

Utredare
Amanda Hult
Tel
+46 10 505 53 87
E-post
amanda.hult@afry.com

Datum
2020-06-04
Projekt-ID
770419
Intern granskare
Oscar Lindén

Riskutredning Lantlyckan Svalövs Kommun



Version	Status	Revidering/komplettering	Datum
1.0	Första version, interngranskad		2019-10-03
2.0	Andra version, interngranskad	I riskutredning inkluderas etapp 2 samt kompletteras med samhällsriskberäkningar och beräkningar för mekanisk påverkan.	2020-06-04

Sammanfattning

Denna riskutredning har utförts på uppdrag av Svalövs kommun och avser att utreda personriskerna för området Lantlyckan avseende farligt gods och mekanisk påverkan i samband med att kommunen tar fram två nya detaljplaner för området. Riskobjektet i utredningen utgörs av Söderåsbanan som löper parallellt med områdets östra långsida. Detaljplanen syftar till att möjliggöra exploatering i form av bostäder, vårdverksamhet och parkeringsyta på idag obebyggd mark.

Syftet med denna riskutredning är att utreda risker kopplat till människors säkerhet inom planområdet med avseende på transport av farligt gods och mekanisk påverkan på den del av Söderåsbanan som löper intill planområdet. Riskutredningen utreder både individ- och samhällsrisknivåer inom planområdet för att bestämma säkerhetsavstånd från järnvägen samt om det krävs ytterligare riskreducerande åtgärder för att uppnå acceptabel risk för detaljplanerna och den exploatering som planeras. Risken beräknas med tågtrafik enligt prognos för år 2040 för att resultatet ska vara aktuellt även i framtiden. Efter att riskinventering gjorts beaktas RID-klasserna 2.1, 2.3, 3 och 5 i den kvantitativa analysen för farligt gods.

Resultatet av riskanalysen visar att individrisken för olycka med farligt gods samt mekanisk påverkan ligger på acceptabla nivåer bortom ca 15 meter väst om järnvägen. På avståndet 8–15 meter väst om järnvägen är risknivån inom ALARP-områdets nedre del, det vill säga området mellan acceptabel och oacceptabel risknivå. Det innebär att vid exploatering inom detta område bör riskreducerande åtgärder beaktas. I den nedre delen av ALARP-området bör dock kraven på riskreduktion inte ställas lika hårt som i den övre delen, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Utifrån individrisksynpunkt bör utformningen av området 0–15 meter väst om järnvägen därmed inte uppmana till stadigvarande vistelse. På avstånd inom 30 meter utgörs en stor del av den totala risknivån av olyckor kopplat till brandfarlig vätska. Byggnader som uppmanar till stadigvarande vistelse vid detta avstånd bör därmed utformas med brandklassad fasad.

Trafikverkets riktlinjer anger att bebyggelse inte bör uppföras inom ett avstånd på 30 meter från järnvägen. Undantag kan dock eventuellt göras från riktlinjen för verksamheter som inte är störningskänsliga och där människor endast vistas tillfälligt, exempelvis parkering, garage och förråd. Därmed bör känsliga byggnader såsom bostäder och vårdbyggnader inte byggas närmare än 30 meter. För att detaljplanen ska tillåta ej känslig byggnation och markanvändning där människor endast vistas tillfälligt, exempelvis parkeringsyta, inom 30 meter från järnväg bör detta beslut ske i samråd med Trafikverket.

Analysen visar att samhällsriskerna för exploatering enligt planerade detaljplaner ligger på acceptabla nivåer, under ALARP-området. De scenarion som ger störst bidrag till risknivån är utsläpp av brandfarlig gas och giftig gas. Eftersom dessa typer av olyckor kan påverka ett stort antal personer genom att gasen kan spridas i luften bör kostnadseffektiva riskreducerande åtgärder kopplat till olycksscenario med brandfarlig gas och giftig gas beaktas.

Givet följande riskreducerande åtgärder så bedöms markanvändningen enligt detaljplanerna som lämplig ur risksynpunkt:

- Utformningen av området 0–15 meter väst om järnvägen ska inte uppmana till stadigvarande vistelse.
- Känsliga byggnader såsom bostäder och vårdbyggnader bör inte byggas närmare än 30 meter.
- För att detaljplanen ska tillåta ej känslig byggnation och markanvändning där människor endast vistas tillfälligt inom 30 meter från järnväg bör detta beslut ske i samråd med Trafikverket.
- Vårdbyggnader som uppförs med närmaste fasad inom 30–40 meter från järnvägen rekommenderas att utformas med brandklassad fasad EI30.
- I den mån det är möjligt bör friskluftsintag placeras högt och på fasad som ej vetter mot Söderåsbanan. Ventilationen bör, där så är möjligt, utrustas med nödstopp som kan stänga lufttillförseln vid en olycka med giftig gas i området.
- Byggnader bör utföras med entréer och utrymningsvägar som gör det möjligt att utrymma i riktning bort från Söderåsbanan.

Innehållsförteckning

Sammanfattning.....	2
1 Inledning.....	6
1.1 Bakgrund och syfte.....	6
1.2 Mål och avgränsningar	6
2 Metod	7
2.1 Programvara.....	8
3 Styrande lagstiftning och riktlinjer	9
3.1 Riktlinjer	9
4 Riskmått och utgångspunkt för riskvärdering	11
4.1 Kvantitativa riskmått	11
4.1.1 Individrisk	11
4.1.2 Samhällsrisk.....	11
4.2 Riskvärdering	12
4.3 Riskkriterier.....	12
5 Skyddsobjekt	14
6 Områdesbeskrivning	15
6.1 Planområdet idag	15
6.2 Planområde enligt föreslagna detaljplaner	16
6.3 Personbelastning.....	18
6.3.1 Personbelastning nollalternativ	18
6.3.2 Personbelastning utvecklingsalternativ.....	19
7 Riskobjekt	21
7.1 Söderåsbanan.....	21
7.1.1 Farligt gods	21
7.1.2 Trafikflöde.....	22
7.1.3 Urspårning och mekanisk påverkan	23
7.1.4 Uppskattning av olycksfrekvens farligt gods	23
7.1.5 Fördelning mellan RID-klasser	23
7.2 Olycksscenario	24
7.2.1 Sammanfattning olycksscenario	28
8 Kvantitativ riskanalys.....	29
8.1 Individrisk.....	29
8.2 Samhällsrisk.....	31
9 Känslighet- och osäkerhetsanalys	32
9.1 Känslighetsanalys.....	32
9.2 Osäkerhetsanalys.....	32

RISKUTREDNING



10 Riskbedömning och riskreducerande åtgärder	34
11 Slutsatser	36
12 Referenser	38

Bilagor:

Beräkningsbilaga till Riskutredning Lantlyckan Svalöv Kommun

Bilaga A – Frekvensberäkning

Bilaga B – Konsekvensberäkning

Bilaga C – Urspårning och mekanisk påverkan

Bilaga D - Plankarta

1 Inledning

1.1 Bakgrund och syfte

Denna riskutredning har tagits fram på uppdrag av Svalövs Kommun i samband med att kommunen tar fram två nya detaljplaner för området Lantlyckan i Svalöv. Detaljplanerna syftar till att möjliggöra exploatering av idag obebyggd mark. Lantlyckan kommer att planläggas för bostäder, vårdverksamhet, parkeringsyta och lokalgata. Planområdena är belägna invid Söderåsbanan (godsstråket genom Skåne) där farligt gods transporteras. I och med fastighetens närhet till denna led ska riskerna från transporter av farligt gods på leden beaktas.

Syftet med denna riskutredning är därmed att undersöka risker kopplat till människors säkerhet inom planområdena med avseende på transport av farligt gods samt mekanisk påverkan från urspårning på den del av Söderåsbanan som löper intill fastigheten. Riskutredningen utförs kvantitativt med individ- och samhällsrisikberäkningar. Vid behov föreslås åtgärder för att reducera riskerna för att på så sätt uppnå acceptabel risk för detaljplanerna och den exploatering som planeras.

1.2 Mål och avgränsningar

För att uppfylla riskutredningens syfte har följande frågeställningar identifierats. Målet med riskutredningen är att besvara dessa:

- Hur ser transporten av farligt gods ut idag och i framtiden på Söderåsbanan invid området?
- Givet den trafik och transport av farligt gods som förekommer och den exploatering som planeras, är individ- och samhällsrisik på acceptabla nivåer i planområdena?
- Vilket säkerhetsavstånd från järnväg till planerade byggnader krävs?
- Om risken bedöms överstiga acceptabla nivåer, vilka åtgärder är vara aktuella för att reducera risken?

Riskutredningen avgränsas till att endast undersöka påverkan inom fastigheten Lantlyckan i Svalöv. Påverkan avgränsas till olyckor med farligt gods samt mekanisk påverkan till följd av urspårning på Söderåsbanan med avseende på plötsligt inträffade händelser. Därmed utreds inga övriga riskobjekt i omgivningen i denna riskutredning.

Vid beräkning av samhällsrisik betraktas personbelastningen i området runt aktuell exploatering. I detta fall inventeras personbelastningen för ett område på 150 meter från järnvägen i samtliga riktningar genom att definiera de byggnader och verksamheter inom detta område som kan ge upphov till personbelastning.

Riskutredningen utreder endast olyckor som har påverkan på människor så att de förväntas omkomma. Skador som inte leder till dödsfall undersöks därmed inte, då det saknas vedertagna acceptanskriterier för andra utfall än dödsfall. 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). Risker från andra riskkällor, såsom industrier, beaktas inte i riskutredningen.

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.

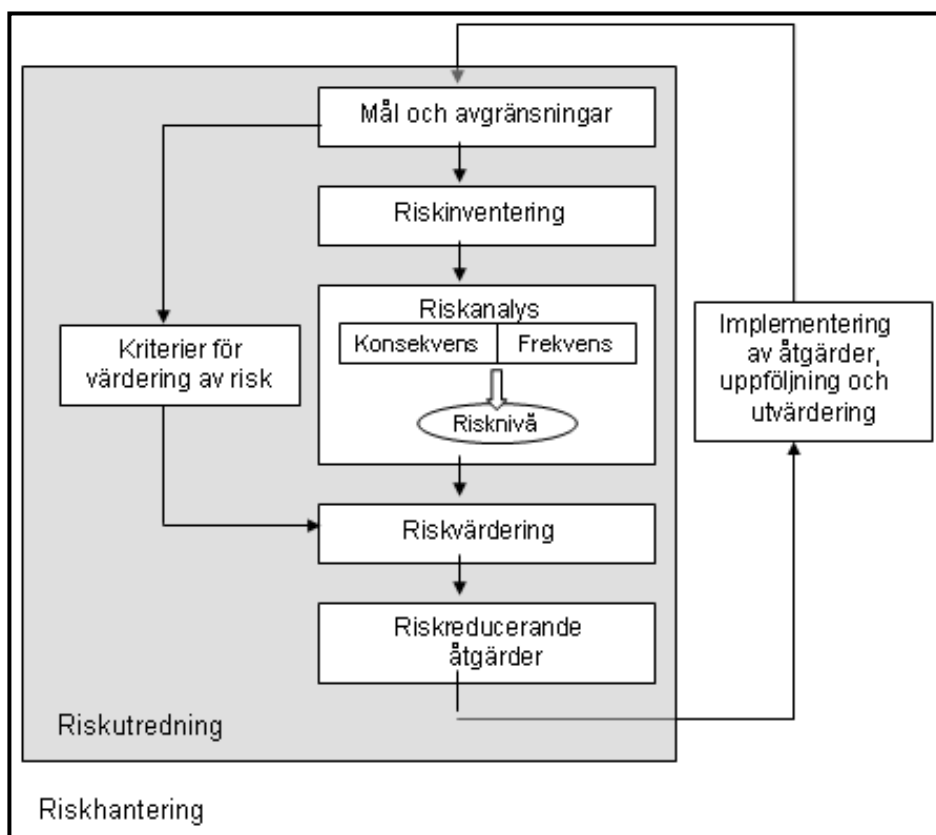
Därefter tar **riskinventeringen** vid, som syftar till att förstå vilka risker som påverkar riskbilden för det aktuella området. Aktuella olycksscenarioer presenteras i en så kallad olyckskatalog.

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 riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande. Processen åskådliggörs i Figur 1.

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



Figur 1. Riskhanteringsprocessen.

I denna riskutredning innebär delmomenten i Figur 1 följande steg:

- Bestämning av mål och avgränsningar genom identifiering av frågeställningar.
- Beskrivning av gällande lagstiftning, riskmått samt riskkriterier.

- Områdesbeskrivning genom att beskriva området och dess omgivning idag samt enligt de planerade förändringarna.
- Inventering av riskkällor samt beskrivning av dessa.
- Identifiering av olycksscenario kopplade till riskkälla.
- Kvantitativ riskanalys genom beräkning av individ- och samhällsrisknivåer.
- Beskrivning av osäkerheter och känslighet.
- Riskbedömning och framtagande av säkerhetsavstånd samt eventuella riskreducerande åtgärder.

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).

3 Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det finns lagstiftning på nationell nivå som föreskriver att riskanalys ska genomföras. 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 inte i detalj i lagtext 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 typer av markanvändning som kan användas vid fysisk planering.

3.1 Riktlinjer

I denna utredning används Länsstyrelsen i Skåne läns dokument *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen* (Länsstyrelsen i Skåne län, 2007). Länsstyrelsen i Skånes län anger att risker förknippade med transport av farligt gods ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 200 meters avstånd från en farligt gods-led. En mer detaljerad beskrivning kring vilken bebyggelse som rekommenderas beroende på avstånd presenteras i Tabell 1.

Tabell 1. Avstånd från järnväg för typbebyggelse. Avstånd räknas från närmsta spårkant (Länsstyrelsen i Skåne län, 2007).

Avstånd [m]	Markanvändning	Exempel av bebyggelse
<30	Ej stadigvarande vistelse	Ytparkering, trafik, odling, friluftsområde och tekniska anläggningar (som ej orsakar skada på avåkande fordon).
30–70	Låg persontäthet, personer alltid i vaket tillstånd	Handel (sällanköpshandel), industri, bilservice, lager (utan betydande handel), tekniska anläggningar (övriga anläggningar) och övrig parkering.
70–150	Få personer eller ej utsatta personer	Bostäder (småhusbebyggelse), övrig handel, kontor i ett plan, lager, idrotts- och sportanläggningar (utan betydande åskådarplats), centrum och kultur.
>150	Inga restriktioner	Bostäder inklusive flerbostadshus i flera plan, vård, kontor i flera plan, hotell, skolor, idrotts- och sportanläggningar med betydande åskådarplats.

Ovan angivna avstånd är generella rekommendationer för markanvändning utan vidare säkerhetshöjande åtgärder eller analys. Om skyddsavstånd till farligt gods-led enligt Länsstyrelsen i Skåne Län (2007) inte kan upprätthållas ska en riskanalys genomföras för det aktuella området. Riskanalysen syftar till att utreda om risknivåer är acceptabla på avstånd som avviker från riktlinjerna och om det krävs särskilda skyddsåtgärder för att säkerställa acceptabla risknivåer.

Markanvändning som ska möjliggöras i området i och med de nya detaljplanerna ska, enligt riktlinjerna från Länsstyrelsen i Skånes län i Tabell 1, ligga minst 70 respektive 150 meter från järnväg. I detta fall upprätthålls ej denna riktlinje och därmed behöver denna riskutredning genomföras.

Trafikverket har tagit fram en generell riktlinje för bebyggelse intill järnväg som anger att ny bebyggelse inte bör uppföras inom 30 meter från järnvägen. Motiveringen för detta avstånd är att det ska finnas utrymme för räddningsinsatser vid olycka, både på järnväg och i byggnad, samt att det ska finnas möjlighet att utveckla järnvägsanläggningen. Undantag kan dock eventuellt göras från riktlinjen för verksamheter som inte är störningskänsliga och där människor endast vistas tillfälligt, exempelvis parkering, garage och förråd (Trafikverket, 2017).

4 Riskmått och utgångspunkt för riskvärdering

Inom samhällsplanering kan kvantitativ riskanalys användas om riktlinjer liknande de som beskrivs i avsnitt 3.1 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. Riskmåttan är individrisk och samhällsrisk. Riskmåttan 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. I denna riskutredning beaktas både individrisk och samhällsrisk.

4.1 Kvantitativa riskmått

4.1.1 Individrisk

Med individrisk avses sannolikheten (frekvensen) att en hypotetisk 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 mer än en viss risknivå 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.

4.1.2 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. Till skillnad från vid beräkning av individrisk kan även hänsyn tas till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att personbelastningen 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:

$$N_i = \sum_{x,y} P_{x,y} * p_{f,i}$$

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.

Samhällsrisken redovisas normalt i f/N-kurvor.

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

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.

4.2 Riskvärdering

Som allmän utgångspunkt för värdering av risk är följande fyra principer vägledande:

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

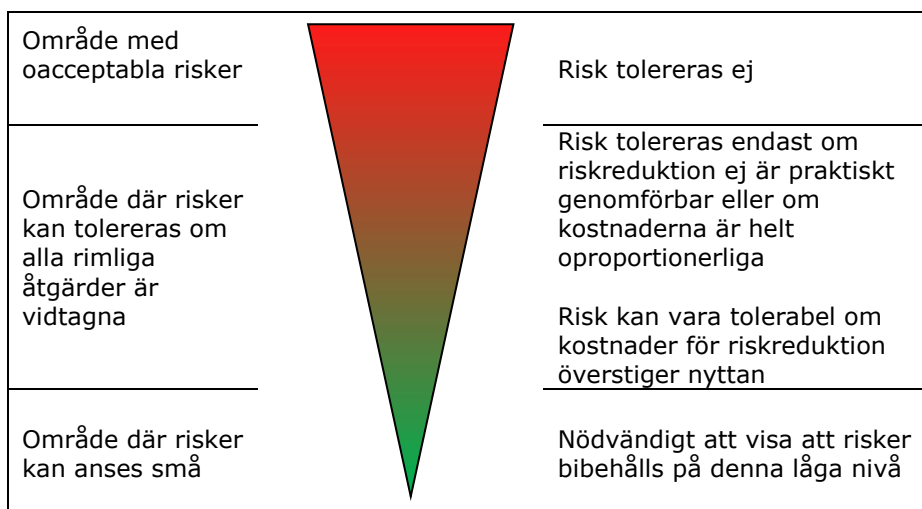
Proportionalitetsprincipen: En verksamhets totala risknivå bör stå i proportion till den nytta, i form av exempelvis produkter och tjänster, verksamheten medför.

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

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

4.3 Riskkriterier

För att begreppet individ- och samhällsrisk ska få någon betydelse måste den 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.



Figur 2. Princip för värdering av risk. Fri tolkning från Räddningsverket (1997).

Följande 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.

Förslagen 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. Dessa kvantitativa kriterier har blivit praxis för vilka risker som samhället tolererar och används därför normalt i denna typ av riskutredningar.

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

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

Kriterierna för individrisk avser en hypotetisk oskyddad person utomhus.

För samhällsrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

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

I motsats till individrisk beräknas samhällsrisk med avseende på de personer i undersökt område som faktiskt utsätts för risken. För transportleder föreslås kriterierna av Räddningsverket (Räddningsverket, 1997) gälla för en sträcka av 1 km.

5 Skyddsobjekt

Denna riskutredning undersöker risker för människors säkerhet. Skyddsobjekt är därmed personer som vistas inom det studerade området, både i och utanför byggnader. Dock kommer i beräkningen av samhällsrisk även människor som vistas utanför aktuella detaljplaneområden inkluderas. Anledningen är att skadeområdet i vissa scenarier är större än det studerade området, vilket gör att samhällsrisk inte blir rättvisande om endast människor som befinner sig inom området beaktas.

6 Områdesbeskrivning

6.1 Planområdet idag

Planområdet omfattar området Lantlyckan som ligger i Svalövs centrala tätort. Lantlyckan ligger söder om Svalövs centrum och den framtida pågatågstation som kommer att öppna år 2021. Järnvägen Söderåsbanan löper parallellt med områdets östra långsida ca 20 meter från planområdesgränsen och norr om området går Onsjövägen/väg 1208 som är en viktig infartsled till tätorten. Vägen och järnvägen korsas genom en plankorsning. Vägen inkluderas inte i riskberäkningarna då den varken är primär eller sekundär led för farligt gods. Norr om vägen ligger en blandning av serviceverksamheter och friliggande villor. I väster angränsar området till Teckomatorpvägen och ett småindustriområde med bl.a. Räddningstjänsten Svalöv, blandat med friliggande mindre bostadshus. Söder om området ligger angränsande fastighet som idag är en industrifastighet. Öster om järnvägen finns ett bostadsområde med friliggande bostadshus. I Figur 3 presenteras planområdets placering i förhållande till Söderåsbanan.



Figur 3. Placering av området Lantlyckan i Svalöv (inkluderat både etapp 1 och 2), markerad med blått, i förhållande till Söderåsbanan markerad i rött.

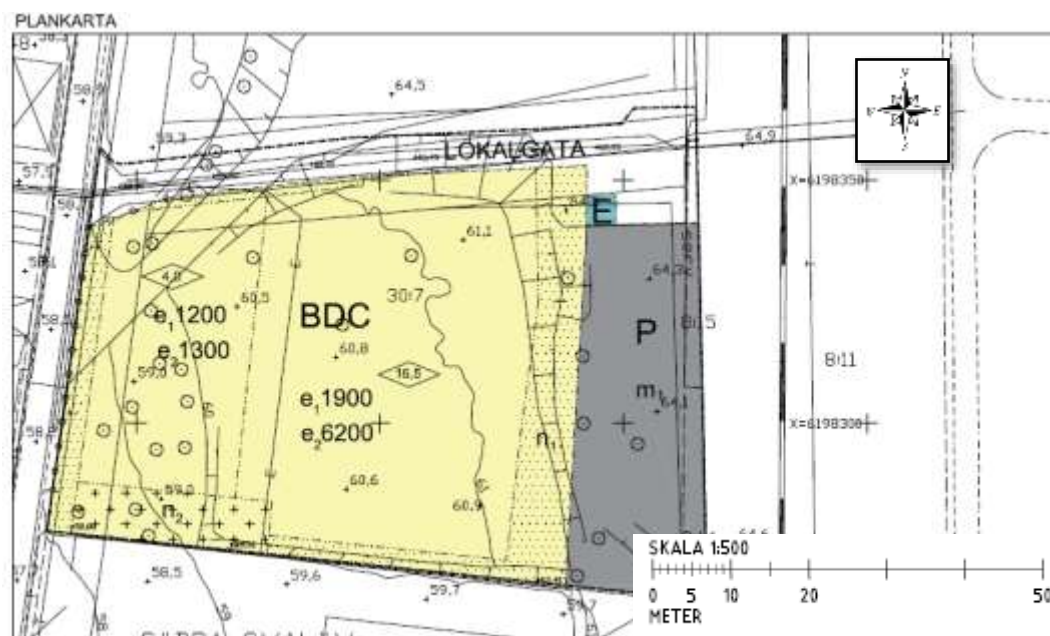
Området Lantlyckan är sedan tidigare detaljplanelagt för småindustriverksamhet. Tidigare nyttjade Lantmännen delar av planområdet för sin verksamhet men planområdet är idag obebyggt. Området lutar mot sydväst men längs med järnvägen är marken relativt jämn och påverkar inte riskbilden med hänsyn till transport av farligt gods på järnvägen. I Figur 4 visas planområdet sett från norr från Onsjövägen.



Figur 4. Vy över planområdet sett från Onsjövägen norr om området. Vänster i bilden ses plankorsningen mellan Onsjövägen och järnvägen © 2020 Google.

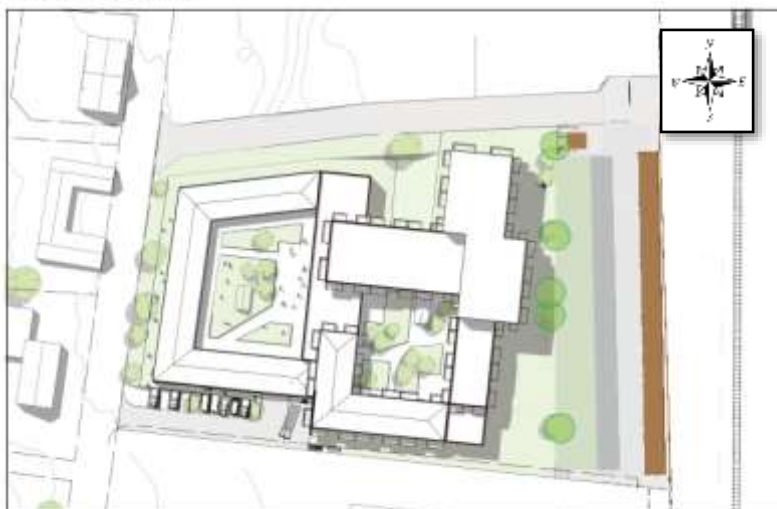
6.2 Planområde enligt föreslagna detaljplaner

Lantlyckan kommer att planläggas med två detaljplaner som utförs i två etapper, där etapp 1 utgörs av den södra delen av området Lantlyckan och etapp 2 utgörs av den norra delen av området. Etapp 1 planläggs för äldreboende och parkeringsyta och etapp 2 planläggs för bostäder och parkeringsyta. I Figur 5 och Figur 6 visas plankarta respektive illustrationskarta för etapp 1.



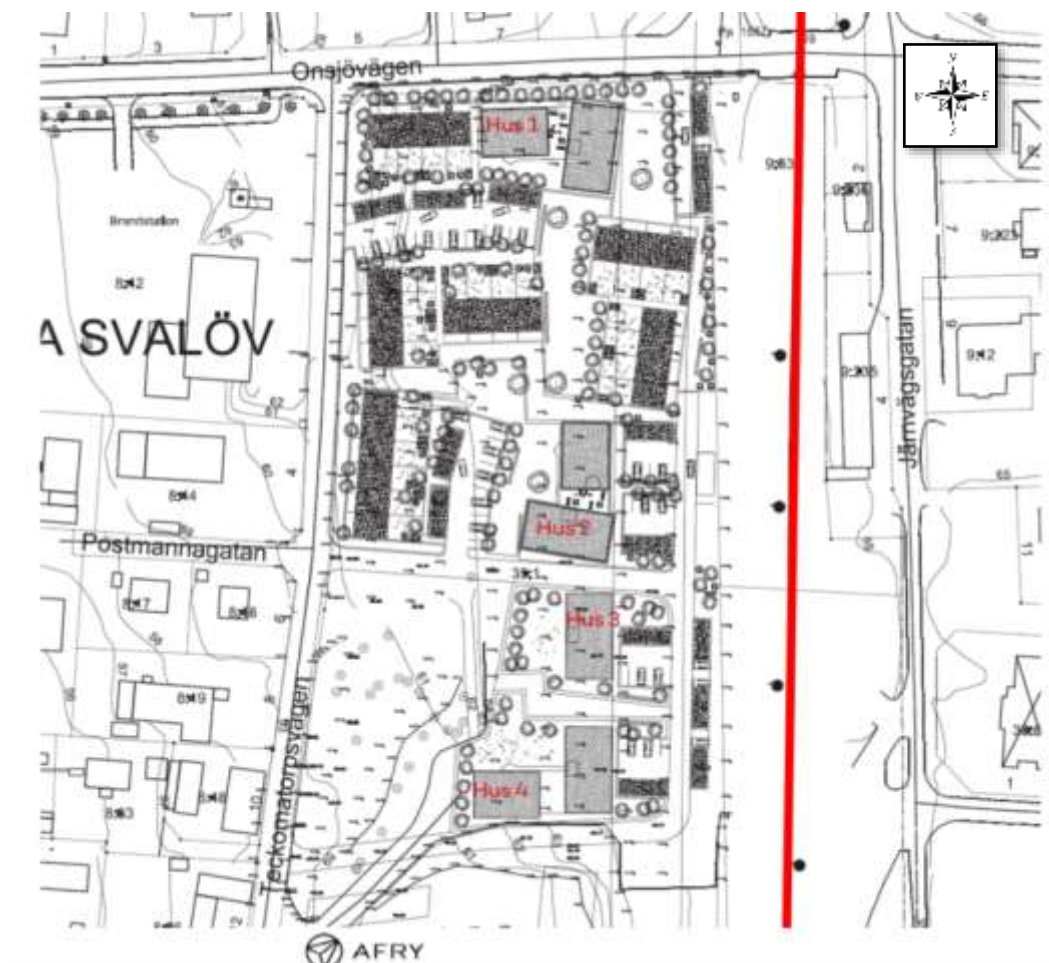
Figur 5. Plankarta för etapp 1. Plankartan kan ses i sin helhet i Bilaga D.

ILLUSTRATIONSKARTA



Figur 6. Illustrationskarta för etapp 1.

Arbetet med planläggning och skisser för etapp 2 är fortfarande under arbete, i Figur 7 kan en strukturskiss för etapp 2 ses.



Figur 7. Strukturskiss för etapp 2 som är under arbete. Hus 1, 2, 3 och 4 utgör flerbostadshus och övriga bostadsbyggnader är radhus. Järnvägen är markerad i rött.

6.3 Personbelastning

Samhällsrisiknivåer beror, till skillnad från individrisken, på hur många som exponeras för den undersökta risken. För att ge en representativ bild av samhällsrisiknivån behöver därav även omgivande bostäder och verksamheter som kan påverkas av olyckor med farligt gods inkluderas.

I utredningen beräknas samhällsrisiken för två olika scenarier för att visa på vilken skillnad i risknivå som utformning enligt detaljplanerna medför. Samhällsrisiken beräknas därmed för befintlig utformning innan utbyggnad enligt detaljplaner (härefter kallat nollalternativ), och enligt detaljplaner med planerad och befintlig bebyggelse (härefter kallat utvecklingsalternativ). Båda alternativen utreds med trafikuppgifter för år 2040.

6.3.1 Personbelastning nollalternativ

I detta fall inventeras personbelastningen för ett område på 150 meter från järnväg och planområdets ytterkant i samtliga riktningar. Detta område består av skola samt förskola, gruppboende, verksamheter söder om området, räddningstjänstens verksamhet samt bostäder i form av bostadshus, småhus och marklägenheter (Persson, 2020). I Tabell 2 visas sammanställning av uppskattad personbelastningen i området samt den fraktion av personerna som antas befinna sig inom-/utomhus, för dagtid respektive nattid och i Figur 8 presenteras ungefärlig placering.

Tabell 2. Uppskattad personbelastningen för inventerat område runt järnväg och detaljplaneområde för nollalternativ (Persson, 2020). Boende förväntas vara närvarande inom planområdet 60% av tiden dagtid samt 100% av tiden nattid.

	Person- belastning, dag	Person- belastning, natt	Fraktion dag inom- /utomhus	Fraktion natt inom- /utomhus	Nyttjandegrad [%]
Bostäder öster om järnväg	14 personer	23 personer	0,93/0,07	0,99/0,01	100
Bostäder väster om järnvägen	6 personer	9 personer	0,93/0,07	0,99/0,01	100
Bostäder nordväst om järnvägen	36 personer	60 personer	0,93/0,07	0,99/0,01	100
Gruppboende öster om järnväg	6 personer	6 personer	0,93/0,07	1/0	100
Skola och förskola	300 personer	0 personer	0,7/0,3	-	70
Verksamheter söder	25 personer	0 personer	0,9/0,1	-	70
Räddningstjänstens verksamhet	15 personer	5 personer	0,9/0,1	0,9/0,1	100



Figur 8. Placering av verksamheterna intill Söderåsbanan.

6.3.2 Personbelastning utvecklingsalternativ

Utöver personbelastningen enligt nollalternativet tillkommer i utvecklingsalternativet ny byggnation av äldreboende och bostäder i aktuella detaljplaner. Bostäderna ska vara i form av flerbostadshus och radhus. I Tabell 3 presenteras den uppskattade personbelastningen efter byggnation enligt detaljplaner, inkluderat båda etapper. I beräkningarna läggs Tabell 2 och Tabell 3 ihop för att få personbelastning enligt utvecklingsalternativet. Tabell 3 presenterar antagen personbelastning i området samt den fraktion av personerna som antas befinna sig inom-/utomhus, för dagtid respektive nattid. För detaljplan etapp 2 planeras fyra flerbostadshus med totalt 103 lägenheter och 26 radhus. Antal boende i de nya flerbostadshusen beräknas med antagande att det i snitt kommer bo 2,3 personer per bostad (Persson, 2020) och i radhusen antas det bo 2,7 personer per bostad (Statistiska Centralbyrån, 2018). Äldreboendena kan utföras som vårdboende för äldre och kan ha plats för 75 vårdplatser. Eventuell tillkommande personal på plats uppskattas vara maximalt 15 personer.

Tabell 3. Uppskattad personbelastningen enligt detaljplaner.

	Person- belastning, dag	Person- belastning, natt	Fraktion dag inom- /utomhus	Fraktion natt inom- /utomhus	Nyttjandegrad [%]
Äldrebostäder (etapp 1)	90 personer	90 personer	0,93/0,07	1/0	100
Flerbostadshus (etapp 2)	143 personer	237 personer	0,93/0,07	0,99/0,01	100
Radhus (etapp 2)	42 personer	70 personer	0,93/0,07	0,99/0,01	100

7 Riskobjekt

I detta kapitel beskrivs riskobjekt med riskkällor som kan orsaka olyckor med konsekvenser för det aktuella området. Det identifierade riskobjektet i denna utredning är Söderåsbanan och riskkällorna är transport av farligt gods på järnvägsanläggningen samt mekanisk påverkan vid urspårning.

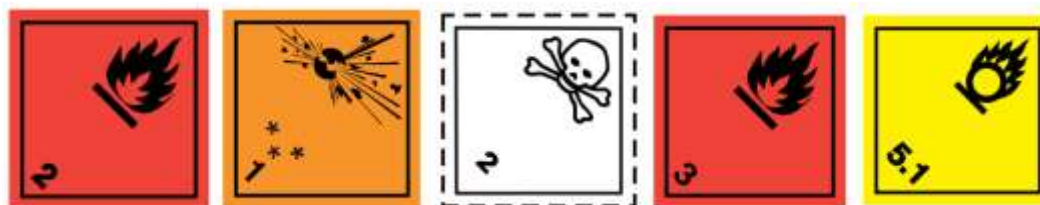
7.1 Söderåsbanan

Söderåsbanan är en 38 kilometer lång enkelspårig järnvägssträcka som löper från Åstorp till Teckomatorp och passerar Svalöv. Sträckan är en del av godsstråket genom Skåne och trafikeras dagligen av godståg. År 2021 ska Söderåsbanan även trafikeras av persontågstrafik och det planeras för en ny station i Svalöv (Trafikverket, 2019a).

Söderåsbanan löper längs med planområdets östra sida och den studerade sträckan består av enkelspår. Utmed planområdet finns inga växlar men i det nordöstra hörnet av planområdet finns en plankorsning med Onsjövägen som har bommar.

7.1.1 Farligt gods

Produkter som har potentiella egenskaper att skada människor, egendom eller miljö vid felaktig hantering eller olycka, går under begreppet farligt gods. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser (RID) beroende av art och vilken risk ämnet förknippas med, se Figur 9 för exempel på skyltning av farligt gods. Eftersom klasserna utgör en god indelningsgrund vid en riskinventering delas transporterarna in i dessa klasser även i denna rapport.



Figur 9. Exempel på skyltning för några RID-klasser: 2.1 Brandfarlig gas, 1 Explosiva ämnen, 2.3 Giftig gas, 3 Brandfarlig vätska, 5.1 Oxiderande ämnen.

En förklaring av de klasser som finns och exempel på vilka ämnen som tillhör klassen presenteras i Tabell 4.

Tabell 4. Förklaring på RID-klasser och exempel på ämnen som tillhör respektive klass.

RID-klass	Typer	Exempel
1	Explosiva ämnen	Sprängämnen, krut
2.1	Brandfarlig gas	Gasol, vätgas
2.2	Icke giftig gas	Kväve, Helium
2.3	Giftig gas	Ammoniak, klorgas
3	Brandfarlig vätska	Bensin, alkoholer
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	Metallpulver, aktivt kol
4.2	Självantändande ämnen	Självantändande metallpulver
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	Natrium, kalcium, kalium
5.1	Oxiderande ämnen	Väteperoxid, natriumklorat
5.2	Organiska peroxider	Acetonperoxid
6.1	Giftiga ämnen	Arsenik, bly, kadmium
6.2	Smittförande ämnen	Vaccin, patientprover
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat, mätinstrument, kärnavfall
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Magnetiska material, batterier, fordon, asbest

7.1.2 Trafikflöde

För att resultatet från utredningen även ska vara aktuellt i framtiden utgår analysen från ett scenario för trafikflödet år 2040 förbi planområdet. Statistik för detta scenario är hämtat från Trafikverkets prognos 2040 som anger 11,2 godståg per dygn förbi planområdet (Trafikverket, 2020), vilket innebär 4 088 godståg per år.

I dagsläget transporteras endast godståg förbi planområdet men från och med år 2021 planeras järnvägen även trafikeras med persontåg. Trafikverkets prognos för 2040 anger att 33 pågatåg per dygn kommer passera sträckan, vilket innebär 12 045 tåg per år. I Tabell 5 sammanställs trafikflödet förbi planområdet.

Tabell 5. Trafik på sträckan Åstorp-Teckomatorp, godsstråket genom Skåne, enligt Trafikverkets prognos för 2040 (Trafikverket, 2020).

Tågtyp	Antal per dygn	Antal per år	Medellängd [m]	Maxlängd [m]	Maxhastighet [km/h]
Godståg	11,2	4 088	607	750	100
Pågatåg (X61)	33	12 045	150	150	120

7.1.3 Urspårning och mekanisk påverkan

Vid urspårning av tåg längs den aktuella järnvägssträckan kan tågagnar lämna järnvägsbanan. Detta gäller både gods- och persontåg. En sådan olycka kan orsaka direkt skada på oskyddade människor som befinner sig i närheten och det kan även orsaka skada på intilliggande byggnader och därmed skada människor som befinner sig i dessa. Med vilken hastighet tåget spårar ur påverkar hur långt från spåret tåget kan hamna. Även topografin och markförhållandena har betydelse för hur långt ett tågset kan komma vid urspårning.

Urspårning kan orsakas av om tåget kör i höga hastigheter och med laster som inte står i relation till anläggningens dimensionering och eventuella kurvor. Om anläggningen i sig har brister i form av exempelvis växelfel eller rälsbrott kan detta innebära en annan orsak till urspårning. Om själva tåget får ett axelbrott vid hjulaxlarna, skadade hjul och/eller om bromsfel/fel i styrsystemet gör så att tåget kör i en för hög hastighet kan även detta orsaka en urspårning. Om banan inte är hinderfri, på grund av exempelvis nedfallna träd, rasmassor eller fordon i spår, innebär detta också en förutsättning för att urspårning kan ske. Även vädret kan spela in då solkurvor, lövhalka samt is- och snöbeläggning kan orsaka urspårning. Frekvensberäkningar för risk för mekanisk påverkan vid urspårning redovisas i Bilaga C och inkluderas individ- och samhällsrisikberäkningarna som presenteras i avsnitt 8. Om ett godståg innehållandes farligt gods spårar ur och det samtidigt sker ett läckage kan det även uppstå en olycka med farligt gods, se avsnitt 7.1.4 och 7.1.5 nedan.

7.1.4 Uppskattning av olycksfrekvens farligt gods

Frekvensen för järnvägsolycka med farligt gods på sträckan förbi området beräknas enligt metod som beskrivs i Bilaga A - Frekvensberäkning. Olycka med farligt gods beräknas för en sträcka av 1 km järnväg och frekvens för att en olycka inträffar är då $3,4 \cdot 10^{-4}$ per år, vilket motsvarar en sådan olycka ungefär vart 3 000:e år på den 1 km långa sträckan.

7.1.5 Fördelning mellan RID-klasser

En fördelning mellan RID-klasserna används sedan för att få fram en olycksfrekvens för respektive olycksscenario, som beskrivs i avsnitt 7.2. Då det saknas uppdaterad platsspecifik statistik kring transport av farligt gods på järnvägssträckan uppskattas fördelning utifrån nationell statistik från åren 2009 till 2018 (Trafikanalys, 2019). Fördelningen mellan RID-klasserna som transporteras på aktuell järnvägssträcka presenteras i Tabell 6.

Tabell 6. Statistik kring transport av olika klasser farligt gods enligt Trafikanalys (Trafikanalys, 2019).

RID-klass	Typ	Fördelning enligt Trafikanalys (2019) [%]
1	Explosiva ämnen	0
2.1	Brandfarlig gas	22
2.2	Icke giftig gas	
2.3	Giftig gas	
3	Brandfarlig vätska	22
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,4
4.2	Självantändande ämnen	0,7
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	5
5.1	Oxiderande ämnen	29
5.2	Organiska peroxider	0,6
6	Giftiga ämnen	2,5
7	Radioaktiva ämnen	0
8	Frätande ämnen	17
9	Övriga farliga ämnen och föremål	0,8
Totalt		100

I beräkningarna används medelvärdet för den nationella statistiken från dessa 10 år. Då Trafikanalys inte redovisar en fördelning för de olika underklasserna för klass 2 antas att klass 2.1, 2.2 och 2.3 utgör 10, 10 respektive 2 procentenheter vardera av den totala fördelningen. Bedömning är baserad på tidigare erfarenheter gällande fördelning av farligt gods som transporteras på järnväg.

7.2 Olycksscenario

Nedan presenteras de klasser för farligt gods som transporteras på Söderåsbanan enligt inventeringen i avsnitt 7.1.5 samt vilka olycksscenario de kan ge upphov till. Varje avsnitt avslutas med en bedömning av ifall vidare analys är nödvändig för respektive klass. Frekvensberäkningar redovisas i Bilaga A och konsekvensberäkningar redovisas i Bilaga B.

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 meter. 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 och dels till värmestrålning samt indirekta skador som följd av

sammanstörtade byggnader. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller dylikt som flyger iväg från olycksplatsen (VTI, 1994).

Bedömning: Explosiva ämnen transporteras inte på järnväg enligt statistik, därav undersöks risken av denna klass inte vidare i utredningen.

Kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på kondenserad brandfarlig 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 fall 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 förväntas transporteras förbi området, och om en olycka skulle ske kan det leda till konsekvenser i planområdet. Jetbrand, gasmolnsexplosion och BLEVE bedöms kunna inträffa, och undersöks i den kvantitativa analysen.

Kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Läckage av kondenserad giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot området 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 lättare än luft men ammoniakgas beter sig initialt som en tung gas då den inledningsvis är mycket kall efter att ha förångats. Därav sker spridning initialt längs med marken. Giftig kondenserad gas kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende bl.a. på mängden gas och rådande väderförhållanden. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett AEGL-3 (Acute Exposure Guideline Level, koncentration där befolkningen, inklusive känsliga individer, kan drabbas av livshotande hälsoeffekter eller död) på 2700 ppm under 10 minuter exponering (EPA, 2016). Att använda en exponeringstid på 10 minuter kan antas vara tillräckligt i de flesta fall, dock kan det finnas scenarier där exponeringstiden är längre än så t.ex. vid olycka på natten. Att använda AEGL-3 som exponeringskriterium är dock konservativt i jämförelse med t.ex. LC50 eftersom AEGL-3 inkluderar de känsligaste individerna. Vid beräkningarna används ämnets probitfunktion för toxicitet, se beräkningsbilaga.

Klor

Klor utgör den giftigaste gasen som i denna analys anges som exempel på gas som kan drabba området. Giftig kondenserad gas kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende bl.a. på mängden gas och rådande väderförhållanden. Gasen är mycket giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Klor har ett AEGL-3 på 50 ppm under 10 minuter exponering (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2010). Beräkningar utförs med ämnets probitfunktion för toxicitet, se beräkningsbilaga.

Bedömning: Kondenserad giftig gas förväntas transporteras förbi området och om en olycka sker kan den ha konsekvenser in på området, varför ovan nämnda olycksscenario undersöks vidare. Både ammoniak och klorgas undersöks.

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 samt inandning av giftiga brandgaser.

Bedömning: Brandfarlig vätska står för en stor andel transporter på järnväg och en olycka med ämnet kan ha konsekvenser som sträcker sig in på området. Klassen undersöks därmed vidare.

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

Exempel 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. 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 närhet av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods.

Oxiderande ämne (klass 5)

Klass 5 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 kyllda 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, 1996; MSB, 1999; MSB, 2014).

Bedömning: Klass 5.1 oxiderande ämnen kan transporteras förbi det aktuella området men 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. Scenariot inkluderas ändå i beräkningarna då konsekvenserna kan bli allvarliga.

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 olycksscenarion bedöms inte vara relevanta i aktuell utredning då eventuella konsekvenser begränsas till område precis intill olyckan, därmed är det inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

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: Eftersom konsekvenserna begränsas till område precis kring olyckan samt att ämnet inte förväntas transporteras förbi området, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera denna kategori.

Frätande ämne (klass 8)

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

Bedömning: Eftersom konsekvenserna begränsas till 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 området påverkas, eftersom en spridning inte förväntas.

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

7.2.1 Sammanfattning olycksscenario

Enligt riskidentifieringen beaktas följande olycksscenario i den kommande kvantitativa riskanalysen:

- 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: brand och explosion
- Urspårning och mekanisk påverkan vid 5 meter från järnvägen
- Urspårning och mekanisk påverkan vid 10 meter från järnvägen
- Urspårning och mekanisk påverkan vid 13 meter från järnvägen

I beräkningsbilagan, Bilaga A, Bilaga B och Bilaga C, redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för de olika scenarierna.

8 Kvantitativ riskanalys

I detta avsnitt presenteras de resultat som erhållits från den kvantitativa riskanalysen, och jämförs med aktuella riskkriterier från DNV. Den kvantitativa analysen består av beräkningar av både individ- och samhällsrisik inkluderat både risk vid transport av farligt gods samt risk för mekanisk påverkan som följd av urspårning. Varken individ- eller samhällsrisikberäkningar har beaktat skyddsåtgärder, områdets topografi eller att byggnader i sig kan verka som fysiska barriärer för bakomliggande skyddsobjekt.

8.1 Individrisk

Individrisiken beräknas med avseende på transport av farligt gods samt mekanisk påverkan vid urspårning på Söderåsbanan förbi planområdet Lantlyckan i Svalöv enligt prognos för år 2040.

För individrisk föreslås följande kriterier (Räddningsverket, 1997):

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

I Figur 10 nedan redovisas individrisknivåerna för olycka med transport av farligt gods samt risk för mekanisk påverkan vid urspårning.



Figur 10. Individriskkonturer (markerad i orange och gult) för transport av farligt gods på Söderåsbanan år 2040 tillsammans med Det Norske Veritas (DNV) riskkriterier, även risk för mekanisk påverkan inkluderas i riskkonturerna. Den röd-svarta linjen representerar järnvägen.

Figur 10 ovan visar att risken är på acceptabel nivå bortom ca 15 meter väst och öst om järnvägen. Detta visualiseras som den gula konturen i Figur 10, som representerar den undre gränsen av ALARP-området (10^{-7} per år) enligt DNV. Vid ca 8 meter från järnvägen är individrisken 10^{-6} per år, vilket representerar mitten av ALARP-området. På avstånd mellan 8–15 meter hamnar risken därmed i den undre halvan av ALARP. Frekvensen för den övre gränsen av ALARP-området (10^{-5} per år) enligt DNV uppkommer inte för det aktuella området. Det innebär att inget område i planområdet uppnår en oacceptabel risknivå enligt DNV:s kriterier. Avstånd upp till 8 meter från järnvägen hamnar inom den övre halvan av ALARP-området, där högre krav ställs på riskreducerande åtgärder.

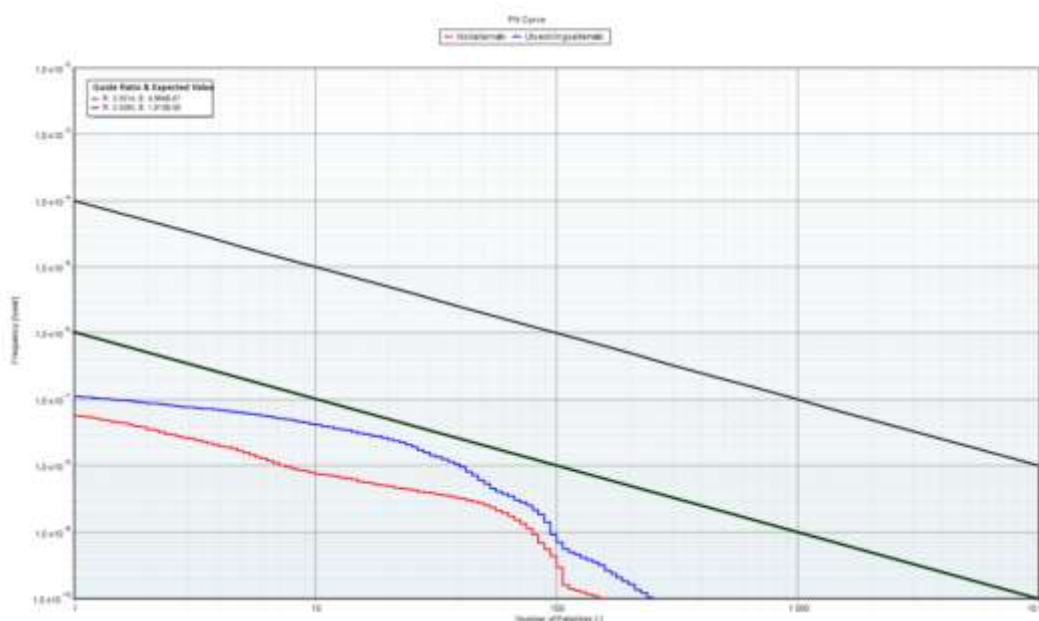
Vidare har fyra avståndspunkter analyserats, 10, 20, 30 respektive 50 meter från järnvägen. Vid 10 meter utgör majoriteten av det totala individriskbidraget av olycksscenario kopplat till brandfarlig vätska, ca 86 %. Vid 20 meter utgör olyckstyper med brandfarlig vätska ca 49 % av den totala riskbilden. Vid 30 meter från järnvägen utgör olycksscenario kopplat till brandfarlig vätska ca 6 % och 42 % utgörs

av olycksscenarioer med brandfarlig gas. I övrigt bidrar utsläpp av giftig gas med ca 52 % av individsrisknivån vid 30 meter.

8.2 Samhällsrisk

Samhällsriskens beräkning har beräknats för en sträcka på 1 km av Söderåsbanan längs planområdet med avseende på transport av farligt gods och risk för mekanisk påverkan vid urspårning.

Samhällsriskens beräkning baseras på personbelastningen som presenterats i Tabell 2 och Tabell 3. Samhällsriskens beräknas för nuvarande personbelastning (nollalternativ) samt den personbelastning som uppkommer i området efter exploatering (utvecklingsalternativ). Resultatet av samhällsriskens presenteras i Figur 11 nedan.



Figur 11. F/N-kurva för samhällsriskens tillsammans med DNV:s riskkriterier som är markerade i svart. Röd kurva representerar nollalternativet och blå kurva representerar utvecklingsalternativet.

I Figur 11 noteras att samhällsriskkurvan både för nollalternativet, d.v.s. dagens personbelastning för trafikprognos år 2040, samt samhällsriskkurvan efter utbyggnad, d.v.s. personbelastning inklusive föreslagen exploatering enligt detaljplaner för trafikprognos år 2040, befinner sig under DNV:s undre acceptanskriterium. Det innebär att båda alternativen hamnar på en acceptabel risknivå. Det innebär vidare att föreslagen exploatering med ökad personbelastning inom området bedöms som acceptabel enligt tillämpade riskkriterier för samhällsriskhänsyn.

Genom att, för samtliga olycksscenarioer för utvecklingsalternativet summera produkten av konsekvens och frekvens, samt beräkna respektive scenarions andel av den totala riskbilden framkommer att brandfarlig gas utgör ca 66 % av samhällsriskens för undersökt område. I övrigt bidrar utsläpp av giftig gas med ca 34 % av samhällsrisknivån. Detta beror på att dessa olycksscenarioer har långa konsekvensområden och att planerad bebyggelse ska placeras en bit ifrån järnvägen. Det kan vidare konstateras att olyckor som resulterar i mekanisk påverkan vid urspårning är den vanligaste skadehändelsen. Dock är konsekvensområdet som längst 14 meter, vilket innebär att dessa scenarion inte medför några omkomna inom planområdet enligt den exploatering som planeras.

9 Känslighet- och osäkerhetsanalys

9.1 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
- Personbelastning
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Utifrån använda modeller kan det konstateras ett samband mellan resultatet och förändringar i såväl antal transporter som sannolikhet för olyckor. Detta innebär att en ökning av dessa parametrar höjer risknivån.

Individ- och samhällsriskerna har i denna utredning beräknats för år 2040 med motiveringen att ny bebyggelse även ska vara hållbar för en framtida förändring av transporterna på järnvägsnätet förbi området. Det kan konstateras att ju fler farligt godstransporter på sträckan, desto högre blir riskerna, vilket innebär att riskerna som presenteras i denna utredning är högre än vad som är aktuellt i dagsläget.

Beräkningarna avseende personbelastning inom det studerade området har en påverkan på samhällsriskerna men inte på individriskerna. En allmän ökning av personbelastningen ger en allmän ökning av samhällsriskerna men det är svårt att ange i exakt vilket område av f/N-kurvan ökningen sker. Klart är dock att en ökning i personbelastning innebär en förskjutning av f/N-kurvan åt höger. Detta kan observeras i den beräknade samhällsriskerna, då samhällsriskerna för dagens personbelastning inom området är lägre än samhällsriskerna efter den uppskattade personbelastningen efter utbyggnad, se Figur 11.

Vidare förändras resultatet om fördelningen mellan RID-klasserna av det farliga godset förändras. Beräkningen baseras i detta fall på Trafikanalys nationella inventering av sträckan mellan åren 2009–2018. Med tanke på att inventeringen inte är platspecifik för det aktuella området kan det se annorlunda ut i verkligheten.

Resultatets känslighet för variationer avseende konsekvenser vid studerade scenarier bedöms som relativt stor. Konsekvensberäkningar i form av bränder och utsläpp av gaser 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. Andra parametrar som utetemperatur, solinstrålning och luftfuktighet har av erfarenhet mindre påverkan på konsekvensavstånd.

9.2 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:

- Mängd farligt gods
- Fördelning farligt gods
- Sannolikhet för olyckor
- Antal transporter
- Personbelastning
- Konsekvenser vid studerade scenarion

Avseende fördelningen mellan farligt godsklasser som transporteras förbi området är underlaget i denna utredning baserat på nationell statistik från Trafikanalys där ett medelvärde från transporten mellan 2009 och 2018 används. På grund av att inventeringen inte är platsspecifik finns det osäkerheter gällande resultatet. Dock har osäkerheten hanterats till viss del genom att använda ett medelvärde från statistik under tio år. Trafikmängderna har dessutom beräknats enligt Trafikverkets prognos för år 2040, vilket också bör reducera osäkerheter i resultatet.

Det finns osäkerheter avseende personbelastningen för området då uppskattningen av personantalet i verksamheterna bygger på en del antaganden. I övrigt bedöms osäkerheten avseende personbelastningen 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 scenarion bedöms vara beroende av scenariobeskrivningarna. Osäkerheten avseende representativa scenarion är stora då det inte finns underlag som beskriver exakt vilka ämnen och mängder som transporteras på järnvägssträckan. Samtidigt finns det en betydande osäkerhet inför så kallade extremhändelser såsom transporter av farligt gods utanför gällande regelverk eller uppsåtliga risker. Det kan emellertid konstateras att övergripande metodik för en riskutredning av detta slag inte rymmer en analys av sådana konsekvenser.

Det verktyg som genomgående används för att möta effekten av osäkerheten i indata är 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:

- Teknikutveckling torde leda till minskad olycksfrekvens då modernare fordon kontinuerligt utrustas med teknik som ska minska risken för olyckor. Sådana åtgärders inverkan på olycksfrekvensen har inte beaktats.
- Statistik visar att klortransporter på järnväg har minskat markant de senaste åren, vilket medför att antaganden kan vara konservativa (Trafikverket, 2013).
- Värdet för antal transporter förbi planområdet baseras på Trafikverkets prognos för 2040 som antar ökning av tågtransporter jämfört med idag.
- Fördelningen av farligt gods har baserats på Trafikanalys nationella inventering av järnvägstransporterna mellan 2009–2018, vilket innebär att inventeringen inte är platsspecifik. Det medför osäkerheter men den använda fördelningen bedöms ändå vara rimlig då den bygger på statistik under tio år.

10 Riskbedömning och riskreducerande åtgärder

I riskutredningen analyseras påverkan från farligt gods på Söderåsbanan förbi planområdet Lantlyckan i Svalöv samt mekanisk påverkan som följd av urspårning vid planområdet och presenteras som individrisk och samhällsrisk.

Beräkningar för individrisk har utförts med Trafikverkets prognos för år 2040 för att resultatet från utredningen även ska vara aktuellt i framtiden. I prognosen antas att det förekommer en ökad godstrafik förbi området jämfört med dagens förhållande. Fördelningen mellan olika klasser farligt gods har uppskattats med hjälp av nationell statistik från Trafikanalys, där ett medelvärde mellan 2009–2018 använts. Efter att riskinventering gjorts beaktas RID-klasserna 2.1, 2.3, 3 och 5 i den kvantitativa analysen för farligt gods.

Resultatet av riskanalysen visar att individrisken för olycka med farligt gods ligger på acceptabla nivåer bortom ca 15 meter väst om järnvägen. På avståndet 8–15 meter väst om järnvägen är risknivån inom ALARP-områdets nedre del, vilket innebär att vid exploatering inom detta område bör riskreducerande åtgärder beaktas. I den nedre delen av ALARP-området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårt som i den övre delen, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Åtgärderna bör således vara kostnadseffektiva med hänsyn till den nytta de ger. På avstånd inom 8 meter från järnvägen är risknivån inom den övre halvan av ALARP-området, där högre krav ställs på riskreducerande åtgärder. Utifrån individrisksynpunkt och ovan resonemang bör utformningen av området 0–15 meter väst om järnvägen inte uppmana till stadigvarande vistelse. På avstånd inom 30 meter utgörs en stor del av den totala risknivån av olyckor kopplat till brandfarlig vätska. Byggnader som uppmanar till stadigvarande vistelse vid detta avstånd bör därmed utformas med brandklassad fasad.

Trafikverkets riktlinjer anger att bebyggelse inte bör uppföras inom ett avstånd på 30 meter från järnvägen. Motiveringen för detta avstånd är att det ska finnas utrymme för räddningsinsatser vid olycka, både på järnväg och i byggnad, samt att det ska finnas möjlighet att utveckla järnvägsanläggningen. Undantag kan dock eventuellt göras från riktlinjen för verksamheter som inte är störningskänsliga och där människor endast vistas tillfälligt, exempelvis parkering, garage och förråd. Därmed bör känsliga byggnader såsom bostäder och vårdbyggnader inte byggas närmare än 30 meter. För att detaljplanen ska tillåta ej känslig byggnation och markanvändning där människor endast vistas tillfälligt, exempelvis parkeringsyta, inom 30 meter från järnväg bör detta beslut ske i samråd med Trafikverket.

Analysen visar att samhällsrisk för exploatering enligt planerade detaljplaner ligger på acceptabla nivåer, under ALARP-området. De scenarion som ger störst bidrag till risknivån är utsläpp av brandfarlig gas och giftig gas. Olyckor med dessa typer av ämnen kan påverka ett stort antal personer genom att gasen kan spridas i luften. Trots att samhällsrisk är inom acceptabla nivåer bör kostnadseffektiva riskreducerande åtgärder kopplat till olycksscenario med brandfarlig gas och giftig gas beaktas. Detta p.g.a. att det finns potential för att många människor drabbas vid dessa olyckor samt att detaljplanerna ska medge känsliga byggnader. För att reducera konsekvenser vid ett utsläpp av giftig gas kan friskluftsintag placeras högt och på sida bort från riskkällan. Dessutom kan nödstopp av ventilationen reducera konsekvenserna ytterligare. Dessa åtgärder bidrar till en minskad risk att giftig gas sprids in i byggnader och på så sätt minskar exponeringen för människor som befinner sig inomhus. Åtgärderna ger större effekt desto högre personbelastningen är i

byggnaden. Dessutom bör det finnas möjlighet att utrymma byggnader bort från järnvägen vid olycka.

Givet följande riskreducerande åtgärder så bedöms markanvändningen enligt detaljplanerna som lämplig ur risksynpunkt:

- Utformningen av området 0–15 meter väst om järnvägen ska inte uppmana till stadigvarande vistelse.
- Känsliga byggnader såsom bostäder och vårdbyggnader bör inte byggas närmare än 30 meter.
- För att detaljplanen ska tillåta ej känslig byggnation och markanvändning där människor endast vistas tillfälligt inom 30 meter från järnväg bör detta beslut ske i samråd med Trafikverket.
- Vårdbyggnader som uppförs med närmaste fasad inom 30–40 meter från järnvägen rekommenderas att utformas med brandklassad fasad EI30.
- I den mån det är möjligt bör friskluftsintag placeras högt och på fasad som ej vetter mot Söderåsbanan. Ventilationen bör, där så är möjligt, utrustas med nödstopp som kan stänga lufttillförseln vid en olycka med giftig gas i området.
- Byggnader bör utföras med entréer och utrymningsvägar som gör det möjligt att utrymma i riktning bort från Söderåsbanan.

11 Slutsatser

I riskutredningen har risker kopplade till transport på Söderåsbanan utretts för planområdet Lantlyckan i Svalöv. Den kvantitativa analysen inkluderar både individ- och samhällsrisikberäkningar och tar hänsyn till olyckor med farligt gods samt urspårningar som kan resultera i mekanisk påverkan. Beräkningar har utförts enligt ett scenario för år 2040 för att den planerade bebyggelsen enligt detaljplaner även ska vara hållbar ur ett riskperspektiv och för att resultatet ska vara aktuellt för en framtida förändring av transporterna på Söderåsbanan förbi planområdet.

Resultatet av riskanalysen visar att individrisken för olycka med farligt gods och urspårning ligger på acceptabla nivåer bortom ca 15 meter väst om järnvägen. På avståndet 8–15 meter väst om järnvägen är risknivån inom ALARP-områdets nedre del, det vill säga området mellan acceptabel och oacceptabel risknivå. Det innebär att vid exploatering inom detta område bör riskreducerande åtgärder beaktas. I den nedre delen av ALARP-området bör dock kraven på riskreduktion inte ställas lika hårt som i den övre delen, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Utifrån individrisksynpunkt bör utformningen av området 0–15 meter väst om järnvägen därmed inte uppmana till stadigvarande vistelse. På avstånd inom 30 meter utgörs en stor del av den totala risknivån av olyckor kopplat till brandfarlig vätska. Byggnader som uppmanar till stadigvarande vistelse vid detta avstånd bör därmed utformas med brandklassad fasad.

Trafikverkets riktlinjer anger att bebyggelse inte bör uppföras inom ett avstånd på 30 meter från järnvägen. Undantag kan dock eventuellt göras från riktlinjen för verksamheter som inte är störningskänsliga och där människor endast vistas tillfälligt, exempelvis parkering, garage och förråd. Därmed bör känsliga byggnader såsom bostäder och vårdbyggnader inte byggas närmare än 30 meter. För att detaljplanen ska tillåta ej känslig byggnation och markanvändning där människor endast vistas tillfälligt, exempelvis parkeringsyta, inom 30 meter från järnväg bör detta beslut ske i samråd med Trafikverket.

Analysen visar att samhällsrisken för exploatering enligt planerade detaljplaner ligger på acceptabla nivåer, under ALARP-området. De scenarion som ger störst bidrag till risknivån är utsläpp av brandfarlig gas och giftig gas. Eftersom dessa typer av olyckor kan påverka ett stort antal personer genom att gasen kan spridas i luften bör kostnadseffektiva riskreducerande åtgärder kopplat till olycksscenario med brandfarlig gas och giftig gas beaktas.

Givet följande riskreducerande åtgärder så bedöms markanvändningen enligt detaljplanerna som lämplig ur risksynpunkt:

- Utformningen av området 0–15 meter väst om järnvägen ska inte uppmana till stadigvarande vistelse.
- Känsliga byggnader såsom bostäder och vårdbyggnader bör inte byggas närmare än 30 meter.
- För att detaljplanen ska tillåta ej känslig byggnation och markanvändning där människor endast vistas tillfälligt inom 30 meter från järnväg bör detta beslut ske i samråd med Trafikverket.
- Vårdbyggnader som uppförs med närmaste fasad inom 30–40 meter från järnvägen rekommenderas att utformas med brandklassad fasad EI30.

RISKUTREDNING



- I den mån det är möjligt bör friskluftsintag placeras högt och på fasad som ej vetter mot Söderåsbanan. Ventilationen bör, där så är möjligt, utrustas med nödstopp som kan stänga lufttillförseln vid en olycka med giftig gas i området.
- Byggnader bör utföras med entréer och utrymningsvägar som gör det möjligt att utrymma i riktning bort från Söderåsbanan.

12 Referenser

- Agency for Toxic Substances and Disease Registry. (2010). *Toxicological profile for chlorine*. Atlanta, Georgia: U.S. Department of health and human services.
- Länsstyrelsen i Skåne län. (2007). *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods*. Malmö: Länsstyrelsen i Skåne 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/>.
- Persson, E. (den 25 Maj 2020). Plan- och exploateringschef, Svalövs Kommun.
- 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.
- 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. (2019). *Bantrafik 2018 (Tabellverk)*.
- Trafikverket. (2013). *Riskbedömning avseende farligt gods mm, underlagsrapport till MKB*. Kristianstad: Trafikverket.
- Trafikverket. (2017). *Transportsystemet i samhällsplaneringen. Trafikverkets underlag för tillämpning av 3-5 kap. miljöbalken och plan- och bygglagen 2016:148*. Borlänge: Trafikverket.
- Trafikverket. (den 11 September 2019a). *Söderåsbanan, Åstorp - Teckomatorp, utbyggnad för persontrafik*. Hämtat från <https://www.trafikverket.se/naradig/skane/vi-bygger-och-forbattrar/soderasbanan/>
- Trafikverket. (den 3 Juni 2020). *Trafik- och transportprognoser*. Hämtat från Trafikuppgifter järnväg T19 och bullerprognos 2040: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och->

utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-
trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser

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

Beräkningsbilaga till Riskutredning Lantlyckan Svalövs Kommun

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 järnväg	7
1.2.1	Olycka brandfarlig gas	9
1.2.2	Olycka giftig gas	11
1.2.3	Olycka brandfarlig vätska	12
1.2.4	Olycka med oxiderande ämne	16
2	Bilaga B – Konsekvensberäkning	18
2.1	Olycka brandfarlig gas	18
2.2	Olycka giftig gas	19
2.3	Olycka brandfarlig vätska	21
2.4	Olycka med oxiderande ämne	21
2.4.1	Olycka med explosiva ämnen.....	21
3	Bilaga C – Urspårningsrisker och mekanisk påverkan	25
4	Bilaga D – Plankarta	30
	Referenser	31

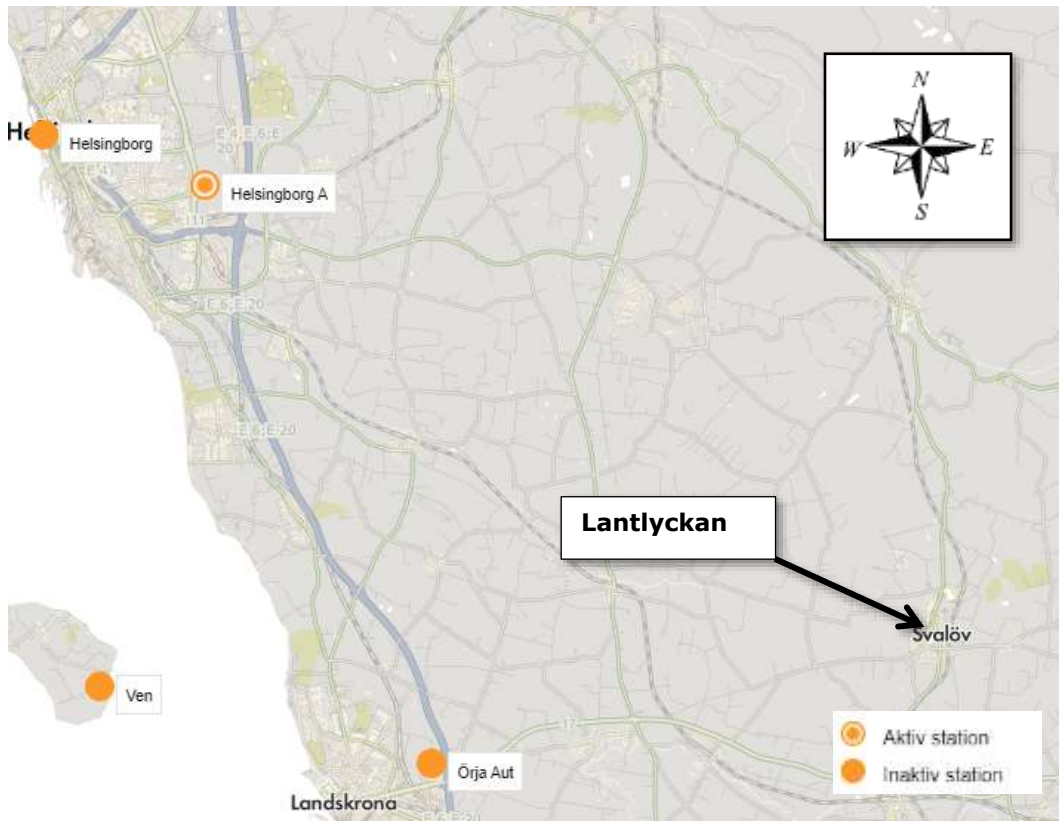
1 Bilaga A – Frekvensberäkning

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för farligt gods-olycka för de händelser som identifierats längs aktuell sträcka i utredningen 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, 2005). Där dessa frångås nämns detta uttryckligen.

1.1 Väderdata

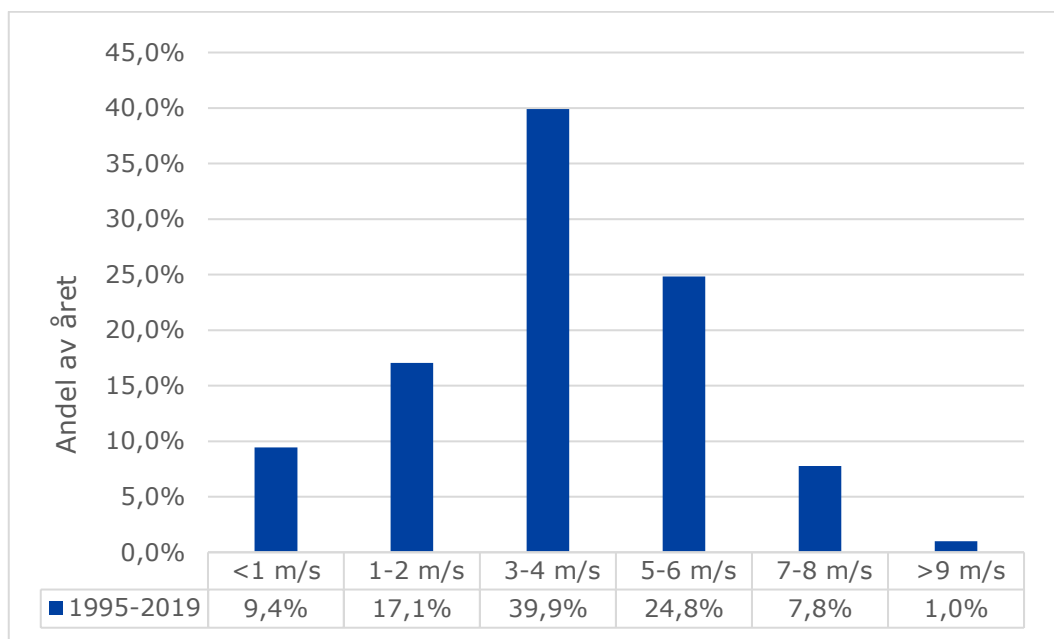
Närmsta aktiva väderstation i förhållande till studerat planområde är "Helsingborg A", se Figur 1. Data för vind och temperatur har tagits från mätstationen under åren 1995–2019.



Figur 1. Placering av mätstation "Helsingborg A" i förhållande till planområdet (SMHI, 2019).

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 2 visas fördelningen av vindstyrka mellan 1995–2019. Medelvärdet under denna period var 3,44 m/s. Vindstilla förhållanden råder under ca 9,4 % av året, se Figur 2. I analysen har 2,0 m/s använts för svag vind och 5,0 m/s för normal och stark vind.



Figur 2. Vindhastighet under 1995–2019 redovisad som andel av tid uppmätt på SMHI:s väderstation "Helsingborg A".

1.1.2 Stabilitetsklass

I beräkningsmodellen kommer Pasquills stabilitetsklasser att användas. Pasquills stabilitetsklasser beskriver hur instabil eller stabil luftmassan närmast jordens yta är, dvs. turbulensen. Turbulensen i sin tur har stor påverkan för hur ett utsläpp till luft sprids, framförallt i betydelsen av hur koncentrationen beror av avståndet från utsläppskällan. Ju mer turbulens eller 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 görs en beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser.

Tabell 1. Beskrivning av Pasquills stabilitetsklasser (TNO Purple Book, 2005; 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.

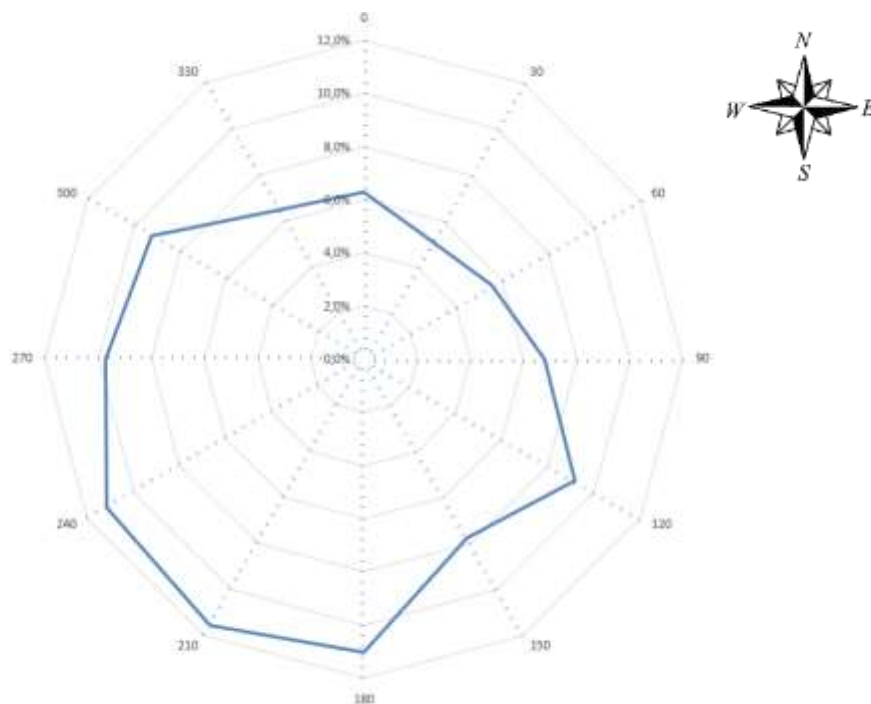
Det görs även skillnad på väderfördelningen mellan dag och natt, där det under natten är mer vanligt med låga vindhastigheter och stabila väderförhållanden. Baserat på ovan data har fördelning av väderkombinationer enligt Tabell 2 valts.

Tabell 2. Fördelning av väderförhållanden.

	Dag	Natt
2F	5 %	20 %
2D	35 %	60 %
5D	60 %	20 %
Summa	100 %	100 %

1.1.3 Vindriktning

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig och brandfarlig gas. Förhärskande vindriktningar är nordliga till västliga, vilket sker ca 32 % av tiden, se Figur 3. Vindriktningen anges alltid i det väderstreck som det blåser från.



Figur 3. Vindfördelning för mätstation Helsingborg A, 1995–2019 (SMHI, 2019).

1.2 Trafikolycka järnväg

Frekvensen för en urspårning av ett tåg på aktuell sträcka beräknas genom Banverkets "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen" (Fredén, 2001). Modellen bygger på järnvägssträckans art (W), vilken bestäms utifrån indata gällande undersökt sträcka, samt felintensiteter (ξ). Värden enligt Tabell 3 har ansatts som indata.

Tabell 3. Indata till frekvensberäkning av urspårad vagn med farligt gods längs berörd sträcka.

Indata	
Studerad längd (km)	1
Spårklass	Klass A
Antal plankorsningar	1
Antal växlar	0
Antal godståg/år 2040	4088
Genomsnittlig längd godståg (km)	0,607
Längd normalvagn	0,024
Antal godsvagnar per tåg i genomsnitt	25,29
Antal godsvagnar/år	103392
Antal FG-vagnar per godståg	1,8
Andel FG-vagnar per godståg	0,07
Antal FG-vagnar/år	7358
Andel FG-vagnar med 2 axlar	0,03
Andel FG-vagnar med 4 axlar	0,97
Vagnaxelkm godsvagnar (inkl. FG)	221501
Vagnaxelkm FG-vagnar	28992
Tågkilometer (farligt gods)	7358

För antal godståg har trafikverkets prognoser för 2040 använts (Trafikverket, 2020).

Förväntade antalet urspårningar beskrivs generellt som: F (olycka) = $W \cdot \xi$. Förväntad frekvens av urspårning av farligt gods-vagnar för respektive olyckstyp beräknas enligt noter i Tabell 4. Hänsyn tas till andelen vagnar som är lastade med farligt gods samt att det genomsnittliga antalet vagnar som spårar ur vid en urspårningsolycka, vilket är 3,5.

Tabell 4. Intensitetsfaktorer för olika olyckstyper.

Olyckstyp	Beroendefaktor	Felintensitet	Godstrafik inkl. FG	
			Frekvens/år	
Rälsbrott (A)	Vagnaxelkm (godståg)	5,00E-11	1,11E-05	
Solkurva (A)	Spårkm	1,00E-05	1,00E-05	
Vagnfel godståg	Vagnaxelkm (godståg)	3,10E-09	6,87E-04	
Lastförskjutning	Vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	8,86E-05	
Plankorsning	Antal plankorsningar	4,00E-8	4,00 E-08	
Växel sliten, trasig	Antal växelpassager	5,00E-09	0	
Annan orsak	Tågkm (samtliga klasser)	5,70E-08	2,33E-04	
Okänd orsak	Tågkm (godståg)	1,40E-07	5,72E-04	
Spårlägesfel	Vagnaxelkm (godståg)	4,00E-10	8,86E-05	
		Summa	1,69E-03	
			Summa frekvens urspårning:	1,69E-03
			Sannolikhet urspårad FG vagn givet urspårning:	1,99E-01
			Frekvens urspårning farligt gods	3,36E-04

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

** Frekvenser beroende av spårkm eller tågkm har beräknats som

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

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

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

Frekvensen för en urspårningsolycka med en vagn innehållande farligt gods är **3,36E-04** per år. Detta motsvarar en urspårad farligt gods-vagn cirka vart **3 000**:e år vid området.

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

Nedan redovisas händelseträden för respektive olycksscenario.

1.2.1 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).

1.2.1.1 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):

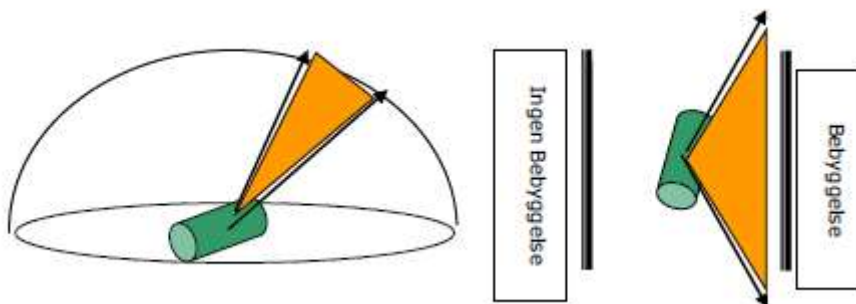
$$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$$

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

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°), se Figur 4. 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 4. Illustration av jetflammors utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

1.2.1.2 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 Figur 5.

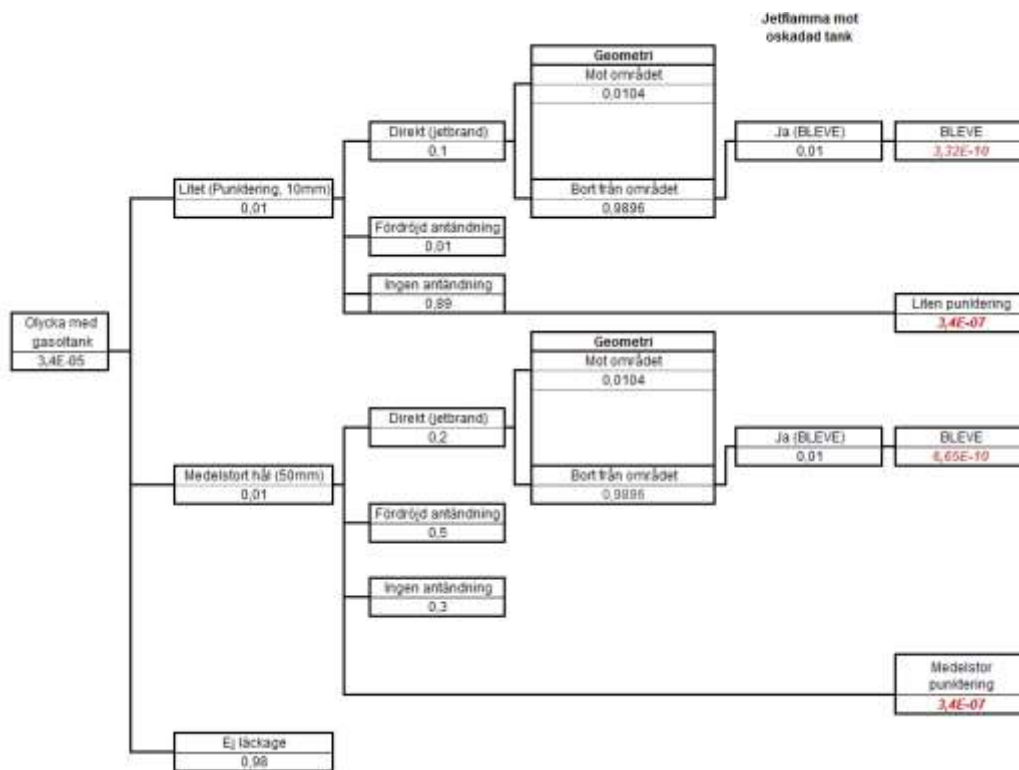
1.2.1.3 BLEVE

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

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

Scenario	Frekvens [år ⁻¹]
Litet läckage	3,4E-7
Stort läckage	3,4E-7
BLEVE	1,0E-9

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträden för olycka med brandfarlig gas som presenteras i Figur 5.



Figur 5. Händelseträd med frekvenser vid olycksscenario med brännbar gas.

1.2.2 Olycka giftig gas

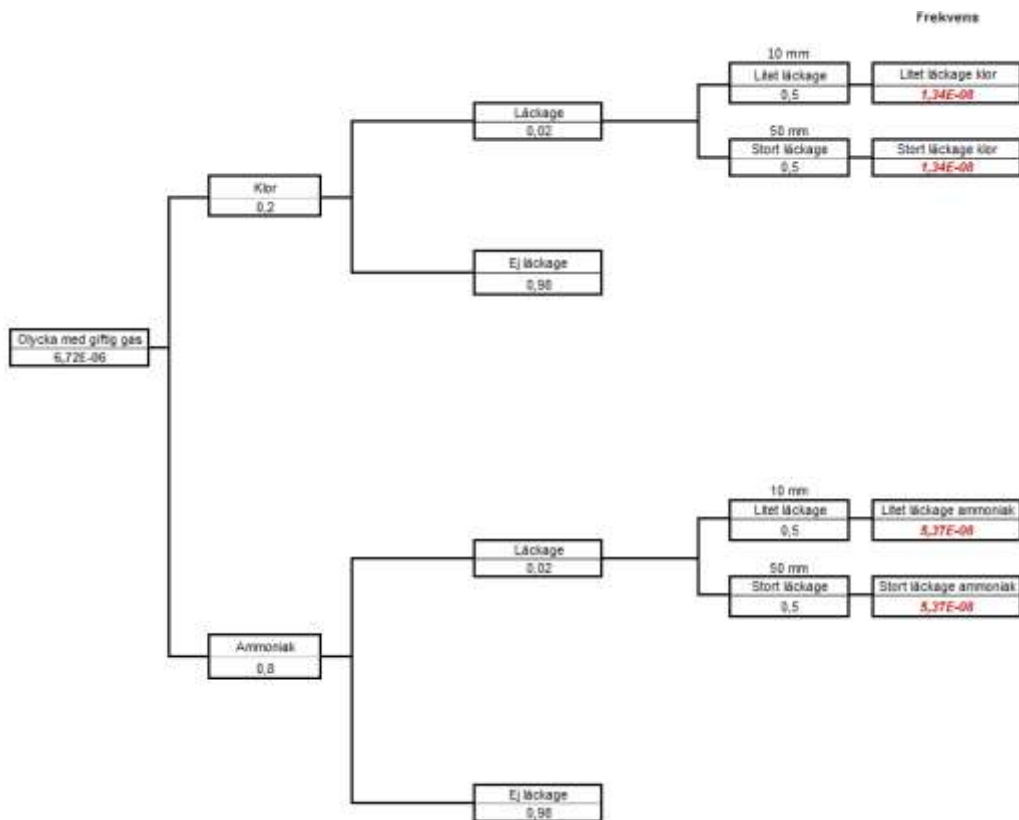
Vid ett utsläpp av giftig gas har vindstyrka och vindriktning en stor inverkan på konsekvenserna. Platsspecifika väderdata presenteras i tidigare avsnitt och inkluderas i konsekvensberäkningarna i beräkningsprogrammet (TNO Riskcurves, 2018).

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). Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter 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 %).

$$S_{\text{liten punktering}} = 0,02 * 0,5$$

$$S_{\text{stort hål}} = 0,02 * 0,5$$

Med ovanstående antaganden konstrueras händelseträden för olycka med giftig gas som presenteras i Figur 6.



Figur 6. Händelseträ för olycka med läckage av giftig gas.

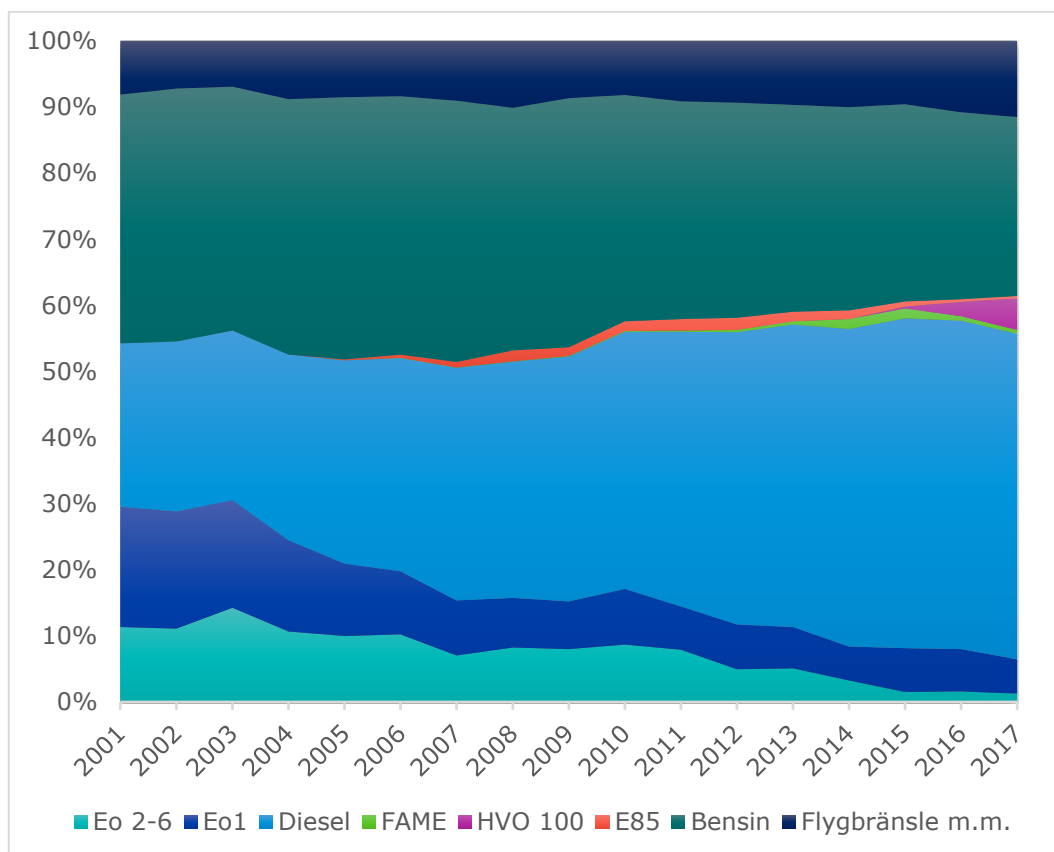
1.2.3 Olycka brandfarlig vätska

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, parfymer, 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 6 och Figur 7.

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

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



Figur 7. Fördelning inom drivmedel avseende utlevererade volymer av petroleumprodukter och förnybara drivmedel i Sverige (exkl. sjötransport utrikes) (SPBI, 2018).

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

Bensin bedöms vara det allvarligaste ämnet i termer av konsekvenser och avseende lättantändlighet inom drivmedlen. Detta på grund av att ämnet har en mycket låg flampunkt vilket ökar sannolikheten för att ångorna kan antändas i händelse av utsläpp. Flygbränslen och diesel hanteras båda under sina flampunkter, men 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 kan med konservatism ansättas till 0,10 (VTI, 1994).

Tre olika utsläppsvolymer antas i utredning i enlighet med TNO (2005). De tre volymerna ger olika potentiella pölstorlekar, se Tabell 7.

Tabell 7. 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 %

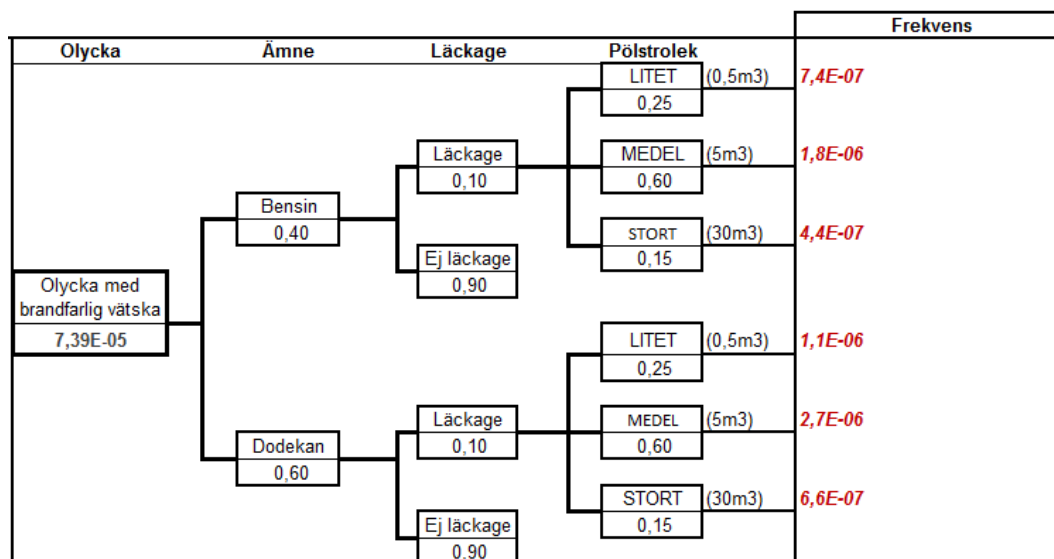
Ett konservativt antagande är att pölen trots lokala topografiska variationer är cirkulär, vilket ger upphov till högre flamma i beräkningarna och därigenom också en högre strålningseffekt som funktion av avståndet.

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning och dels av typen 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 (TNO Purple Book, 2005), se Tabell 8.

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

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 8.



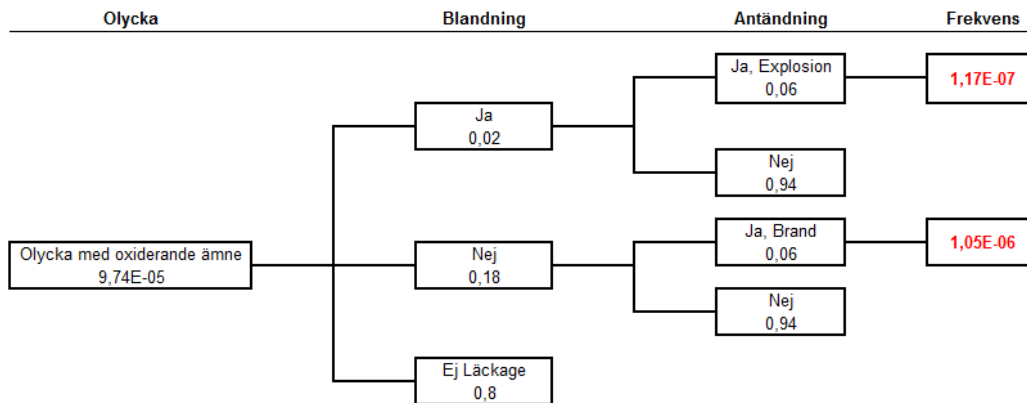
Figur 8. Händelseträäd för olycka med brandfarlig vätska.

1.2.4 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 vara 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. Händelseträdet för olycka med oxiderande ämnen kan ses i Figur 9 nedan.



Figur 9. Händelseträd för olycka med oxiderande ämnen.

Olycksscenarier med oxiderande ämnen antas konservativt ge liknande konsekvenser som för brandfarlig vätska avseende liten brand och för explosion bedöms ämnet kunna likställas med explosivämnen 20 kg. I beräkningarna har frekvensen för oxiderande ämnen som resulterar i brand, som presenteras i Figur 9, adderats till frekvensen för liten brand i Figur 8 (frekvensen delas lika för ämnena bensin och dodekan). Frekvensen för oxiderande ämnen som resulterar i explosion används i beräkningarna för scenariot liten explosion. Explosiva ämnen transporteras inte på järnvägen utan frekvens för oxiderande ämnen som resulterar i explosion enligt Figur 9 används i beräkningarna för scenariot liten explosion. Konsekvenser för liten brand beräknas enligt avsnitt 2.3 och konsekvenser för liten explosion beräknas enligt 2.4.1.

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, 2005). Där dessa frångås nämns detta uttryckligen.

2.1 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 9. Avstånd för relevanta skadehändelser med brandfarlig gas beroende på väderförhållanden. Beräkningarna är gjorda med programvaran Riskcurves (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]		
		5D	2D	2F
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 10. 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

2.2 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, 2005). 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 11. Avstånd till AEGL-3-värdet för respektive utsläppsscenario och väderförhållande.

Relevant skadehändelse	Ungfärliga avstånd till konsekvens beroende på väderförhållanden [m]		
	5D	2D	2F
Litet ammoniakutsläpp	118	165	344
Stort ammoniakutsläpp	788	928	1873
Litet klorutsläpp	665	1057	3492
Stort klorutsläpp	4050	6094	12749

2.3 Olycka brandfarlig vätska

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

Tabell 12. Utsläppsstorlekar med korresponderande pölstorlekar samt beräknade flamlängder beroende på väderförhållanden och avstånd till olika strålningsnivåer.

Ämne	Volym [m ³]	Pölstorlek [m ²]	Flamlängd [m]			Strålningsnivå [kW/m ²]		
			D5	D2	F2	10	15	20
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

2.4 Olycka med oxiderande ämne

De två konsekvenserna av olycka med klass 5, som approximeras med oxiderande ämnen, är pölbrand och liten explosion. Pölbränderna antas fördela sig enligt samma konsekvenser som för brandfarlig vätska, klass 3 (liten brand). Explosionsförloppet approximeras till detsamma för en mindre explosion av farligt gods klass 1. Dessa konsekvensberäkningar redovisas nedan eftersom inga explosiva ämnen transporteras utmed planområdet.

2.4.1 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 13 nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus (FOA, 1998).

Tabell 13. 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 14. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa. För byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 14. 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-ekivalentmetoden i "Yellow book" (TNO Yellow Book, 2005). 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]

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

Y = effektivitetsfaktor [-]

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

Y = 0.2

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

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

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt Tabell 15.

Tabell 15. TNT-ekvivalenter av metan.

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

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

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

Där

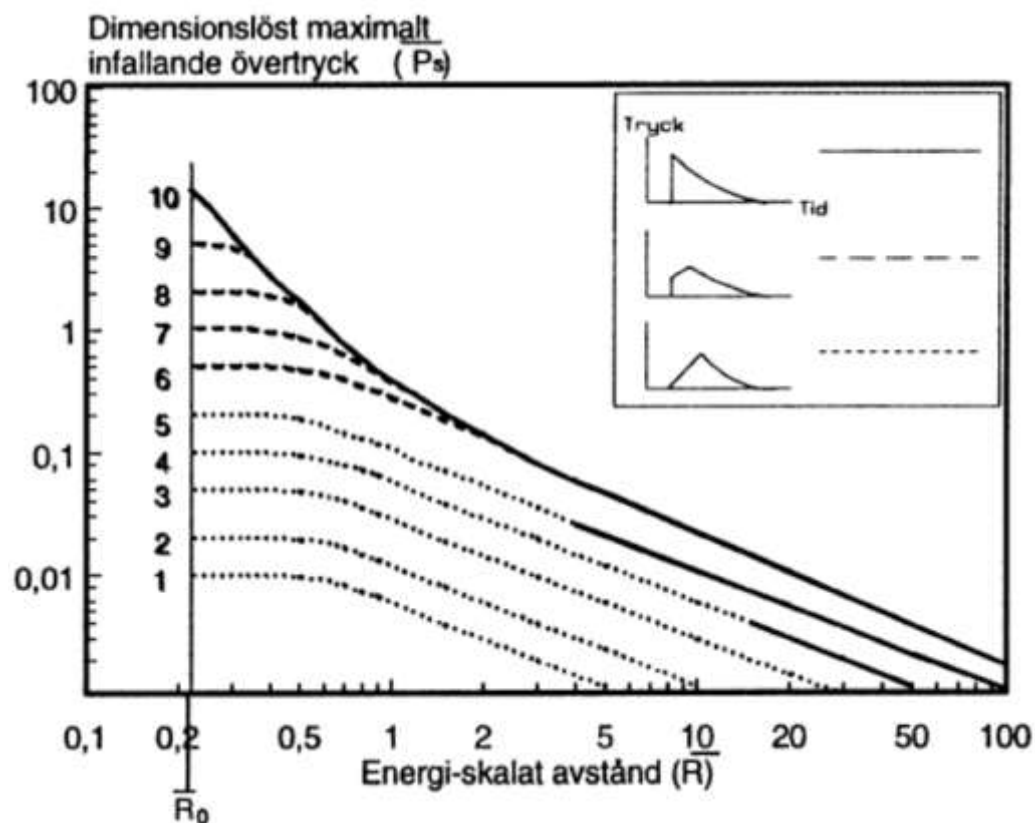
\bar{R} = Dimensionslöst avstånd [-]

R = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av Figur 10 nedan (FOA, 1998).



Figur 10. 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-tids sambandet.

Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur Figur 10 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 16.

Tabell 16. Potentiellt avstånd till 180 kPa med massexplösivt 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 16 och gränsvärden för skador på människor från Tabell 13.

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

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

3 Bilaga C – Urspårningsrisker och mekanisk påverkan

För beräkning av risken avseende mekanisk påverkan till följd av urspårning på studerad järnvägssträcka används en metodik framtagen av International union of railways (UIC) i boken *Structures built over railway lines – Construction requirements in the track zone* (UIC, 2002).

Frekvensen för att ett tåg kolliderar med bebyggelse inom studerat område beräknas med ekvationen:

$$F_K = F_U \cdot P_K$$

Där

F_K = frekvensen för kollision mellan tåg och byggnad

F_U = frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område

P_K = sannolikheten att ett urspårat tåg kolliderar med bebyggelse

Frekvens för urspårning

Frekvensen för urspårning i anslutning till studerat område (F_U) beräknas enligt:

$$F_U = e_r \cdot d \cdot Z_d \cdot 365 \cdot 10^{-2}$$

Där

e_r = urspårningsfrekvens per tågkilometer

d = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom $V^2/80$, där V är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.

Z_d = antal tåg per dygn längs den studerade sträckan

UIC (UIC, 2002) anger urspårningsfrekvensen e_r till $2,5 \cdot 10^{-9}$ /tågkilometer för persontåg och $2,5 \cdot 10^{-8}$ /tågkilometer för godståg. Denna frekvens justeras dock mot svenska förhållanden genom att kombinera officiell statistik från Trafikanalys mellan åren 2012 och 2017, se tabell nedan.

Tabell 17. Data för tågkilometer och urspårningar vid järnvägsdrift på det svenska järnvägsnätet för år 2012-2017. Data är hämtad från Trafikanalys (Trafikanalys, 2019).

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Tågkilometer (1000-tal)						
Persontrafik*	106 011	113 036	115 886	117 422	238 429	238 429**
Godstrafik*	39 719	38 149	37 097	35 458	35 752	36 469
Total trafik*	145 730	151 185	152 983	152 880	274 181	274 898
Urspårningar vid tågrörelse	10	9	10	3	4	5

*Både el- och dieseldrivna fordon.

** För 2017 saknas värden för persontrafik, samma värden som för 2016 antas därför.

Med tågrörelse menas att ett tåg färdas mellan två bevakade stationer och med urspårning menas att minst ett hjul lämnar rälsen (Trafikanalys, 2019). Godståg är generellt mer drabbade av urspårningar i jämförelse med persontåg. Detta kan även ses i faktorn e_r från UICs vägledning för de båda tågtyperna. En eventuellt bidragande faktor till detta kan för svenska förhållanden vara att vissa industrispår som används för godstrafik inte är designade för den tåg- och vagnvikt som trafikerar anläggningen och/eller att anläggningen är undermåligt underhållen.

I den rapporterade statistiken går det inte att särskilja urspårningar som drabbat persontåg respektive godståg. För att kunna beräkna urspårningsfrekvenserna har därför tågkilometertalen för person- och godståg sammanslagits. Från statistiken i Tabell 17 beräknas faktorn för urspårningsfrekvens per tågkilometer (e_r) för respektive år, se tabell nedan.

Tabell 18. Resultat av beräkning av urspårningsfrekvens per tågkilometer (e_r) för respektive år mellan 2012-2017.

	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Urspårningsfrekvens per tågkilometer	$6,86 \cdot 10^{-8}$	$5,95 \cdot 10^{-8}$	$6,54 \cdot 10^{-8}$	$1,96 \cdot 10^{-8}$	$1,46 \cdot 10^{-8}$	$1,82 \cdot 10^{-8}$

För att minska osäkerheten i urspårningsfrekvensen för enskilda år används det genomsnittliga värdet mellan år 2012-2017 i fortsatta beräkningar. Från data i Tabell 18 beräknas den genomsnittliga urspårningsfrekvensen per tågkilometer, e_r , till $4,10 \times 10^{-8}$.

Sannolikhet för kollision med bebyggelse

Sannolikheten för att ett urspårat tåg kolliderar med bebyggelse inom området beräknas enligt:

$$P_K = \left(\frac{b-a}{b}\right)^2 \cdot 0,5 \cdot \frac{c}{d}$$

Där

a = vinkelrätt avstånd (m) mellan spårmittpunkt och bebyggelse

b = det maximala vinkelräta avståndet (m) från spåret som tågagn kan hamna efter urspårning. Beräknas genom $V^{0,55}$ där V är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen.

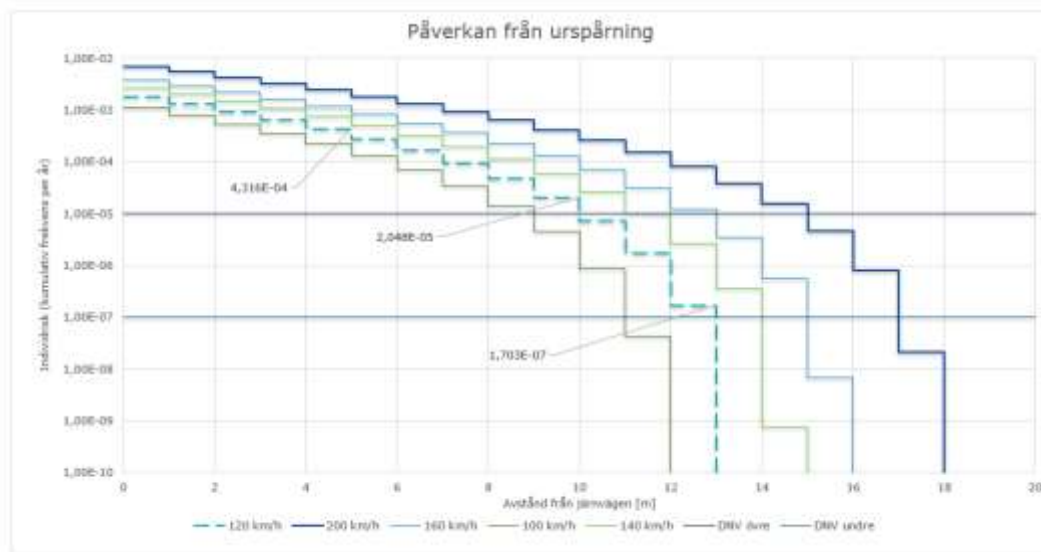
c = det parallella avstånd (m) längs med spåret inom vilket det finns risk för fysisk åverkan av urspårat tåg på bebyggelse vid avståndet a . Beräknas som:

$$\text{om } b > a \rightarrow c = \frac{d}{b} \cdot (b - a)$$

$$\text{om } b < a \rightarrow c = 0 \rightarrow P_1 = 0$$

d = den längsta urspårningssträckan längs med spåret (m). Beräknas genom $V^2/140$ där V är hastigheten (km/h) vid tidpunkten för urspårningen (se ovan).

En beskrivning av de olika avståndsfaktorerna som används i beräkningarna illustreras i Figur 11.



Figur 12. Frekvens för att urspärad tågsvagn kolliderar med bebyggelse inom området (per år), för tåg med olika hastigheter vid urspärningen. Den kumulativa frekvensen vid 5, 10 respektive 13 meter för hastigheten 120 km/h är markerad i figuren.

Beräkningsresultatet som grafen i Figur 12 bygger på är sammanställt i Tabell 19. Där kan utläsas att ett urspärat tåg vid 120 km/h förväntas nå maximalt ca 14 meter från spårmittpunkt och att tåget maximalt spårar ut längs en sträcka av 180 meter. Sannolikheten för att tåget når 14 meter är dock låg. Ur tabellerna kan också utläsas att det parallella avståndet längs med spåret inom vilket det finns risk för fysisk åverkan (c) av urspärat tåg minskar desto längre bort från spåret man hamnar. Antal tåg per dygn förbi aktuellt område, Z_d , sätts till 44,2 stycken tåg, där 33 stycken utgörs av persontåg och 11,2 stycken utgörs av godståg (Trafikverket, 2020).

Tabell 19. Värden på avståndsfaktorerna a , b , c , d , sannolikheten för kollision mellan urspårat tåg och bebyggelse (P_K) och frekvensen för kollision mellan urspårat tåg och bebyggelse (F_K). Värdena är beräknade för olika hastigheten 120 km/h.

V=120 km/h			
b (m)	13,9		
d (m)	180		
a (m)	c (m)	P_K	F_K
1	167,066	0,39978	4,758E-4
2	154,133	0,31393	3,736E-4
3	141,199	0,24135	2,873E-4
4	128,265	0,18092	2,153E-4
5	115,331	0,13152	1,565E-4
6	102,398	0,09205	1,096E-4
7	89,4641	0,06139	7,307E-5
8	76,5304	0,03843	4,574E-5
9	63,5967	0,02205	2,625E-5
10	50,663	0,01115	1,327E-5
11	37,7293	0,0046	5,480E-6
12	24,7956	0,00131	1,556E-6
13	11,8619	0,00014	1,703E-7

I beräkningarna används avstånd 5, 10 och 13 m från järnvägen. Frekvensen för urspårning 10 m blir då summan av alla urspårningar som når 10 m eller längre, alltså den kumulativa frekvensen. Likadant blir frekvensen för urspårning 5 m summan av alla urspårningar som når *minst* 5 m. Dessa värden används i beräkningen och visas i Tabell 20 samt kan även ses markerade i Figur 12.

Tabell 20. Frekvens för urspårning som når minst x antal meter ifrån järnvägen. Dessa frekvenser och avstånd används i individriskberäkningarna.

Avstånd (m)	F_K
5	4,316E-4
10	2,048E-5
13	1,703E-7

Sannolikhet att omkomma

En person som befinner sig utomhus (oskyddad) inom det vinkelräta avstånd (b) från spårmitte när tåget spårar ur antas omkomma. För att en person som befinner sig inomhus ska påverkas av ett urspårat tåg som kolliderar med en byggnad krävs att den fysiska åverkan på byggnaden är så pass kraftig att byggnaden rasar eller på annat sätt påverkas så att personer skadas. Det antas konservativt att det är lika sannolikt att omkomma inomhus som utomhus.

Referenser

- EPA. (2016, 08 29). *Access Acute Exposure Guideline Levels (AEGs) Values*. Retrieved from EPA: <https://www.epa.gov/aegl/access-acute-exposure-guideline-levels-aegls-values#chemicals>
- FOA. (1998). *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*.
- FOI. (2013). *Osäkerheter i observationer och beräkningar*. FOI-R--3764--SE: Totalförsvarets forskningsinstitut.
- Fredén, S. (2001). *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen*. Borlänge: Banverket.
- 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.
- SMHI. (2019, 09 12). *Öppna data*. Retrieved from <http://www.smhi.se/klimatdata/Oppna-data>:
<https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer/#param=wind,stations=all>
- SPBI. (2018). *Utlevererad volym av oljeprodukter och förnybara drivmedel*. Svenska Petroleum & Biodivmedel Institutet, <https://spbi.se/statistik/volymer/>.
- TNO Purple Book. (2005). *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. (2005). *Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book"*. The Hague.
- Trafikanalys. (2019). *Bantrafik 2018 (Tabellverk)*.
- Trafikverket. (2020, Juni 3). *Trafik- och transportprognoser*. Retrieved from *Trafikuppgifter järnväg T19 och bullerprognos 2040*:
<https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Kort-om-trafikprognoser>
- UIC. (2002). *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone*. UIC.

BERÄKNINGSBILAGA



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