sydväst angränsar planområdet väg 168 (Marstrandsvägen) som syns i grönt och i öst angränsar planområdet järnvägen Bohusbanan (rött).

3.2 Persontäthet

För att kunna beräkna samhällsrisnivån används områdets persontäthet. Då exploateringen utformning inte är exakt bestämd kan byggnadsplaceringar justeras och skilja sig i viss utsträckning i jämförelse med aktuell skiss (2020-07-01). Därav kommer

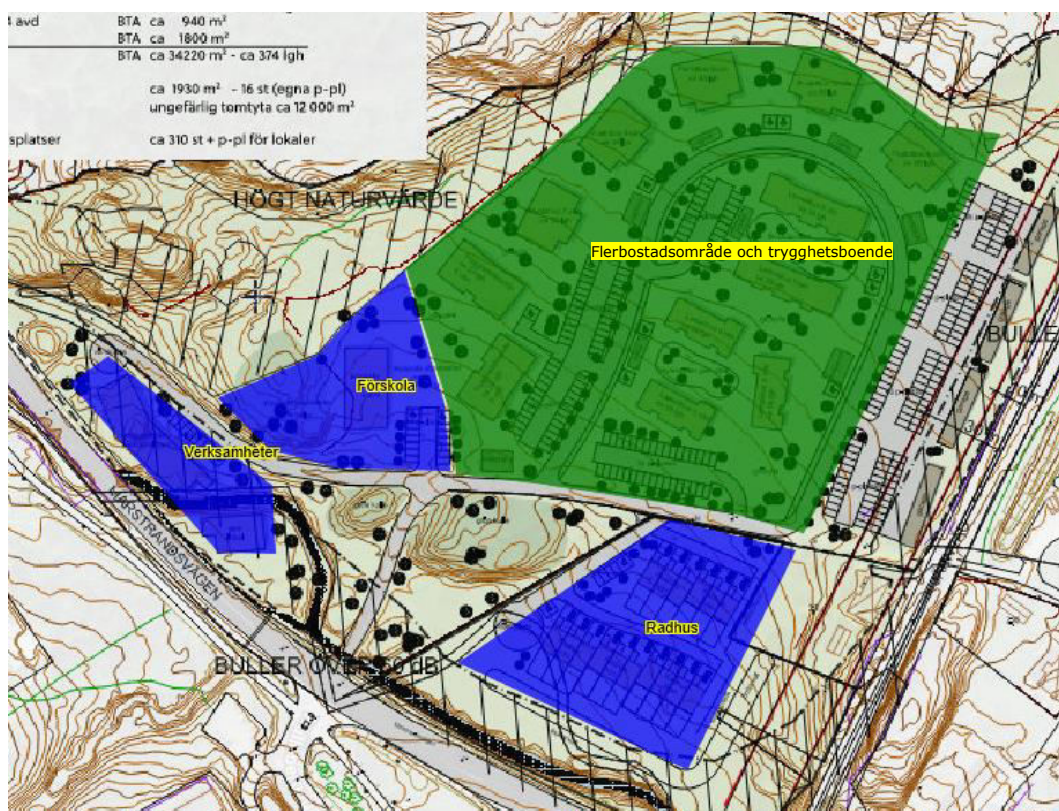
Riskutredning

samhällsriskmåttet att beräknas för tre olika placeringar, 50 meter ifrån Bohusbanan (benämnt utvecklingsalternativ) samt 30 och 20 meter ifrån Bohusbanan (benämnda känslighetsanalyser). Avståndet till närmsta bebyggelse modifieras men all övriga indata till persontätheten blir densamma.

I aktuellt skede planeras för 330 lägenheter och 16 radhus men även en förskola med 4 avdelningar samt mindre verksamheter såsom gym och bageri. Dessa antaganden är grundläggande för beräkning av persontätheten.

I beräkningsprogrammet Riskcurves definieras persontätheter med hjälp av befolkningspolygoner som har definierats enligt Figur 3-2. Då polygonernas utformning har inverkan på resultatet har följande grundförutsättningar ansatts:

- Hela det aktuella planområdet har inkluderats i beräkning.
- För sammanhållen bebyggelse har polygonerna inkluderat hela det aktuella området. Exempelvis hela området för flerbostadshus markerats med en (1) polygon.
- Fristående byggnadsverk där personer inte förväntas uppehålla sig stadigvarande har inte inkluderats.



Figur 3-2. Definition av befolkningspolygoner.

I Tabell 3-1 presenteras indata till respektive befolkningspolygon. Grundläggande antaganden är att det bor i snitt 2,7 personer per bostad i småhus och radhus samt 1,9 personer per bostad i flerbostadshus (Statistiska Centralbyrån, 2018). Vidare antas att 100 % av de boende vistas inom området på natten och 60 % på dagen. Fraktion inomhus/utomhus har antagits enligt (TNO Purple Book, 2005b) för bostäder och verksamheter. För förskolan antas fraktionen vara 50 %.

Riskutredning

Tabell 3-1: Personbelastning för respektive befolkningspolygon.

Befolkningspolygon	Person- belastning (dag natt)	Nyttjandegrad	Fraktion inomhus (dag natt)
Flerbostadshus	377 627	365 dagar/år	0,93 0,99
Radhus	27 44	365 dagar/år	0,93 0,99
Verksamheter	15 0	365 dagar/år	0,93 -
Förskola	100 0	Endast vardagar	0,50 -

Riskutredning

4 Riskobjekt

De identifierade riskobjekten som kommer analyseras vidare är Marstrandsvägen (väg 168) Bohusbanan. Riskobjekten och deras placering i förhållande till detaljplanen syns i Figur 4-1.



Figur 4-1 De identifierade riskobjekten i förhållande till detaljplanen. Väg 168 syns i rött och Bohusbanan syns i ljusgrönt.

4.1 Marstrandsvägen (väg 168)

Länsväg 168 löper mellan Marstrand och Kungälv. Befintlig väg 168 är varken en primär eller sekundär farligt godsled. Det finns emellertid inga föreskrifter gällande transporter av farligt gods för Kungälvs kommun, vilket medför att det inte förekommer några förbud för transport av farligt gods. Då väg E6 är en primär led för farligt gods och går förbi Kungälv förväntas dock endast transporter med lokala målpunkter förekomma på väg 168.

Sträckan förbi planområdet är relativt plan i längsgående led men lutar något in mot planområdet i tvärgående led.

4.1.1 Trafikuppgifter vägtransporter

I denna analys används dagens trafikmängder (Trafikverket, 2020) och räknas upp med trafikuppräkningsstal för personbilstrafik och lastbilstrafik till år 2040 (Trafikverket, 2018a). För en primär led för farligt gods skulle ÅDT farligt gods ha räknats ut som ca 5 % av ÅDT – tung trafik enligt (Trafikanalys, 2017). Då Marstrandsvägen inte utgör en rekommenderad led för farligt gods bedöms nationell statistik inte vara ett tillämpligt tillvägagångssätt för aktuell sträcka av väg 168 då det kraftfullt skulle överskatta risknivåerna. Istället gjordes en inventering av området längs väg 168 ut mot Marstrand där det framgick att inga större transportkrävande industrier återfinns i området västerut längs väg 168. Endast bensinstationer och mindre verksamheter och verkstäder bedöms kunna erfordra

Riskutredning

transporter av farligt gods. Genom att beräkna farligt gods-transporterna som 1 % av den tunga trafiken bedöms en rimlig konservativ skattning erhållas.

Trafiksiffrorna (ÅDT) för Marstrandsvägen förbi planområdet redovisas i Tabell 4-1 tillsammans med siffrorna för . Trafiksiffrorna gäller sammanlagt för båda riktningar och presenteras av Trafikverket som ett intervall. De högsta siffrorna har valts genomgående för att ta höjd för osäkerheter i modelleringen. De fetstilta värdena i tabellerna används vid frekvensberäkning.

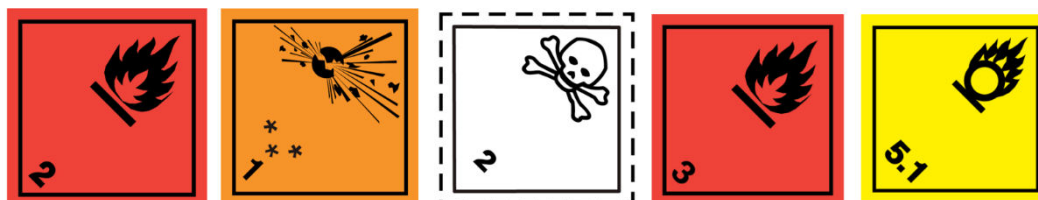
Tabell 4-1 Marstrandsvägen – ÅDT total, tung trafik och farligt gods transporter för nuläget och framtidsprognos 2040.

År	ÅDT – total	ÅDT – tung trafik	ÅDT – farligt gods
Nuläge	12 000	800	8
2040	15 600	1 312	13

Frekvensen för olycka med farligt gods längs vägen förbi området beräknas sedan enligt metod som beskrivs i beräkningsbilagan till en grundfrekvens av $2,4 \cdot 10^{-3}$ per år, vilket motsvarar en sådan olycka ungefär var 410:e år.

4.1.2 Fördelning av farligt gods vägtransporter

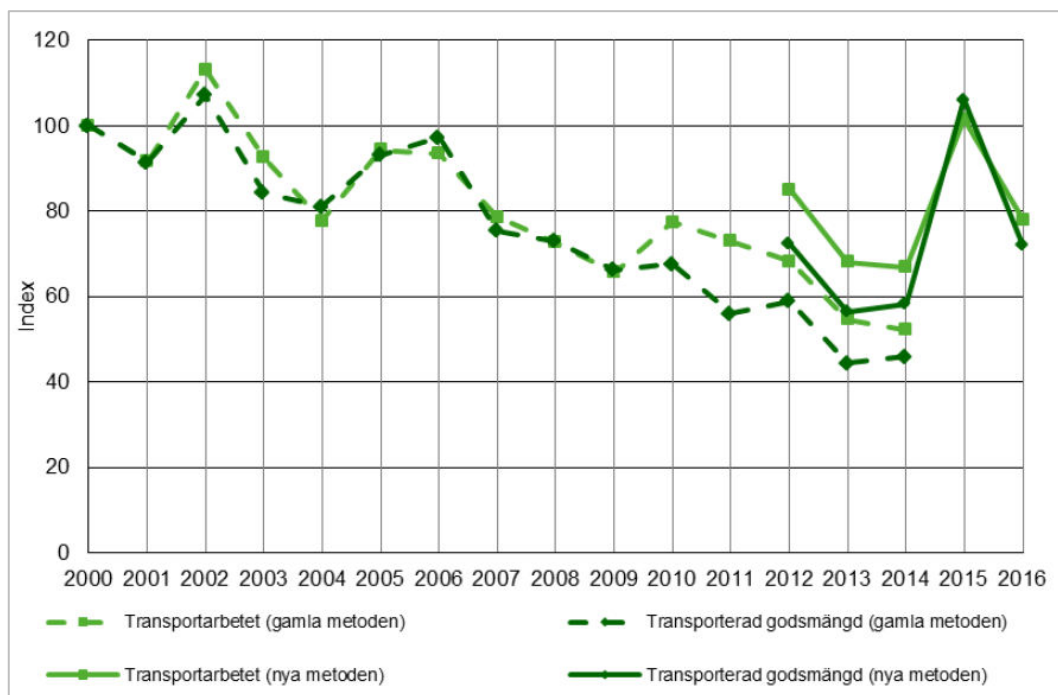
Farligt gods på väg och järnväg delas in i nio olika klasser (ADR) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterna in i dessa klasser även i denna rapport.



Figur 4-2: Exempel på skyttning för några ADR-klasser: 2.1 Brandfarlig gas, 1 Explosiva ämnen, 2.3 Giftig gas, 3 Brandfarlig vätska, 5.1 Oxiderande ämnen.

År 2000 transporterades 15,4 miljoner ton farligt gods på vägar i Sverige och år 2016 var motsvarande siffra 11 miljoner ton. Även transportarbetet minskade under samma period från 2,0 miljarder tonkilometer till 1,6 miljarder tonkilometer inom Sverige. Det totala transportarbetet inom Sverige 2016 var 39,6 miljarder tonkilometer, dvs. transportarbetet omfattande farligt gods utgjorde ca 5 % av det totala transporterade godset. Hur utvecklingen av transporter av farligt gods sett ut sedan 2000 fram till 2016 redovisas i Figur 4-3, (Trafikanalys, 2017).

Riskutredning



Figur 4-3. Inrikes lastad godsmängd och godstransportarbete (tonkilometer) med svenska lastbilar fördelat på ADR/ADR-S-klassificering år 2000 till 2016. Index (år 2000=100) (Trafikanalys, 2017).

Då väg 168 inte utgör en rekommenderad led för farligt gods bedöms en fördelning baserad på nationell statistik inte vara passande. En inventering av området längs väg 168 ut mot Marstrand visar att inga större industrier återfinns i området utan endast bensinstationer och mindre verksamheter och verkstäder. Till största delen utgörs transporterna rimligtvis av drivmedelstransporter till Marstrand. På sommaren återfinns en stor andel småbåtar i området varför transporterna kan antas variera med säsongen på året.

Den höga andelen drivmedelstransporter på väg 168 verifieras av Räddningsverkets (dåvarande MSB) statistik från 2006. Baserat på denna undersökning av farligt godsflöden (i ton) i september 2006 anges att klass 3 (Brandfarlig vätska) stod för ca 42 % av totala farligt godsmängden, klass 8 (Frätande vätskor) och klass 9 (Övriga farliga ämnen och föremål) för ungefär 29 % vardera (Statens Räddningsverk, 2006). Undersökningen anger dock andelen av transportmängden och inte antal transporter. Detta måste dock antas vara likställt för att kunna komma fram till en fördelning. För att ta höjd för osäkerheter i antaganden och säsongvariationer skattas andelen klass 3 konservativt (högre) än vad undersökningen visar medan klass 8 och klass 9 istället skattas lägre. Anledningen till detta är att de två senare inte bedöms medföra skador på en angränsande fastighet så att personer kan tänkas omkomma. Antaganden enligt Tabell 4-2 kommer att användas i beräkningarna.

Tabell 4-2 Fördelning av farligt gods på väg 168.

Klass	Typ av farligt gods	Fördelning enligt Räddningsverket 2006 [%]	Fördelning som används i beräkning [%]
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	0 %	0 %

Riskutredning

Klass 2.1	Brandfarliga gaser	0 %	0 %
Klass 2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	0 %	0 %
Klass 2.3	Giftiga gaser	0 %	0 %
Klass 3	Brandfarliga vätskor	42 %	80 %
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0 %	0 %
Klass 4.2	Självantändande ämnen	0 %	0 %
Klass 4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	0 %	0 %
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	0 %	0 %
Klass 5.2	Organiska peroxider	0 %	0 %
Klass 6.1	Giftiga ämnen	0 %	0 %
Klass 6.2	Smittsamma ämnen	0 %	0 %
Klass 7	Radioaktiva ämnen	0 %	0 %
Klass 8	Frätande ämnen	29 %	10 %
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	29 %	10 %
Totalt		100 %	100 %

4.2 Bohusbanan

Bohusbanan utgör ett elektrifierat enkelspår förbi planområdet. Efter att banan rustats upp under 1990-talet tillåts hastigheter (STH) om 140 km/h. Godståg förväntas dock inte framföras rent allmänt snabbare än mellan 70 – 140 km/h på grund av en sämre bromsförmåga än persontåg. Sträckan är vidare fjärrstyrd och sträckan är försedd med ATC-systemet (Automatic Train Control) (Järnväg.net, 2020).

4.2.1 Trafikuppgifter järnvägstransporter

Enligt Trafikverkets framtidsprognos för Bohusbanan kommer sträckan förbi Kungälv trafikeras mycket begränsat av godståg år 2040. Man förväntar sig i genomsnitt 3 godståg och 70 persontåg per dygn och (Trafikverket, 2020). Detta motsvarar ca 1100 godståg och 25600 persontåg per år. Antalet transporter år 2040 enligt Trafikverkets utvecklingsprognos avrundas uppåt till närmsta tusental för att ta höjd för osäkerheter i prognosen.

Tabell 4-3. Antalet gods- och persontåg per år enligt Trafikverkets prognos (Trafikverket, 2020).

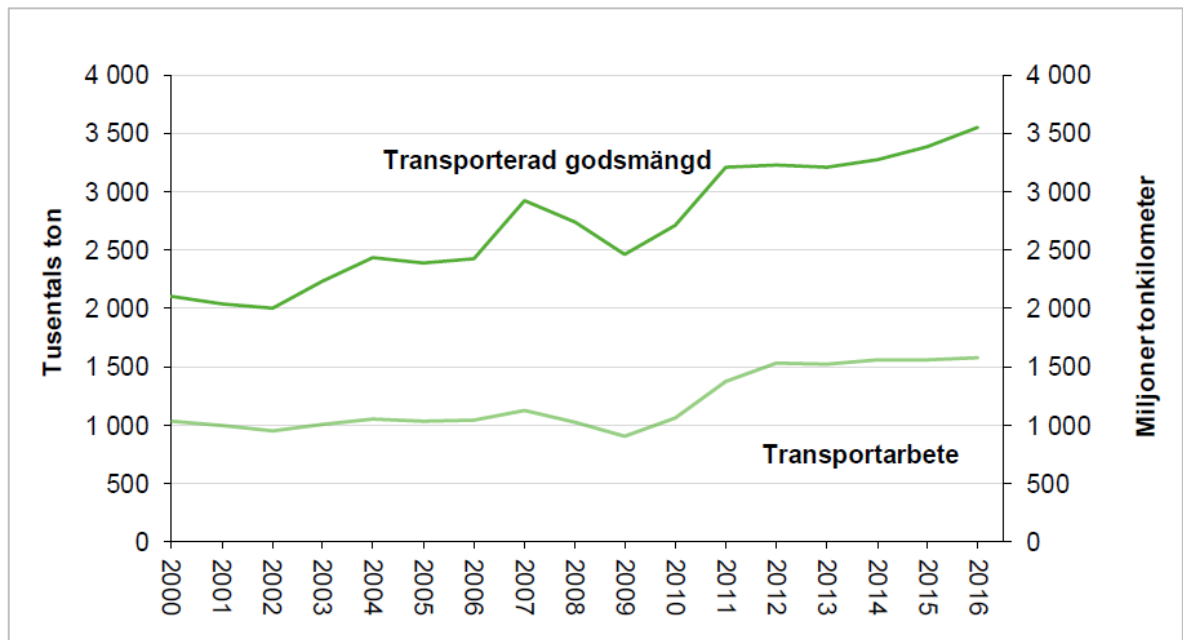
Tågtyp	Antal tåg per år
Godståg	1100
Persontåg	25600

Riskutredning

Frekvensen för olycka med farligt gods på sträckan förbi området beräknas sedan enligt metod som beskrivs i beräkningsbilaga. Enligt metoden beräknas frekvens för olycka med farligt gods på sträckan till en grundfrekvens av $1,06 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en sådan olycka ungefär var 9500:e år.

4.2.2 Fördelning av farligt gods på järnväg

Precis som för vägtransporter delas farligt gods på järnväg in i nio olika klasser (RID) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med. Eftersom klasserna utgör en god indelingsgrund vid en riskinventering delas transporterna in i dessa klasser även i denna rapport. I Figur 4-4 redogörs den svenska nationella statistiken avseende transportade mängder och transportarbete för farligt gods på svenska järnvägar. Statistiken för 2017 saknas i diagrammet.



Figur 4-4. Transporterad mängd farligt gods i tusentals ton och transportarbete för farligt gods i miljoner tonkilometer på järnväg i Sverige, 2000-2016 (Trafikanalys, 2017).

Den senaste tillgängliga statistiken avser 2017 då totalt 3,6 miljoner ton farligt gods transporterades. Detta är en ökning på 1 % jämfört med 2016 och en ökning med 11 % jämfört med 2010. Av det totala transporterade godset utgör farligt gods ca 5 %. Utifrån farligt godsklasser har det sedan 2007 varit brandfarliga vätskor följt av gaser som är de vanligaste förekommande på det svenska järnvägsnätet (Trafikanalys, 2018).

Den senast officiellt framtagna statistiken som visar hur fördelningen av farligt godsklasser ser ut på det svenska järnvägsnätet avser 2017. Ett genomsnitt på fördelningen utifrån transporterad godsmängd redovisas i Tabell 4-4 avseende perioden 2007-2017. Dessvärre redovisas inte indelningen i de olika underklasserna till klass 2 i den svenska officiella statistiken från Trafikanalys.

År 2006 lät dåvarande Räddningsverket göra en undersökning av farligt godsflöden (i ton) i september månad (Statens Räddningsverk, 2006). Denna anger en fördelning för underkategorierna för gaser. Däremot finns flera svagheter med undersökningen, dels svarade inte alla företag på enkäterna och undersökningen genomfördes endast under en månad vilket har svårt att fånga upp variationer över en längre tid. Baserat på dåvarande

Riskutredning

Räddningsverkets undersökning av farligt godsflöden (i ton) i september 2006 anges i den rapporten att klass 2.1 (Brandfarlig gas) stod för ca 60,2 % av totala farligt godsmängden på sträckan, klass 2.2 transporterades inte alls och klass 2.3 (Giftig gas) stod för 4 % (Statens Räddningsverk, 2006). Denna undersökning anger dock andelen av transportmängden och inte antal transporter. Detta måste dock antas vara likställt för att kunna komma fram till en fördelning.

I tabellen framgår att den vanligaste typen av transport på det svenska järnvägsnätet är brandfarlig vätska följt av gaser, frätande ämnen och oxiderande ämnen. Bohusbanan besitter en relativt liten mängd godstrafik och en klar majoritet av trafiken torde utgöras av transporter till industrierna i Stenungsund. Transporter av brandfarlig vätska genomförs till största delen på väg, vilket också syns i Räddningsverkets undersökning från 2006. En sammanvägd bedömning av fördelningen av farligt gods-klasser redovisas i Tabell 4-5.

Tabell 4-4 Inrikes farligt godstransporter fördelat på RID-S (Trafikanalys, 2018) och (Statens Räddningsverk, 2006).

Klass	Typ av farligt gods	Andel 2007-2017 [%] (Trafikanalys, 2018)	September 2006 [%] (Statens Räddningsverk, 2006)
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	-	-
Klass 2	Gaser (komprimerade, flytande eller tryckupplösta)	26,5%	64,2%
Klass 3	Brandfarliga vätskor	38,9%	-
Klass 4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,2%	-
Klass 4.2	Självantändande ämnen	0,7%	-
Klass 4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	3,5%	-
Klass 5.1	Oxiderande ämnen	13,4%	6,6%
Klass 5.2	Organiska peroxider	0,5%	-
Klass 6.1	Giftiga ämnen	1,9%	-
Klass 6.2	Smittsamma ämnen	-	-
Klass 7	Radioaktiva ämnen	0,0%	-
Klass 8	Frätande ämnen	13,6%	29,2%
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	0,4%	-
Totalt		99,7%	100%

Riskutredning

Tabell 4-5. Fördelning av järnvägstransporter med farligt gods som används i beräkningarna.

Klass	Typ av farligt gods	Andel [%]
1	Explosiva ämnen och föremål	0%
2.1	Brandfarliga gaser	50%
2.2	Icke brandfarliga, icke giftiga gaser	0%
2.3	Giftiga gaser	5%
3	Brandfarliga vätskor	25%
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0%
4.2	Självantändande ämnen	0%
4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	0%
5.1	Oxiderande ämnen	10%
5.2	Organiska peroxider	0%
6.1	Giftiga ämnen	0%
6.2	Smittsamma ämnen	0%
7	Radioaktiva ämnen	0%
8	Frätande ämnen	10%
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0%

4.3 Olycksscenario vid transport farligt gods

Då både transporter av farligt gods på väg och järnväg delas in i samma klasser presenteras här ett gemensamt avsnitt för vilka olycksscenario som kan förväntas vid olycka med farligt gods.

Explosiva ämnen (klass 1)

Inom kategorin explosiva ämnen/varor är det primärt underklass 1.1 som utgörs av massexplosiva ämnen som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal meter, upp till 200 m. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut mm. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels från direkta tryckskador men även värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader är troliga. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller dyl. som flyger iväg från olycksplatsen (VTI, 1994).

Bedömning: Transporter av klass 1 förväntas mycket sällan på järnväg. Inventeringen visar på att klass 1 inte heller på väg 168 kan förväntas förekomma. Klassen utreds därav inte vidare.

Brandfarlig gas (klass 2.1)

Klass 2 (gaser) kan transporteras i olika fysikaliska former enligt nedan:

- Komprimerad (lagrad under tryck så att den är fullständig gasformig vid -50°C)
- Kondenserad (lagrad under tryck så att minst hälften av ämnet är flytande vid temperaturer över -50°C)
- Kylta och kondenserad (delvis flytande vid transport på grund av sin låga temperatur)
- Löst (i vätskefas i ett lösningsmedel)

Riskutredning

(MSB, 2018)

Ibland kan samma ämne transporteras i olika fysikaliska former beroende på transportkärl och mängd.

Brandfarliga gaser är sådana gaser som vid rumstemperatur (20°C) och normalt lufttryck (101,3 kPa) kan antändas i en luftblandning med högst 13 volymprocent eller har ett brännbarhetsområde i luft om minst 12 procentenheter (oberoende av den undre brännbarhetsgränsen. (MSB, 2018)

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på en brandfarlig gas. Gasol transporteras oftast såsom kondenserad gas. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

- Jetbrand
- Gasmolnsbrand/explosion
- BLEVE

Jetbrand:

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken (FOA, 1998).

Gasmolnsbrand/explosion:

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Antändning av det brännbara gasmolnet kan leda till två principiellt olika förlopp, gasmolnsbrand respektive gasmolnsexplosion. Gasmolnsbrand är det vanligaste utfallet och kännetecknas av en lägre förbränningshastighet som ej genererar en tryckvåg. En gasmolnsbrand kan medföra skador på människa och egendom till följd av, i första hand, värmestrålning (FOA, 1998).

Vid en gasmolnsexplosion är förbränningshastigheten högre och en tryckvåg genereras. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, d.v.s. flamfronten rör sig betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg än detonation. För att en gasmolnsexplosion ska kunna uppstå krävs rätt blandningsförhållande mellan den brännbara gasen och luft och, i de flesta fall, att antändning sker i en miljö med många hinder, eller i ett delvis slutet utrymme, som resulterar i en mer turbulent förbränning. Fria gasmolnsexplosioner är ovanliga. En gasmolnsexplosion kan medföra skador på människa och egendom både till följd av värmestrålning och direkta samt indirekta skador av tryckvågen.

BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

Bedömning: Brandfarlig gas transporteras förbi området på järnvägen, och om en olycka skulle ske är det troligt att detta leder till konsekvenser i planområdet. Jetbrand,

Riskutredning

gasmolnsexplosion, gasmolnsbrand och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

Giftig gas (klass 2.3)

Läckage av giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot planområdet och kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall. Spridningen är beroende av vindriktning och vindstyrka och kan påverka områden hundratals meter från källan. De två gaser som vanligtvis brukar involveras i riskutredningar är ammoniak och klorgas.

Ammoniak

Generellt är ammoniak tyngre än luft varför spridning av gasen sker längs marken. Vattenfri ammoniak transporteras tryckkondenserad och kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende på mängden gas. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, livsfarlig effekt för känsliga individer) på 2700 ppm under 10 minuter exponering (EPA, 2016). Motsvarande koncentration LC50 har i studier funnits vara mellan ungefär 5000- 10000 ppm för mycket kort exponering (HHS1, 2004). I riskberäkningarna används därför också 5000 ppm LC50 som gränsvärde för effekt.

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsområdet. Den kan sprida sig långt likt ammoniak. Klor har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, dödlig effekt för känsliga individer) på 50 ppm under 10 minuter exponering. Samma effekt (död, känsliga individer) har också angivits till 173 ppm LC50 (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010).

Bedömning

Transporter av giftig gas förekommer till viss del på järnvägen, en olycka med kondenserad giftig gas kan ha konsekvenser in i planområdet, varför ovan nämnda olycksscenario undersöks vidare. Både ammoniak och klorgas undersöks vidare.

Brandfarlig vätska (klass 3)

Om brandfarlig vätska läcker och antänds innan den har avdunstat uppstår en pölbrand. Människor kan påverkas av en sådan på flera sätt: strålning direkt på kroppen, strålning som orsakar brand i byggnad där människor befinner sig och inandning av giftiga brandgaser.

Bedömning: Brandfarlig vätska transporteras förbi området på både väg och järnväg, och en sådan olycka kan ha konsekvenser som sträcker sig in på fastigheten, varför klassen undersöks vidare.

Brandfarligt fasta ämnen, självreaktiva ämnen och okänsliggjorda explosivämnen (klass 4)

Exemplen på ämnen inom klass fyra är metallpulver (t.ex. kisel-, magnesium- och aluminiumpulver), tändstickor, aktivt kol och fiskmjöl. Konsekvenserna av en olycka med dessa ämnen är brand med påföljande strålning och giftig rök.

Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen eller endast mycket begränsad spridning i samband med en olycka. För att t.ex. brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor m.fl.) ska leda till brandrisk krävs att det t.ex. att de vid olyckstillfället kommer i kontakt med vatten varvid brandfarlig gas kan bildas. Mängden brandfarlig gas som bildas står i proportion till mängden tillgängligt vatten.

Riskutredning

Bedömning: Eftersom konsekvenserna vid en olycka med klass 4 begränsas till området på olycksplatsen och strålningsnivåerna endast är farliga för människor i den absoluta närheten av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods.

Oxiderande ämne (klass 5)

Klass fem består av underklasserna 5.1 Oxiderande ämnen och 5.2 Organiska peroxider.

Flertalet oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen (t.ex. diesel) genomgå en exoterm reaktion och orsaka en häftig explosiv brand. Vid kontakt med vissa metaller kan de sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan underhålla en eventuell brand. Det finns även risk för kraftiga explosioner där människor kan komma till skada. Syrgas kan förvärra en brand i organiskt material och ska därför hållas åtskilt från sådana material.

Organiska peroxider innehåller förutom oxidationsmedel även ett bränsle, vilket adderar ett extra riskelement till denna delklass. Ämnena kan reagera med flertalet metaller, syror, baser och andra kemiska föreningar.

Det finns också vissa organiska peroxider som kräver att en så kallad kontrolltemperatur ska verkställas under transporten. Den så kallade kontrolltemperaturen är ca 10-20 grader under ämnets självaccelererade sönderfallstemperatur SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature). Transport av dessa organiska peroxider måste därför ske under kylda förhållanden, i form av kylcontainrar eller av kylbilar där kylningen ska fungera oberoende av lastbilens motor. Vid överstigande av SADT kan ett sönderfall av ämnet ske med en sådan energi att sönderfallsförloppet blir som en kedjereaktion i meningen att den frigjorda energin underhåller sig själv. Kraftiga och svårstoppade brand- och explosionsförlopp kan då bli följderna. För dessa ämnen finns därför också en så kallad nödtemperatur på ca 5-10 grader under SADT som innebär att nödåtgärder då måste sättas in under transporten (PLASTICS, 2017) & (MSB, 2014) & (MSB, 1999) & (MSB, 1996).

Bedömning: Oxiderande ämnen transporteras på Bohusbanan. För att en olycka med oxiderande ämnen ska inträffa krävs att en serie av händelser ska inträffa vilket medför att sannolikheten bedöms vara mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna. Brandscenario simuleras motsvarande det för brandfarlig vätska, och ett potentiellt explosionsscenario simuleras som en mindre explosion av explosivämnen.

Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på dessa ämnen. För att människor ska utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs att man kommer i fysisk kontakt med dem eller genom förtäring. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

Bedömning: Identifierade olycksscenarion bedöms inte vara relevanta i aktuellt planerande, varför det inte är motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp här.

Radioaktiva ämnen (klass 7)

Ämnen som räknas till klass sju kan vara medicinska preparat, mätinstrument, pacemakers och kärnavfall. Konsekvenserna är oftast väldigt begränsade till närområdet, men om stora mängder transporteras, t.ex. kärnavfall, kan konsekvenserna bli större.

Bedömning: Mängden radioaktiva ämnen som transporteras i området bedöms begränsas till mindre mängder med begränsade konsekvenser vid olycka, varför det inte bedöms som motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Riskutredning

Frätande ämne (klass 8)

Olyckan med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan lokalt vid olycksplatsen då skador endast uppkommer om individer får ämnet på huden.

Bedömning: Eftersom konsekvenserna begränsas till området precis kring olyckan, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Övriga farliga ämnen och föremål (klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material, batterier, fordon eller asbest. Konsekvenserna bedöms inte bli sådana att individer inom planområdet påverkas, eftersom en spridning inte förväntas.

Bedömning: Det bedöms inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp eftersom konsekvenserna avgränsas till området precis kring olyckan.

4.4 Sammanfattning olycksscenario

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenario bör beaktas i riskanalysen.

- Olycka med brandfarlig gas: jetbrand, gasmolnsbrand/explosion och BLEVE på Bohusbanan
- Olycka med giftig gas: utsläpp av ammoniak och klorgas på Bohusbanan
- Olycka med brandfarlig vätska: pölbrand på väg 168 och Bohusbanan
- Olycka med oxiderande ämnen: explosion och brand på Bohusbanan

I beräkningsbilagan redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.

Riskutredning

5 Riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen, och jämförs med aktuella riskkriterier.

5.1 Individrisk

Enligt avsnitt 2.4 föreslås följande kriterier för individrisk (Räddningsverket, 1997):

Acceptabel risk < 10^{-7} per år < Lägre ALARP < 10^{-6} < Högre ALARP < 10^{-5} per år < Oacceptabel risk

Då avstånden till acceptabel risk är beroende av vind- och väderparametrar skiljer sig avståndsangivelser mellan olika sidor av riskobjekten. Konsekvent kommer avstånd mot planområdet från respektive riskobjekt att presenteras. En summering över individriskresultat görs i avsnitt 6.1.5 med Tabell 5-1 och Figur 5-1.

5.1.1 Väg 168

Nedan presenteras avstånd som gäller från väg 168 mot planområdet.

- På avstånd **kortare** än 25 meter från väg 168 är individrisknivån mellan 10^{-7} per år och 10^{-6} , vilket medför en individrisknivå inom lägre ALARP-området (se gul konturkurva i Figur 5-1). Inom detta avstånd planeras endast mindre verksamheter med relativt låg persontäthet.
- På avstånd **längre** än 25 meter från väg 168 är individrisknivån lägre än 10^{-7} per år vilket medför en acceptabel individrisknivå (se yta utanför blåmarkerade området konturkurva i Figur 5-1).

5.1.2 Bohusbanan

Med anledning av den ringa mängd transporter som genomförs på Bohusbanan erhålls individrisknivåer som är helt inom acceptabel nivå. Bostadsbebyggelse inom ca 20 meters avstånd från Bohusbanan bör dock inte medges då risk för mekanisk påverkan från urspårning av persontåg då tillkommer, vilket inte inkluderats i denna analys.

5.1.3 Planskild korsning av Bohusbanan och väg 168

I de två riskobjektens skärningspunkt som utgörs av den planskilda korsningen förväntas risknivån vara som högst. Då individrisknivån från Bohusbanan är låg domineras individrisken av bidraget från väg 168.

- På avstånd **kortare** än 30 meter från korsningen är individrisknivån mellan 10^{-7} per år och 10^{-6} , vilket medför en individrisknivå inom lägre ALARP-området.
- På avstånd **längre** än 30 meter från korsningen är individrisknivån mellan 10^{-7} per år och 10^{-6} , vilket medför en individrisknivå inom lägre ALARP-området.

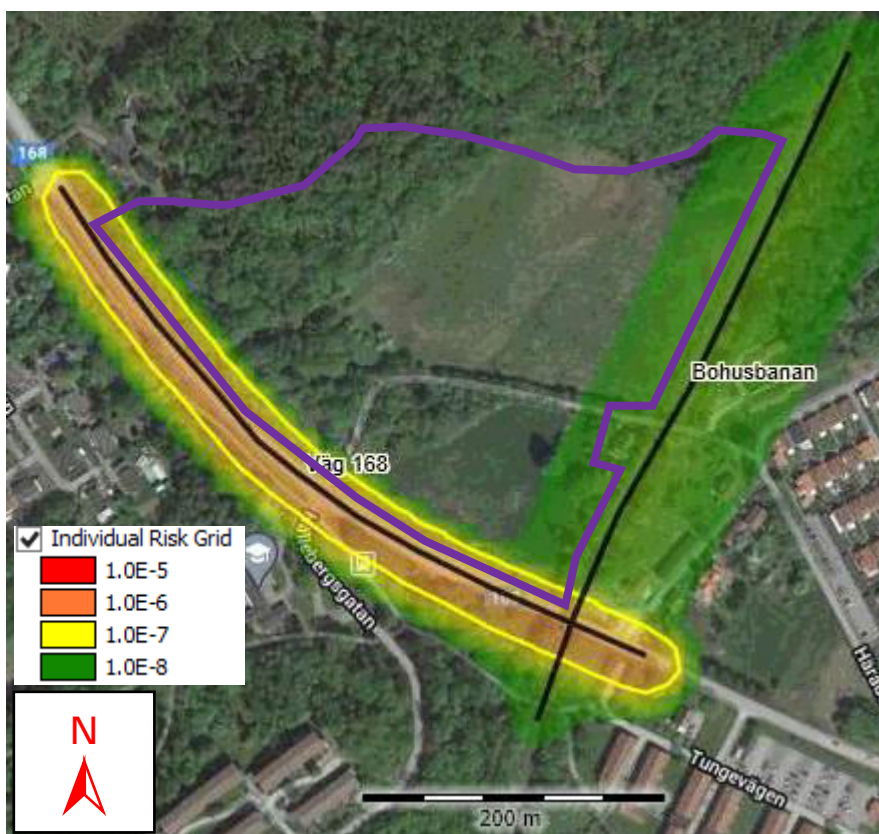
Riskutredning

5.1.4 Sammanfattning individriskavstånd

I Tabell 5-1 och Figur 5-1 sammanfattas erhållna individriskavstånd.

Tabell 5-1 Sammanfattning av individriskavstånd.

Riskobjekt	Oacceptabel risk (10^{-5}) <u>inom</u> följande avstånd [m]	Högre ALARP (10^{-6}) <u>inom</u> följande avstånd [m]	Lägre ALARP (10^{-6}) <u>inom</u> följande avstånd [m]	Acceptabel risk (10^{-7}) <u>bortom</u> följande avstånd [m]
Väg 168	-	-	25	25
Bohusbanan	-	-	-	0
Planskild korsning	-	-	30	30



Figur 5-1. Individriskkonturer längs riskobjekten. Lila markering visar ungefärliga planområdesgränser för utvecklingsalternativet. Gul markering visar individriskkontur för 10^{-7} per år, dvs området där säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas för detaljplanen. Inga individrisknivåer på 10^{-6} eller högre har erhållits.

Riskutredning

5.2 Samhällsrisk

I resultatavsnittet utreds följande scenarier:

- Utvecklingsalternativ för prognosår 2040 där bebyggelse planeras på avstånd om 50 meter från Bohusbanan.
- Känslighetsanalys för prognosår 2040 där bebyggelse planeras på avstånd om 30 meter från Bohusbanan.
- Känslighetsanalys för prognosår 2040 där bebyggelse planeras på avstånd om 20 meter från Bohusbanan.

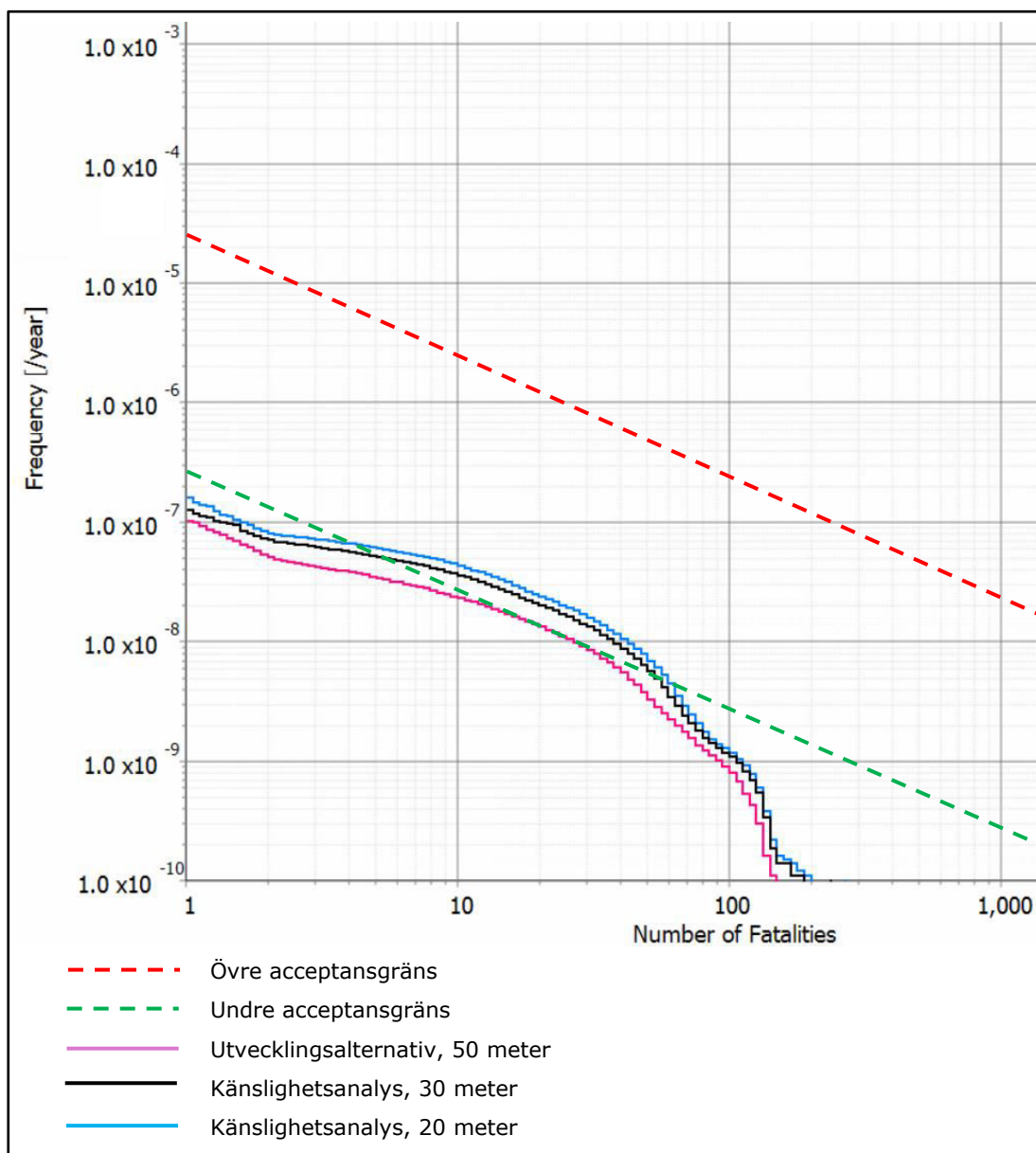
Samhällsriskberäkningarna visar på att samhällsrisken i stort sett helt hamnar inom acceptabla nivåer om närmsta bostadsbebyggelse placeras **50 meter** ifrån Bohusbanan, se Figur 5-2. Detta betyder att några särskilda säkerhetshöjande åtgärder inte skulle behöva vidtas ur ett samhällsrisksperspektiv. De huvudsakliga anledningarna till att samhällsrisken är låg förknippas med den relativt ringa mängden transporter av farligt gods på både väg och järnväg samt den goda inneboende säkerhet som uppfylls med 50 meters avstånd till järnvägen.

Om närmsta bostadsbebyggelse istället är **30** eller **20 meter** ifrån Bohusbanan når samhällsrisken upp i lägre ALARP-området. Detta betyder att rimliga säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas ur ett samhällsrisksperspektiv. På avstånd ner mot 20 meter tillkommer risken för mekanisk påverkan av urspårade persontåg, vilket inte har inkluderats inom ramen för denna utredning. Samhällsrisken skiljer sig marginellt mellan att ha en gräns vid 20 meter istället för 30 meter från Bohusbanan.

Genom att, för samtliga olycksscenarier summera produkten av konsekvens och frekvens beräknas respektive scenarios andel av den totala riskbilden. Bidraget till samhällsrisken beror till stor del av var den största personbelastningen återfinns. Verksamheterna som planeras på kort avstånd till väg 168 medför att transporter av brandfarlig vätska får ett relativt stort bidrag till samhällsrisken.

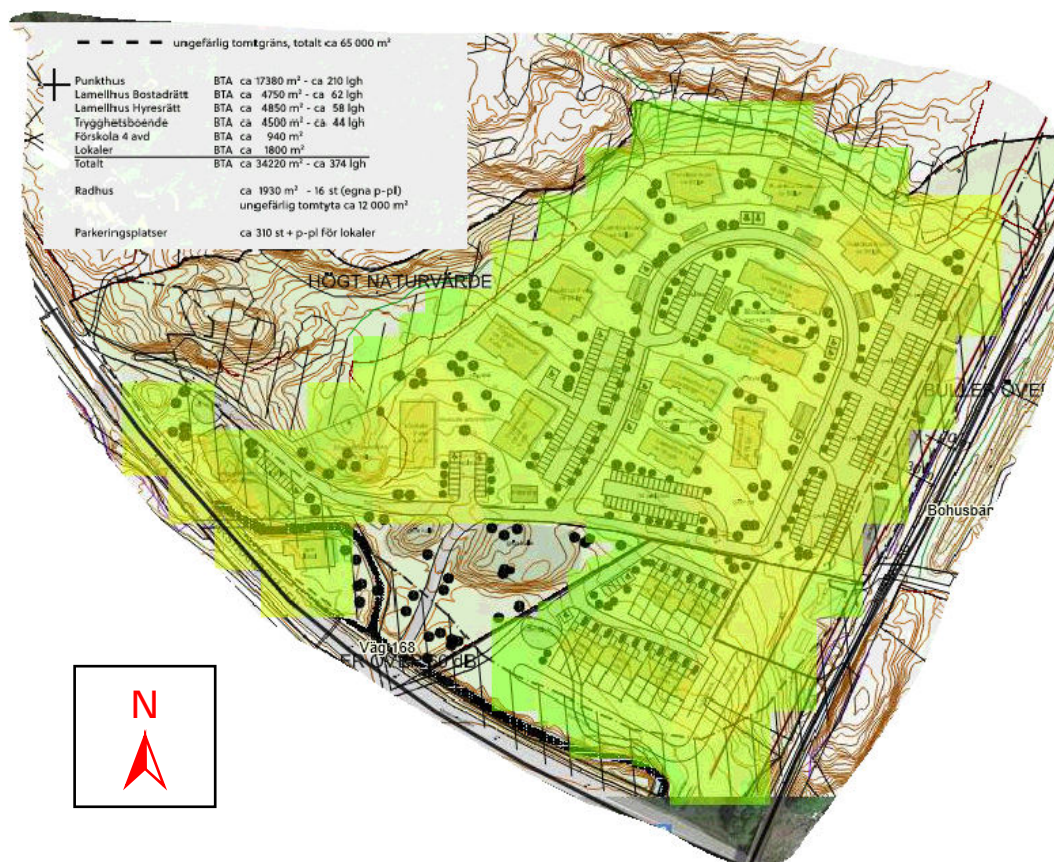
I Figur 5-3 syns vilka delar av planområdet som bidrar mest till samhällsrisken och följaktligen var säkerhetshöjande åtgärder har störst effekt. Färgerna symboliserar det relativa bidraget och går i skala från röd-orange-gul-grön (högst till lägst bidrag) där ingen färg betyder inget bidrag till samhällsrisken. Bidraget är starkt beroende av personbelastning och avstånd till riskobjekt. De små verksamheterna har låg personbelastning men planeras på mycket kort avstånd till väg 168 och bidrar därav till samhällsrisken. Området med flerbostadshus medför en mycket större personbelastning än verksamheterna men har generellt ett längre avstånd till transportlederna. Dock bidrar transporter av brandfarlig gas och giftig gas på Bohusbanan relativt mycket till samhällsrisken. På avstånd 30 och 20 meter ifrån Bohusbanan tillkommer ett relativt stort bidrag från transporter av brandfarlig vätska då värmestrålning har ungefär dessa konsekvensavstånden.

Risikutredning



Figur 5-2. Kurva över samhällsrisknivån för undersökt område. Acceptanskriterierna har anpassats för en sträcka av 500 meter och att planområdet endast är lokaliserat på en av riskobjektens sidor. Om närmsta bostadsbebyggelse placeras 50 meter ifrån Bohusbanan är samhällsrisknivån helt inom det acceptabla området. Om närmsta bostadsbebyggelse istället är 30 eller 20 meter ifrån Bohusbanan når samhällsrisknivån upp i lägre ALARP-området.

Riskutredning



Figur 5-3: Planområdets bidrag till samhällsrisknivån. Denna är starkt beroende av personbelastning och avstånd till riskobjekten. Färgerna symboliserar det relativa bidraget och går i skala från röd -> orange -> gul -> grön (högst till lägst bidrag) där ingen färg betyder noll bidrag till samhällsrisken.

Riskutredning

6 Kvalitativ osäkerhets- och känslighetsanalys

I känslighetsanalysen beskrivs hur känsligt analysresultatet är för antaganden/indata på vissa särskilt viktiga parametrar. I osäkerhetsanalysen beskrivs osäkerheterna i indataparametrar och hur detta har hanterats i analysen.

6.1 Känslighetsanalys

Syftet med känslighetsanalysen är att visa hur känsligt resultatet är för variationer i indata. Variationer studeras här avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Persontäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett linjärt samband mellan resultatet och förändringar i såväl antalet transporter som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en procentuell förändring av dessa parametrar ger motsvarande variation av resultatet. Exempelvis medför en ökning av antalet transporter av farligt gods med 10 % att olycksfrekvensen ökar med 10 %. Framtidsprognoser för trafik är just prognoser och inkorporerar osäkerheter och känslighet till beräkningsresultat. Antalet transporter med farligt gods är av erfarenhet en av utredningens mest känsliga parametrar både för väg- och järnvägstransporter.

Det kan konstateras att förändring i persontäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsriskerna men inte på individrisken. Det går emellertid inte tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i persontäthet och samhällsriskens känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av persontätheten ger en allmän ökning av samhällsriskerna men det är svårt att ange i exakt vilket område av f/N-kurvan ökningen sker. Klart är dock att en ökning i persontäthet innebär en förskjutning av f/N-kurvan åt höger.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar av olyckor till följd av bränder och utsläpp av gaser och syror är beroende av en rad olika parametrar, exempelvis bland annat hålstorlek, vindstyrka och utetemperatur. Varierande väderparametrar (såsom vindstyrka, vindriktning och stabilitetsklass) har hanterats i analysen, liksom varierande hålstorlekar. Dessa är de parametrar som av erfarenhet kan ha stor inverkan på beräknade konsekvensavstånd, tillsammans med en parameter som kallas för ytråhet som kan efterliknas en effektiv amplitud och som beskriver topografin i området. Ett konservativt val av ytråhet har gjorts för att ta höjd för osäkerheter vid spridning av gaser. Ytråhet som motsvarar skogsmark eller stadsmiljö bidrar till ökad mekanisk turbulens och således snabbare utspädning av ett gasmoln. Andra parametrar som utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har av erfarenhet mindre påverkan på konsekvensavstånd.

6.2 Osäkerhetsanalys

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns tillgänglig. Denna kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet, exempel på detta är vindhastigheter och

Riskutredning

riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

Syftet med osäkerhetsanalysen är att visa hur osäkert det underlag är som slutsatser är grundade på. Osäkerheten analyseras avseende följande parametrar:

- Antal transporter
- Sannolikhet för olyckor
- Konsekvenser vid studerade scenarion

6.2.1 Antal transporter/sannolikhet för olyckor

Avseende antalet transporter är underlaget i denna utredning baserat på kvalitativa uppgifter från Trafikverket, som sedan legat till grund för en uppskattning av typ och mängd av farligt gods. Framtidsprognoser avseende trafiksiffror är just prognoser och inkorporerar osäkerheter till utredningen.

I denna analys har Trafikverkets verktyg Nationella Vägdatan (NVDB) använts för att skatta dagens trafikmängd tillsammans med trafikuppräkningsstat till år 2040 för väg 168.

Det finns planer på en ny väg som ansluter till E6 strax norr om planområdet (Trafikverket, 2020), vilket skulle kunna medföra förändrade trafikflöden. Parametern ÅDT är en mycket okänslig parameter, det vill säga resultatet för riskutredningen påverkas mycket lite av ändringar, även en fördubbling av denna parameter. ÅDT – farligt gods är emellertid en betydligt känsligare parameter som står i direkt korrelation med grundfrekvensen för olycka med farligt gods på väg 168. Det är dock inte nödvändigtvis så att farligt gods-transporterna ökar om trafikmängden ökar då de två kan vara oberoende av varandra. Antalet målpunkter för de transporter som genomförs på väg 168 är mycket få, vilket inte torde medföra någon påverkan på antalet transporter av farligt gods. Även om antalet transporter skulle öka så är det endast klass 3 brandfarlig vätska som har målpunkter inom området. Detta medför att riskavstånden inte skulle bli längre än de befintliga, däremot skulle det kunna erhållas en högre risknivå inom dessa givna och presenterade avstånden. Rapportens slutsatser och förslag på säkerhetshöjande åtgärder skulle dock vara oförändrade.

Det finns i nuläget lokala önskemål, om än inte några konkreta planer, för utbyggnad av dubbelspår för Bohusbanan mellan Göteborg och Stenungsund förbi Kungälv (Bohuslänningen, 2019). Om detta skulle bli verklighet skulle kapaciteten för sträckan öka i jämförelse med dagens kapacitet vilket inför en osäkerhet i utredningen. Då godsflödena idag är så pass låga är maxkapaciteten långt ifrån utnyttjad, varför det finns anledning att tro att utvidgning till dubbelspår inte drastiskt skulle påverka transportmängderna. Dock kommer ett ytterligare säkerhetsavstånd om 10 meter tillkomma för den i så fall utvidgade järnvägsplanen, vilket bör hanteras på lämpligt sätt framgent i planprocessen men inkluderas inte i föreslagna planbestämmelser.

6.2.2 Konsekvenser

Osäkerheten avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms vara beroende på scenariobeskrivningarna. Här bedöms å ena sidan osäkerheten avseende representativa scenarier vara liten samtidigt som det otvetydigt finns en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom transporter av farligt gods utanför gällande regelverk eller uppsåtliga risker. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämpande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras

Riskutredning

att det presenterade resultatet troligen visar en högre risk än vad som faktiskt gäller.

Exempel på val som innebär en inbyggd säkerhetsmarginal i resultatet är:

- Den säkerställda trend som visar generellt minskande trafikolycksfrekvens med allvarliga konsekvenser har inte beaktats. I stället förutsätts den olycksfrekvens som gällde vid tidpunkten för framtagande av de modeller som används, vilket ger en högre frekvens än den som idag är aktuell.
- Teknikutveckling torde leda till minskad olycksfrekvens då modernare fordon kontinuerligt utrustas med teknik som ska minska risken för olyckor. Exempel på detta är instrument som motverkar risken att fordonet ouppsåttligt lämnar vägbanan. Sådana åtgärds inverkan på olycksfrekvensen har inte beaktats.
- ADR/RID-klasser som brukar inkluderas i farligt gods-utredningar har överskattats jämfört med de som inte brukar inkluderas.
- statistik visar att klortransporter på järnväg har minskat markant de senaste åren, vilket medför att antaganden kan vara mycket konservativa (Trafikverket, 2013).

Riskutredning

7 Riskvärdering och säkerhetshöjande åtgärder

Beräkningarna visar att individrisknivån på avstånd kortare än 25 meter från väg 168 är inom lägre ALARP-området, vilket betyder att säkerhetshöjande åtgärder bör övervägas enligt rimlighetsprincipen. Inom detta avstånd planeras endast mindre verksamheter. Då det endast transporteras brandfarlig vätska på väg 168 rekommenderas att fasader inom 25 meter som vetter mot väg 168 ska utföras i brandteknisk klass EI30 eller högre.

Det finns planer på en ny väg som ansluter till E6 strax norr om planområdet (Trafikverket, 2020), vilket skulle kunna medföra förändrade trafikflöden. Det är dock inte nödvändigtvis så att farligt gods-transporterna ökar givet att trafikmängden ökar. Antalet målpunkter för de transporter som genomförs på väg 168 är mycket få, vilket inte torde medföra någon påverkan på antalet transporter av farligt gods. Även om antalet transporter skulle öka så är det endast klass 3 brandfarlig vätska som har målpunkter inom området. Detta medför att riskavstånden inte skulle bli längre än de befintliga, däremot skulle det kunna erhållas en högre risknivå inom dessa givna och presenterade avstånden. Rapportens slutsatser och förslag på säkerhetshöjande åtgärder är dock oförändrade oavsett vägbygge eller ej.

Då exploateringen utformning inte är exakt bestämd kan byggnadsplaceringar justeras och skilja sig i viss utsträckning i jämförelse med skissen (2020-07-01) som syns i Figur 3-1. Därav genomfördes samhällsriskberäkningar för flera scenarier där bostadshusens närmsta placering till järnvägen varierades mellan 50, 30 och 20 meter. Samhällsriskberäkningarna visar att samhällsrisknivån i stort sett helt hamnar inom acceptabla nivåer om närmsta bostadsbebyggelse placeras 50 meter ifrån befintligt spår. Om närmsta bostadsbebyggelse istället är 30 eller 20 meter ifrån Bohusbanan når samhällsrisknivån upp i ALARP-området med ett högre bidrag från transporter av brandfarlig vätska på Bohusbanan. Detta betyder att rimliga säkerhetshöjande åtgärder bör vidtas ur ett samhällsriskperspektiv. På avstånd ner under 20 meter från befintligt järnvägsspår tillkommer risken för mekanisk påverkan av urspårade persontåg, vilket inte har inkluderats inom ramen för denna utredning. Det rekommenderas inte att uppföra bostadsbebyggelse närmare än 20 meter till närmsta befintliga järnvägsspår. Planerna för eventuell utbyggnad till dubbelspår har inte bedömts påverka risknivåerna då utnyttjandet redan idag är långt under maxkapaciteten för järnvägen. Dock skulle ett ytterligare säkerhetsavstånd om 10 meter tillkomma då spåret kommer fysiskt närmare planområdet. Detta inkluderas inte i föreslagna planbestämmelser men bör hanteras på lämpligt sätt framgent i detaljplanprocessen.

7.1 Säkerhetshöjande åtgärder

Föreslagna åtgärder är beroende av den beräknade risknivån för planområdet och vilka riskkällor som bidrar mest till risknivån men även aktuella avstånd till bebyggelse där personer kan förväntas uppehålla sig stadigvarande. Följande säkerhetshöjande åtgärder föreslås för aktuell detaljplan:

7.1.1 Åtgärder avseende väg 168

- Inga bostadshus placeras inom 25 meter från väg 168.
- Inom 25 meter från väg 168 ska verksamheternas fasad som vetter åt sydväst (mot väg 168) utformas i brandteknisk klass EI30 eller högre.
- För verksamheter inom 25 meter från väg 168 ska minst en (1) entré eller utrymningsväg finnas som vetter åt nordost (bort från vägen).

Riskutredning

- På så sätt säkerställs att utrymning kan ske utan att personer behöver utrymma mot riskkällan.

7.1.2 Åtgärder avseende Bohusbanan

Bostadsbebyggelse rekommenderas på avstånd av 50 meter eller längre från Bohusbanan men skulle kunna genomföras på avstånd om 20 meter ifrån järnvägen om säkerhetshöjande åtgärder enligt nedan vidtas.

- För bostadshus inom 50 meter från Bohusbanan ska friskluftsintag placeras på tak eller högt på fasad som vetter åt nordväst (bort från Bohusbanan).
 - Förlängt avstånd mellan luftintag och läckagepunkt ger en lägre koncentration av giftiga ämnen i den luft som tränger in i byggnaderna, därmed minskas också andelen omkomna inomhus. Detta bedöms ha betydande effekt på stora olyckor med giftiga gaser. Den totala riskreduceringen av åtgärder anses också vara stor eftersom det finns en påtaglig effekt även mot övriga klasser av farligt gods som innefattar gas (Thomasson, 2017). Resultaten från vindtunneexperiment med tunggasspridning visar på en nära nog 80 % lägre koncentration på motsatt sida byggnaden.
- För bostadshus inom 50 meter från Bohusbanan ska minst en (1) entré eller utrymningsväg finnas som vetter åt nordväst (bort från Bohusbanan). På så sätt säkerställs att utrymning kan ske utan att personer behöver utrymma mot riskkällan.
- Bostadsbebyggelse kan medges på ett lägsta avstånd av 20 meter från Bohusbanan under förutsättning att ovan nämnda säkerhetsåtgärder införs och att byggnadernas fasad som vetter åt sydost (mot Bohusbanan) utformas i brandteknisk klass EI30 eller högre. Om bostäder uppförs på avstånd längre än 30 meter är denna säkerhetsåtgärd inte längre relevant.

Riskutredning

8 Slutsatser

Följande slutsatser har erhållits i utredningen:

- Det kan konstateras att det är relativt ringa mängder transporter på båda transportlederna. Den beräknade individrisknivån skiljer sig något mellan områdets delar men kan sammanfattas som högst i skärningspunkten mellan de två transportlederna.
- Individrisknivån är acceptabel på avstånd längre än 25 meter från väg 168 och 30 meter ifrån den planskilda korsningen med Bohusbanan. Från Bohusbanan är individrisken att betrakta som acceptabel.
- Samhällsrisknivån är acceptabel för området om bostadshusen placeras på avstånd om 50 meter eller längre från Bohusbanan.
- Om de närmsta bostadshusen istället placeras på 30 eller 20 meters avstånd når samhällsrisknivån för planområdet som helhet upp i lägre ALARP-området. Inom detta område bör säkerhetshöjande åtgärder vidtas.
- Transporter av giftig och brandfarlig gas på Bohusbanan bidrar mest till risknivån inom området. På korta avstånd från respektive transportled har emellertid brandfarlig vätska stort riskbidrag. Föreslagna säkerhetshöjande åtgärder prioriteras därav mot olyckor och skadehändelser med dessa ämnen.
- Planområdets risknivåer har inte bedömts påverkas av endera vägbygget Ekelöv-Kareby eller potentiellt dubbelspår för Bohusbanan. I det senare fallet skulle riskavstånden höjas med 10 meter pga. att spåret kommer fysiskt närmare planområdet, vilket bör hanteras framgent i planprocessen men inkluderas inte här.

Om rekommenderad markanvändning och följande förslag till planbestämmelser tas i beaktande i detaljplanen bedöms föreslagen exploatering vara lämplig och acceptabel ur ett personriskperspektiv:

Följande planbestämmelser föreslås för att uppfylla en acceptabel risknivå:

- Inga bostadshus placeras inom 25 meter från väg 168.
- Inom 25 meter från väg 168 ska verksamheternas fasad som vetter åt sydväst (mot väg 168) utformas i brandteknisk klass EI30 eller högre.
- För verksamheter inom 25 meter från väg 168 ska minst en (1) entré eller utrymningsväg finnas som vetter åt nordost (bort från vägen).
- Bostadsbebyggelse rekommenderas på avstånd av 20 meter eller längre från Bohusbanan.
- För bostadshus inom 50 meter från Bohusbanan ska friskluftsintag placeras på tak eller högt på fasad som vetter åt nordväst (bort från Bohusbanan).
- För bostadshus inom 50 meter från Bohusbanan ska minst en (1) entré eller utrymningsväg finnas som vetter åt nordväst (bort från Bohusbanan).
- För bostadshus inom 30 meter från Bohusbanan ska byggnadernas fasad som vetter åt sydost (mot Bohusbanan) utformas i brandteknisk klass EI30 eller högre.

Riskutredning

9 Referenser

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2010). *Toxicological profile for chlorine*. Atlanta, Georgia: U.S. Department of health and human services.
- EPA. (den 29 08 2016). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Hämtat från EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*. Försvarets forskningsanstalt (FOA).
- HHS1. (2004). *Toxicological Profile for Ammonia*. Atlanta: Agency for Toxic Substances and Disease Registry.
- Järnväg.net. (2020). *Järnväg.net*. Hämtat från <https://www.jarnvag.net/banguide/goteborg-stromstad>
- Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län. (2006). *Riskhantering i detaljplaneprocessen*.
- MSB. (1996). *SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider*.
- MSB. (1999). *SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid*.
- MSB. (2014). Gruppering av organiska peroxider - uppgifter om innehållet i databasen. <https://www.msb.se/sv/Forebyggande/Brandfarligt--explosivt/Brandreaktiva-varor/Databas-Organiska-peroxider/>.
- MSB. (2018). *MSBFS 2018:5 - ADR-S 2019*.
- PLASTICS. (2017). *Safe Transport of Organic Peroxides - Best Practices*. Organic Peroxide Producers Safety Division of the Plastics Industry Association (PLASTICS).
- Räddningsverket. (1997). *Värdering av risk*. Karlstad.
- Statens Räddningsverk. (2006). *Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006*. Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap).
- Statistiska Centralbyrån. (2018). *Befolkningstäthet*. Hämtat från SCB: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/hushallens-ekonomi/inkomster-och-inkomstfordelning/hushallens-boende/pong/statistiknyhet/hushallens-boende/>
- Thomasson, M. (2017). *Riskreducerande åtgärder Effektutvärdering med tillämpning på transport av farligt gods*. Lund: Lunds Tekniska Högskola.
- TNO Purple Book. (2005b). *Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"*. Hämtat från <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>
- TNO Riskcurves. (2018). *RISKCURVES 10.1.9.12276*. Hämtat från <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/riskcurves-software-for-quantitative-risk-assessment/>

Riskutredning

- Trafikanalys. (2012). *Godstransporter i Sverige, redovisning av ett regeringsuppdrags. Rapport 2012:7.*
- Trafikanalys. (2017). *Bantrafik 2016*. Publiceringsdatum: 2017-10-13: Statistik 2017:21.
- Trafikanalys. (2017). *Lastbilstrafik 2016*. Publiceringsdatum: 2017-05-16: Statistisk 2017:14.
- Trafikanalys. (2017). *Lastbilstrafik 2016*. Statistisk 2017:14.
- Trafikanalys. (2018). *Bantrafik 2017*. Publiceringsdatum: 2018-09-13.
- Trafikanalys. (2018). *Bantrafik 2017*. Statistisk 2018:17.
- Trafikverket. (2013). *Riskbedömning avseende farligt gods mm, underlagsrapport till MKB*. Kristianstad: Trafikverket.
- Trafikverket. (2018a). *Trafikuppräkningsstal väganalys*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (2020). *Nationell vägdatabas (NVDB) på webb*. Hämtat från <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket> den 03 09 2018
- Trafikverket. (2020). *Prognos för godstransporter 2040 – Trafikverkets Basprognoser 2020*. Publikationsnummer: 2020:125.
- VTI. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg, VTI-rapport 387:4*. Väg- och trafikforskningsinstitutet.

Beräkningsbilaga

Uppdragsledare
Oscar Lindén
Telefon
010-505 84 94
Mobil
073-074 87 74
E-post
oscar.linden@afry.com

Datum
23/10/2020
Projekt ID
789956
Beställare
Ida Andersson
E-post
ida.andersson2@kungalv.se

Kund
Kungälv kommun

Riskutredning för detaljplan Ytterby-Tunge 2:72 m.fl., Kungälv kommun

Uppdragsledare/Handläggare: Oscar Lindén
Intern kvalitetsgranskning: Sohrab Nassiri

Beräkningsbilaga

Innehållsförteckning

1	Bilaga A – Frekvensberäkning.....	3
1.1	Väderdata.....	3
1.1.1	Vindhastighet	4
1.1.2	Stabilitetsklass.....	4
1.1.3	Vindriktning.....	6
1.2	Trafikolycka väg	6
1.3	Trafikolycka järnväg	8
1.4	Olycka brandfarlig gas – Bohusbanan.....	9
1.4.1	Jetbrand	10
1.4.2	Gasmolnsbrand/explosion.....	10
1.4.3	BLEVE	10
1.5	Olycka giftig gas – Bohusbanan.....	11
1.6	Olycka brandfarlig vätska – Bohusbanan och väg 168.....	12
1.7	Olycka med oxiderande ämnen – Bohusbanan.....	16
2	Bilaga B – Konsekvensberäkning.....	18
2.1	Generella skadekriterier	18
2.2	Olycka med explosiva ämnen.....	19
2.3	Olycka brandfarlig gas	22
2.4	Olycka giftig gas	23
2.5	Olycka brandfarlig vätska.....	25
2.6	Olycka med oxiderande ämne	26
	Referenser.....	27

Dokumenthistorik

Ver.	Status	Datum
A	Granskningsversion	2020-10-02
B	Reviderad version	2020-10-23

Beräkningsbilaga

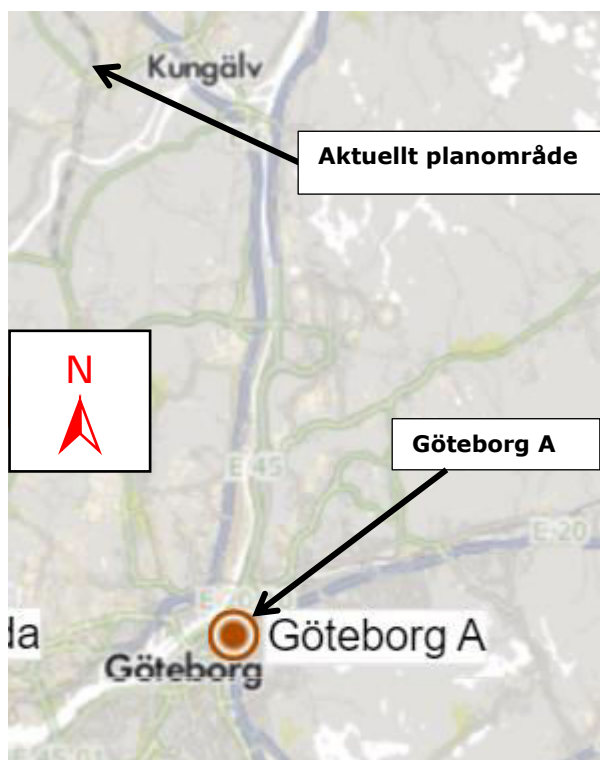
1 Bilaga A – Frekvensberäkning

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för farligt gods-olycka för de händelser som tidigare identifierats längs aktuell sträcka och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar studerade skyddsvärda objekt.

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Frekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves (TNO Purple Book, 2005b). Där dessa frångås nämns detta uttryckligen. Beräkningarnas konsekvensmodelleringar är förankrade i empiri och forskningsdata med en gedigen referenslista. Verktygets fördelar är att olika modeller kan byggas upp och beräknas relativt snabbt. Det är också enkelt att plocka ut relevanta och tydliga resultat i tabeller, grafer och kartbilder.

1.1 Väderdata

Närmsta väderstation i förhållande till studerade fastigheter är "Göteborg A", se Figur 1-1. Data för vind och temperatur har tagits från mätstationen under åren 2000-2020.

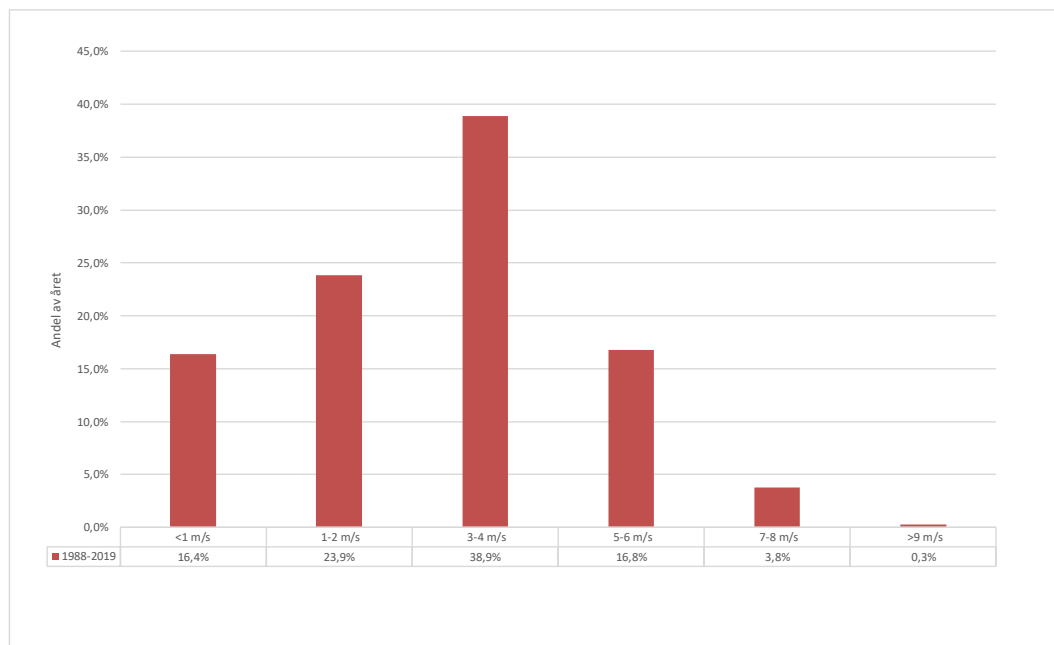


Figur 1-1. Placering av mätstation "Göteborg A" i förhållande till utredningsområdet. (SMHI, 2020)

Beräkningsbilaga

1.1.1 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningsberäkningen. Spridningen från en olycka blir värre i olyckans närhet om ett lägre värde på vindhastighet används. I Figur 1-2 visas fördelningen av vindstyrka mellan 2000-2020. Medelvärdet under denna period var 2,7 m/s. I analysen har 2,0 m/s använts för svag vind och 5,0 m/s för normal och stark vind.



Figur 1-2. Vindhastighet under 2000-2020 redovisad som andel av tid uppmätt på SMHI:s väderstation "Göteborg A".

1.1.2 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen kommer Pasquills stabilitetsklasser att användas. Pasquills stabilitetsklasser beskriver hur instabil eller stabil luftmassan närmast jordens yta är, dvs. turbulensen. Turbulensen i sin tur har stor påverkan för hur ett utsläpp till luft sprids, framförallt i betydelsen av hur koncentrationen beror av avståndet från utsläppskällan. Ju mer turbulens/ju mer stabil luftmassa, desto mindre omblandning och utspädning av utsläppet vilket innebär längre konsvensavstånd. Detta beror främst på mängden solinstrålning, dvs. att ju mer solinstrålning desto mer värms luften närmast marken upp och rör sig uppåt och ökar turbulensgraden i luftskiktet. Således är det främst under natten som luften är stabil, dvs. när det inte finns någon solinstrålning. I Tabell 1-1 görs en beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser.

Beräkningsbilaga

Tabell 1-1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser (TNO Purple Book, 2005b) & (FOI, 2013).

Turbulens	Beskrivning, väderförhållande	Pasquills stabilitetsklass	Ungefärliga vindhastigheter [m/s]
Instabil	Måttligt till mycket solinstrålning (soligt molnfritt väder, där solen står högt på himlen (större än 60 grader)) och måttliga till svaga vindar gör att atmosfären blir instabil.	A: Extremt instabilt	<2,5
		B: Måttligt instabilt	2,5-4
		C: Svagt instabilt	4<
Neutral	Relativt starka vindar och måttlig solinstrålning (molnig väderlek och/eller klar väderlek där solen står lågt på himlen (mellan 15 -35 grader)) är associerade med neutral/måttlig turbulens	D: Neutral	0-15
Stabil	Låg/ingen solinstrålning och svaga vindar. Sker främst under natten.	E: Svagt stabilt	2,5<
		F: Måttligt – extremt stabilt	<2,5

För att ta höjd för olika förhållanden av vindstyrka och stabilitetsklasser används tre olika kombinationer:

- 2F: Stabilitetsklass F, vindhastighet 2 m/s
- 2D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 2 m/s
- 5D: Stabilitetsklass D, vindhastighet 5 m/s

De valda väderscenerierna bedöms som representativa och rimligt konservativa.

Det görs även skillnad på väderfördelningen mellan dag och natt, där det under natten är mer vanligt med låga vindhastigheter och stabila väderförhållanden. Baserat på ovan data har följande fördelning av väderkombinationer valts:

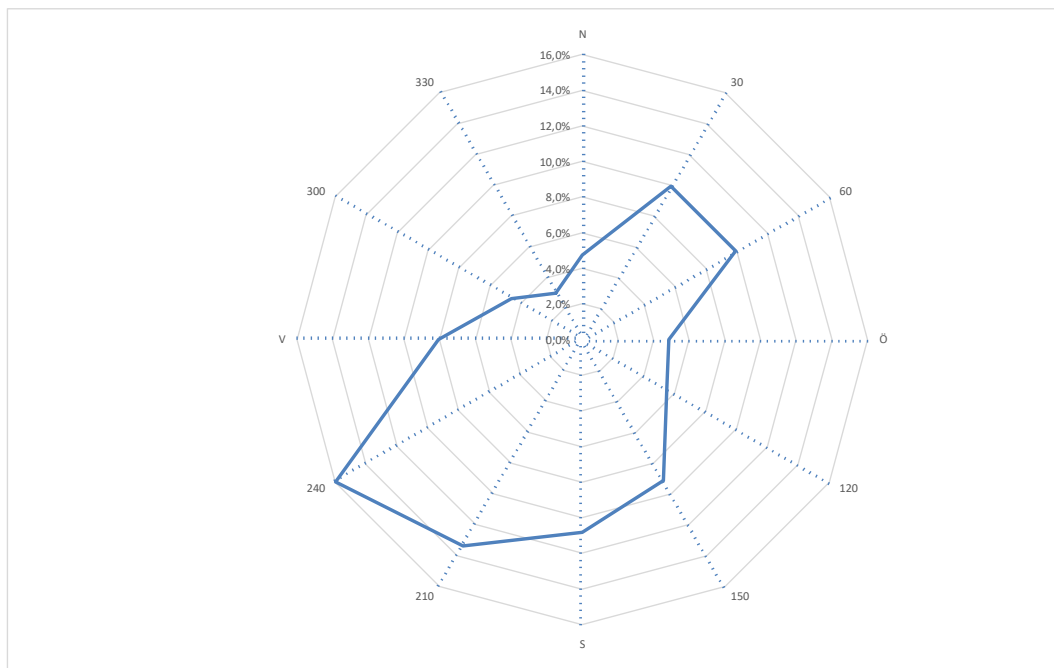
Tabell 1-2. Fördelning av väderförhållanden.

Väderförhållande	Dag	Natt
2F	5 %	15 %
2D	35 %	50 %
5D	60 %	35 %
Summa	100 %	100 %

Beräkningsbilaga

1.1.3 Vindriktning

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig och brandfarlig gas. Förhärskande vindriktningar är sydväst till sydsydväst vilket sker ca 30 % av tiden det blåser > 1 m/s, se Figur 1-3. Vindriktningen anges alltid i det väderstreck som det blåser från.



Figur 1-3. Vindfördelning för mätstation Göteborg A, 2000-2020 (SMHI, 2020)

1.2 Trafikolycka väg

I detta avsnitt redovisas frekvensberäkning för vägsträckan förbi planområdet.

I Räddningsverkets *"Farligt gods - riskbedömning vid transport"* (VTI, 1994) ges metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka med transport av farligt gods. Denna riskanalysmetod (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för olycka med farlig gods på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan, dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägvägnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ.

Olyckskvotens storlek samvarierar med ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning. Med hjälp av beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp kan följande parametrar bestämmas: olyckskvoten, andel singelolyckor och index för farligt godsolyckor (se nedan).

Enligt uppskattningar av Trafikverkets data på NVDB (Trafikverket, 2017) är den totala trafikmängden per årsmedeldygn (ÅDT) längs aktuell sträcka sammanlagt 15600 fordon år 2040 enligt Trafikverkets uppräkningsstal (Trafikverket, 2018a). Vägsträckan som kan påverka planområdet är cirka 500 meter.

Beräkningsbilaga

Totalt trafikarbete på den studerade vägsträckan beräknas som:

$$\text{Totalt trafikarbete} = 15600 \text{ (fordon/dygn)} \times 365 \text{ (dygn)} \times 0,5 \text{ (km)} = 2,8 \text{ miljoner fordonskilometer per år}$$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6}$$

Olyckskvoten kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor för aktuell hastighetsgräns och vägtyp. Olyckskvoten uttrycks i enheten olyckor/miljon fordonskilometer. Vägsträckan utgörs på platsen av landsväg med hastighetsgräns 70 km/h. Olyckskvoten för dessa förhållanden är 0,6 olyckor per miljon fordonskilometer per år.

Nedan beräknas det förväntade antalet fordonsolyckor med avseende på ovanstående trafikarbete.

$$\text{Förväntade fordonsolyckor (O)} = \text{Olyckskvot} \times \text{trafikarbete} = 0,6 \times 2,8 = 1,7 \text{ olyckor/år}$$

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor =

$$O \cdot ((X \cdot Y) + (1 - Y) \cdot (2X - X^2))$$

där X = Andelen transporter skyltade med farligt gods

Y = Andelen singelolyckor på vägavsnittet

O = Antal förväntade fordonsolyckor

Andelen farligt gods på vägen beräknas som:

$$\text{Andelen farligt gods} = \frac{\text{ÅDT farligt gods}}{\text{ÅDT total}}$$

ÅDT farligt gods på vägen beräknas till 13 genom 1 % av ÅDT tung trafik eftersom det endast är transporter till bensinstation i Marstrand och små verksamheter som förväntas bidra med farligt godstransporter.

Andelen farligt gods beräknas till $X = 8,4 \cdot 10^{-4}$.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor som beror av hastighetsgräns och vägtyp som för aktuellt vägavsnitt utgörs av landsväg med hastighetsgräns 70 km/h är denna 0,3.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor / år =

$$= O \cdot ((Y \cdot X) + (1 - Y) \cdot (2 \cdot X - X^2)) = 2,4 \cdot 10^{-4} \text{ per år.}$$

Frekvensen för en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods är $2,4 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 410:e år inom det studerade området.

Frekvens för farligt gods-olycka fördelas sedan på respektive ADR-kategori enligt antagen fördelning som redovisas i huvudrapporten. På väg 168 transporteras dock endast brandfarlig vätska

Beräkningsbilaga

1.3 Trafikolycka järnväg

Frekvensen för en urspårning av ett tåg på aktuell sträcka beräknas genom Banverkets "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen" (Fredén, 2001). Modellen bygger på verksamhetens art (W), vilken bestäms utifrån indata gällande undersökt sträcka, samt felintensiteter (ξ) för de olika verksamheterna.

Tabell 1-3. Indata till frekvensberäkning av urspårad vagn med farligt gods längs berörd sträcka. (Trafikverket, 2018)

Indata	
Studerad längd (km)	1
Spårklass	klass A
Antal växlar på sträckan	0
Antal godståg/år 2040	1100
Genomsnittlig längd för godståg (m)	450
Längd normalvagn (m)	24
Antal godsvagnar per tåg i genomsnitt	18,75
Antal godsvagnar/år	20625
Antal FG-vagnar per godståg	1,8
Andel FG-vagnar per godståg	0,096
Antal FG-vagnar/år	1980
Andel FG-vagnar med 2 axlar	0,03
Andel FG-vagnar med 4 axlar	0,97
Vagnaxelkm godsvagnar (inkl. FG)	45210
Vagnaxelkm FG-vagnar	7801,2
Tågkilometer (godståg)	1100

Förväntade antalet urspårningar beskrivs generellt som: $F(\text{olycka}) = W \cdot \xi$.

Förväntad frekvens av urspårning av farligt gods-vagnar för respektive olyckstyp beräknas enligt noter i Tabell 1-4. Hänsyn tas till andelen vagnar som är lastade med farligt gods samt att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspårningsolycka, vilket är 3,5.

Beräkningsbilaga

Tabell 1-4. Intensitetsfaktorer för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Beroendefaktor	Felintensitet	Godstrafik inkl. FG Frekvens/år	
Rälsbrott (A)	Vagnaxelkm (godståg)	5,00E-11	2,26E-06	
Solkurva (A)	Spårkm	1,00E-05	1,00E-05	
Vagnfel godståg	Vagnaxelkm (godståg)	3,10E-09	1,40E-04	
Lastförskjutning	Vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	1,81E-05	
Växel sliten, trasig	Antal växelpassager	5,00E-09	0,00E+00	
Annan orsak	Tågkm (samtliga klasser)	5,70E-08	6,27E-05	
Okänd orsak	Tågkm (godståg)	1,40E-07	1,54E-04	
Spårlägesfel	Vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	1,81E-05	
		Summa	4,05E-04	
			Summa frekvens urspårning:	4,05E-04
			Sannolikhet urspårad FG vagn givet urspårning:	2,61E-01
			Frekvens urspårning farligt gods	1,06E-04

*Frekvenser beroende av vagnaxelkm har beräknats som $F(\text{olycka FG-vagn}) = W \cdot \xi \cdot A$.

** Frekvenser beroende av spårkm eller tågkm har beräknats som

$F(\text{olycka FG-vagn}) = W \cdot \xi \cdot A \cdot a$.

*** Frekvenser beroende av antal passager genom växel har beräknats som

$F(\text{olycka FG-vagn}) = W \cdot \xi \cdot A \cdot a \cdot v$.

Frekvensen för en urspårningsolycka med en vagn innehållande farligt gods är **1,06E-04** per år. Detta motsvarar en urspårad farligt gods-vagn cirka vart 9450:e år vid området.

För att vidare beräkna frekvensen av en urspårning av ett godståg som transporterar farligt gods av ett visst ämne används fördelningen av transporterade mängder, vilken redovisas i huvudrapporten. Nedan redovisas händelseträden för respektive olycksscenario.

1.4 Olycka brandfarlig gas – Bohusbanan

Det faktum att en behållare med farligt gods är inblandat i olycka innebär inte nödvändigtvis att ett läckage uppstår. I de flesta fall håller tanken och inget av innehållet strömmar ut. För tjockväggiga tankar som används för gaser med övertryck kan

Beräkningsbilaga

sannolikheten ansätts till 0,01 både för ett litet läckage och för ett stort läckage i samband med olycka (Fredén, 2001). De skadehändelser som kan uppkomma givet ett utsläpp av brandfarlig gas är jetbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

1.4.1 Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en flaska och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i flaskan samt trycket i denna. Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och ansätts i detta fall till följande (Purdy, 1993):

$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$

$S_{\text{direkt antändning stort läckage}} = 0,2$

1.4.2 Gasmolnsbrand/explosion

Om gasen vid ett läckage inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en gasmolnsbrand med diffusionsförbränning.

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. För detta krävs som regel ett större läckage (Purdy, 1993) men konservativt ansätts även en sannolikhet för mindre utsläpp. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Sannolikheten för sen antändning sätts till:

$S_{\text{sen antändning litet läckage}} = 0,01$

$S_{\text{sen antändning stort läckage}} = 0,5$

För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta sker när vindriktningen är mot området. Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträdet som presenteras i Figur 1-4.

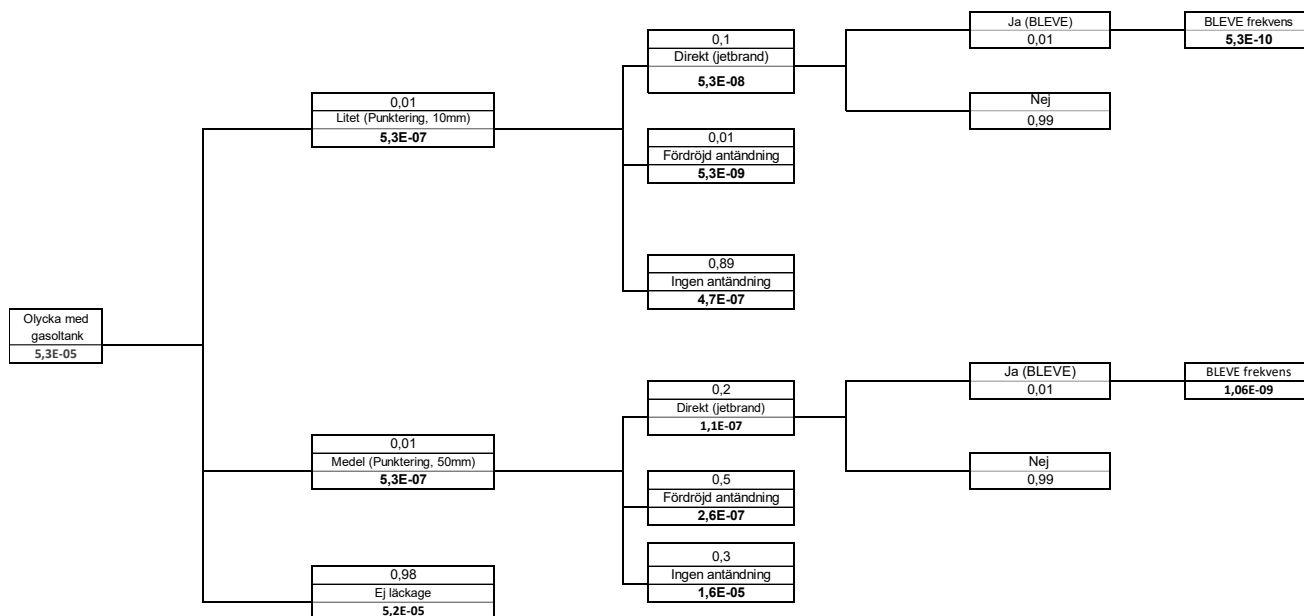
1.4.3 BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är en händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändning bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse ska kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska. I Tabell 1-5 visas frekvenser som används som indataparametrar i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018). Av beräkningsprogrammets natur behöver BLEVE simuleras med en egen frekvens.

Beräkningsbilaga

Tabell 1-5. Frekvenser för scenarier som involverar brandfarlig gas som används i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

Scenario	Frekvens [år ⁻¹]
Litet läckage	5,3E-05
Stort läckage	5,3E-05
BLEVE	1,59E-9



Figur 1-4: Händelseträd med frekvenser vid olycksscenarion med brandfarlig gas.

1.5 Olycka giftig gas – Bohusbanan

Vid ett utsläpp av giftig gas har vindstyrka och riktning en stor inverkan på konsekvenserna. Platsspecifika väderdata presenteras i tidigare avsnitt och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

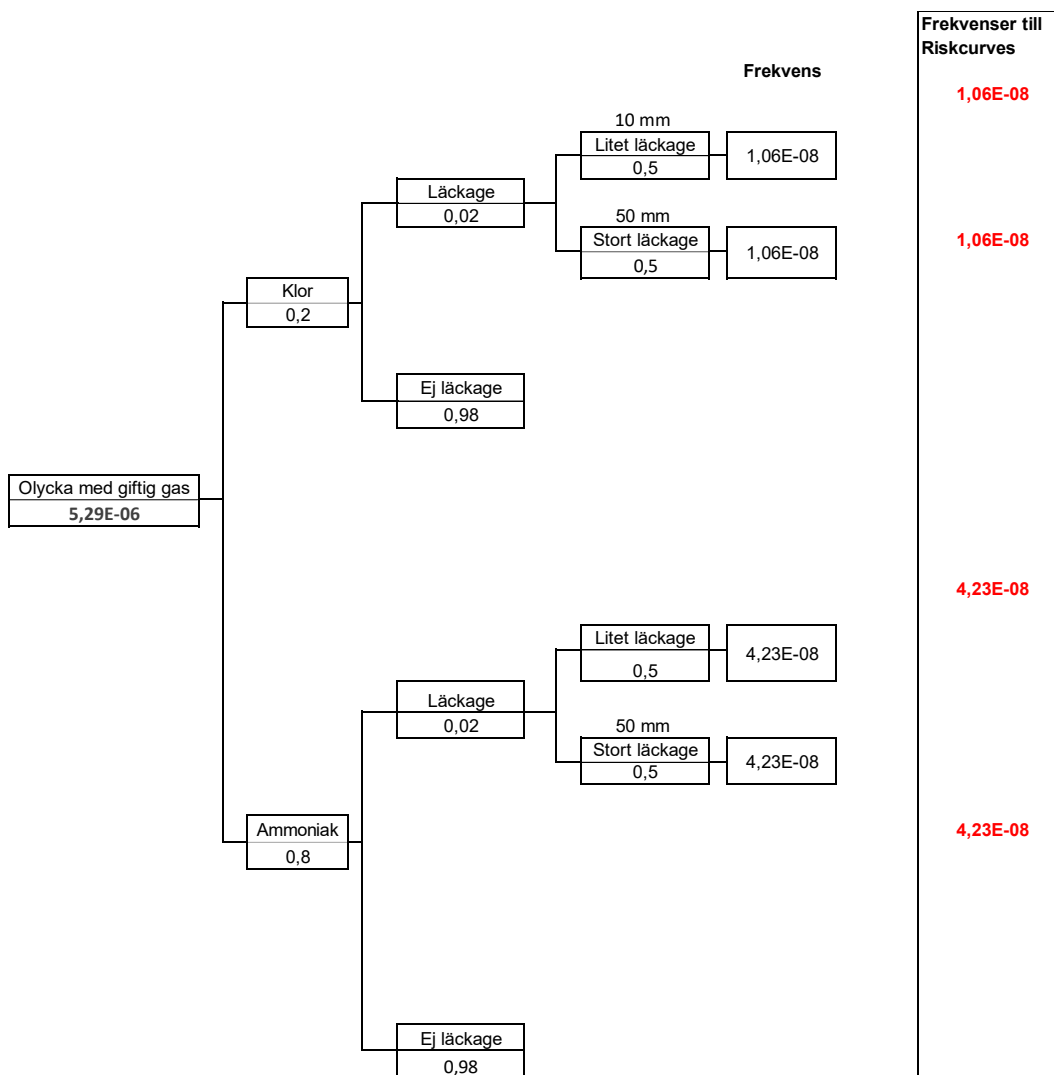
Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter (0,01) som en olycka med brandfarlig gas avseende hålstorlek och initial spridning då dessa transporteras under liknande förhållanden. Gaserna antas vara ammoniak (80 %) och klor (20 %). Givet ett läckage kan sannolikheten för stort hål (50 mm diameter) respektive liten punktering (10 mm diameter) ansättas till 0,5 för respektive (Fredén, 2001).

S_{liten punktering} = 0,01

S_{stort hål} = 0,01

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträden för olycka med giftig gas som presenteras i Figur 1-5.

Beräkningsbilaga



Figur 1-5: Händelseträd för olycka med läckage av giftig gas.

1.6 Olycka brandfarlig vätska – Bohusbanan och väg 168

Klass 3 består av en rad olika brandfarliga vätskor; dels petroleumbaserade drivmedel såsom diesel, bensin, olika typer av eldningsoljor och även förnyelsebara drivmedel, samt dels andra typer av brandfarliga vätskor som exempelvis lösningsmedel, tändvätskor, parfym, alkoholhaltiga drycker (70 procent) och liknande.

Den exakta fördelningen mellan petroleumbaserade drivmedel och andra brandfarliga vätskor är okänd. Det antas därför att hela klassen utgörs av drivmedel i brist på underlag om detta. Ett antagande om vilka eller vilket ämnen som kommer att beräknas avseende klass 3 i denna riskutredning, baseras därefter på statistik avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige. Statistiken kommer från Svenska Petroleum & Biodrivmedel Institutet, som bearbetat statistik från SCB och

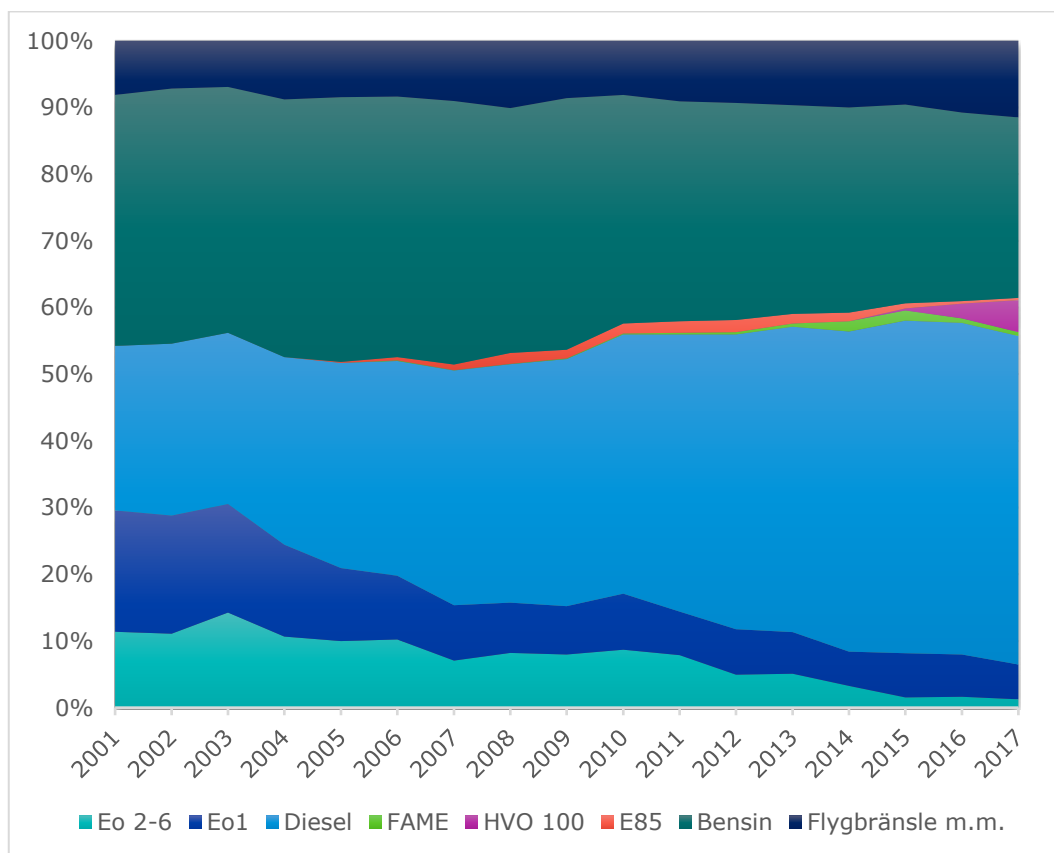
Beräkningsbilaga

Energimyndigheten. Denna statistik antas gälla både för transporter på lastbil och järnväg. Fördelningen inom klass 3 visas i Tabell 1-6 och Figur 1-6.

Tabell 1-6. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes). (SPBI, 2018)

Fördelning av petroleumprodukter och förnybara drivmedel								
År	Eo 2-6	Eo1	Diesel	FAME	HVO 100	E85	Bensin	Flygbränsle m.m.
2001	11%	18%	25%	0%	0%	0%	38%	8%
2002	11%	18%	26%	0%	0%	0%	38%	7%
2003	14%	16%	26%	0%	0%	0%	37%	7%
2004	11%	14%	28%	0%	0%	0%	39%	9%
2005	10%	11%	31%	0%	0%	0%	40%	8%
2006	10%	10%	32%	0%	0%	0%	39%	8%
2007	7%	8%	35%	0%	0%	1%	40%	9%
2008	8%	8%	36%	0%	0%	2%	37%	10%
2009	8%	7%	37%	0%	0%	1%	38%	9%
2010	9%	8%	39%	0%	0%	1%	34%	8%
2011	8%	7%	42%	0%	0%	2%	33%	9%
2012	5%	7%	44%	0%	0%	2%	33%	9%
2013	5%	6%	46%	0%	0%	1%	31%	10%
2014	3%	5%	48%	2%	0%	1%	31%	10%
2015	2%	7%	50%	2%	0%	1%	30%	10%
2016	2%	6%	50%	1%	2%	0%	28%	11%
2017	1%	5%	49%	1%	5%	0%	27%	11%

Beräkningsbilaga



Figur 1-6. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes). (SPBI, 2018)

Som framgår av ovan är diesel den vanligaste transporterade drivmedlet och utgörs av ca 48 %. Därefter följer bensin med 27 % och flygfotogen med 11 %. Samtliga avser 2017 års siffror.

Bensin bedöms vara det allvarligaste ämnet i termer av konsekvenser och avseende lättantändlighet inom drivmedlen. Detta på grund av att ämnet har en mycket låg flampunkt vilket ökar sannolikheten för att ångorna kan antändas i händelse av utsläpp. Flygbränslen och diesel hanteras båda under sina flampunkter, fast flygbränslen som fotogen har något kortare kolkedjor än diesel.

I denna utredning förenklas den stora spridningen av olika typer av drivmedlen till att endast bestå av bensin och resterande ämnen (diesel, flygbränsle osv.) Fördelningen utgår från siffror avseende 2017 enligt tabell och diagram ovan men har justerats något för att ta höjd för osäkerheter och bibehålla konservatism. För Bohusbanan används följande fördelning:

Resterande (representeras av n-dodekan): 0,60

Bensin (representeras av pentan): 0,40

Beräkningsbilaga

Eftersom det endast är transporter till Marstrands drivmedelsstation antas för väg 168 konservativt att bensin utgör en mycket större andel än diesel då båtmotorer ofta använder bensin och inte diesel:

Resterande (representeras av n-dodekan): 0,20

Bensin (representeras av pentan): 0,80

Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker är hastighetsberoende. Med konservatism ansätts denna parameter till 0,10 för järnvägsolyckor. För vägolycka används Index för farligt gods-olycka som är 0,13 för landsväg 70 km/h.

Tre olika utsläppsvolymer antas i utredning i enlighet med (TNO Purple Book, 2005b). De tre volymerna ger olika potentiella pölstorlekar.

Tabell 1-7. Utsläppsvolymer med korresponderande pölstorlekar och sannolikheter som används i konsekvensberäkningarna för pölbränder. Indata gäller både pentan och dodekan.

Utsläppsvolym	Pölstorlek	Sannolikhet givet utsläpp
0,5 m³ Motsvarar ett mindre utsläpp	100 m ²	25 %
5 m³ Motsvarar en fackvolym	200 m ²	60 %
30 m³ Motsvarar hela tankvolymen	350 m ²	15 %

Ett konservativt antagande är att pölen trots lokala topografiska variationer är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma i beräkningarna och därigenom också en högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin, pentan och etanol antänds t.ex. lättare än diesel, dodekan och eldningsolja. Sannolikheter för antändning som används i beräkningsprogrammet är i enlighet med (TNO Purple Book, 2005b):

Tabell 1-8. Antändningssannolikheter i frekvensberäkningarna för pölbrand av pentan respektive dodekan (TNO Purple Book, 2005b).

Brandfarlig vätska	Sannolikhet för direkt antändning	Sannolikhet för fördröjd antändning
Pentan (representerar bensin och andra lättantändliga vätskor)	6,5 %	6,5 %
Dodekan (representerar diesel, eldningsolja och andra svårantändliga vätskor)	0,43 %	-

Med ovanstående bedömningar kan händelseträdet konstrueras enligt Figur 1-7. Anledningen till att kolumnerna 'Frekvens' och 'Frekvens RC' inte är samma för järnväg är

Beräkningsbilaga

för att bidraget från oxiderande ämnen lagts till i den högra kolumnen som del av en mindre polbrand.

Olycka	Ämne	Läckage	Pölstrolek	Frekvens	Frekvens RC
Olycka med brandfarlig vätska Avfart 2,65E-05	Bensin 40%	Läckage 10%	LITET (0,5m3) 25%	3,4E-07	4,0E-07
			MEDEL (5m3) 60%	8,26E-07	8,3E-07
		Ej läckage 90%	STORT (30m3) 15%	2,1E-07	2,1E-07
			Dodekan 60%	Läckage 10%	LITET (0,5m3) 25%
	Ej läckage 90%	MEDEL (5m3) 60%	9,5E-07		9,5E-07
		Ej läckage 90%	Ej läckage 90%	STORT (30m3) 15%	2,4E-07

Figur 1-7: Händelseträ för olycka med brandfarlig vätska - Bohusbanan.

Olycka	Ämne	Läckage	Pölstrolek	Frekvens	Frekvens RC
Olycka med brandfarlig vätska 3,42E-03	Bensin 80%	Läckage 13%	LITET (0,5m3) 25%	8,9E-05	8,9E-05
			MEDEL (5m3) 60%	2,1E-04	2,1E-04
		Ej läckage 87%	STORT (30m3) 15%	5,3E-05	5,3E-05
			Dodekan 20%	Läckage 13%	LITET (0,5m3) 25%
	Ej läckage 87%	Ej läckage 87%	MEDEL (5m3) 60%		5,3E-05
			Ej läckage 87%	Ej läckage 87%	STORT (30m3) 15%

Figur 1-8: Händelseträ för olycka med brandfarlig vätska - Väg 168.

1.7 Olycka med oxiderande ämnen – Bohusbanan

Principiellt kan läckage av oxiderande ämnen (klass 5.1) eller organiska peroxider (klass 5.2) medföra brand eller explosion. Explosion är främst möjligt vid de fall det oxiderande materialet transporteras i höga koncentrationer och sammanblandas med organiskt material vid olyckan, exempelvis fordonets bränsle. För väteperoxid kan ämnet sönderfalla i koncentrationer över 20 vikt-% och ämnet är detonerbart vid koncentrationer över 90 %.

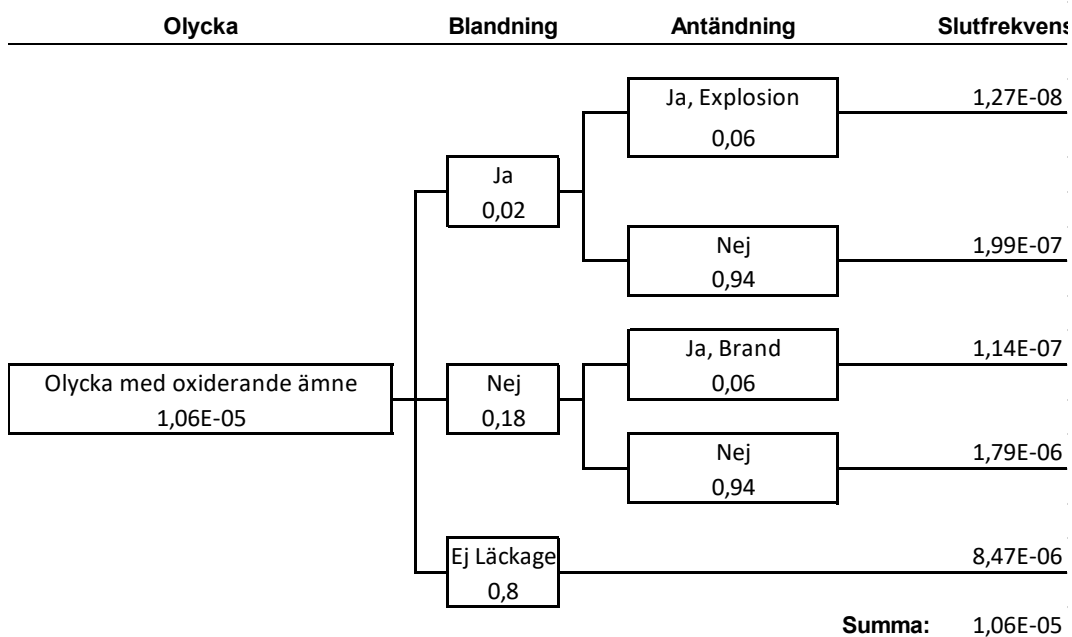
Beräkningsbilaga

Väteperoxid med koncentration under 60 % ger normalt inte upphov till några reaktioner som leder till tryckvåg. (MSB, 1999).

Avseende de typer av organiska peroxider (klass 5.2) som kräver kylda förhållanden kan även brand- och explosionsförlopp inträffa om kylningen på något sätt fallerar eller att ämnets SADT (Self-Accelerating Decomposition Temperature) överskrids, exempelvis av en extern brand. (MSB, 1996)

Tyvärr finns inga kända uppgifter om andelen av dessa mer farliga typer av klass 5.2 som andel av hela klass 5. På grund av bristande statistiskt underlag kring detta blir det därför svårt att uppskatta en fördelning delklasserna emellan. En erfarenhetsmässig bedömning är dock att olika koncentrationer av väteperoxid torde var den vanligaste typen av ämne inom denna klass och att de organiska peroxiderna är mindre vanliga. Det antas därför grovt att hela klass 5 består av oxiderande ämnen.

Brandscenarier med oxiderande ämnen antas konservativt ge liknande konsekvenser som för klass 3 brandfarlig vätska, varför dessa slutfrekvenser har adderats till slutfrekvenserna för medelstor pölbrand i klass 3. Explosionsscenarier med oxiderande ämnen antas ge liknande konsekvenser som för klass 1 explosivämnen, varför dessa slutfrekvenser har adderats till slutfrekvenserna för mindre explosion i klass 1.



Figur 1-9: Händelseträ för olycka med oxiderande ämnen - Bohusbanan.

Beräkningsbilaga

2 Bilaga B – Konsekvensberäkning

I denna riskutredning har konsekvens- och frekvensberäkningar gjorts med programvaran Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018). Programmet har tagits fram av The Netherlands Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Konsekvensberäkningar i föreliggande studie baseras till stor del på de källor som används i Riskcurves (TNO Yellow Book, 2005a). Där dessa frångås nämns detta uttryckligen.

2.1 Generella skadekriterier

I beräkningar har hänsyn tagits till varierande persontäthet dag- och nattetid, samt att persontätheten varierar beroende på avstånd till riskobjektet. Dessa antaganden redovisas i huvudrapporten. Nedan redogörs för övriga antaganden som gjorts för beräkning av antalet omkomna vid olika skadehändelser.

Tabell 2-1. Skadekriterier som används i beräkningarna.

Parameter	Värde	Kommentar
Mottagarhöjd Z _d (m)	1,5	
Letal fraktion inom flamma eller gasmolnsbrand	100 %	
Värmestrålningsnivå vid total destruktion (kW/m ²)	35	
Letalitet vid total destruktion (inomhus och utomhus) (-)	100 %	
Maximal exponeringstid för värmestrålning, (s)	20	
Probit funktion, värmestrålning	$Pr = -36,38 + 2,56 \ln(q_{1,33}) * t$	q = värmestrålningen i W/m ² och t = exponeringstiden i sekunder, (TNO Green Book, 1992)
Peak tryck för total destruktion (inomhus och utomhus) (mbar)	300	
Peak tryck för letalitet inomhus på grund av glassplitter (mbar)	100	
Letalitet av glassplitter (-)	0,025	
Inomhus:utomhus letalitet av toxisk effekt (-)	0,1	
Maximal tid till personer har satts i säkerhet (s)	1800	

Beräkningsbilaga

2.2 Olycka med explosiva ämnen

Explosiva ämnen transporteras inte på aktuella transportleder. Men eftersom oxiderande ämnen kan ge upphov till explosioner så visas nedan hur dessa konsekvensberäknas.

Människor som exponeras för en explosion utsätts för en tryckhöjning som är skadlig över vissa gränsvärden. Konsekvenserna av explosioner representeras av resulterande övertryck i tryckvågen och den effekt den har på personerna i planområdet.

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor, därefter påverkas lungor och andra inre organ och dödliga skador kan uppkomma. I Tabell 2-2 nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus (FOA, 1998).

Tabell 2-2. Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus.

Skada	Infallande tryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1% döda)	180
10% döda	210
50% döda	260
90% döda	300
99% döda	350

För individriskkurvan används värdet där 1 % förväntas omkomma, 180 kPa vilket är konservativt med en faktor 100.

Människor kan också omkomma om de vistas inomhus i en byggnad som kollapsar på grund av övertryck och draglasters påverkan på bärverket. Typiska värden för byggnadsverks tålighet visas i Tabell 2-3. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa. För byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 2-3. Gränsvärden för skador på byggnadsstomme för olika konstruktioner.

Byggnadsmaterial	Trycktålighet
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i "Yellow book" (TNO Yellow Book, 2005a). Det massexplosiva ämnet representeras av TNT, varvid massan TNT räknas om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett hypotetiskt gasmoln. Trycket från gasmolnsexplosion beräknas därefter.

Vi söker därför den massa av brännbar gas som motsvarar en bestämd mängd TNT från nedanstående samband:

Beräkningsbilaga

$$m_{gas} = \frac{m_{TNT} \cdot \Delta H_d(TNT)}{\Delta H_c(gas) \cdot Y}$$

Där

m_{gas} = ekvivalent massa gas i brännbart gasmoln som bidrar till gasmolnsexplosion [kg]

m_{TNT} = massa TNT [kg]

$\Delta H_c(gas)$ = förbränningsvärme gas [J/kg]

$\Delta H_d(TNT)$ = förbränningsvärme TNT [J/kg]

Y = effektivitetsfaktor [-]

Effektivitetsfaktorn Y beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i (TNO Yellow Book, 2005a) till

Y = 0.2

$\Delta H_c(CH_4)$ = 5,6E+07 [J/kg]

$\Delta H_d(TNT)$ = 4,18E+06 [J/kg]

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 2-4.

Tabell 2-4. TNT-ekvivalenter av metan.

Massa TNT [Kg]	Massa CH4 [Kg]
20	7,5
16 000	5970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt formeln nedan (FOA, 1998).

$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}}$$

Där

\bar{R} = Dimensionslöst avstånd [-]

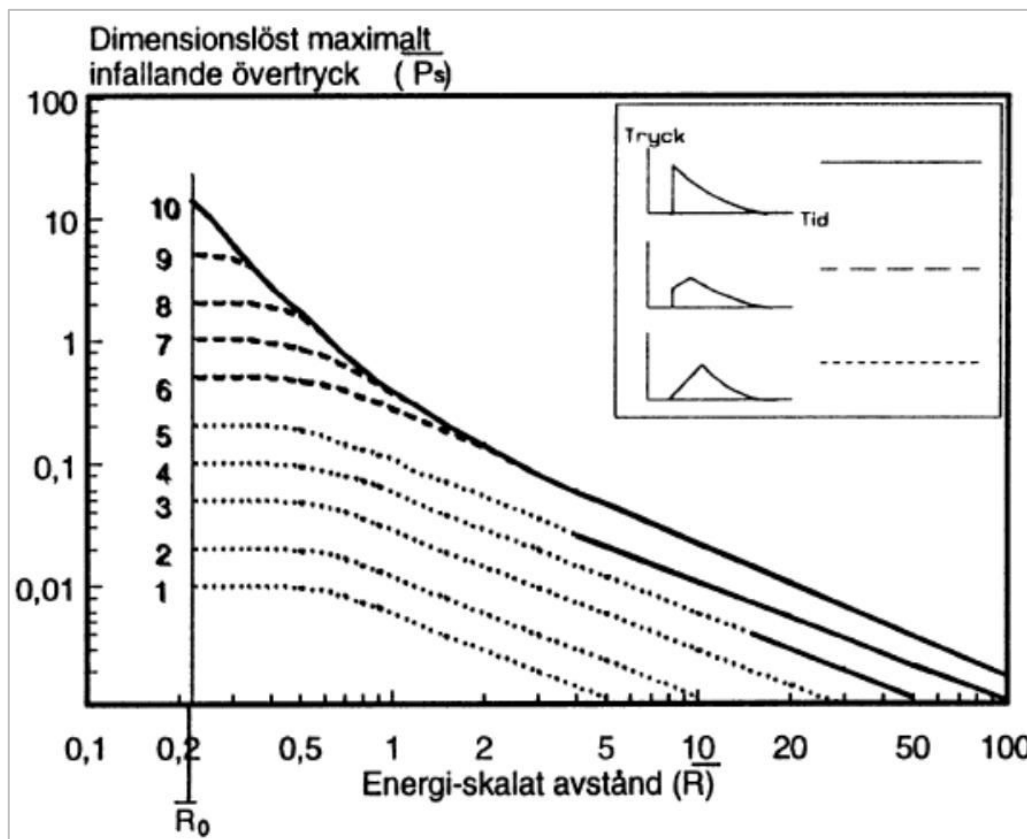
R = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 2-1 nedan (FOA, 1998).

Beräkningsbilaga



Figur 2-1. Maximalt dimensionslöst tryck. För beräkningarna har den högsta detonationsklassen (10) antagits för liten mängd TNT och detonationsklass 9 för den stora mängden TNT, då de olika underklasserna i klass bäst stämmer överens med dessa utseenden i tryck-tidsambandet.

Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 2-1 kan explosionsövertrycket bestämmas genom

$$\bar{P} = \frac{P_s}{P_0}$$

Där

\bar{P} = Dimensionslöst tryck [-]

P_s = Explosionstryck [Pa]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Trycket beräknas för respektive avstånd vilket ger avstånd till kritiskt tryck enligt Tabell 2-5.

Beräkningsbilaga

Tabell 2-5. Potentiellt avstånd till 180 kPa med massexplсивt ämne.

Massa TNT [kg]	Avstånd till dödsfall [m]
20	8
16 000	65

Antalet döda i olycka med explosivämnen kan nu bestämmas genom att jämföra personbelastningen med de aktuella övertrycken i området, Tabell 2-5 och gränsvärden för skador på människor från Tabell 2-2.

Avståndet till 50% döda för 20 kg explosivämne sätts till 10 m för individrisken, medan nivån för 16 000kg beräknas till 40 m.

Tryck över 10 kPa antas få glas/fönsterrutor att gå sönder, tryck över 20 kPa antas få bärverk att kollapsa generellt. Byggnadsdelar som först exponeras för explosion antas absorbera en del av energin. För att få fler datapunkter har gränsvärdet för 1% döda (180 kPa) istället antagits ge 10 % döda.

2.3 Olycka brandfarlig gas

Mängden brandfarlig gas i ett släp antas vara ca 40 ton. Beräkningarna anses vara giltiga för både järnväg och olycka på motorväg. För motorväg bedöms detta vara ett konservativt antagande, och mer rimligt för transport på järnväg.

Vidare antas att det är tryckkondenserad propan (gasol) som transporteras eftersom det har en låg brännbarhetsgräns och medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än med andra gaser.

Två olika utsläppsstorlekar (för jetflamma och gasmoln) antas enligt följande:

- Litet - punktering (hålstorlek 10 mm)
- Stort - medelstort hål (hålstorlek 50 mm)

I tillägg simuleras även BLEVE men i konsekvensberäkningarna är händelsen oberoende av hålstorlek.

För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckage-storlek, tiden till antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. I beräkningarna antas att utsläppet sker i vätskefasen. Dels ger detta de största konsekvenserna och dels anses detta det mest troliga i händelse av olycka med brandfarlig gas.

Som nämns i huvudrapporten används beräkningsprogrammet Riskcurves (TNO Riskcurves, 2018) för konsekvensberäkningar. De indata som används i programmet för att simulera konsekvensområden för jetflamma, gasmoln och BLEVE presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck: 6,2 bar (absolut tryck)
- Utströmningskoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tankdiameter (horisontell cylinder): 3,8 m
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m

Beräkningsbilaga

- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Bristningstryck: 25 bar (inneboende tryck då tanken brister vid en BLEVE)
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83 %
- Molnighet: 75 % (halvklart till molnigt)
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Väderparametrar enligt tidigare avsnitt
- Fraktion gasmoln som deltar i explosion 0,4

Tabell 2-6: Avstånd för relevanta skadehändelser med brandfarlig gas beroende på väderförhållanden. Beräkningarna är gjorda med programvaran (TNO Riskcurves, 2018). Konsekvenserna vid en BLEVE är i praktiken oberoende av väderförhållandena, varför de presenteras i en separat tabell.

Konsekvens	Relevant skadehändelse	Ungefärliga avstånd till konsekvens beroende på väderförhållanden [m]		
		D5	D2	F2
100 mbar övertryck	Gasmolns-explosion	100	124	158
20 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	97	110	113
15 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	102	114	118
10 kW/m ² värmestrålning	Jetbrand	110	122	125
Avstånd till UFL (upper flammability limit)	Kortaste avstånd till antändbart gasmoln	23	23	27
Avstånd till LFL (lower flammability limit)	Längsta avstånd till antändbart gasmoln	77	93	138
Avstånd till 50 % av LFL	-	124	158	266

Tabell 2-7. Konsekvensavstånd för BLEVE.

Konsekvens	Konsekvensavstånd BLEVE [m]
20 kW/m ² värmestrålning	206
15 kW/m ² värmestrålning	251
10 kW/m ² värmestrålning	321

2.4 Olycka giftig gas

Spridningsberäkningar för giftiga gasmoln har gjorts i programvaran (TNO Riskcurves, 2018). Spridningssimuleringar har gjorts för giftiga gaser (representerat av ammoniak) och mycket giftiga gaser (representerat av klor). Väderförhållandena som råder vid tiden för utsläppet påverkar konsekvenserna i stor utsträckning. Dessa data presenterades i tidigare

Beräkningsbilaga

avsnitt. Samma hålstorlekar har använts som för brandfarliga gaser, det vill säga 10 och 50 mm.

För att beräkna konsekvensområdets utbredning används Acute Exposure Guideline Level (AEGL). AEGL-1-3 avser en exponeringsnivå av luftburna partiklar där en individ (inklusive känsliga individer) kan uppleva besvär, kan få irreversibla hälsoeffekter och drabbas av livshotande skador/död. AEGL-3 utgör den nivå där känsliga individer kan omkomma och används också i beräkningarna. AEGL-3 för ammoniak avseende 30 minuters exponering är 1600 ppm (EPA, 2016). AEGL-3 för klor avseende 30 minuters exponering är 28 ppm. Varaktigheten är avgörande för dosen, d.v.s. kort utsläppstid medför hög koncentration men kort påverkanstid.

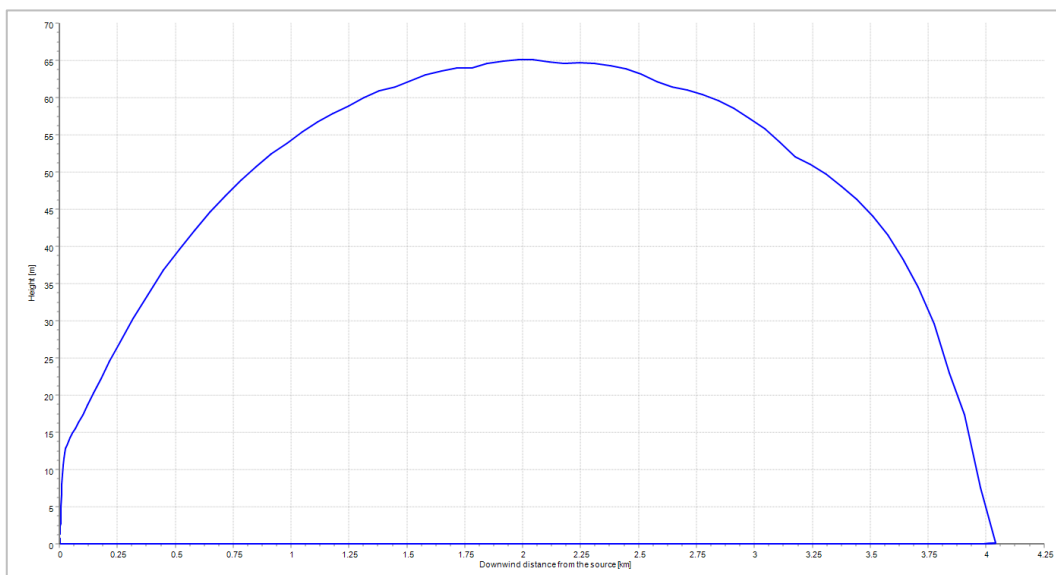
Påverkan inomhus bedöms reduceras med en faktor tio, enligt vad som anges i Purple Book (TNO Purple Book, 2005b). Om friskluftsintag placeras vid fasad bort från vägen uppskattas påverkan inomhus reduceras ytterligare med en faktor tio. De indata som används i programmet (TNO Riskcurves, 2018) för att simulera konsekvensområden utsläpp av giftig gas presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 9°C
- Lagringstryck klor: 10 bar (absolut tryck)
- Lagringstryck ammoniak: 10 bar (absolut tryck)
- Liten håldiameter: 10 mm
- Stor håldiameter: 50 mm
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tankdiameter (horisontell cylinder): 3,8 m
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Lufttryck: 1 atm
- Omgivningstemperatur: 9°C
- Relativ fuktighet: 83 %
- Molnighet: 75 % (halvklart till molnigt)
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Väderparametrar enligt tidigare avsnitt

Tabell 2-8. Avstånd till AEGL-3 (30 min exponering)-värdet för respektive utsläppsscenario och väderförhållande.

Relevant skadehändelse	Ungefärliga avstånd till konsekvens beroende på väderförhållanden [m]		
	D5	D2	F2
Litet ammoniakutsläpp	118	165	344
Stort ammoniakutsläpp	788	928	1873
Litet klorutsläpp	665	1057	3492
Stort klorutsläpp	4050	6094	12749

Beräkningsbilaga



Figur 2-2. Konsekvensberäkning av stort klorutsläpp vid väderscenario D5. Konturen avser avstånd till nivåer för AEGL-3 (30 minuters exponering) utomhus.

2.5 Olycka brandfarlig vätska

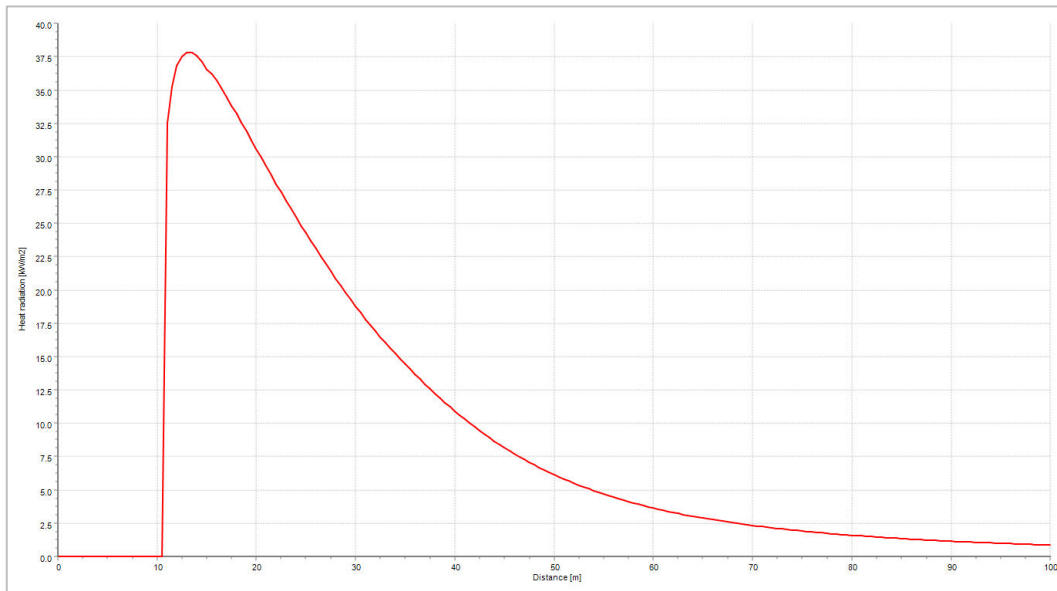
I konsekvensberäkningen används bensin, som representeras av pentan, och dodekan ($C_{12}H_{26}$) för att modellera resterande brandfarliga vätskor (dvs diesel, flygbränslen). En cirkulär pöl används i konsekvensberäkningarna, vilket är ett konservativt antagande då detta ger högre värmestrålning i jämförelse med en avlång pöl som kanske skulle efter spegla verkligheten på ett rimligare sätt. I Tabell 2-9 redovisas de utsläppsstorlekar med korresponderande pölstorlekar som använts vid beräkningarna tillsammans med de beräknade flamlängderna och avstånd till strålningsnivåer.

Tabell 2-9. Utsläppsstorlekar med korresponderande pölstorlekar samt beräknade flamlängder beroende på väderförhållanden och avstånd till olika strålningsnivåer.

Ämne	Volym [m ³]	Pölstorlek [m ²]	Flamlängd [m]			Avstånd [m]		
			D5	D2	F2	10 kW/m ²	15 kW/m ²	20 kW/m ²
Bensin/ pentan	0,5	100	19	23	23	24	19	16
	5	200	25	29	29	32	26	22
	30	350	30	34	35	41	33	28
Dodekan / diesel	0,5	100	12	14	14	19	16	13
	5	200	15	19	19	25	21	18
	30	350	19	23	23	32	27	23

I Figur 2-3 redovisas konsekvensberäkning för pölbrand på 30 m³ med pentan (bensin) för väderscenario D5.

Beräkningsbilaga



Figur 2-3. Konsekvensberäkning för värmestrålning som konsekvens av avståndet från utsläppskällan. Avser stor pölbrand (30 m³) med pentan (bensin) och vädersscenario D5.

2.6 Olycka med oxiderande ämne

De två konsekvenserna av olycka med klass 5, som approximeras med oxiderande ämnen, är pölbrand och explosion. Pölbränderna antas fördela sig enligt samma konsekvenser som för brandfarlig vätska, klass 3. Explosionsförloppet approximeras till detsamma för en mindre explosion av farligt gods klass 1.

Beräkningsbilaga

Referenser

- EPA. (2016, 08 29). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Retrieved from EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*.
- FOI. (2013). *Osäkerheter i observationer och beräkningar*. FOI-R--3764--SE: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*,. Borlänge: Banverket.
- Green Cargo. (2018). Tala om lågt hängande frukter.
- HMSO. (1991). *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances*. London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety.
- MSB. (1996). *SÄIFS 1996:4 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av organiska peroxider*.
- MSB. (1999). *SÄIFS 1999:2 - Föreskrifter och allmänna råd om hantering av väteperoxid*.
- Outokumpu Stainless AB. (2020). Uppgifter från verksamheten i Nyby bruk, Torshälla.
- Purdy, G. (1993). *Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail*. Amsterdam: Elsevier Science Publishers B.V.
- Räddningsverket. (1996). *Farligt gods - Riskbedömning vid transport*.
- Räddningsverket. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter - September 2006*. MSB.
- SMHI. (2018, 09 04). *Öppna data*. Retrieved from <http://www.smhi.se/klimatdata/Oppna-data>: <http://opendata-download-metobs.smhi.se/explore/#>
- SPBI. (2018). Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel. Svenska Petroleum & Biodivmedel Institutet, <https://spbi.se/statistik/volymer/>.
- TNO Green Book. (1992). *Methods for the determination of possible damage to people and objects resulting from releases of hazardous materials Green Book*. Retrieved from <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>
- TNO Purple Book. (2005b). *Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"*. Retrieved from <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy-environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/the-coloured-books-yellow-green-purple-red/>
- TNO Riskcurves. (2018). *RISKCURVES 10.1.9.12276*. Retrieved from <https://www.tno.nl/en/focus-areas/circular-economy->

Beräkningsbilaga

environment/roadmaps/environment-sustainability/public-safety/riskcurves-
software-for-quantitative-risk-assessment/

TNO Yellow Book. (2005a). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*.
The Hague.

Trafikverket. (2017, 05 09). *Nationellvägdatas*. Retrieved from Trafikverket.se:
<https://nvdb2012.trafikverket.se/>

Trafikverket. (2018). *Prognos för godstransporter 2040 – Trafikverkets Basprognoser 2018*.
Publikationsnummer: 2018:087.

Trafikverket. (2018a). *Trafikuppräkningsstal väganalys*. Borlänge: Trafikverket.

U.S. Environmental Protection Agency. (2004). *Acute Exposure Guideline Levels for
Selected Airborne Chemicals: Volume 4*. Committee on Acute Exposure Guideline
Levels, Committee on Toxicology, National Research Council.

UCI. (2002). *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track
zone*. UIC.

VTI. (1994). *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transport av farligt gods på väg,
VTI-rapport 387:4*. Väg- och trafikforskningsinstitutet.