

RISKUTREDNING

Handläggare
Oscar Lindén
Tel
010-505 84 94
E-post
oscar.linden@afry.com
Uppdragsnummer
779363

Datum
2020-08-31
Beställare
Grästorps kommun
Johan Skoglund
johan.skoglund@grastorp.se
0514-58139

Riskutredning förbifart Grästorp väg 47, Grästorps kommun



Uppdragsledning och kvalitetsgranskning: Sohrab Nassiri
Handläggare: Oscar Lindén

Version	Status	Datum
0.1	Rapportutkast	2020-03-05
1.0	Slutversion efter kommentarer	2020-04-01
2.0	Komplettering samrådsyttrande	2020-08-21
2.1	Revidering	2020-08-24
3.0	Slutleverans	2020-08-31

Sammanfattning

I Grästorps kommun pågår en detaljplaneprocess som ska möjliggöra förbättrande åtgärder för väg 2561, också kallad Östra vägen. Parallellt med planarbetet gör Trafikverket en vägplan för väg 2561 för att höja standarden så att den i framtiden kan utgöra primär förbifart runt Grästorp. Bland annat planeras bullerskydd och komplettering av kringliggande GC-nät. Då vägen utgör en primär led för farligt gods och även kommer göra så i framtiden genomförs en riskutredning med avseende på transporter av farligt gods. Riskberäkningar har genomförts för två utredningsscenarier, ett där hänsyn inte tas till de planerade bullerskärmarna och ett där den säkerhetskänsliga effekten av skärmarna inkluderas i beräkningen. Följande slutsatser har erhållits i utredningen:

- Individrisknivån är acceptabel på avstånd längre än 50 meter från vägen utan bullerskärmar. Samma avstånd är 40 meter med bullerskärmar i brandteknisk klass (lägst) EW30.
- På avstånd av 22 meter från vägen är individrisknivån i övre ALARP-området där kravställningen på säkerhetskänsliga åtgärder generellt sett är hög. Flertalet fastigheter ligger inom detta avstånd, vilket motiverar att de planerade bullerskärmarna utförs i brandteknisk klass (lägst) EW30. Detta reducerar motsvarande avstånd till 15 meter.
- Samhällsriskberäkning visar att bullerskärmarna har begränsad inverkan på samhällsrisknivån som fortsatt hamnar inom lägre ALARP-området.
- På korta avstånd (mindre än 25 meter från närmsta väggkant) utgör värmestrålning från pölbränder av brandfarlig vätska det största riskbidraget. På längre avstånd dominerar brandfarlig gas riskbidraget.
- Transporterna av farligt gods förväntas inte öka till följd av projektet utan snarare bibehållas. Därtill höjs trafiksäkerheten och säkerhetskänsliga åtgärder införs, varför risknivån längs vägen bedöms bli lägre än den är i dag.
- Den nya fastigheten i södra delen erhåller en låg risknivå, lägre ALARP-nivån avseende individrisk. Här planeras ett dike som hindrar vätska för att rinna in mot området. Den nya verksamhetens byggnadsfasader som vetter mot vägen bör dock utföras obrännbara. Minst en utrymningsväg och/eller entré bör riktas åt nordost, bort från vägen.
- För de övriga befintliga bostadsområdena planeras bullerskärmar samt diken för att hantera dagvatten. Diken fungerar också som skyddsbarriärer mot att brandfarlig vätska ska rinna in mot planområdet. Om följande planbestämmelser genomförs uppfylls en acceptabel risknivå som medför att markanvändningen kan anses lämplig ur risk- och säkerhetsperspektiv:
 - o För de bullerskärmar som uppförs för bostäder inom 25 meter från närmsta väggkant ska skärmen utföras i brandteknisk klass (lägst) EW30.
 - o Den nya verksamhetens fasader som vetter mot vägen utförs i obrännbart material.
 - o Den nya verksamheten ska ha minst en utrymningsväg och/eller entré riktad åt nordost, bort från vägen.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Inledning.....	4
1.1 Bakgrund och syfte.....	4
1.2 Avgränsningar	4
2 Metod	4
2.1 Programvara.....	5
2.2 Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	5
2.3 Kvantitativa riskmått	7
2.3.1 Individrisk.....	7
2.3.2 Samhällsrisk.....	7
2.4 Riskvärdering	8
3 Skyddsobjekt.....	10
4 Beskrivning av planområde.....	10
4.1 Persontäthet.....	12
5 Riskobjekt	15
5.1 Väg 47.....	15
5.1.1 Trafikuppgifter.....	16
5.1.2 Fördelning av farligt gods och transporterade mängder.....	16
5.1.3 Olycksscenarion	18
5.1.4 Sammanfattning olycksscenarion farligt gods	22
6 Riskanalys	23
6.1 Individrisk.....	23
6.1.1 Individrisk utan bullerskärmar	23
6.1.2 Individrisk med bullerskärmar	23
6.1.3 Nya verksamheten	24
6.2 Samhällsrisk.....	25
7 Osäkerhet- och känslighetsanalys.....	26
7.1 Känslighetsanalys.....	26
7.2 Osäkerhetsanalys.....	27
8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder	29
9 Slutsatser.....	30
10 Referenser.....	31
Beräkningsbilagor	

RISKUTREDNING

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

I Grästorps kommun pågår en detaljplaneprocess med syfte att möjliggöra förbättrande åtgärder för väg 2561, också kallad Östra vägen. Parallellt med planarbetet gör Trafikverket en vägplan för väg 2561 för att höja standarden så att den i framtiden kan utgöra primär förbifart runt Grästorp. De åtgärder som planeras är bland annat bullerskydd och komplettering av GC-nätet. Vägen kommer då få namnet väg 47.

Eftersom vägen redan idag utgör en primär led för farligt gods och även kommer göra så i framtiden genomförs en riskutredning med avseende på transporter av farligt gods. Syftet med denna riskutredning är därför att undersöka risker kopplat till farligt gods längs sträckan för ombyggnation, samt verifiera effekten av bullerskyddsåtgärder för att reducera riskerna och om aktuellt, föreslå vidare åtgärder.

1.2 Avgränsningar

Aktuell version av riskutredningen omfattar planärendet för förbifart Grästorp.

Riskutredningen undersöker olyckor som har påverkan på människor så att de förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks ej. 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).

Riskutredningen avgränsas till att analysera den tätortsförlagda delen av detaljplanen.

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.

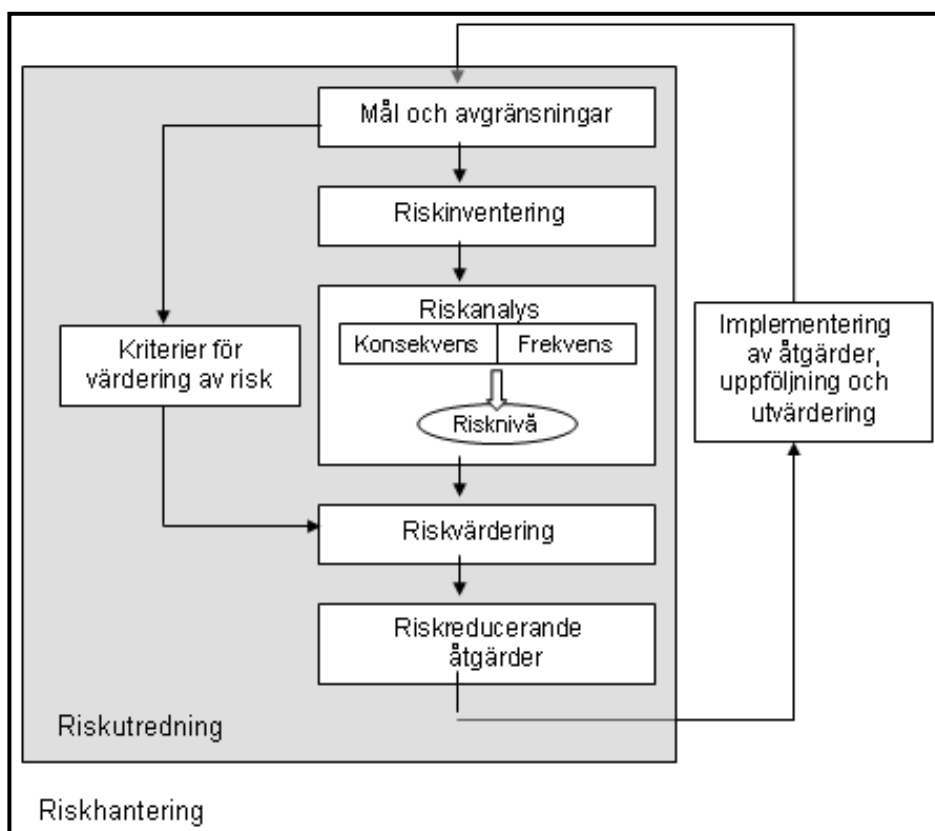
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella objektet. Aktuella olycksscenarioer presenteras i en så kallad olyckskatalog.

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.

Metoden följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland tagit fram (2006).



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 Organisation for applied scientific research (TNO) som är ett oberoende forskningsinstitut. Konsekvensberäkningar i Riskcurves använder vetenskapliga spridnings- och effektmodeller enligt 'Yellow Book' (TNO, 2005a) samt vägledande riktlinjer för kvantitativ riskanalys från 'Purple book' (TNO, 2005b).

2.2 Styrande lagstiftning och riktlinjer

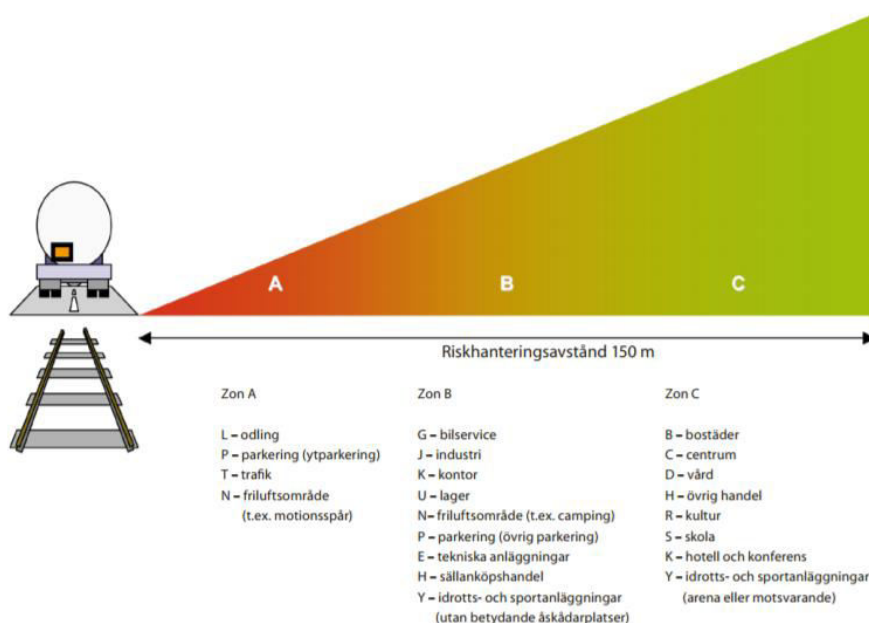
Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras, Plan- och bygglagen (2010:900) och Miljöbalken (1998:808). I Plan- och bygglagen framgår det att bebyggelse och byggnadsverk skall utformas och placeras på den avsedda marken på ett lämpligt sätt med hänsyn till skydd 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.

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 samhällsrisken för tredje person.



Figur 2-2. Riktlinjer för riskhanteringsavstånd, (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. Riskmåttarna är individrisk och samhällsrisk. Riskmåttarna 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.

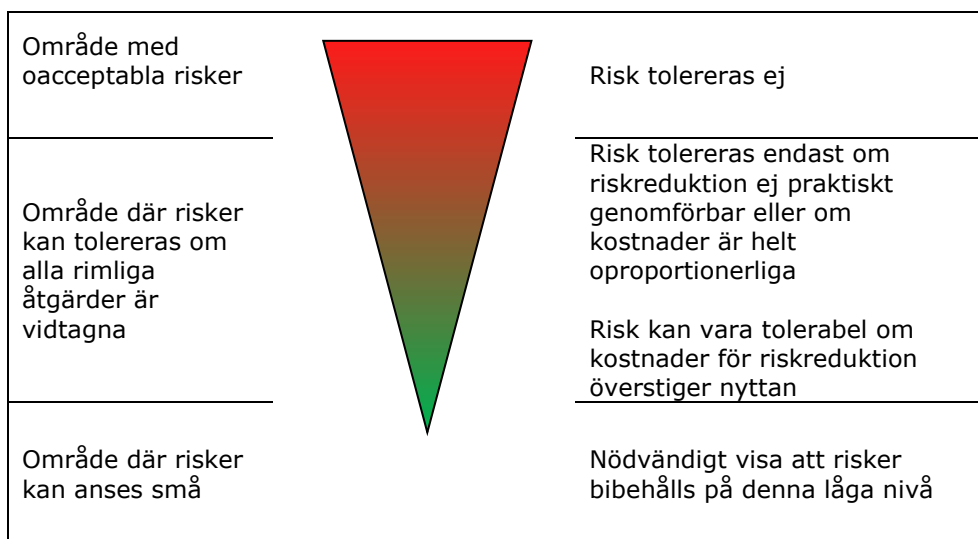
$$F_N = \sum_i F_i \quad \text{för alla sluthändelser } i \text{ för vilka } N_i \geq N \quad \text{formel 3}$$

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-/nyttanalyser (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.

Det 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

RISKUTREDNING

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 per kilometer (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 samhällsrisk 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. Då aktuell sträcka är 1,5 kilometer multipliceras acceptanskriterierna för samhällsrisk med 1,5.

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 realiserar bör detta hellre ske i form av händelser som kan hanteras av befintliga resurser än i form av katastrofer.

RISKUTREDNING

3 Skyddsobjekt

Denna riskutredning fokuserar på risker för människors hälsa och säkerhet. Skyddsobjekt är personer som vistas inom de kringliggande fastigheterna, både inomhus och utomhus.

4 Beskrivning av planområde

I Grästorps kommun pågår en detaljplaneprocess med syfte att möjliggöra förbättrande åtgärder för väg 2561, också kallad Östra vägen. Parallellt med planarbetet gör Trafikverket en vägplan för väg 2561 för att höja standarden så att den i framtiden kan utgöra primär förbifart runt Grästorp. De åtgärder som planeras är bland annat bullerskydd och komplettering av GC-nätet. Vägen kommer då få namnet väg 47. Detaljplaneområdet syns i rött i Figur 4-1.

Planen omfattar väg 47 (2561) genom Grästorps tätort samt intilliggande ytor som krävs för uppförande av bullerplank, GC-bana, över- och undergångar samt en ny rondell i söder. Väster och öster om väg 47 (2561) finns verksamhetsområden och bostäder, inga nya bostäder är tänkta att uppföras. Där järnväg och väg korsar varandra går vägen över spåren via en viadukt. Älvsborgsbanan är en sekundär led för transport av farligt gods. Bullerskärmar planeras enligt aktuell bullerutredning (Trafikverket, 2018).

Inom planen ryms också en mindre, ny fastighet i södra änden av planen, se Figur 4-2. Etablering av mindre verksamhet av verkstadskaraktär med låg personbelastning förväntas.



Figur 4-1. Detaljplaneområde i rött.



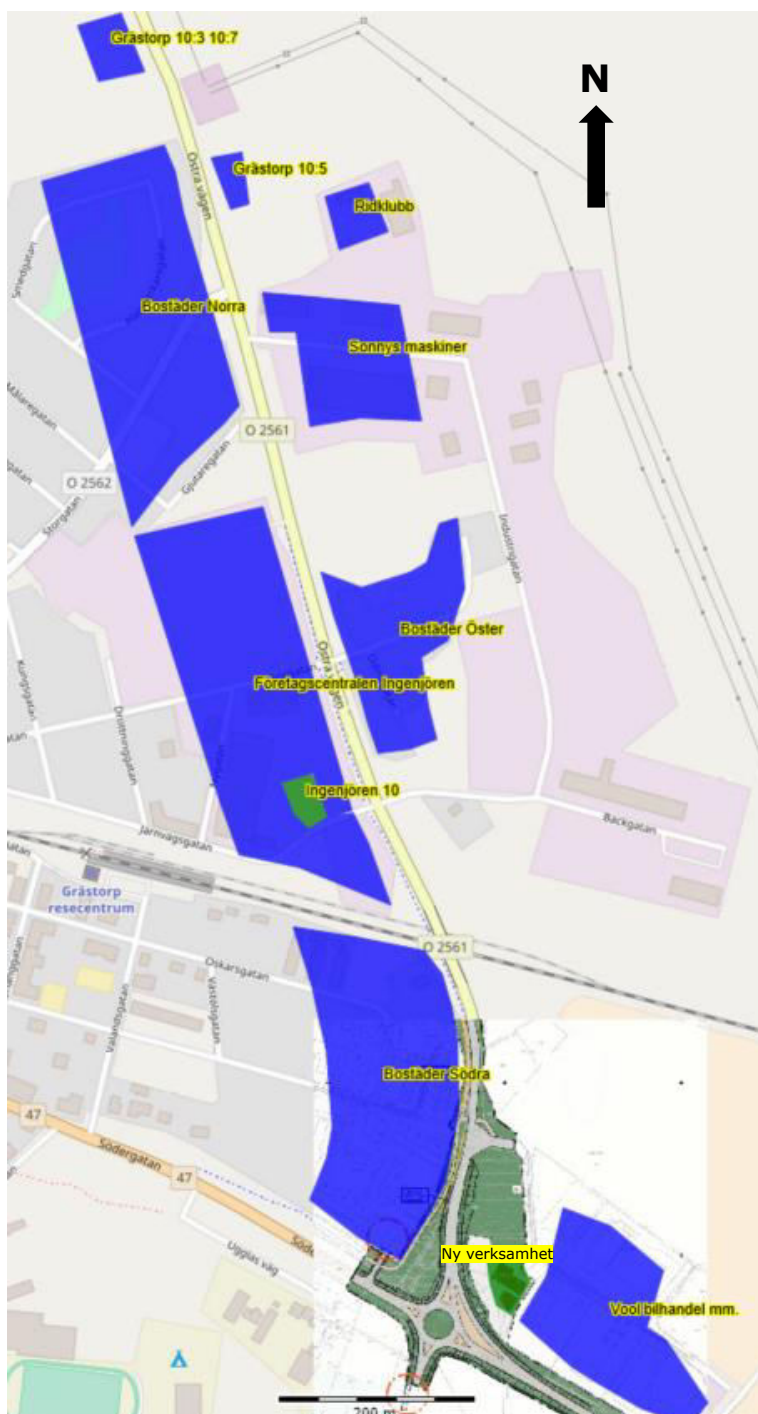
Figur 4-2 Illustration över södra delen av planen där ny verksamhet illustreras i brunt.

4.1 Persontäthet

För att kunna beräkna samhällsriskerna används kringliggande områdets persontäthet. I beräkningsprogrammet definieras befolkningspolygoner enligt Figur 4-3.

Då polygonernas utformning har inverkan på resultatet har följande grundförutsättningar stipulerats:

- Bostäder och verksamheter inom 150 meter från vägen har inkluderats i beräkning. Avståndet har valts med avseende på Länsstyrelsens riktlinjer angående riskhänsyn vid fysisk planering intill transportleder för farligt gods (Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland län, 2006).
- För sammanhållen bebyggelse har polygonerna inkluderat hela det aktuella området. För fristående tomter har endast aktuell fastighet inkluderats i polygonen.
- Fristående byggnadsverk där personer inte förväntas uppehålla sig stadigvarande har inte inkluderats.



Figur 4-3. Definition av befolkningspolygoner.

I Tabell 4-1 presenteras indata till respektive befolkningspolygon. Grundläggande antaganden är att det bor i snitt 2,7 personer per bostad i småhus och 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.

Fastigheterna Ingenjören 9 och 10 ligger på industrimark. Ingenjören 10 utgörs av bostadshus med bygglov och är registrerad som en bostadsenhet. Byggnaden ligger drygt 50 meter ifrån Östra vägen. Bebyggelsen på Ingenjören 9 utgörs av garage/förrådsbyggnader närmst vägen och i den stora byggnaden längst i väster finns en del inredd som bostad. Den ligger ca 36 meter från Östra vägen och utgör alltså 2:a radens bebyggelse mot vägen eftersom förrådet till stora delar avskärmar

RISKUTREDNING

bostaden från vägen. Bostaden saknar bygglov och fastigheten är registrerad som industrienhet. Av denna anledning inkluderas Ingenjören 10 specifikt som bostadshus i analysen medan Ingenjören 9 istället definieras inom ramen för Företagscenter Ingenjören.

Inom Företagscenter Ingenjören antas 10 personer vistas nattetid och 100 personer dagtid. För Sonnys maskiner och Vool bilhandel antas inget nattarbete förekomma och 15 personer förekommer där på dagen.

Ridklubbens klubblokal ligger inom 150 meter från vägen och inkluderas, däremot är hästhagen och träningsanläggningen inte inom detta avstånd och exkluderas. Konservativt förutsätts att 10 personer i genomsnitt uppehåller sig dagtid i och kring klubblokalen.

Den nya verksamheten kommer att erhålla en relativt liten lokal och förutsätts utgöras av mindre verkstadskaraktär, bilhandel eller liknande. Därav kan en låg persontäthet antas. I beräkningen ansätts konservativt att 10 personer i genomsnitt uppehåller sig inom fastigheten dagtid.

Tabell 4-1: Personbelastning för respektive befolkningspolygon.

Befolkningspolygon	Person-belastning (dag/natt)	Nyttjandegrad	Fraktion inomhus (dag/natt)
Bostäder Norra	51/84	365 dagar/år	0,93/0,99
Bostäder Östra	14/22	365 dagar/år	0,93/0,99
Bostäder Södra	124/206	365 dagar/år	0,93/0,99
Företagscenter Ingenjören	100/10	Endast vardagar	0,6/0,8
Sonnys maskiner	15/0	Endast vardagar	0,6/1
Vool bilhandel	15/0	Endast vardagar	0,6/1
Grästorps 10:5	2/3	365 dagar/år	0,93/0,99
Grästorps 10:3 och 10:7	3/4	365 dagar/år	0,93/0,99
Ridklubben	10/0	365 dagar/år	0,93/0,99
Ny verksamhet	10/0	365 dagar/år	0,93/0,99
Ingenjören 10	2/3	365 dagar/år	0,93/0,99

RISKUTREDNING

5 Riskobjekt

I detta kapitel beskrivs de riskobjekt med riskkällor som kan orsaka olyckor med konsekvenser in i planområdet. De inventerade riskobjekten utgörs av väg 47 (väg 2561) och Älvsborgsbanan. I Trafikverkets prognos för år 2040 (Trafikverket, 2018) identifierades dock att den senare inte har någon godstrafik varken idag eller för prognosåret, varför detta riskobjekt exkluderas i vidare utredning.

5.1 Väg 47

Väg 47 heter idag Östra vägen, väg nummer 2561. Efter den planerade ombyggnaden kommer vägen få vägnummer 47. Vägen är idag utpekad som primär väg för farligt gods och kommer så vara även i framtiden.

Landskapets karaktär längs vägen kan delas upp i två områden, det södra och det norra området. Det södra området domineras av tätortsbebyggelse medan det norra domineras av jordbrukslandskap med enstaka gårdar. Riskutredningen avgränsas till att analysera den tätortsförlagda delen av planen.

Längs sträckningen som går genom Grästors tätort finns småhus och villor på den västra sidan av vägen. På den östra sidan dominerar industriområde men där finns även ett fåtal bostadshus.



Figur 5-1 Översiktskarta över Grästorp och anslutande vägar.

RISKUTREDNING

5.1.1 Trafikuppgifter

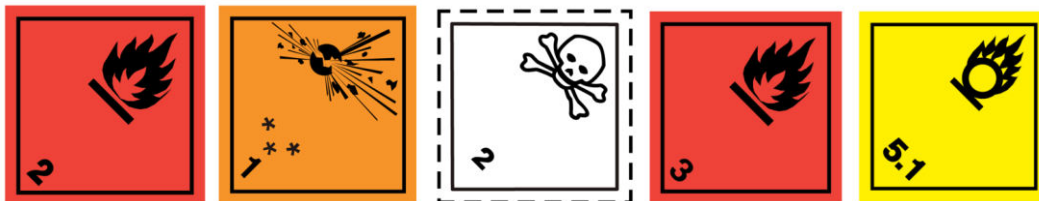
Riskobjektet i denna utredning utgörs av Östra vägen (väg 2561). Den del av sträckan som utreds är ca 1,5 km lång och består av tvåfilsväg utan mitträcke. Biltrafiken varierar mellan cirka 1400 till 2150 fordon per årsmedeldygn, varav 11-14 % utgör tung trafik. Efter omläggning av vägen antas årsdygnsmedeltrafiken (ÅDT) förändras.

Uppgifter om ÅDT har tillhandahållits av Trafikverket för mätåret 2015. På den gamla sträckningen för väg 47 var ÅDT för tung trafik 850. På den gamla sträckningen av väg 2561 var ÅDT för tung trafik 250. Andel farligt gods av tung trafik antas utgöra 4,6 % vilket innebär ca 12 transporter med farligt gods per årsmedeldygn (Trafikanalys, 2017). År 2040 uppskattas ÅDT för tung trafik på den nya väg 47 vara 1700 (Trafikverket, 2019).

Det primära syftet är att flytta över trafik från befintlig väg 47 till den väg som idag heter Östra vägen. Av den anledningen är det rimligt att anta att det inte tillkommer några transporter av farligt gods från befintlig väg 47 utan att antalet farligt gods-transporter endast påverkas av den generella ökningen av transporter som väntas fram till prognosåret 2040, vilket ger ÅDT farligt gods på 18 fordon. Mer i detalj hur beräkningen gjorts återfinns i separat beräkningsbilagan.

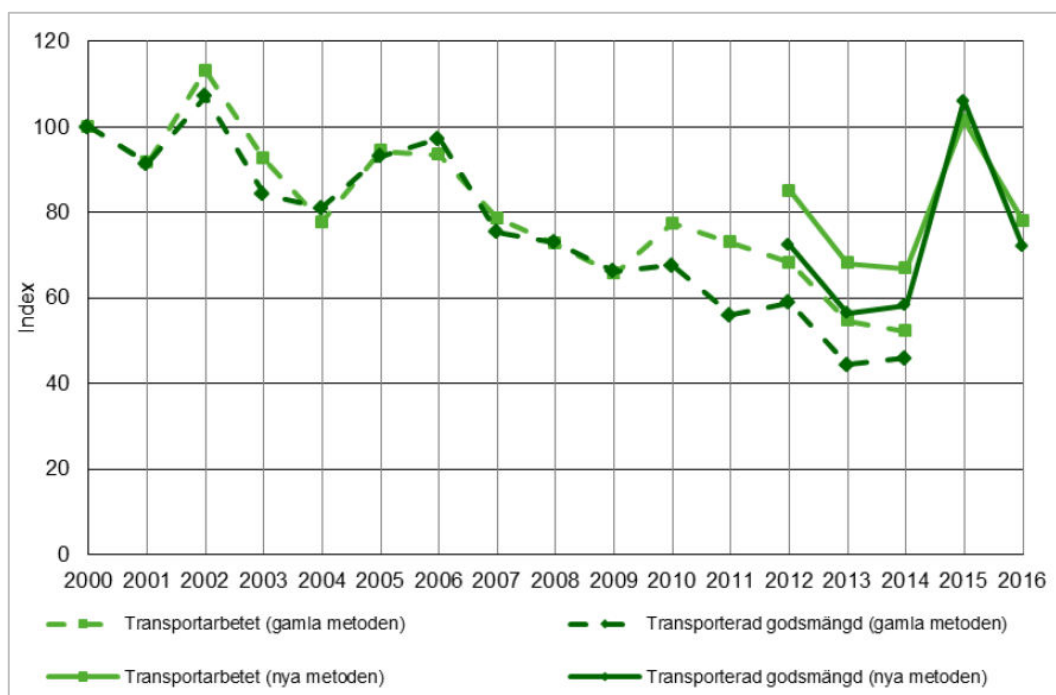
5.1.2 Fördelning av farligt gods och transporterade mängder

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



Figur 5-2: Exempel på skyltning 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 4 % av det totala transporterade godset. Hur utvecklingen av transporter av farligt gods sett ut sedan 2000 fram till 2016 redovisas i Figur 5-3. (Trafikanalys, 2017)



Figur 5-3. 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).

Dessvärre redovisas inte indelningen i de olika underklasserna till klass 2 i den svenska officiella statistiken från Trafikanalys.

Räddningsverket (Räddningsverket, 2006) eller dåvarande MSB genomförde en inventering över farligt godstransporter i Sverige under september månad 2006. Då detta var en begränsad tidsperiod och inte alla tillfrågade företagen svarade finns där stora osäkerheter även i denna fördelning.

Utifrån de två källorna tas en fördelning fram som används för denna utredning. Fördelningarna enligt MSB, Trafikanalys och den som använts i denna utredning redovisas i Tabell 5-1.

Tabell 5-1 Inrikes farligt godstransporter fördelat på ADR/ADR-S (Trafikanalys, 2017).

ADR	Beskrivning	MSB 2006	Trafa 2017	Använd fördelning
1	Explosiva ämnen	0,21%	0,06%	0,10%
2.1	Brandfarlig gas	5,33%	18,57%	5,00%
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	13,03%		13,70%
2.3	Giftig gas	0,00%		0,20%
3	Brandfarliga vätskor	48,87%	56,34%	60,00%
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,80%	0,25%	2,00%
4.2	Självantändande ämnen	0,00%	0,69%	1,00%
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0,00%	1,00%	1,00%
5.1	Oxiderande ämnen	1,45%	1,38%	7,00%
5.2	Organiska peroxider	0,01%	0,00%	0,00%
6.1	Giftiga ämnen	0,27%	9,60%	2,00%
6.2	Smittförande ämnen	0,41%	0,00%	0,00%
7	Radioaktiva ämnen	0,00%	0,00%	0,00%
8	Frätande ämnen	14,81%	10,60%	5,00%
9	Övriga farliga ämnen och föremål	14,81%	1,51%	3,00%
	Totalt	100,00%	100,00%	100,00%

5.1.3 Olycksscenarion

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 till 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: Givet att regelverket kring transport av explosiva ämnen är mycket strikt, bedöms sannolikheten för explosion med explosiva ämnen som mycket låg, men inkluderas ändå i beräkningarna då det för primära leder inte finns några restriktioner i vad som får transporteras.

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)

(MSB, 2018)

RISKUTREDNING

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, och om en olycka skulle ske är det troligt att detta leder till konsekvenser i planområdet. Jetbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

Giftig gas (klass 2.3)

RISKUTREDNING

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: 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, inandning av giftiga brandgaser.

Bedömning: Olyckor med brandfarlig vätska transporteras förbi fastigheten, 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.

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

RISKUTREDNING

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 det 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 kylcontainers 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 följden. 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: 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.

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 förtäring. Ämnena skulle kunna förgifta och göra en vattentäkt otjänlig.

Bedömning: Identifierade olycksscenarioer 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 vara begränsade, varför det inte bedöms som motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

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.

RISKUTREDNING

Bedömning: Eftersom konsekvenserna begränsas till område 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.

5.1.4 Sammanfattning olycksscenario farligt gods

Enligt riskidentifieringen bedöms att följande olycksscenario bör beaktas i riskanalysen.

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

I bilaga A, B och C redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.

RISKUTREDNING

6 Riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits vid riskanalysen, och jämförs med aktuella riskkriterier. Riskberäkningar har genomförts för två utredningsscenarier, ett där hänsyn inte tas till de planerade bullerskärmarna och ett där den säkerhetshöjande effekten av skärmarna inkluderas i beräkningen. Skärmarna planeras längs med den vägnära befintliga bostadsbebyggelsen. Vid skärmarna planeras också diken för att hantera vägdagvatten. Skärmarnas höjd varierar mellan 1,5-3 meter över vägbanan. De flesta skärmarna är minst 2,5 meter över vägbanan, vilket förutsätts i bedömningarna av säkerhetshöjande effekt, se beräkningsbilaga. Vidare tas även höjd för att skärmarna inte placeras längs med precis hela sträckan.

6.1 Individrisk

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

Acceptabel risk < 10^{-7} per år < **ALARP** < 10^{-5} per år < **Oacceptabel risk**

6.1.1 Individrisk utan bullerskärmar

Utan att inkludera effekten av skärmarna erhålls acceptabel individrisknivå på avstånd längre än 50 meter från vägen, se orange konturkurva i Figur 6-1.

På avstånd mellan 22 – 50 meter från vägen (orange område i figur 6-1) är individrisknivån inom lägre halvan av ALARP-området.

På avstånd kortare än 22 meter (rött område i Figur 6-1) är individrisknivån i övre halvan av ALARP-området där kravställningen på säkerhetshöjande åtgärder generellt sett är högre.



Figur 6-1. Individriskkonturer (beräkning utan bullerskärmar) längs riskobjektet. Acceptabel risk råder på avstånd längre än 50 meter från vägen (utanför orange kurva).

6.1.2 Individrisk med bullerskärmar

Om effekten av skärmarna inkluderas erhålls acceptabel individrisknivå på avstånd längre än 40 meter från vägen, se orange konturkurva i Figur 6-1.

På avstånd mellan 15 – 40 meter från vägen (orange område i figur 6-1) är individrisknivån inom lägre halvan av ALARP-området.

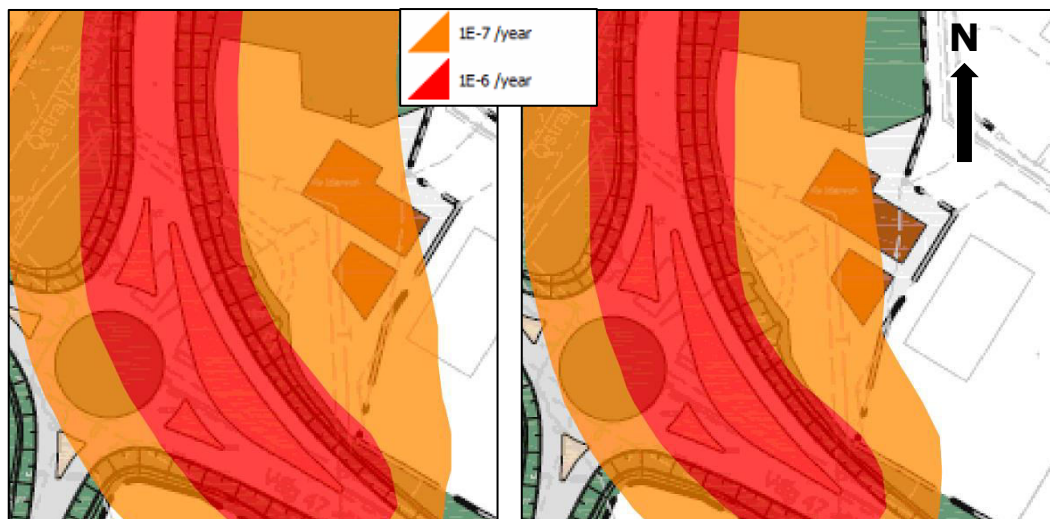
På avstånd kortare än 15 meter (rött område i Figur 6-1) är individrisknivån i högre halvan av ALARP-området där kravställningen på säkerhetshöjande åtgärder generellt sett är högre.



Figur 6-2. Individriskkonturer (beräkning med bullerskärmar) längs riskobjektet. Acceptabel risk råder på avstånd längre än 40 meter från vägen (utanför orange kurva).

6.1.3 Nya verksamheten

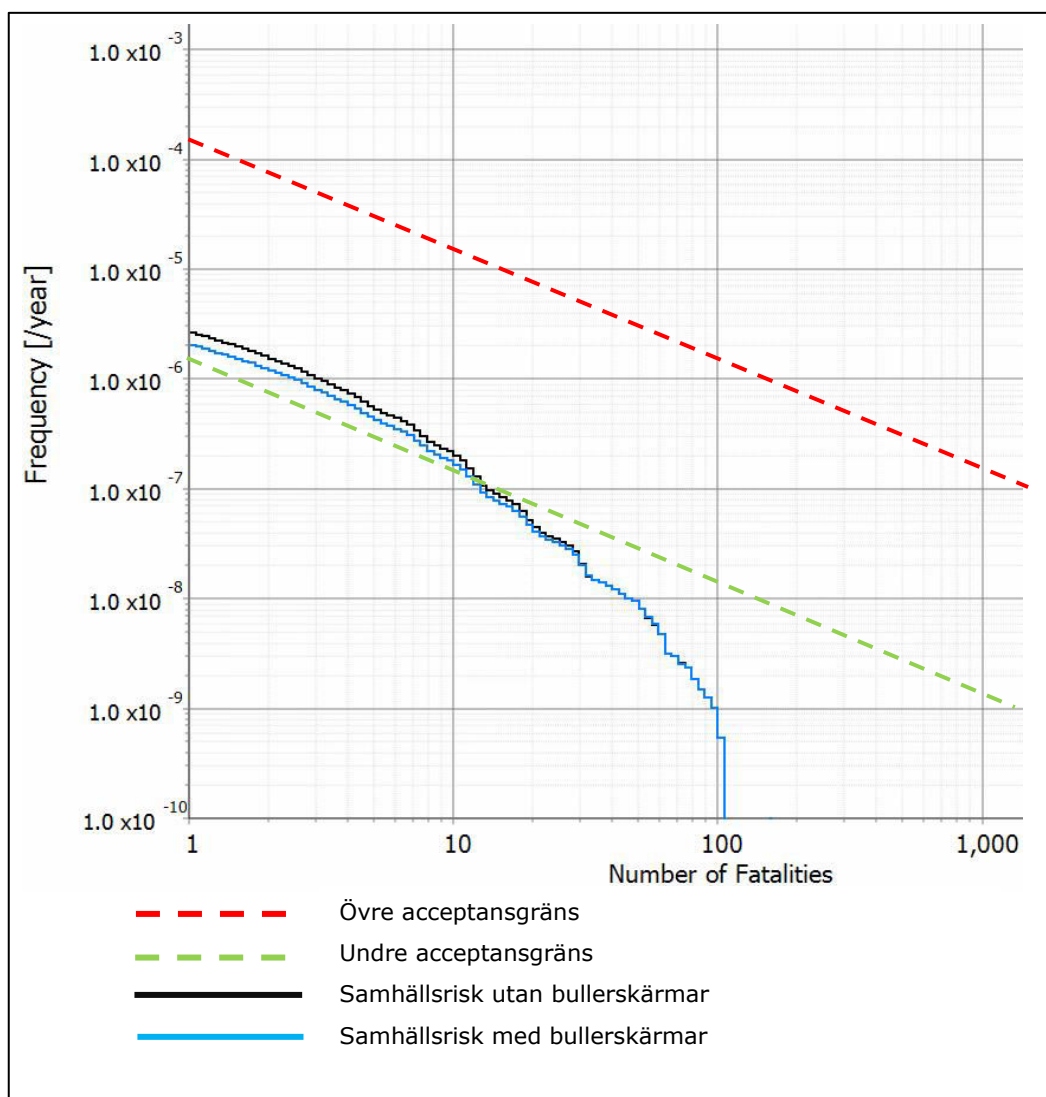
Verksamheten hamnar i princip helt inom lägre ALARP-området utan en skärm. Om en skärm skulle införas reduceras risken något, om än begränsat. Ett dike planeras inom projektet och har viss riskreducerande effekt, men ingen skärm planeras. En individrisknivå någonstans emellan de två figurerna nedan kan därav förväntas.



Figur 6-3 Individriskresultat vid nya verksamheten i söder som syns i brunt. Beräkning utan skärm syns till vänster och om en skärm skulle inkluderas visas till höger.

6.2 Samhällsrisk

Samhällsriskberäkningarna visar på en relativt låg risknivå. Samhällsriskerna hamnar inom lägre ALARP-området för skadehändelser som medför färre än ca 11 omkomna, se Figur 6-4. Även om samhällsrisknivån sänks något av bullerskärmar är deras effekt för samhällsrisknivån tillsynes begränsad. Anledningen till detta är att brandfarlig gas utgör den största riskkällan för samhället. Detta erhålls genom att, för samtliga olycksscenarier, summera produkten av konsekvens och frekvens och beräkna respektive scenarios andel av den totala riskbilden. För båda beräknade scenarier har brandfarlig gas högst bidrag till samhällsriskerna. På korta avstånd (mindre än 25 meter från närmsta vägkant) utgör dock värmestrålning från pölbränder av brandfarlig vätska det största riskbidraget.



Figur 6-4. Kurva över samhällsrisknivån för undersökt område.

RISKUTREDNING

7 Osäkerhet- 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.

7.1 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 %.

Genom att beräkna frekvensen för olycka med farligt gods med en annan metod kan olycksfrekvensen i VTI-modellen jämföras. En sådan metod har föreslagits av Länsstyrelsen i Halland (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011). Metoden utgår från antalet olyckor där fordon som skyltats med "farligt gods" som inrapporterats till MSB. De inrapporterade olyckorna innebär inte endast att det farliga godset har släppts ut, utan även att ett fordon som transporterar farligt gods har medverkat i en trafikolycka. En osäkerhet i inrapporteringen är att det kan finnas ett mörkertal, dvs. alla olyckor rapporteras inte in så att risknivån underskattas. Dock bedöms det som mycket osannolikt att allvarliga olyckor inte finns inrapporterade i underlaget. Förutom att metoden är känslig avseende inrapporterade olyckor tar den ingen hänsyn till vägtyp, hastighetsbegränsning och andra faktorer med påverkan på trafiksäkerheten på den sträcka som studerats. Olycksfrekvensen bygger på ett rikssnitt oberoende av allt detta, endast med hänsyn till total körsträcka för tunga fordon i Sverige.

Inrapporterade olyckor redovisas i Tabell 7-1.

Tabell 7-1. Inrapporterade olyckor med farligt gods under transport på det svenska vägnätet 2007-2016. (MSB, 2018)

År	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016
Antal rapporterade olyckor med farligt gods under transport på väg	19	16	15	16	14	13	18	6	12	7

Genomsnittet för ovanstående period är således 14 olyckor per år.

Total körsträcka för tunga fordon år 2016 är $3,0 \cdot 10^9$ fordonkm per år i hela landet och i snitt utgör farligt gods 4% av den totala tunga trafiken. (Trafikanalys, 2017)

Antal olyckor per körd kilometer med farligt gods kan då beräknas till $1,13 \cdot 10^{-7}$.

RISKUTREDNING

Enligt de transportberäkningar som genomförts körs ungefär 6570 transporter med farligt gods per år på studerad sträcka för prognosåret 2040. Frekvensen för olycka med farligt gods på en ca 1 kilometer lång sträcka blir då $1 \cdot 6570 \cdot 1,13 \cdot 10^{-7} = 7,42 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 1340:e år. Motsvarande frekvens enligt VTI-modellen, och som används i alla kvantitativa beräkningar i denna rapport, är $1,21 \cdot 10^{-2}$ per år, vilket motsvarar en olycka vart 82:a år. VTI-modellens olycksfrekvens är alltså ca 16 gånger högre (mer än en tiopotens). I beräkningsbilagorna presenteras individrisken för VTI-modellen.

Det kan konstateras att förändring i persontäthet inom det studerade planområdet har en påverkan på samhällsrisken men inte på individrisken. Det går emellertid inte att tydligt ange ett enkelt samband mellan variationer i persontäthet och samhällsrisken känslighet för dessa variationer. En allmän ökning av persontätheten ger en allmän ökning av samhällsrisken 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 i form 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 stabilitetklass) har hanterats i analysen, likaså 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.

7.2 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 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
- Persontäthet
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende antalet transporter är underlaget i denna utredning baserat på kvalitativa uppgifter, som sedan legat till grund för en uppskattning av typ och mängd av farligt gods. Metoden för att hantera denna osäkerhet är att genomgående anta konservativa bedömningar.

RISKUTREDNING

Osäkerheten avseende persontäthet kan bedömas som liten utifrån nuvarande utformning och planerade aktiviteter i området. Inga större händelser såsom evenemang med stort personantal (tex. konserter) bedöms planeras inom planområdet även på längre sikt.

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.

Något som både påverkar sannolikheten för en olycka och eventuella följder i form av konsekvenser av olyckan är till exempel följande aspekter:

- Föraren ska genomgå grund- och repetitionsutbildning avseende farligt gods och trafiksäkerhet och ha ett godkänt intyg utfärdat av behörig myndighet
- Att det i lastbilen ska finnas minst en handbrandsläckare (där antal, typ och storlek är beroende på typ av ämne)
- Beroende på ämne ska det även finnas anordningar för tätning av brunn/avlopp, uppsamlingskärl och personlig skyddsutrustning samt två fristående varningsanordningar

(MSB, 2018)

Samtliga av ovannämnda faktorer tas det inte hänsyn till i genomförda beräkningar.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är tillämplande av bedömningar som ger resultat med säkerhetsmarginal. Därmed konstateras 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 ouppsatligt lämnar vägbanan. Sådana åtgärders inverkan på olycksfrekvensen har inte beaktats.
- ADR-klasser som brukar inkluderas i farligt gods-utredningar har överskattats jämfört med de som inte brukar inkluderas.
- Trafikprognoser för år 2040 används, vilka medför en uppräknig av ÅDT från dagens nivå. I den beräkningsmodell som används medför detta också att antalet transporter av farligt gods beräknas öka. Enligt Trafikanalys har dock transport av farligt gods på väg minskat sedan 2002 (Trafikanalys, 2012), vilket alltså medför att antalet transporter kan vara överskattat.

8 Riskvärdering och riskreducerande åtgärder

Individriskberäkningarna visar att befintliga bostäder närmst vägen i synnerhet hamnar inom risknivåer som är inom ALARP-nivå. Utan bullerskärmar erhålls en acceptabel individrisknivå på avstånd längre än 50 meter från vägen. På avstånd kortare än 22 meter är individrisknivån i övre ALARP-området där kravställningen på säkerhetshöjande åtgärder generellt sett är hög. Flertalet fastigheter ligger inom detta avstånd, vilket motiverar att de planerade bullerskärmarna utförs i brandteknisk klass EW30 eller högre.

Om de planerade bullerskärmarna utförs så att de inte släpper igenom värmestrålning under åtminstone en halvtimme minskar motsvarande riskavstånd. Acceptabel risk erhålls på 40 meter medan högre ALARP-nivån erhålls på 15 meter från vägen.

Samhällsriskberäkningarna visar på att samhällsrisknivån hamnar inom ALARP-området för skadehändelser som medför färre än ca 11 omkomna både med och utan bullerskärm. Även om samhällsrisknivån sänks något av bullerskärmarna är deras effekt på samhällsriskens tillsynes begränsad. Anledningen till detta är att brandfarlig gas utgör den största riskkällan för samhället. Skärmar har inte lika effektiv riskreducering för gaser som för exempelvis brandfarlig vätska. På korta avstånd (mindre än 25 meter) utgör dock värmestrålning från pölbränder det största riskbidraget. Av denna anledning är en barriär mot värmestrålning fortfarande är samhällsekonomiskt försvarbart.

Transporterna av farligt gods förväntas inte öka till följd av projektet utan snarare bibehållas. Därtill höjs trafiksäkerheten och säkerhetshöjande åtgärder införs, varför risknivån längs vägen bedöms bli lägre än den är i dag.

Den nya fastigheten i södra delen erhåller en relativt låg risknivå, lägre ALARP-nivån avseende individrisk. Här planeras ett dike som hindrar vätska för att rinna in mot området. Den nya verksamhetens byggnadsfasader som vetter mot vägen bör dock utföras obrännbara. Därtill bör minst en utrymningsväg och/eller entré riktas åt nordost, bort från vägen.

Ingenjören 9 utgörs av garage/förrådsbyggnader närmst vägen och i den stora byggnaden längst i väster finns en del inredd som bostad. Denna byggnad är delvis avskärmd från vägen av förrådsbyggnaden, vilket utgör en riskreducerande barriär. Bostaden saknar bygglov och fastigheten är registrerad som industrienhet, varför åtgärder för denna fastighet inte kan motiveras. Ingenjören 10 är uppförd på industrimark men har bygglov. Avståndet till Östra vägen från bostaden på Ingenjören 10 är emellertid mer än 50 meter, vilket är det avstånd som utredningen stipulerat till acceptabel individrisk, även utan riskreducerande åtgärder. Av dessa anledningar föreslås inte några säkerhetshöjande åtgärder för denna bebyggelse.

För övriga befintliga bostadsområden längs vägen planeras bullerskärmar och vägdikey. Utöver skärmarnas effekt utgör diken också skyddsbarriärer mot att brandfarlig vätska rinner in mot planområdet. Om följande planbestämmelser genomförs uppfylls en acceptabel risknivå som medför att markanvändningen kan anses lämplig ur risk- och säkerhetsperspektiv:

- För de bullerskärmar som uppförs för bostäder inom 25 meter från närmsta vägkant ska skärmen utföras i brandteknisk klass (lägst) EW30.
- Den nya verksamhetens fasader som vetter mot vägen utförs i obrännbart material.
- Den nya verksamheten ska ha minst en utrymningsväg och/eller entré riktad åt nordost, bort från vägen.

9 Slutsatser

Följande slutsatser har erhållits i utredningen:

- Individrisknivån är acceptabel på avstånd längre än 50 meter från vägen utan bullerskärmar. Samma avstånd är 40 meter med bullerskärmar om de utförs i brandteknisk klass (lägst) EW30.
- På avstånd av 22 meter från vägen är individrisknivån i övre ALARP-området där kravställningen på säkerhetshöjande åtgärder generellt sett är hög. Flertalet fastigheter ligger inom detta avstånd, vilket motiverar att de planerade bullerskärmar utförs i brandteknisk klass (lägst) EW30. Detta reducerar motsvarande avstånd till 15 meter.
- Även om samhällsrisknivån sänks något av bullerskärmar visar beräkningar att samhällsrisknivån hamnar inom lägre ALARP-området för skadehändelser som medför färre än ca 11 omkomna både med och utan bullerskärm.
- Transporter av brandfarlig gas och vätska bidrar mest till risknivån inom området. På korta avstånd (mindre än 25 meter från närmsta väggkant) utgör värmestrålning från pölbränder av brandfarlig vätska det största riskbidraget. På längre avstånd dominerar brandfarlig gas riskbidraget.
- Transporterna av farligt gods förväntas inte öka till följd av projektet utan snarare bibehållas. Därtill höjs trafiksäkerheten och säkerhetshöjande åtgärder införs, varför risknivån längs vägen bedöms bli lägre än den är i dag.
- Den nya fastigheten i södra delen erhåller en låg risknivå, lägre ALARP-nivån avseende individrisk. Här planeras ett dike som hindrar vätska för att rinna in mot området. Den nya verksamhetens byggnadsfasader som vetter mot vägen bör dock utföras i obrännbara material. Minst en utrymningsväg och/eller entré bör riktas åt nordost, bort från vägen.
- Ingenjören 9 är en industrienhets och åtgärder för denna fastighet kan inte motiveras. Ingenjören 10 är en bostadsenhet men ligger på avstånd längre än 50 meter från Östra vägen, vilket är det avstånd som utredningen stipulerat till acceptabel individrisk, även utan riskreducerande åtgärder. Av dessa anledningar föreslås inte några säkerhetshöjande åtgärder för denna bebyggelse.
- För de övriga befintliga bostadsområdena planeras bullerskärmar samt diken för att hantera dagvatten. Diken fungerar också som skyddsbarriärer mot att brandfarlig vätska ska rinna in mot planområdet. Om följande planbestämmelser genomförs uppfylls en acceptabel risknivå som medför att markanvändningen kan anses lämplig ur risk- och säkerhetsperspektiv:
 - o För de bullerskärmar som uppförs för bostäder inom 25 meter från närmsta väggkant ska skärmen utföras i brandteknisk klass (lägst) EW30.
 - o Den nya verksamhetens fasader som vetter mot vägen utförs i obrännbart material.
 - o Den nya verksamheten ska ha minst en utrymningsväg och/eller entré riktad åt nordost, bort från vägen.

RISKUTREDNING

10 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 (AEGLS) 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.
- Länsstyrelsen i Hallands län. (2011). *Risکانalys av farligt gods i Hallands län*.
- 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*.
- MSB. (2018). *Olyckor med farligt gods*. (MSB) Hämtat från <https://www.msb.se/sv/Kunskapsbank/Erfarenheter-fran-olyckor--kriser/Farliga-amnen/Olyckor-med-farligt-gods/>
- 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.
- Räddningsverket. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter - September 2006*. MSB.
- 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/>
- TNO. (2005a). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- TNO. (2005b). *Guidelines for quantitative risk assessment "Purple book"*. The Hague.
- TNO Riskcurves. (2018). RISKCURVES 10.1.9.12276. Utrecht, Nederländerna.
- Trafikanalys. (2012). *Godstransporter i Sverige, redovisning av ett regeringsuppdrags. Rapport 2012:7*.

RISKUTREDNING

Trafikanalys. (2017). *Lastbilstrafik 2016*. Publiceringsdatum: 2017-05-16: Statistisk 2017:14.

Trafikanalys. (2017). *Lastbilstrafik 2016*. Statistisk 2017:14.

Trafikverket. (2018). *Prognos för godstransporter 2040*. Borlänge: Trafikverket.

Trafikverket. (2018). *Rapport Bullerutredning Väg 47/Östra vägen, åtgärder förbifart Grästorp, samrådshandling*. Trafikverket.

Trafikverket. (2019). *PM Trafikprognos väg 47/Östra vägen, åtgärder förbifart Grästorp*. Trafikverket.

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

BERÄKNINGSBILAGA

Handläggare
Oscar Lindén
Tel
010-505 84 94
E-post
oscar.linden@afry.com
Uppdragsnummer
779363

Datum
2020-08-31
Beställare
Grästorps kommun
Johan Skoglund
johan.skoglund@grastorp.se
0514-58139

Beräkningsbilaga till Riskutredning förbifart Grästorp väg 47, Grästorps kommun



Uppdragsledning/Interngranskning: Sohrab Nassiri
Handläggare: Oscar Lindén

Version	Status	Datum
0.1	Rapportutkast	2020-03-05
1.0	Slutversion efter kommentarer	2020-04-01
2.0	Komplettering samrådsyttrande	2020-08-21
2.1	Revidering	2020-08-24
3.0	Slutleverans	2020-08-31

Innehållsförteckning

1	Bilaga A – Frekvensberäkning	3
1.1	Väderdata	3
1.1.1	Vindhastighet	3
1.1.2	Stabilitetsklass.....	4
1.1.3	Vindriktning.....	6
1.2	Trafikolycka väg.....	6
1.3	Olycka explosiva ämnen.....	8
1.4	Olycka brandfarlig gas	9
1.4.1	Jetbrand	9
1.4.2	Gasmolnsbrand/explosion	10
1.4.3	BLEVE.....	10
1.5	Olycka giftig gas	11
1.6	Olycka brandfarlig vätska	12
1.7	Olycka med oxiderande ämne	16
1.8	Riskreducerande effekt av bullerskärmar.....	17
2	Bilaga B – Konsekvensberäkning	20
2.1	Generella skadekriterier	20
2.2	Olycka med explosiva ämnen.....	20
2.3	Olycka brandfarlig gas	24
2.4	Olycka giftig gas	25
2.5	Olycka brandfarlig vätska	27
2.6	Olycka med oxiderande ämne	27
	Referenser.....	28

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 studerat skyddsobjekt.

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.

1.1 Väderdata

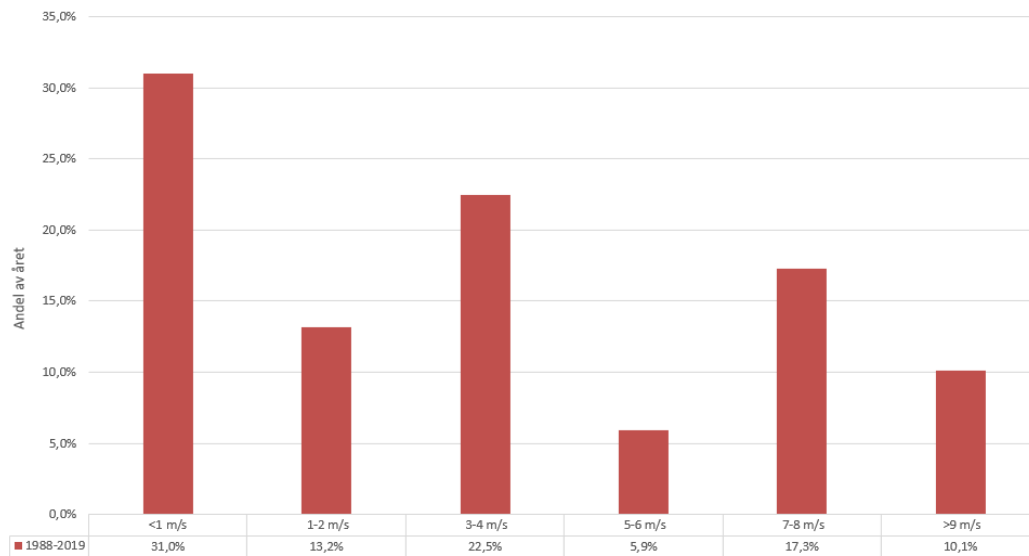
Närmsta väderstation i förhållande till studerade fastigheter är "Trollhättans flygplats", se Figur 1-1. Data för vind och temperatur har tagits från mätstationen under åren 1961-1979.



Figur 1-1. Placering av mätstation "Trollhättans flygplats" i förhållande till Grästorp.

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 1961-1979. 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 1961-1979 redovisad som andel av tid uppmätt på SMHI:s väderstation "Trollhättan flygplats".

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.

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 vädersscenarierna bedöms som representativa och rimligt konservativa.

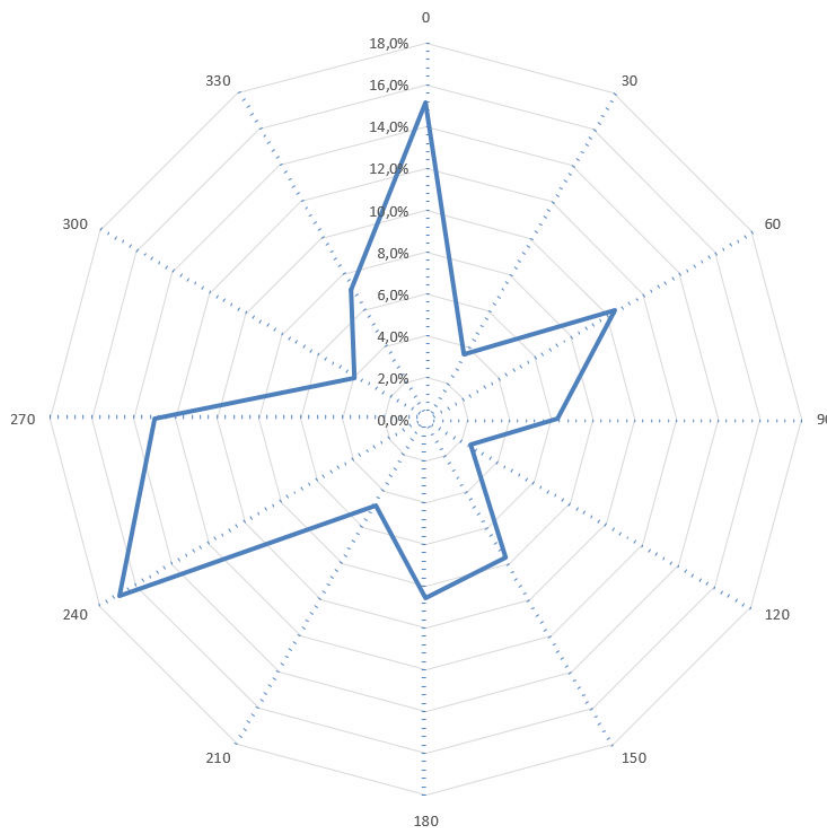
Det görs även skillnad på väderfördelningen mellan dag och natt, där det under natten är mer vanligt med låga vindhastigheter och stabila väderförhållanden. Baserat på ovan data har följande fördelning av väderkombinationer valts:

Tabell 1-2. Fördelning av väderförhållanden.

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

1.1.3 Vindriktning

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig och brandfarlig gas. Förhärskande vindriktningar är väst till västsydväst 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 Trollhättans flygplats, 1961-1979 (SMHI, 2018)

1.2 Trafikolycka väg

I Räddningsverkets "Farligt gods - riskbedömning vid transport" (VTI, 1994) ges metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka med farligt gods-transport. Denna riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farlig godsolycka 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 vägavsnittet. 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).

Efter att vägen projekterats om förväntas ÅDT total på Södra vägen motsvara ca 7450 fordon. Vägsträckan som utreds är cirka 1200 meter.

Totalt trafikarbete på den studerade vägsträckan beräknas som:

Totalt trafikarbete = 7450 (fordon/dygn) × 365 (dygn) × 1,2 (km) = 3,3 miljoner fordonskilometer per år.

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

Antal förväntade fordonsolyckor = O = Olyckskvot × Totalt trafikarbete × 10⁻⁶

Där olyckskvoten kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp. Olyckskvoten uttrycks i enheten olyckor/miljon fordonskilometer. Vägen kommer att utföras med hastighetsgräns 50 km/h. Olyckskvoten för dessa förhållanden är 1 olycka per miljon fordonskilometer per år enligt VTI-modellen.

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

Förväntade fordonsolyckor (O) = Olyckskvot × trafikarbete = 1 × 3,3 = 3,3 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:

Andelen farligt gods = ÅDT farligt gods / ÅDT total

Farligt gods utgör ca 4,6 % av tung trafik. Idag genomförs sammanlagt 850 tunga transporter på väg 47 och 250 på Södra vägen. Farligt gods går emellertid endast på Södra vägen, vilket medför ett ÅDT farligt gods på $0,046 \cdot 250 = 12$. I framtiden ska tung trafik ledas om från väg 47 till Södra vägen varför den förväntade andelen farligt gods för sammanlagda trafiken: $12 / (850 + 250) = 1,1 \%$. I framtiden förväntas ett ÅDT tung trafik på 1700 (Trafikverket, 2019). Andelen farligt gods torde vara oförändrad efter att de tunga transporterna förflyttas till Södra vägen vilket då medför ÅDT farligt gods enligt trafikprognosen på $0,011 \cdot 1700 = 18$

Andelen farligt gods av totaltrafiken beräknas till $X = 2,4 \cdot 10^{-3}$.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp, och för Södra vägen med hastighetsgräns 50 km/h är denna 0,15.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor / år =

$$= O*((Y*X)+(1-Y)*(2*X-X^2)) = 1,21 \cdot 10^{-2} \text{ per år.}$$

Frekvensen för en trafikolycka med ett fordon skyltat med farligt gods är $1,21 \cdot 10^{-2}$ per år, vilket motsvarar en olycka med farligt gods ungefär vart 83:e år inom det studerade området.

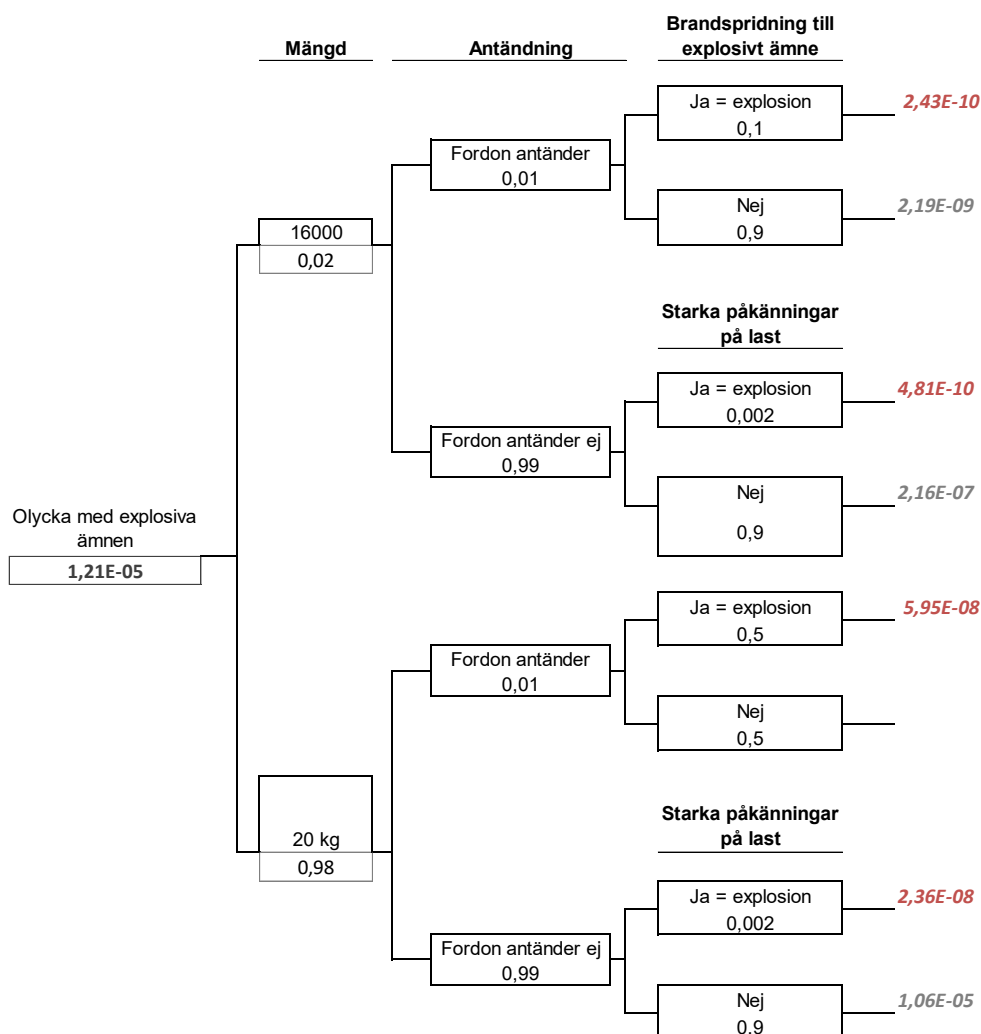
Frekvens för farligt gods-olycka fördelas sedan på respektive ADR-kategori enligt antagen fördelning som redovisas i huvudrapporten.

1.3 Olycka explosiva ämnen

Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1 transporteras, vilket ger olika potentiella olycksscenarier. Med högsta fordonsklass kan maximal mängd massexplosiva varor transporteras i upp till 16 ton per transport, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Olyckan som sker delas upp i 16 000 kg klass 1.1b respektive 20 kg klass 1.1a. Dessa får konservativt representera hela klass 1. Statistikunderlaget för klass 1 är begränsat. Men för analysen antas grovt att cirka 2 % av antal transporter har den maximala mängden 16 000 kg och resterande har 20 kg massexplosiva ämnen i klass 1.1a.

Reaktion i det explosiva materialet kan uppstå vid brand som sprider sig till lasten eller om godset utsätts för mycket kraftig stöt vid en kollision. Dock krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s för att initiera en reaktion. HMSO (1991) anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2%. Denna sannolikhet används i beräkningarna. Sannolikheten att en brand i fordonet sprider sig till lasten beror av fordonsklass. Den högsta transporterade mängden förutsätter högsta fordonsklass. Utifrån detta antas en brand sprida sig till fordonet i 10 % av fallen för den maximala mängden 16 000 kg, och 50 % av fallen för 20 kg, vilket i praktiken är mycket konservativt.

Händelseträdet för olyckor med explosiva ämnen som ligger till grund för individ- och samhällsriskberäkningar presenteras i Figur 1-4.



Figur 1-4: Händelseträd för olycka med explosiva ämnen.

1.4 Olycka brandfarlig gas

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 sannolikheten ansättas 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. Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och ansätts i detta fall till följande (Purdy, 1993):

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

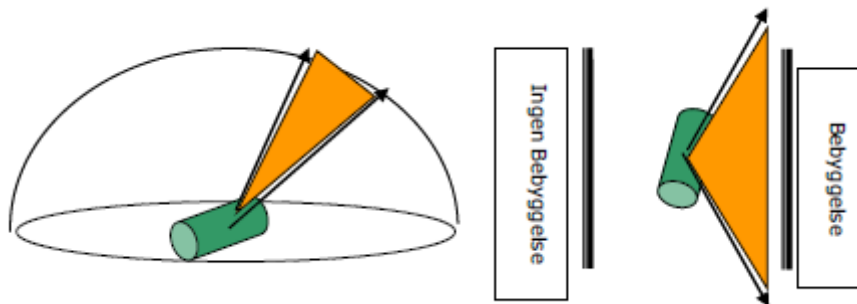
$S_{\text{direkt antändning stort läckage}} = 0,2$

Flammans längd beror av storleken på hålet i flaskan samt trycket i denna. Det krävs dessutom att flammans riktning är mot det aktuella området och med hänsyn både till den vertikala och också den horisontella riktningen. För att anta en rimlig sannolikhet

att jetflamman är riktad mot bebyggelsen antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet (20°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°), Figur 1-5. Till detta vägs sannolikheten att skadan sker på behållarens ovansida genom en ytterligare reduktion på 0,5 vilket anses mycket konservativt.

Sannolikheten för att jetbrand blir riktad in mot området ansätts till:

$$S_{\text{jetbrand mot bebyggelse}} = 20/360 * 135/360 * 0,5 = 0,0104$$



Figur 1-5: Illustration av jetflammas utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

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 1-6.

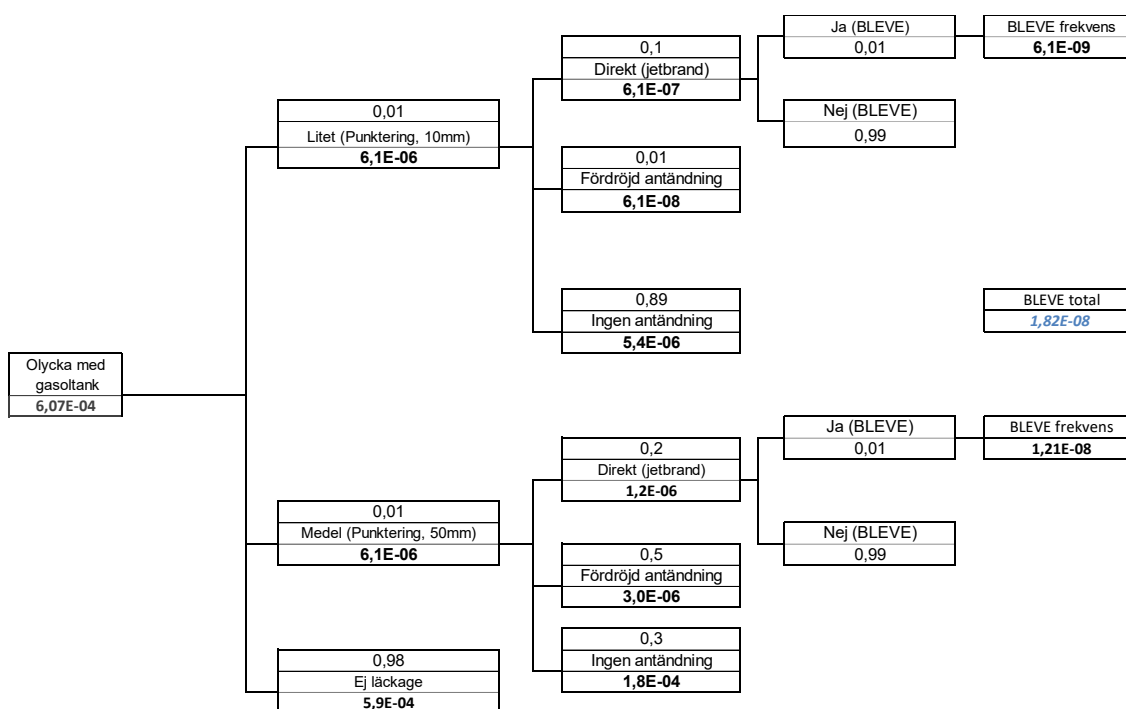
1.4.3 BLEVE

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 1-3 visas frekvenser som används som indataparametrar i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018). Av beräkningsprogrammets natur behöver BLEVE simuleras med en egen frekvens.

Tabell 1-3. Frekvenser för scenarier som involverar brandfarlig gas som används i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

Scenario	Frekvens [år ⁻¹]
Litet läckage	6,1E-6
Stort läckage	6,1E-6
BLEVE	1,82E-8



Figur 1-6: Händelseträdd med frekvenser vid olycksscenario med brännbar gas.

1.5 Olycka giftig gas

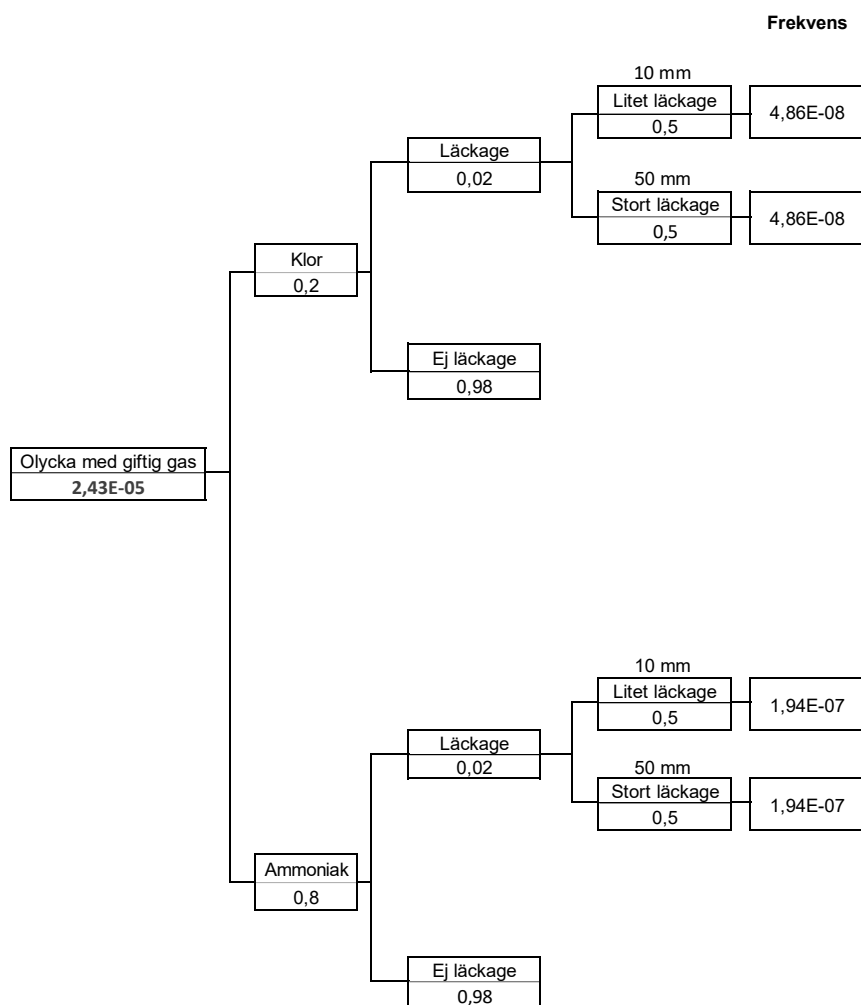
Vid ett utsläpp av giftig gas har vindstyrka och riktning en stor inverkan på konsekvenserna. Platsspecifika väderdata presenteras i tidigare avsnitt och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikhet (0,02) 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).

$S_{\text{liten punktering}} = 0,01$

$S_{\text{stort hål}} = 0,01$

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträden för olycka med giftig gas som presenteras i Figur 1-7.



Figur 1-7: Händelseträ för olycka med läckage av giftig gas.

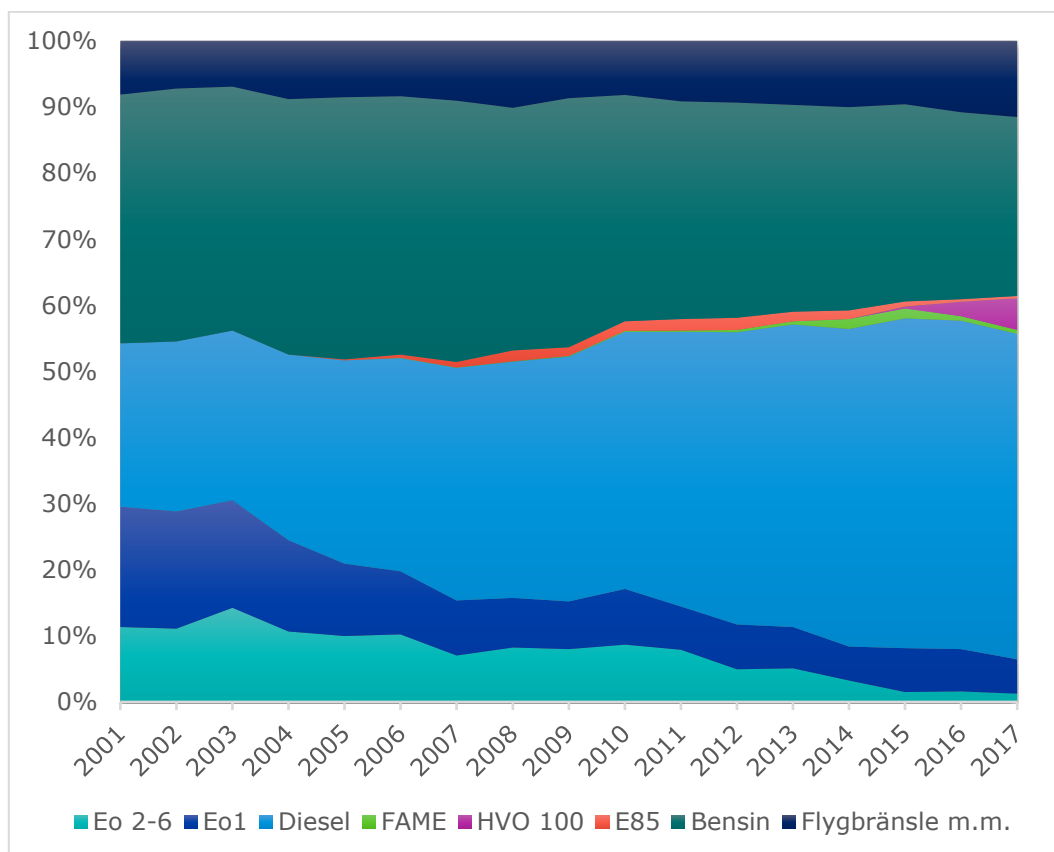
1.6 Olycka brandfarlig vätska

Klass 3 består av en rad olika brandfarliga vätskor; dels petroleumbaserade drivmedel såsom diesel, bensin, olika typer av eldningsolja 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 Energimyndigheten. Denna statistik antas gälla både för transporter på lastbil och järnväg. Fördelningen inom klass 3 visas i Tabell 1-4 och Figur 1-8.

Tabell 1-4. 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%



Figur 1-8. Fördelning inom drivmedel avseende utleverade 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 flygbränslet 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:

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

Bensin (representeras av pentan): 0,40

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. För hastigheter upp till ungefär 70 km/h parametern med konservatism ansätts till 0,10 (Räddningsverket, 1996).

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

Tabell 1-5. Utsläppsvolymer med korresponderande pölstorlekar och sannolikheter som används i konsekvensberäkningarna för pölbränder. Indata gäller både pentan och dodekan.

Utsläppsvolymer	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 %

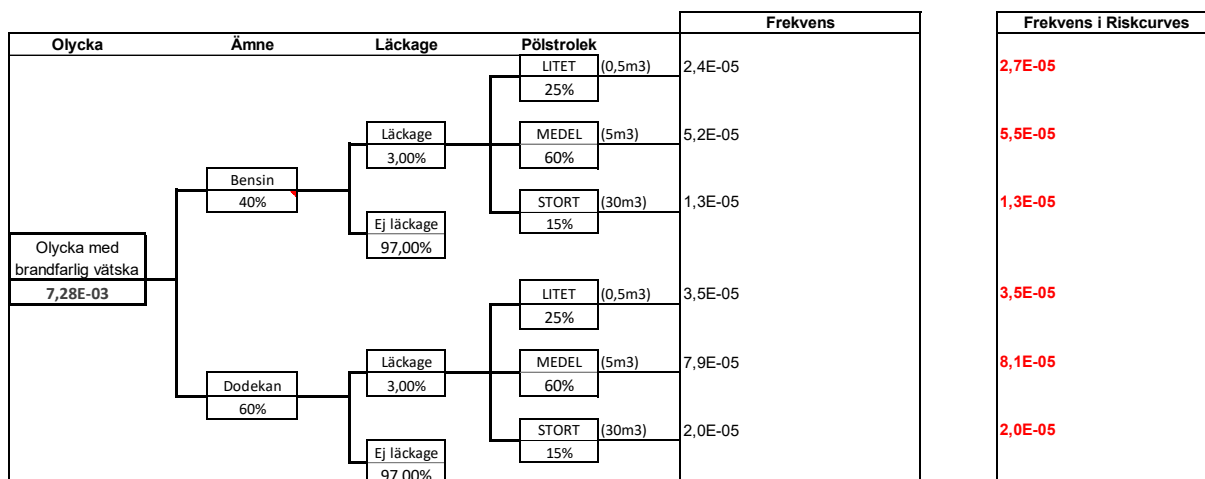
Ett konservativt antagande är att pölen trots lokala topografiska variationer är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma i beräkningarna och därigenom också en högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

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 1-6. 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 1-9. I röd text har frekvenserna korrigerats för att inkludera skadehändelser med oxiderande ämnen.



Figur 1-9: Händelseträäd för olycka med brandfarlig vätska. I den högra kolumnen har frekvens av pölbrand från oxiderande ämnen adderats, se avsnitt nedan.

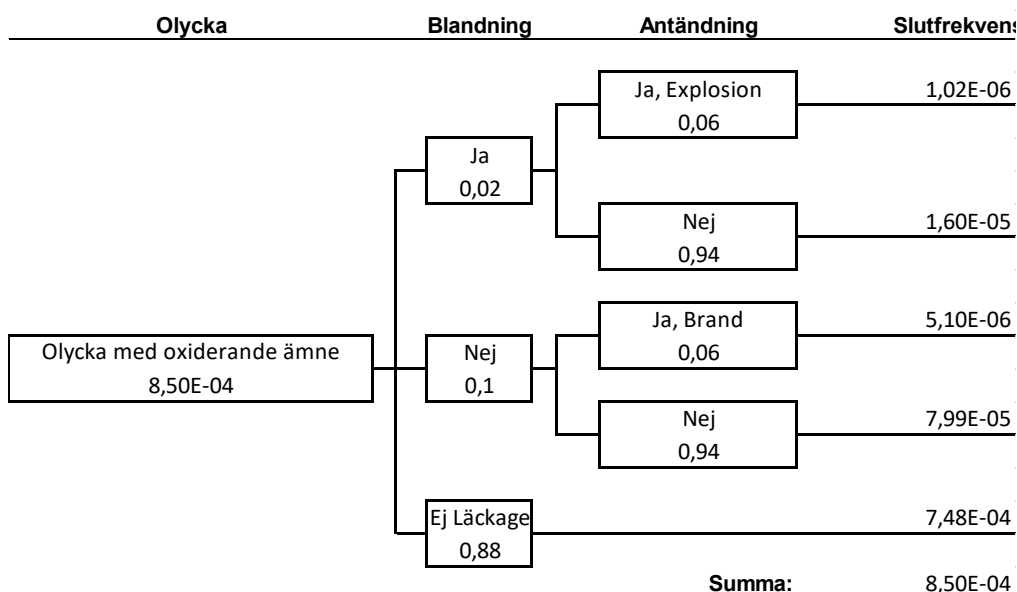
1.7 Olycka med oxiderande ämne

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 %. 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 brandfarlig vätska avseende brand och för explosion bedöms ämnet kunna likställas med explosivämnen. I frekvensberäkningarna har andelen oxiderande ämnen adderats till brandfarlig vätska, vidare görs samma antaganden om scenarioindelning och antändningssannolikheter.



Figur 1-10 Händelseträ för oxiderande ämnen. Frekvenserna för explosion och brand adderas till de i ADR klass 1 och 3 vid simulering.

1.8 Riskreducerande effekt av bullerskärmar

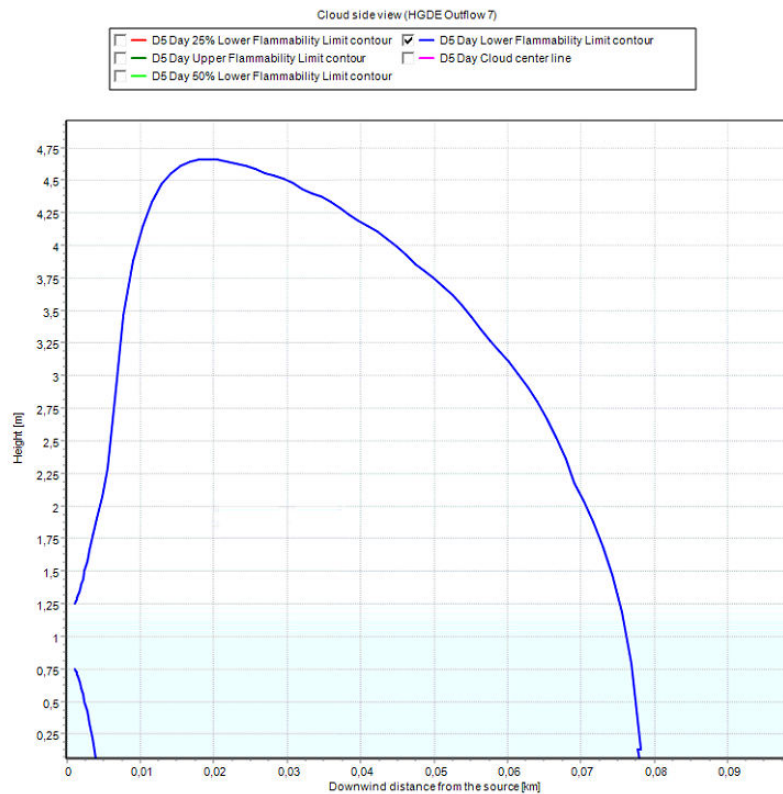
Skärmar planeras längs med den vägnära befintliga bebyggelsen. Riskberäkningar genomfördes för två utredningsscenarier, ett där hänsyn inte tas till de planerade bullerskärmarna och ett där den säkerhetshöjande effekten av skärmarna inkluderas i beräkningen.

Skärmarnas höjd är mellan 1,5-2,5 meter över vägbanan. De flesta skärmarna är 2,5 meter över vägbanan, varför detta förutsätts i bedömningarna av säkerhetshöjande effekt.

Av naturliga skäl har bullerskärmar inte lika effektiv riskreducering för gaser som för exempelvis brandfarlig vätska. Tidig antändning av ett gasmoln med tung brandfarlig gas förväntas emellertid ge upphov till gasmolnsbrand, vars konsekvens bedöms kunna minskas till följd av en skärm. Skärmens effekt på utsläpp av giftiga gaser förväntas vara lägre än den för brandfarlig gas.

För att påvisa effekten av skärmarna modifieras frekvensen av analyserade skadehändelser, se Tabell 1-7. Följande tillvägagångssätt har använts för bedömning av skärmens effekt.

- Effektbedömningen för gaser har gjorts utifrån spridningsberäkningar där höjden på utsläppet analyserats och jämförts med höjden på skärmen (2,5 meter). Gasspridningen är beroende av väderklass, varför en uppskattning gjorts av parametern beräknad i Riskcurves. För brandfarliga gaser används gränsvärdet LEL-koncentration. För giftiga gaser används konservativt gränsvärdet AEGL-3 (30 min). För att ta höjd för att gaser kan röra sig runt objekt och att skärmarna inte täcker 100 % av sträckan används även en korrektionsfaktor om 0,5. Exempelvis ger ett stort utsläpp av gasol en högsta höjd för LEL mellan 4 och 5 meter över mark. Bedömd effekt av skärmen blir då $(2,5/5) \cdot 0,5 = 0,25$.



Figur 1-11 Sidovyn för stort utsläpp av gasol där LEL-koncentrationen plottas.

- För att bedöma åtgärdseffekten på pölbränder från brandfarlig vätska användes programmet TRA (Thermal Radiation Analysis). Värmestrålningsnivån beräknades på en höjd av 1,5 meter 20 meter ifrån riskobjektet, dels med en 2,5 meter hög skärm och dels utan skärm. Kvoten mellan nivåerna (strålningen med skärm dividerat med strålningen utan skärm) uppskattades till att motsvara effekten av åtgärden.

BERÄKNINGSBILAGA

Tabell 1-7. Frekvensmodifieringar med bullerskärm. Notera att ADR klass 5 Oxiderande ämnen här ingår i frekvenserna för klass 1 och klass 3. Notera också att exempelvis 20 % effekt betyder minskning med 20 % av frekvensen.

Skadehändelse	Frekvens utan skärm	Effekt av skärm (%)	Frekvens med skärm
Liten explosion (ADR klass 1)	1,1E-6	0 %	1,1E-6
Stor explosion (ADR klass 1)	7,2E-10	0 %	7,2E-10
Litet utsläpp av brandfarlig gas (ADR klass 2.1)	6,1E-6	45 %	3,3E-6
Stort utsläpp av brandfarlig gas (ADR klass 2.1)	6,1E-6	25 %	4,6E-6
BLEVE (ADR klass 2.1)	1,8E-8	0 %	1,8E-8
Litet utsläpp av giftig gas, ammoniak (ADR klass 2.3)	1,9E-7	20 %	1,6E-7
Stort utsläpp av giftig gas, ammoniak (ADR klass 2.3)	1,9E-7	0 %	1,9E-7
Litet utsläpp av giftig gas, klor (ADR klass 2.3)	4,9E-8	5 %	4,6E-8
Stort utsläpp av giftig gas, klor (ADR klass 2.3)	4,9E-8	0 %	4,9E-8
Litet utsläpp och pölbrand av diesel (ADR klass 3)	3,5E-5	50 %	1,8E-5
Mellanstort utsläpp och pölbrand av diesel (ADR klass 3)	8,1E-5	40 %	4,9E-5
Stort utsläpp och pölbrand av diesel (ADR klass 3)	2,0E-5	25 %	1,5E-5
Litet utsläpp och pölbrand av bensin (ADR klass 3)	2,7E-5	50 %	1,4E-5
Mellanstort utsläpp och pölbrand av bensin (ADR klass 3)	5,5E-5	40 %	3,3E-5
Stort utsläpp och pölbrand av bensin (ADR klass 3)	1,3E-5	25 %	9,8E-6

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	

2.2 Olycka med explosiva ämnen

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:

$$m_{gas} = \frac{m_{TNT} \cdot \Delta H_{d(TNT)}}{\Delta H_{c(gas)} \cdot Y}$$

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]

BERÄKNINGSBILAGA

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

$Y = \text{effektivitetsfaktor [-]}$

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

$Y = 0.2$

$\Delta H_c(\text{CH}_4) = 5,6\text{E}+07 \text{ [J/kg]}$

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

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

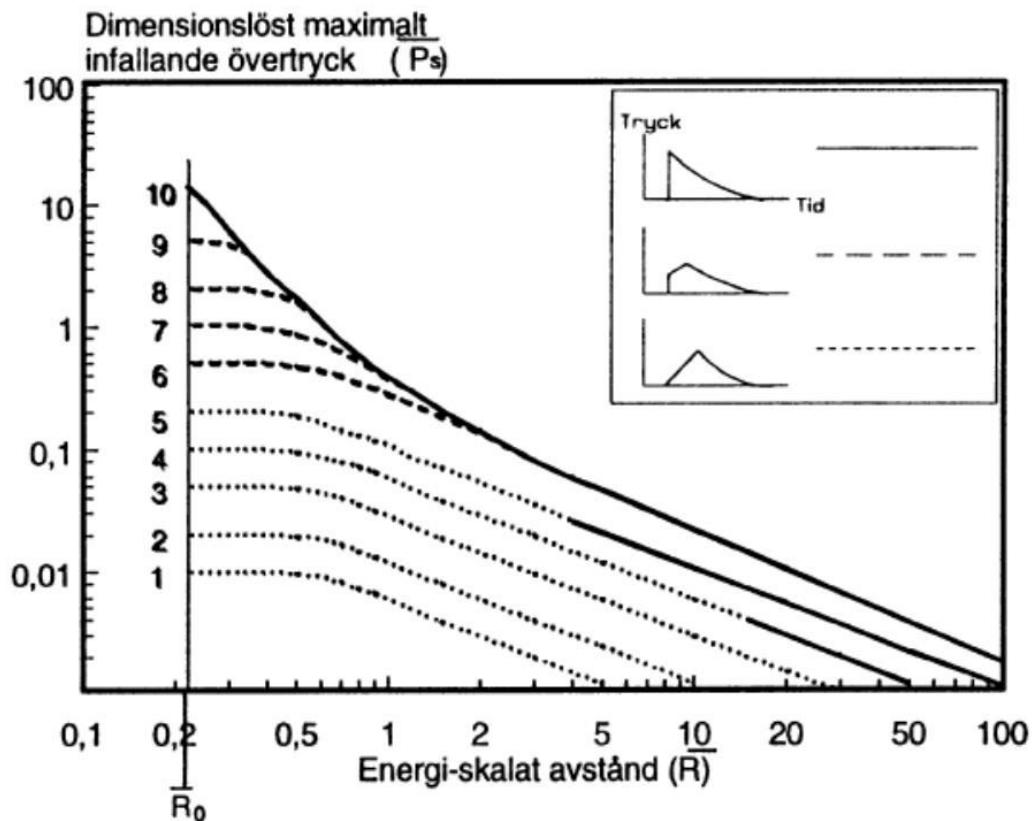
$\bar{R} = \text{Dimensionslöst avstånd [-]}$

$R = \text{Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]}$

$E = \text{Energimängd i gasmolnet [J]}$

$P_0 = \text{Atmosfärstryck [Pa]}$

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



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.

Tabell 2-5. Potentiellt avstånd till 180 kPa med massexplodivt 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 beräknas 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)
- Utströmningkoefficient (Cd): 0,62 (skarpa kanter)
- Tankdiameter (horisontell cylinder): 3,8 m
- Tanklängd (horisontell cylinder): 7 m
- 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 avsnitt. Samma hålorlekar 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. 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-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

2.5 Olycka brandfarlig vätska

I konsekvensberäkningen användas 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 efterspegla 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

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.

Referenser

- EPA. (2016, 08 29). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGLS) 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.
- 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*.
- 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*. Karlstad.
- 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-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.

BERÄKNINGSBILAGA



Trafikverket. (2019). *PM Trafikprognos väg 47/Östra vägen, åtgärder förbifart Grästorp*. Trafikverket.

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