



UNITED  
BY OUR  
DIFFERENCE



## Detaljerad riskbedömning för detaljplan

Transport av farligt gods på järnväg och väg

Sundsvik 10:10, Sunne

2014-11-07

## Uppdragsgivare

Sunne kommun

## WSP kontaktperson

Fredrik Larsson  
WSP Sverige AB  
Box 13033  
40251 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00  
Fax: +46 10 722 74 20

[www.wspgroup.se](http://www.wspgroup.se)

## Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning				
Datum	2014-11-07			
Handläggare	Joakim Näslund			
Signatur				
Granskare	Joakim Almén			
Signatur				
Godkänd av	Fredrik Larsson			
Signatur				
Uppdragsnummer	10185157			
Rapportnummer				
Filnamn				

## Sammanfattning

Sunne kommun arbetar med att ta fram en ny detaljplan för fastigheten Sundsvik 10:10, med syfte att möjliggöra uppförande av bostäder och handelverksamheter inom planområdet. Aktuellt planområde är beläget i centrala Sunne öster om väg 241 och Fryksdalsbanan. WSP har fått i uppdrag att upprätta en detaljerad riskbedömning för detaljplan med avseende på transport av farligt gods på väg och järnväg samt urspårning.

Syftet med riskbedömningen är att beakta riskerna vid markanvändning intill farligt gods-led. Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan.

De risker som har identifierats för undersökt planområde är förknippade med urspårning och transport av farligt gods på Fryksdalsbanan och transport av farligt gods på väg 241.

I dagsläget transporteras inget farligt gods på aktuell sträcka av Fryksdalsbanan. På inrådan från Trafikverket har risbedömningen gjorts för ett scenario som inte innefattar transport av farligt gods (Scenario 1) och ett som innefattar transport av farligt gods (Scenario 2). Anledningen till detta är för att bygga robust för framtiden och ta hänsyn till att järnvägsnätet generellt sett är öppet för alla typer av transporter.

Med avseende på dagens trafik på Fryksdalsbanan (Scenario 1) ges följande förslag på riskreducerande åtgärder för befintlig byggnad och vid nybyggnation inom planområdet:

- 30 meters skyddsavstånd mellan byggnader samt platser som ska användas för stadigvarande vistelse och Fryksdalsbanan.

Frågas detta skyddsavstånd och lokaler/platser belägna närmare än 30 meter från Fryksdalsbanan avses att användas för stadigvarande vistelse ges följande förslag på riskreducerande åtgärder:

- Vall uppförs mellan befintlig byggnad och Fryksdalsbanan.
- Fasader utförs som brandskyddade.
- Oavsett val av skyddsavstånd alternativt vall och obrännbar fasad skall utrymningsvägar placeras så att möjlighet finns att utrymma bort från riskkällan.

För att ta höjd för eventuella farligt gods-transporter i framtiden (Scenario 2) ska ovan nämnda riskreducerande åtgärder också kompletteras med följande:

- Friskluftsintag placeras vända bort från Fryksdalsbanan.

Genomförs något av de två alternativen med riskreducerande åtgärder som rekommenderas för Scenario 1 bedöms risknivån för planområdet nå en acceptabel nivå med aktuella förutsättningar.

Kompletteras de riskreducerande åtgärderna som rekommenderas för Scenario 1 med att friskluftsintag placeras bort från Fryksdalsbanan bedöms risknivån nå en acceptabel nivå med aktuella förutsättningar samt om transport av farligt gods skulle återupptas på Fryksdalsbanan.

WSP rekommenderar att riskreducerande åtgärder för både scenario 1 och 2 tillämpas då detta skapar större robusthet i samhällsstrukturen för t.ex. variationer av transporter av farligt gods i framtiden.

# Innehåll

1	Inledning .....	6
1.1	Bakgrund .....	6
1.2	Syfte och mål .....	6
1.3	Avgränsningar .....	6
1.4	Styrande dokument .....	6
1.5	Underlagsmaterial .....	7
1.6	Internkontroll.....	7
2	Områdesbeskrivning .....	8
2.1	Planområdet .....	8
2.2	Infrastruktur .....	10
3	Omfattning av riskhantering och metod.....	12
3.1	Begrepp och definitioner .....	12
3.2	Metod för riskinventering .....	12
3.3	Metod för riskuppskattning.....	13
3.4	Metod för riskvärdering .....	14
3.5	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder .....	16
4	Riskidentifiering.....	17
4.1	Identifiering och beskrivning av riskkällor.....	17
4.2	Transportleder för farligt gods.....	17
5	Riskuppskattning och riskvärdering.....	20
5.1	Individrisknivå med avseende på farligt gods- transporter .....	20
5.2	Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods- transporter .....	21
5.3	Individrisknivå med avseende på transporter utan farligt gods .....	22
5.4	Samhällsrisknivå med avseende på transporter utan farligt gods .....	23
5.5	Riskvärdering .....	24
6	Riskreducerande åtgärder.....	25
6.1	Skyddsavstånd och disponering av byggnad .....	25
6.2	Vall och brandskyddad fasad.....	25
6.3	Placering av utrymningsvägar.....	25
6.4	Placering av friskluftsintag .....	26
6.5	Sammanfattning riskreducerande åtgärder .....	26
7	Diskussion.....	27
8	Slutsatser .....	28

## Bilagor

Bilaga A. Statistiskt underlag väg.....	29
Bilaga B. Frekvensberäkningar väg .....	31
Bilaga C. Konsekvensberäkningar väg .....	36
Bilaga D. Frekvensberäkningar järnväg .....	41
Bilaga E. Konsekvensberäkningar järnväg .....	49
Bilaga F. Referenser.....	54



# 1 Inledning

WSP har fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för fastighet Sundsvik 10:10 i centrala Sunne. Riskbedömningen avser beskriva riskbilden för planområdet, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med detaljplanen, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

## 1.1 Bakgrund

Ny detaljplan är under utveckling för Sundsvik 10:10 med syfte att möjliggöra uppförande av bostäder och handelverksamheter inom planområdet.

Väster om planområdet löper Fryksdalsbanan och väg 241. I dagsläget transporteras inget farligt gods på Fryksdalsbanan. Väg 241 är en sekundär transportled för farligt gods (1). Kortaste avstånd mellan planområdet och Fryksdalsbanan är ca 5 meter och kortaste avstånd mellan planområdet och väg 241 är ca 75 m. Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led (2). Länsstyrelsen i Värmland har ingen eget publicerat dokument beaktande riskhanteringsprocess vid framtagning av detaljplan. Med anledning av detta upprättas denna riskbedömning med utgångspunkt i dokumentet framtaget av länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götalands län (2).

## 1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsen i Värmlands krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

## 1.3 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses risker förknippade med urspårning och transport av farligt gods på Fryksdalsbanan och transport av farligt gods på väg 241. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser eller buller har inte beaktats.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

## 1.4 Styrande dokument

Plan- och Bygglagen (2010:900) anger följande:

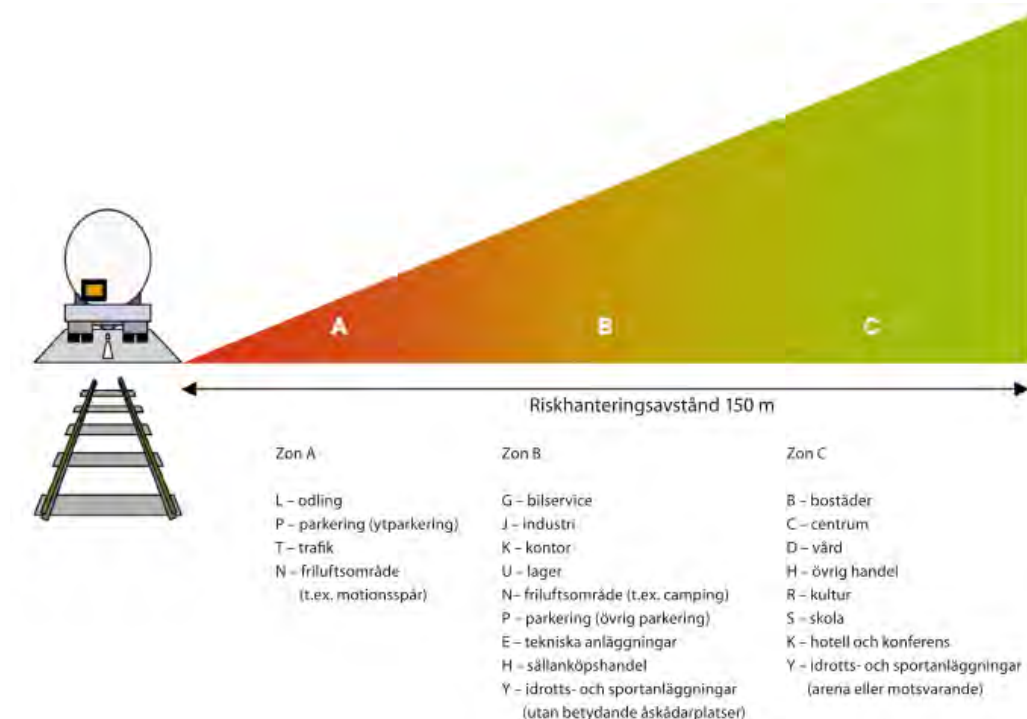
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

1. människors hälsa och säkerhet, ... (2 kap. 5§)

Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till:

2. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (2 kap. 6§).

Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen (2) anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 1.1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.



Figur 1.1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods (2).

## 1.5 Underlagsmaterial

Arbetet baseras på följande underlag:

- Ritning över preliminärt planområde och fastigheter, mottagen på mail 2014-10-09.

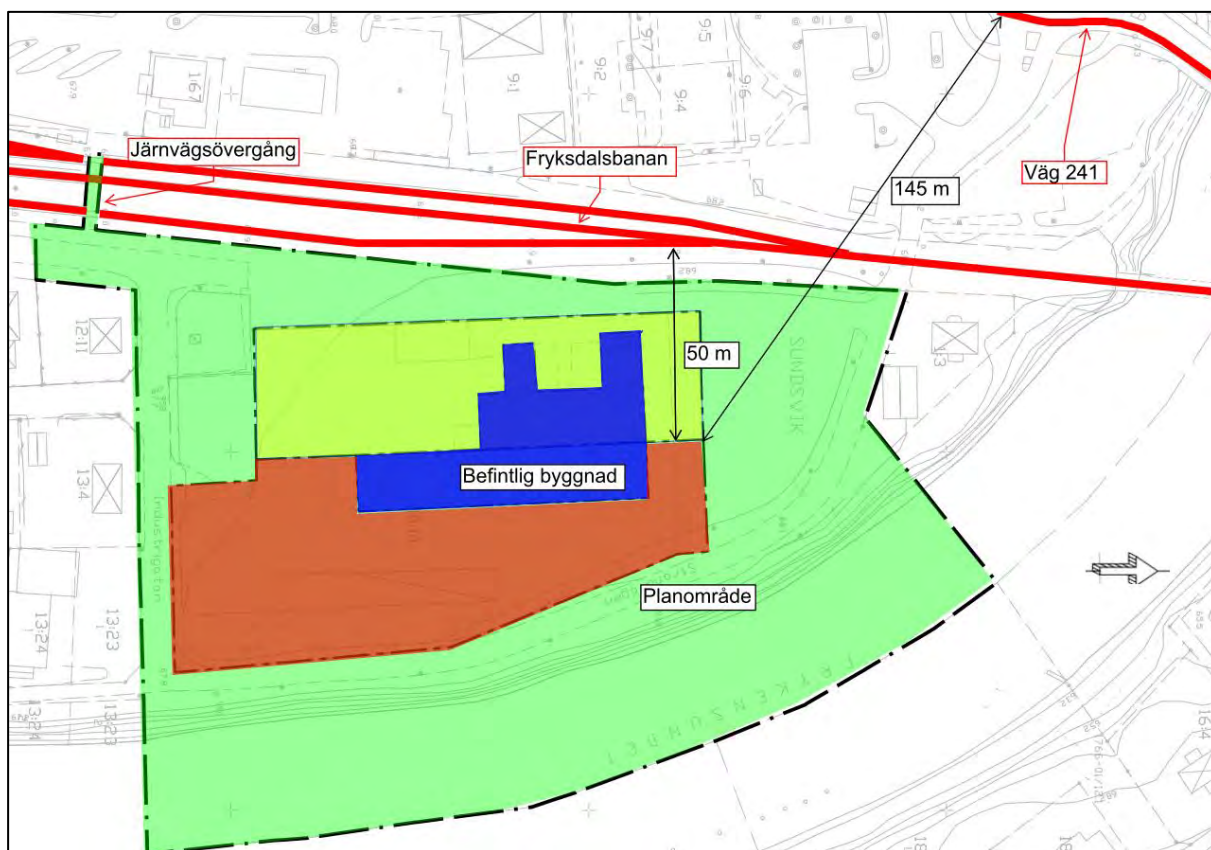
## 1.6 Internkontroll

Rapporten är utförd av Joakim Näslund (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering) med Fredrik Larsson (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Joakim Almén (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering).





Förslag finns på att endast tillåta bostäder att byggas på den orangemarkerade delen av fastigheten samt i den östra delen av befintlig byggnad som är belägen längst bort från Fryksdalsbanan och väg 241, se Figur 2.2. Avståndet från denna del av fastigheten till Fryksdalsbanan är ungefär 50 meter och avståndet till väg 241 är cirka 145 meter. Den gulmarkerade delen av planområdet ska användas till ändamål som inte innefattar stadigvarande vistelse för människor.

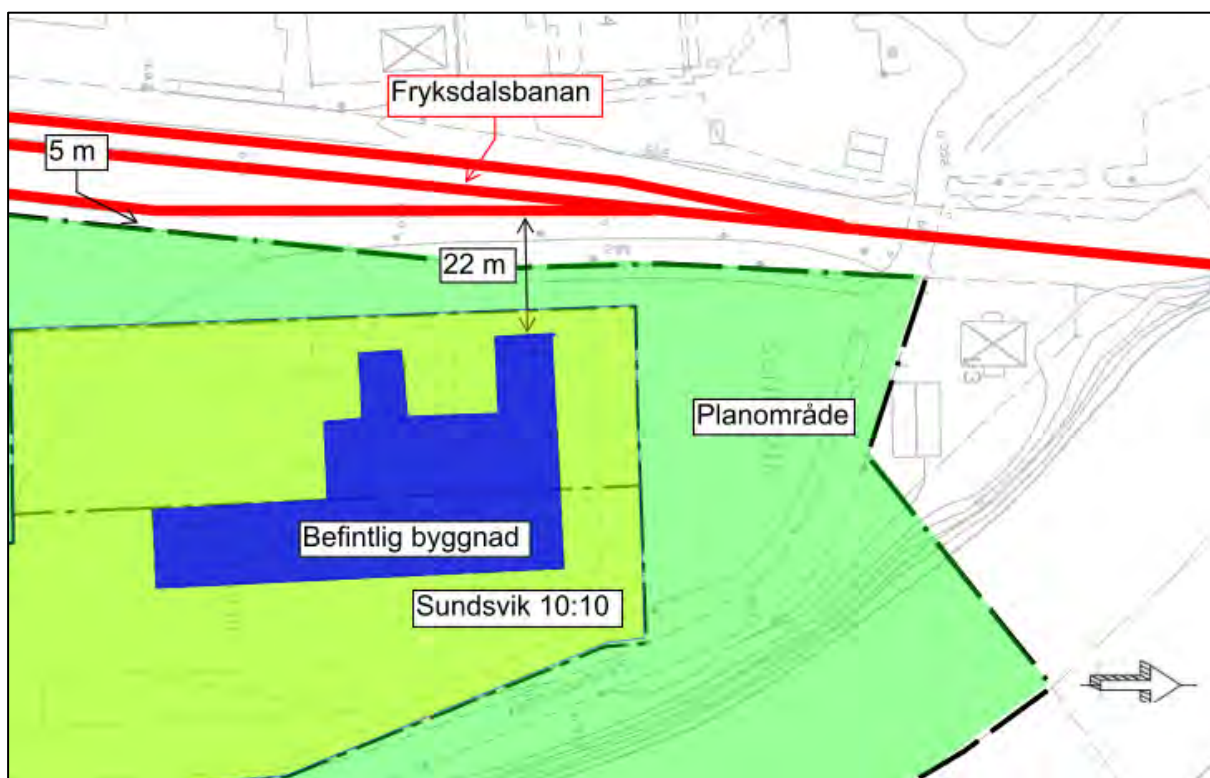


Figur 2.2. Användningsområden inom Sundsvik 10:10.

## 2.2 Infrastruktur

### 2.2.1 Fryksdalsbanan

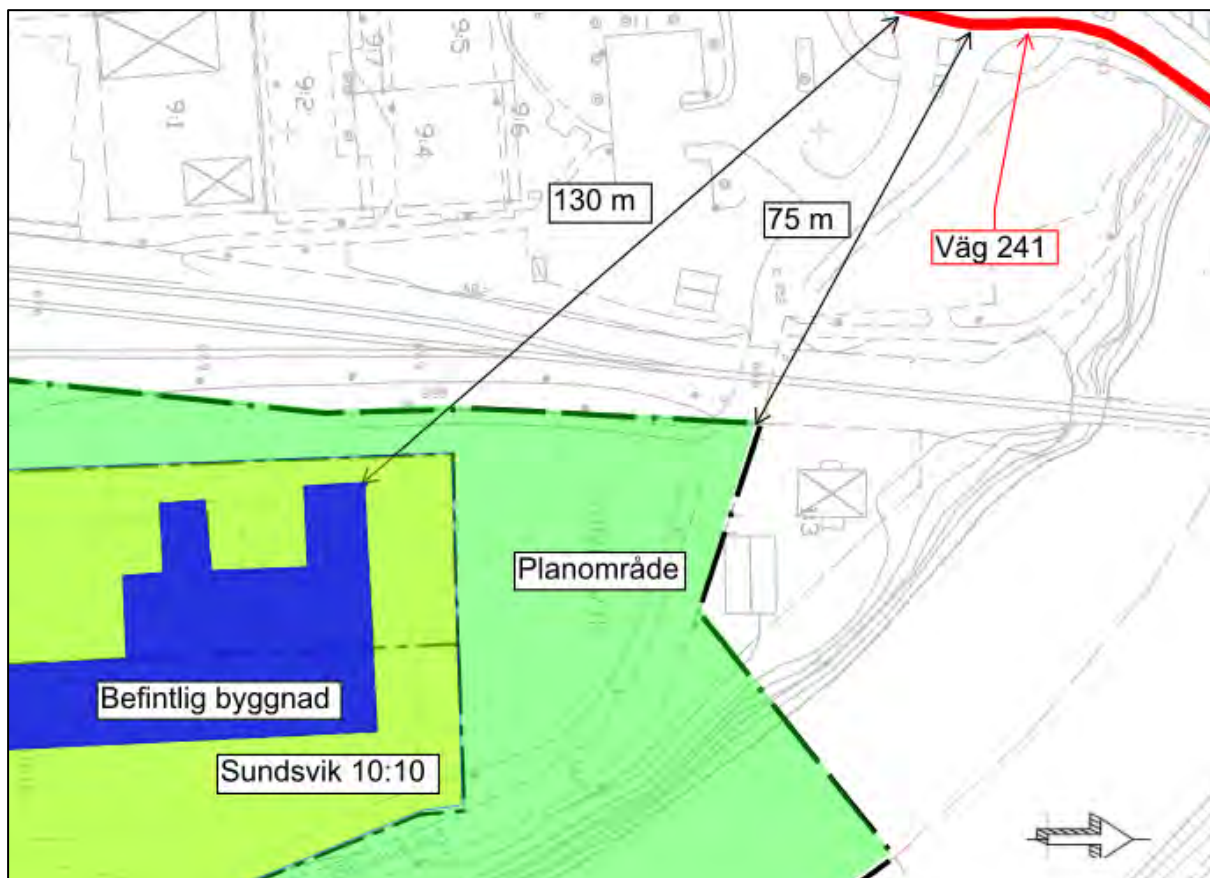
Väster om planområdet löper Fryksdalsbanan. I dagsläget sker ingen transport av farligt gods på denna del av banan. Kortaste avståndet mellan planområdet och Fryksdalsbanan är cirka 5 meter. Kortaste avståndet från befintlig byggnad på fastighet Sunne 10:10 och Fryksdalsbanan är cirka 22 meter, se Figur 2.3. På inrådan av Trafikverket ansåts det att en fiktiv schablonandel farligt gods transporteras på sträckan. Detta för att ta höjd för eventuella förändringar och för att ge möjlighet att i framtiden upplåta aktuell del av Fryksdalsbanan för alla typer av transporter. Inom den studerade sträckan av Fryksdalsbanan (1 km) finns 4 plankorsningar och 8 växlar enligt kartstudier. Samtliga växlar behöver inte passeras av ett förbigående tåg men som ett konservativt antagande tas samtliga växlar med i beräkningarna.



Figur 2.3. Avstånd mellan Fryksdalsbanan och planområdet.

## 2.2.2 Väg 241

Väster om Fryksdalsbanan och planområdet löper väg 241 vilken är en sekundär transportled för farligt gods. Kortaste avståndet mellan planområdet och väg 241 är cirka 75 meter. Kortaste avståndet från befintlig byggnad på fastighet Sunne 10:10 och väg 241 är cirka 130 meter, se Figur 2.4. Årsmedeltrafiken (ÅDT) för aktuell del av väg 241 är 11 000 fordon. Vid horisontår 2030 antas årsmedeldygnstrafiken ha ökat med ytterligare cirka 22 % (3). Detta medför att värdet på ÅDT som används i beräkningarna är 13420 fordon. Andelen tung trafik på aktuell del av väg 241 är ca 5,5 % (3). Farligt gods förekommer på vägen i viss omfattning, se vidare 4.2.1.



Figur 2.4. Avstånd mellan väg 241 och planområdet.

## 3 Omfattning av riskhantering och metod

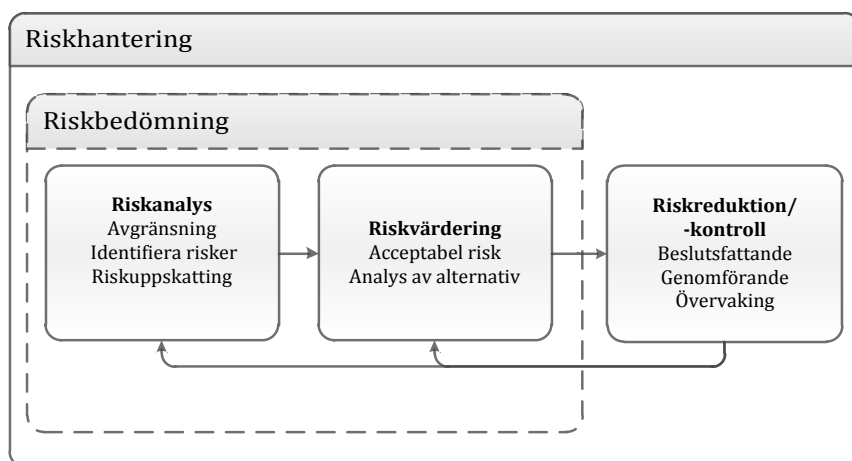
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

### 3.1 Begrepp och definitioner

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikheten anger hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och kan beräknas om frekvensen, d.v.s. hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, är känd.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (4) (5), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 3.1. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år, och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.



**Figur 3.1. Riskhanteringsprocessen.**

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/-kontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

### 3.2 Metod för riskinventering

För att ta reda på vilka risker som föreligger inom aktuellt planområde har kartstudier genomförts. Information från kommun, räddningstjänst och industrier inom aktuellt område har tillsammans med kartstudierna sedan legat till grund för riskinventeringen.

### 3.3 Metod för riskuppskattning

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport (6) beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga A.

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport (7) beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga A.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga B.

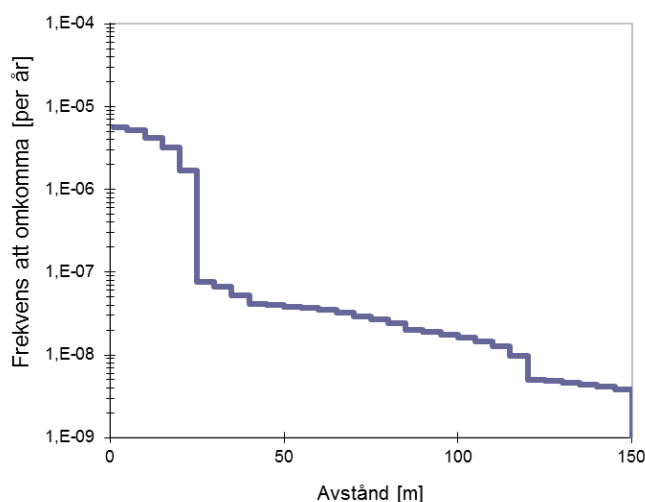
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttan individrisk och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåttan, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande (individperspektiv), samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas (samhällsperspektiv).

#### 3.3.1 Individrisk

Individriska är sannolikheten att omkomma för en person som kontinuerligt vistas på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus (8). Individriska är platsspecifika och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individriska kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 3.2.



Figur 3.2. Exempel på individriskprofil.

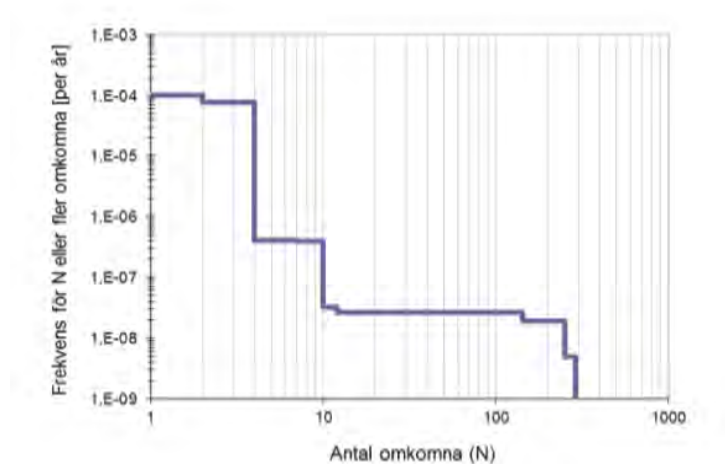
#### 3.3.2 Samhällsrisk

Riskmättet samhällsrisk beaktar även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen



inom det aktuella området, i form av befolkningsmängd och persontäthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisker redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 3.3, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 3.3. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

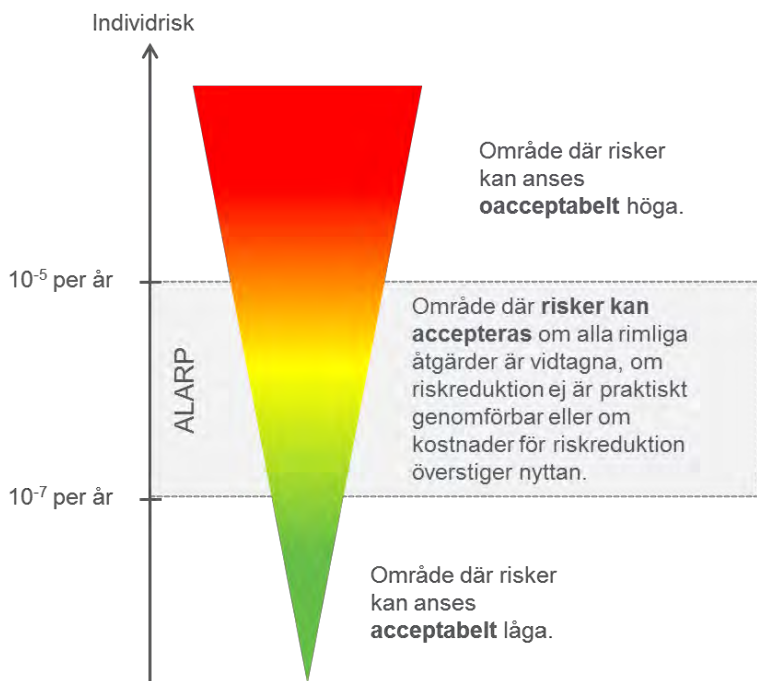
I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

## 3.4 Metod för riskvärdering

Både individrisk och samhällsrisk används vid uppskattning av risknivån i ett område, så att risknivån för den enskilde individen beaktas samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas.

### 3.4.1 Riskkriterier, individ- och samhällsrisk

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier (8) gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 3.4.



Figur 3.4. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas (8):

Risker som klassificeras som oacceptabla värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla 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, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

De risker som kategoriseras som låga kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

För individrisk föreslog DNV (8) följande kriterier:

Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras: 10-5 per år

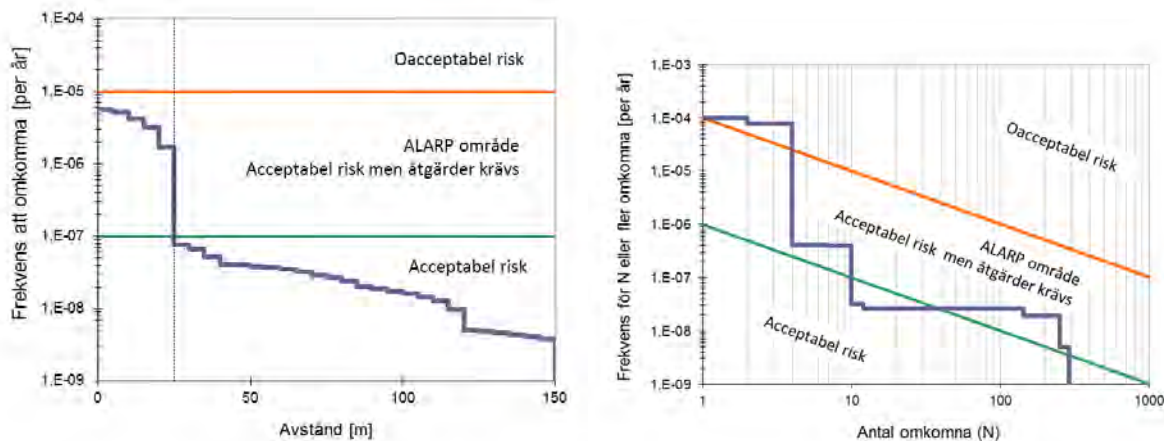
Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: 10-7 per år

För samhällsrisk föreslog DNV (8) följande kriterier:

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 kategoriseras som låga:  $F=10^{-6}$  per år  
för  $N=1$  med lutning på  $F/N$ -kurva: -1

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Den övre gränsen markeras med röd streckad linje, och den undre med grön, se Figur 3.5.



Figur 3.5. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV (8).

I denna riskbedömning redovisas individrisknivå och samhällsrisk för 1 km<sup>2</sup>.

### 3.5 Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (9), vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

## 4 Riskidentifiering

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen.

### 4.1 Identifiering och beskrivning av riskkällor

De risker som har identifierats för planområdet är förknippade med urspårning och transport av farligt gods på Fryksdalsbanan och transport av farligt gods på väg 241. Inga övriga riskkällor, farliga verksamheter, Sevesoverksamheter etcetera har identifierats i områdets närhet.

### 4.2 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (10) som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser enligt RID-S-system för järnvägstransporter och ADR-S-system för vägtransporter som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 1 och nedan redovisas klassindelningen av farligt gods som transporteras på väg och järnväg samt en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

**Tabell 1. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning för transport på väg (ADR-S) och järnväg (RID-S).**

ADR-S/ RID-S Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton (10).	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med uppemot 250 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m (11).
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen,	Natriumklorat, väteperoxider och	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om

	organiska peroxider	kaliumklorat.	väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 150 m.
6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet (12). Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Utifrån beskrivningarna i Tabell 1 samt statistik över transporterade mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.



#### 4.2.1 Transport av farligt gods på Fryksdalsbanan och väg 241.

Enligt mätningar 2006 samt information från Trafikverket har ingen transport av farligt gods förekommit på Fryksdalsbanan från 2006 till idag. Vid mätningar 1996 transporterades en liten mängd brandfarliga fasta ämnen (klass 4) på banan (15) (16) (17).

Då alla järnvägar normalt är öppna för transport av farligt gods kan det dock inte helt uteslutas att det i framtiden kommer ske transporter på Fryksdalsbanan. Med anledning av detta ansätts ett scenario där Fryksdalsbanan trafikeras av farligt gods-transporter i enlighet med det nationella snittet för transporter av farligt gods på järnväg.

I Tabell 2 redovisas fördelningen mellan de olika farligt gods-klassernas fördelning för Fryksdalsbanan enligt nationellt snitt för transport av farligt gods (16), se Bilaga D för mer information.

**Tabell 2. Fördelning mellan olika farligt gods-klasser enligt nationellt snitt för transport på järnväg.**

RID-S klass	Vikt [ton]	Andel [%] (baserat på antal ton)
1	0,1	0,00005
2.1	23178	11,1
2.2	814	0,4
2.3	7750	3,7
3	112370	53,9
4.1	147	0,1
4.2	120	0,1
4.3	2385	1,1
5.1	25039	12,0
5.2	213	0,1
6.1	2721	1,3
6.2	0	0,0
7	27,5	0,0
8	20966	10,1
9	12580	6,0

Enligt räddningstjänsten i Sunne transporteras begränsade mängder farligt gods på väg 241. Majoriteten av transporterna utgör brandfarlig vätska och transporter sker i huvudsak till Tetrapak och Anva (18).

Tetrapak tar emot ungefär 5-6 leveranser i månaden innehållande farligt gods. Detta motsvarar ungefär 0,2 transporter per dag där fördelningen mellan de olika farligt gods-klasserna grovt uppskattat är 60 % ADR-S-klass 3, 35% ADR-S-klass 2.1 och 5 % övrigt (19).

Anva som är en gummifabrik använder processoljor och torra kemikalier som ingredienser i sin gummiblandning. Fabriken tar emot ungefär 1 transport dagligen innehållande farligt gods. Vilket ämne och vilken mängd som leveraras varierar mycket men majoriteten utgörs av brandfarliga vätskor. (20). Konservativt antas det att Anva som mest tar emot en tankbil med brandfarlig vätska (ADR-S-klass 3) om dagen.

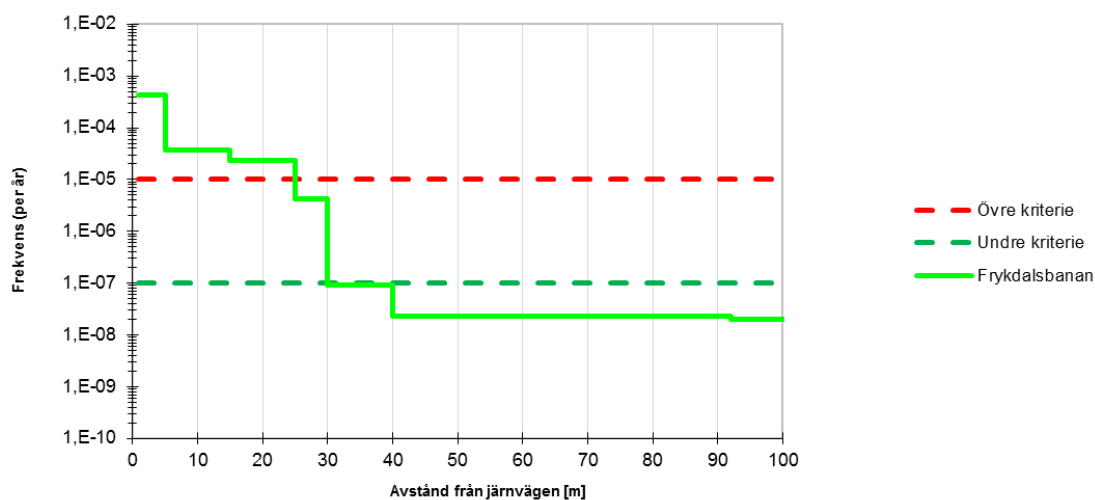
Totalt sett sker det alltså ungefär 1-2 transporter per dag till de två industrierna längs aktuellt avsnitt av väg 241. Enligt räddningstjänsten sker det utöver det en begränsad mängd transporter av brandfarlig vätska (t.ex. villaolja) inom området. Konservativt antas det att det sker 3 transporter per

dag inom det undersökta området. Med utgångspunkt i informationen ovan antas fördelningen av de olika farligt gods-klasserna utgöras av 80 % ADR-S-klass 3, 10% ADR-S-klass 2.1 och 10 % övrigt.

## 5 Riskuppskattning och riskvärdering

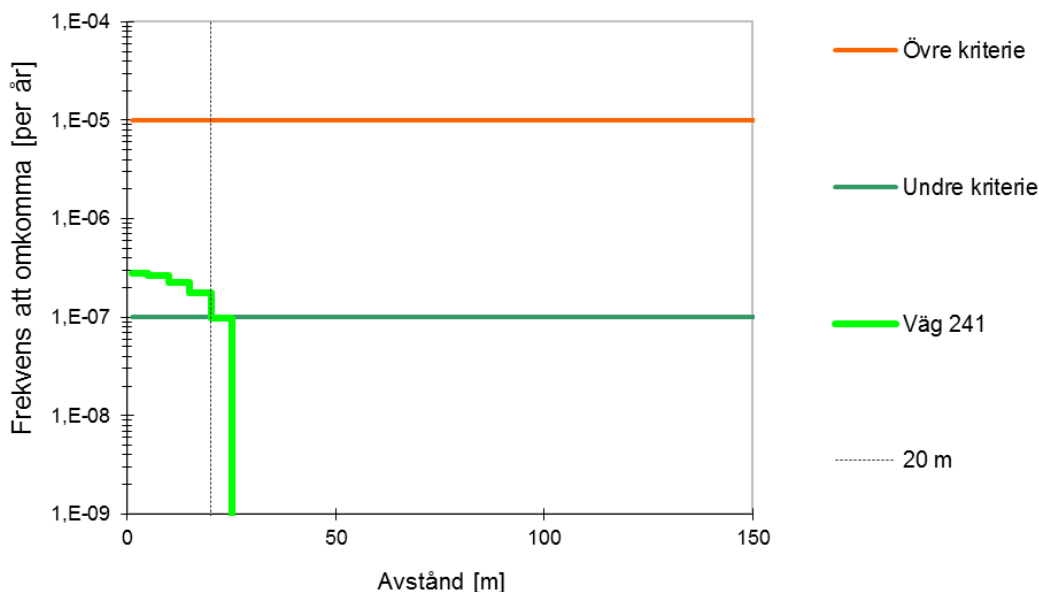
I detta kapitel redovisas individ- och samhällsrisknivån för 1 km<sup>2</sup> med avseende på identifierade riskscenarier förknippade urspårning och transport av farligt gods på Fryksdalsbanan och transport av farligt gods på väg 241. Vidare redovisas individ- samhällsrisknivån för det scenario då tågtrafiken på Fryksdalsbanan endast antas utgöras av persontåg och godståg utan farligt gods. Individ- och samhällsrisknivå värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.1.

### 5.1 Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



**Figur 5.1. Individrisknivå avseende urspårning och transporter av farligt gods-transporter på Fryksdalsbanan.**

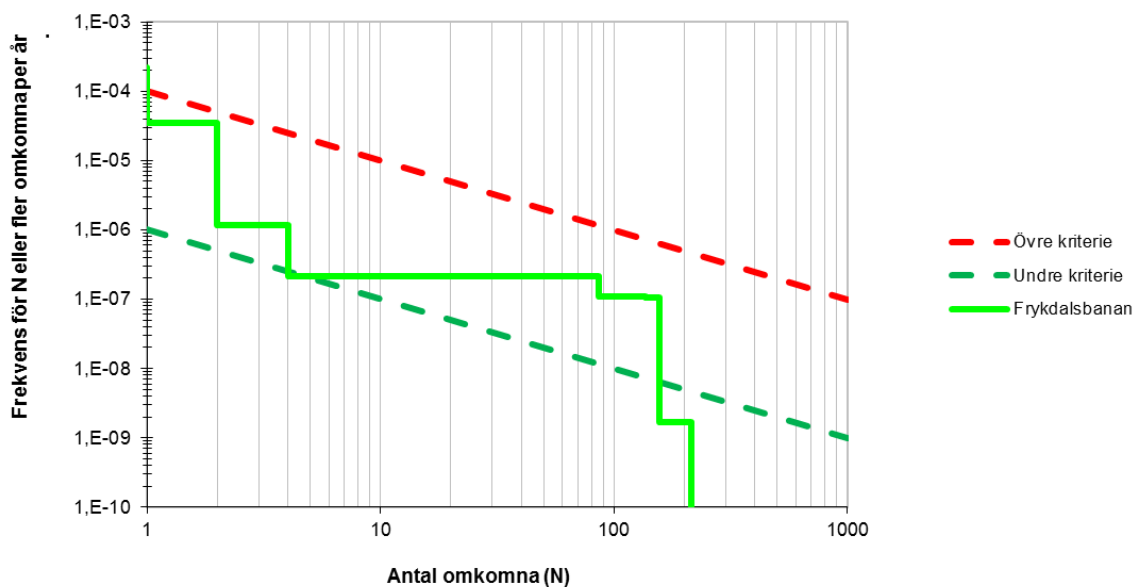
I Figur 5.1 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs Fryksdalsbanan förutsatt att transport av farligt gods sker i enlighet med nationellt snitt av transporterat farligt gods på järnväg. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området, se avsnitt 3.4.1. Bortom 30 meter från Fryksdalsbanan är individrisknivån låg och acceptabel. Avståndet mellan befintlig bebyggelse och Fryksdalsbanan är endast 22 m. På detta avstånd hamnar individrisknivån ovan det övre kriteriet och är således oacceptabel.



Figur 5.2. Individrisknivå avseende farligt gods-transporter på väg 241.

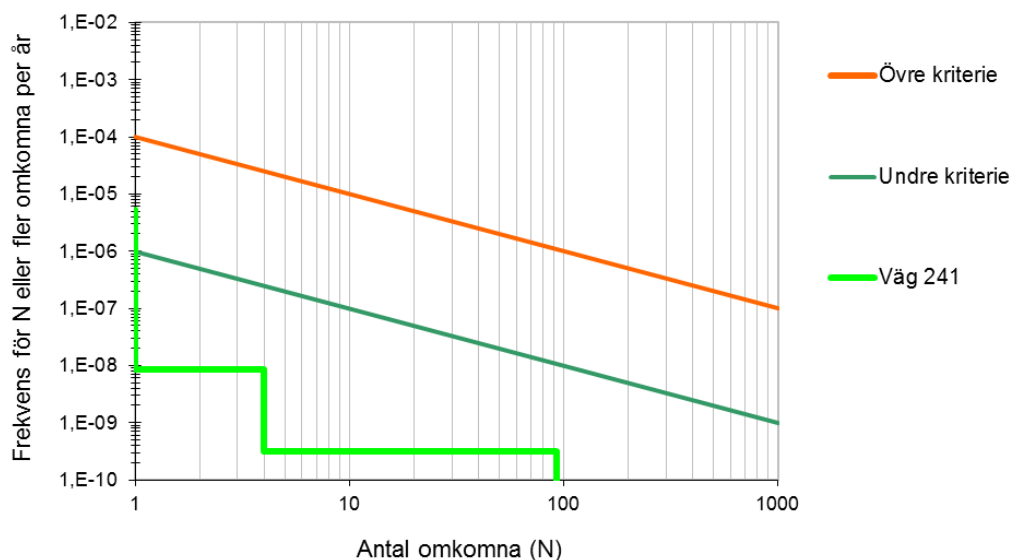
I Figur 5.2. Illustreras individrisknivån för aktuellt område längs väg 241. Bortom 20 meter från väggkant är individrisknivån låg och acceptabel. Därmed bedöms inte planområdet påverkas av riskbidrag från väg 241.

## 5.2 Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



Figur 5.3. Samhällsrisknivå avseende urspärning och transporter av farligt gods-transporter på Frykdalsbanan.

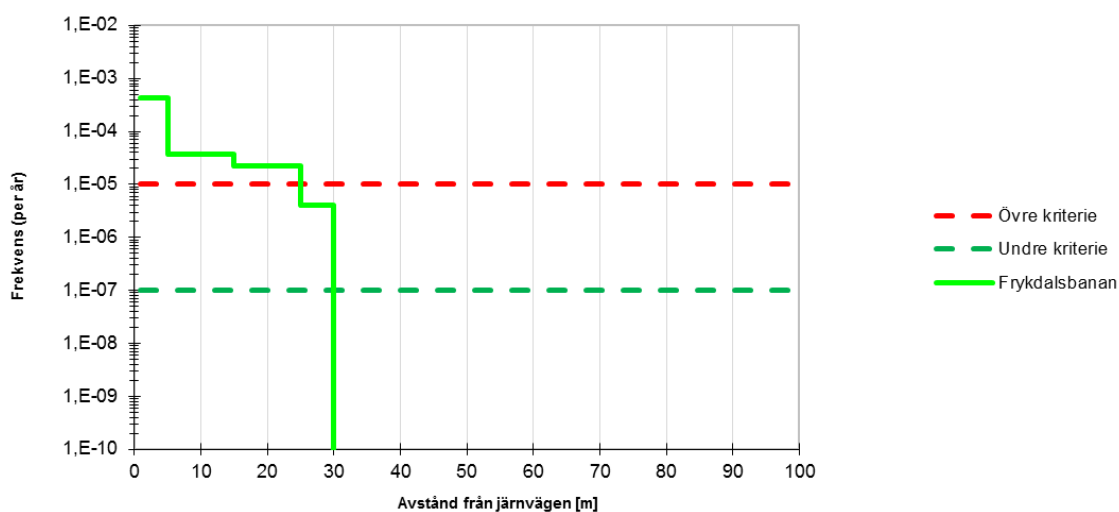
I Figur 5.3 illustrerar samhällsrisknivån för 1 km<sup>2</sup> längs Fryksdalsbanan förutsatt att transport av farligt gods sker i enlighet med nationellt snitt av transporterat farligt gods på järnväg. Persontätheten har ansatts till 1100 personer/km<sup>2</sup> (19). Inom 20 meter från Fryksdalsbanan antas inte att några personer uppehåller sig stadigvarande (befolkningsfritt), se avsnitt E.1 för mer information. De streckade diagonala linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området, se avsnitt 3.4.1. Figur 5.3 visar att den framräknade samhällsrisken generellt hamnar inom ALARP-området för Fryksdalsbanan i scenariot då farligt gods antas transporteras på banan.



Figur 5.4. Samhällsrisknivån avseende farligt gods-transporter på väg 241.

I Figur 5.4 illustrerar samhällsrisknivån för 1 km<sup>2</sup> längs väg 241 med. Inom 10 meter från väg 241 antas inte att några personer uppehåller sig stadigvarande (befolkningsfritt), se avsnitt C.1 för mer information. Den framräknade samhällsrisken hamnar nästan uteslutande under ALARP-området för väg 241. Inget samhällsriskbidrag kring vägen förväntas ges från det aktuella planområdet med hänsyn till aktuella farligt gods-transporter och avståndet mellan väg och planområde.

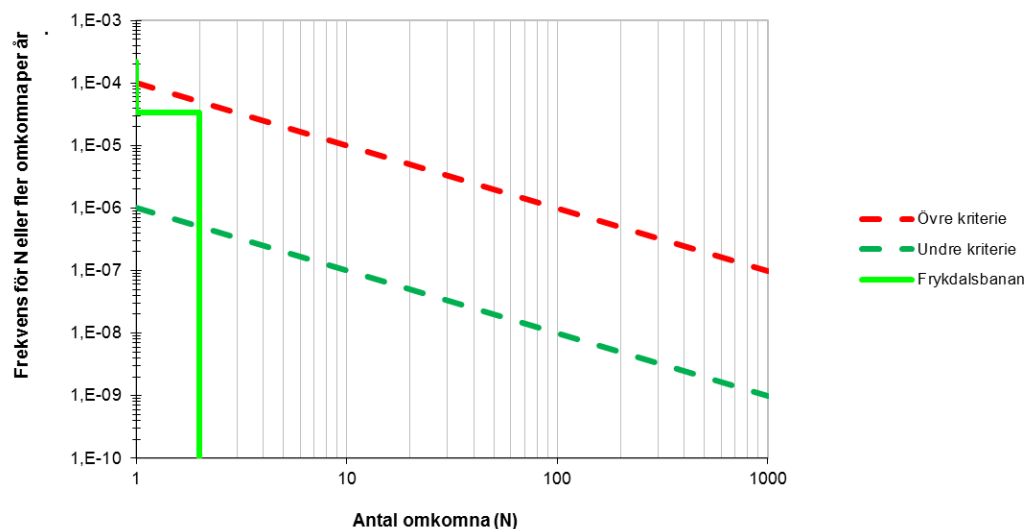
### 5.3 Individrisknivå med avseende på transporter utan farligt gods



Figur 5.5. Individrisknivå avseende urspårning, men utan transporter av farligt gods på Fryksdalsbanan.

I Figur 5.5 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs Fryksdalsbanan förutsatt att det inte sker någon transport av farligt gods på järnvägen. Trafiken utgörs således av persontåg och godståg utan farligt gods och riskbidraget orsakas av eventuella urspårningar. Bortom 30 meter från Fryksdalsbanan är individrisknivån låg och acceptabel. Avståndet mellan befintlig bebyggelse och Fryksdalsbanan är endast 22 m. På detta avstånd hamnar individrisknivån ovan det övre kriteriet och är således oacceptabel.

## 5.4 Samhällsrisknivå med avseende på transporter utan farligt gods



Figur 5.6. Samhällsrisknivån avseende urspårning, men utan transporter av farligt gods på Fryksdalsbanan.

I Figur 5.6 illustrerar samhällsrisknivån för 1 km<sup>2</sup> längs Fryksdalsbanan förutsatt att inga transporter med farligt gods sker på banan. Persontätheten har ansatts till 1100 personer/km<sup>2</sup>. Inom 20 meter från Fryksdalsbanan antas inte att några personer uppehåller sig stadigvarande (befolkningsfritt). Figur 5.6 visar att samhällsrisknivån hamnar över och inom ALARP-området för Fryksdalsbanan.

Det kumulativa riskbidraget från väg 241 och Fryksdalsbanan anses vara försumbart då riskbidraget från väg 241 är så litet att det blir enbart järnvägens riskbidrag som blir utslagsgivande och dimensionerande för planområdet.



## 5.5 Riskvärdering

I det studerade scenariot som innebär transport av farligt gods på Fryksdalsbanan överstigs acceptabla kriterier för både individ- och samhällsrisk för aktuellt planområde. Individrisknivån är acceptabel först bortom 30 meter från Fryksdalsbanan. Samhällsriskerna hamnar över och inom ALARP-området. Kortaste avstånden från Fryksdalsbanan till planområdet och till befintlig byggnad är 5 respektive 22 meter. Detta medför att riskreducerande åtgärder behöver vidtas om transport av farligt gods förväntas kunna förekomma på Fryksdalsbanan.

Vid transport av farligt gods på väg 241 är individrisknivån acceptabel bortom 20 meter från väggkant. Samhällsriskerna hamnar till största del under ALARP-området förutom gällande frekvensen för 1 omkommen som hamnar ovan det undre kriteriet. Denna person kan dock antas omkomma i direkt närhet till vägen och inte inom aktuellt planområde. Planområdet är beläget 75 meter bortom vägen vilket medför att individrisknivån är acceptabel. Detta tillsammans med den låga samhällsrisknivån medför att inga riskreducerande åtgärder behöver vidtas med avseende på transport av farligt gods på väg 241.

I det studerade scenariot där tågtrafiken endast antas utgöras av persontåg och godståg som inte transporterar farligt gods överstigs också acceptabla kriterier för både individ- och samhällsrisk för aktuellt planområde. Detta beror på riskbidrag från urspårningar. Individrisknivån är acceptabel bortom 30 meter från Fryksdalsbanan. Samhällsriskerna hamnar över och inom ALARP-området. Ansätts befolkningsfritt område som 30 meter utmed Fryksdalsbanan erhålls dock en acceptabel samhällsrisknivå. Kortaste avstånden från Fryksdalsbanan till planområdet och till befintlig byggnad är 5 respektive 22 meter. Detta medför att riskreducerande åtgärder även krävs enligt beräkningar där farligt gods-transporter inte förekommer.

## 6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner (9). De åtgärder som bedöms kunna reducera riskerna utgörs av nedanstående förslag.

Risker för planområdet har undersökts utifrån två scenarion. Det första scenariot förutsätter att det inte sker någon transport av farligt gods på Fryksdalsbanan (Scenario 1). Det andra scenariot förutsätter att Fryksdalsbanan används för transport av farligt gods i enlighet med nationell statistik över farligt gods-transporter (Scenario 2). I dagsläget transporteras inget farligt gods på sträckan men för att bygga robust för framtiden och beakta att möjligheten till farligt gods-transporter finns så har detta beaktats.

### 6.1 Skyddsavstånd och disponering av byggnad

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, t.ex. vall och plank. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet.

Individrisknivån acceptabel bortom 30 meter från Fryksdalsbanan för både Scenario 1 och 2. Lämpligt skyddsavstånd för ny bebyggelse på Sundsvik 10:10 samt platser som skall användas för stadigvarande vistelse bedöms således vara 30 meter.

För befintlig byggnad bedöms lämpligt skyddsavstånd vara 30 meter till delar av byggnaden som ska används för stadigvarande vistelse. Delar av byggnaden som är belägna mellan 22 och 30 meter från Fryksdalsbanan används förslagsvis till lägenhetsförråd, teknikrum, butikslager etc.

Lokal eller plats som är avsedd för stadigvarande vistelse omfattas av lokaler/platser där det kan förväntas att människor vistas mer än tillfälligt över dygnet. Exempel på lokaler/platser är bostäder, butiker, restauranger, utbildningslokaler, uteplatser, lekplatser etc. Exempel på lokaler/platser för ej stadigvarande vistelse är lager, förråd, parkeringsplatser, gång- och cykelväg, odlingar, etc.

### 6.2 Vall och brandskyddad fasad

Åtgärden innebär att en vall uppförs mellan befintlig byggnad och Fryksdalsbanan för att skydda byggnaden från eventuell avåkning. För att erhålla skydd mot eventuella bränder på banan skall fasaden också utföras som brandskyddad.

Genomförs åtgärden kan delar av byggnad och fastighet som är belägen mellan 22 och 30 meter från Fryksdalsbanan användas för ändamål som innefattar stadigvarande vistelse.

### 6.3 Placering av utrymningsvägar

Åtgärden innebär att utrymningsvägar förläggs så att möjlighet finns att utrymma bort från riskkällan.

På grund av planområdets och befintlig byggnads närhet till Fryksdalsbanan ska åtgärden genomföras på befintlig byggnad samt vid ny bebyggelse på Sundsvik 10:10.

## 6.4 Placering av friskluftsintag

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällan. Syftet med åtgärden är att minska den mängd gas som kommer in i byggnaden via ventilationssystemet. Åtgärden minskar konsekvensen av utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser inomhus. Dock kan det i vissa fall bildas högre koncentrationer i lä för vinden, alltså på den oexponerade sidan. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar. Åtgärden kan vara lämplig att reglera i detaljplan om den är projektanpassad, annars kan åtgärden vara olämplig att reglera i detaljplaneskede.

Åtgärden ska genomföras på befintlig byggnad samt vid ny bebyggelse på Sundsvik 10:10 i det fall farligt gods förväntas kunna transporteras på Fryksdalsbanan i framtiden.

## 6.5 Sammanfattning riskreducerande åtgärder

Genomförs åtgärden gällande skyddsavstånd och disponering av byggnad enligt ovan anses riskerna reduceras med avseende på dagens trafik på Fryksdalsbanan.

Om fastigheten inte disponeras enligt åtgärdsförslaget ovan, utan lokaler/platser belägna närmare än 30 meter från Fryksdalsbanan avses användas för stadigvarande vistelse, skall de riskreducerande åtgärderna vall och brandskyddad fasad samt placering av utrymningsvägar genomföras enligt ovan.

För att ta ta höjd för eventuell framtida transport av farligt gods på Fryksdalsbanan ska åtgärden gällande placering av friskluftsintag genomföras oavsett vilka andra riskreducerande åtgärder som genomförs.

## 7 Diskussion

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som kan påverka resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som generellt är belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området
- Utformning och disposition av etableringar
- Farligt gods-transporter förbi planområdet
- Schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

De antaganden som har gjorts har varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas.

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. (21)

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. (21)

Rekommenderade åtgärder ges för två olika scenarion på inrådan av Trafikverket. Anledningen till att ett scenario som innefattar farligt gods-transporter tas med i bedömningen är för att järnvägsnätet generellt sett är öppet för alla typer av transporter. Trafikverket ser också att just farligt gods-transporter hellre sker på järnväg än på väg. Väljs Scenario 2 som dimensionerande innebär detta att planområdet är anpassat för farligt gods-transporter på Fryksdalsbanan vilket alltså inte gäller om Scenario 1 väljs.

## 8 Slutsatser

De risker som har identifierats för undersökt planområde är förknippade med urspårning och transport av farligt gods på Fryksdalsbanan och transport av farligt gods på väg 241.

I dagsläget transporteras inget farligt gods på aktuell sträcka av Fryksdalsbanan. På inrådan från Trafikverket har risbedömningen gjorts för ett scenario som inte innefattar transport av farligt gods (Scenario 1) och ett som innefattar transport av farligt gods (Scenario 2). Anledningen till detta är för att bygga robust för framtiden och ta hänsyn till att järnvägsnätet generellt sett är öppet för alla typer av transporter.

Med avseende på dagens trafik på Fryksdalsbanan (Scenario 1) ges följande förslag på riskreducerande åtgärder för befintlig byggnad och vid nybyggnation inom planområdet:

- 30 meters skyddsavstånd mellan byggnader samt platser som ska användas för stadigvarande vistelse och Fryksdalsbanan.

Frångås detta skyddsavstånd och lokaler/platser belägna närmare än 30 meter från Fryksdalsbanan avses att användas för stadigvarande vistelse ges följande förslag på riskreducerande åtgärder:

- Vall uppförs mellan befintlig byggnad och Fryksdalsbanan.
- Fasader utförs som brandskyddade.
- Oavsett val av skyddsavstånd alternativt vall och obrännbar fasad skall utrymningsvägar placeras så att möjlighet finns att utrymma bort från riskkällan.

För att ta höjd för eventuella farligt gods-transporter i framtiden (Scenario 2) ska ovan nämnda riskreducerande åtgärder också kompletteras med följande:

- Friskluftsintag placeras vända bort från Fryksdalsbanan.

Genomförs något av de två alternativen med riskreducerande åtgärder som rekommenderas för Scenario 1 bedöms risknivån för planområdet nå en acceptabel nivå med aktuella förutsättningar.

Kompletteras de riskreducerande åtgärderna som rekommenderas för Scenario 1 med att friskluftsintag placeras bort från Fryksdalsbanan bedöms risknivån nå en acceptabel nivå med aktuella förutsättningar samt om transport av farligt gods skulle återupptas på Fryksdalsbanan.

WSP rekommenderar att riskreducerande åtgärder för både scenario 1 och 2 tillämpas då detta skapar större robusthet i samhällsstrukturen för t.ex. variationer av transporter av farligt gods i framtiden.

## Bilaga A. Statistiskt underlag väg

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods som ligger till grund för kommande bedömningar och beräkningar.

### A.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport (6) presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport (12) och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2030.

**Tabell 3. Trafikflöde, indata i beräkningsmodellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för respektive undersökt alternativ.**

	Väg 241
ADT [fordon per dygn]	13420
Hastighetsgräns [km/h]	50
Antal fordon med FG	3,0
Olyckskvot	1,2
Andel singelolyckor	0,15
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	2,4E-03
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	411,1



## A.2. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

Tabell 4 redovisar fördelningarna mellan ADR-S klasserna utifrån en sammanvägning av information beträffande farligt gods-transporter från räddningstjänsten i Sunne, Tetra Pak och Anva (16) (18) (17) .

**Tabell 4. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser.**

Väg 241	
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	3
ADR-S klass	
1	0,00%
2.1	10,00%
2.3	0,00%
3	80,00%
5	0,00%
Övriga	10,00%

## Bilaga B. Frekvensberäkningar väg

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med hjälp av händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

### B.1. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) (10). Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

#### B.1.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga<sup>1</sup>. Brandfarliga gaser är ofta luktfria (36). Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg (28).

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typen av antändning. Om den, under tryck, läckande gasen antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är en så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

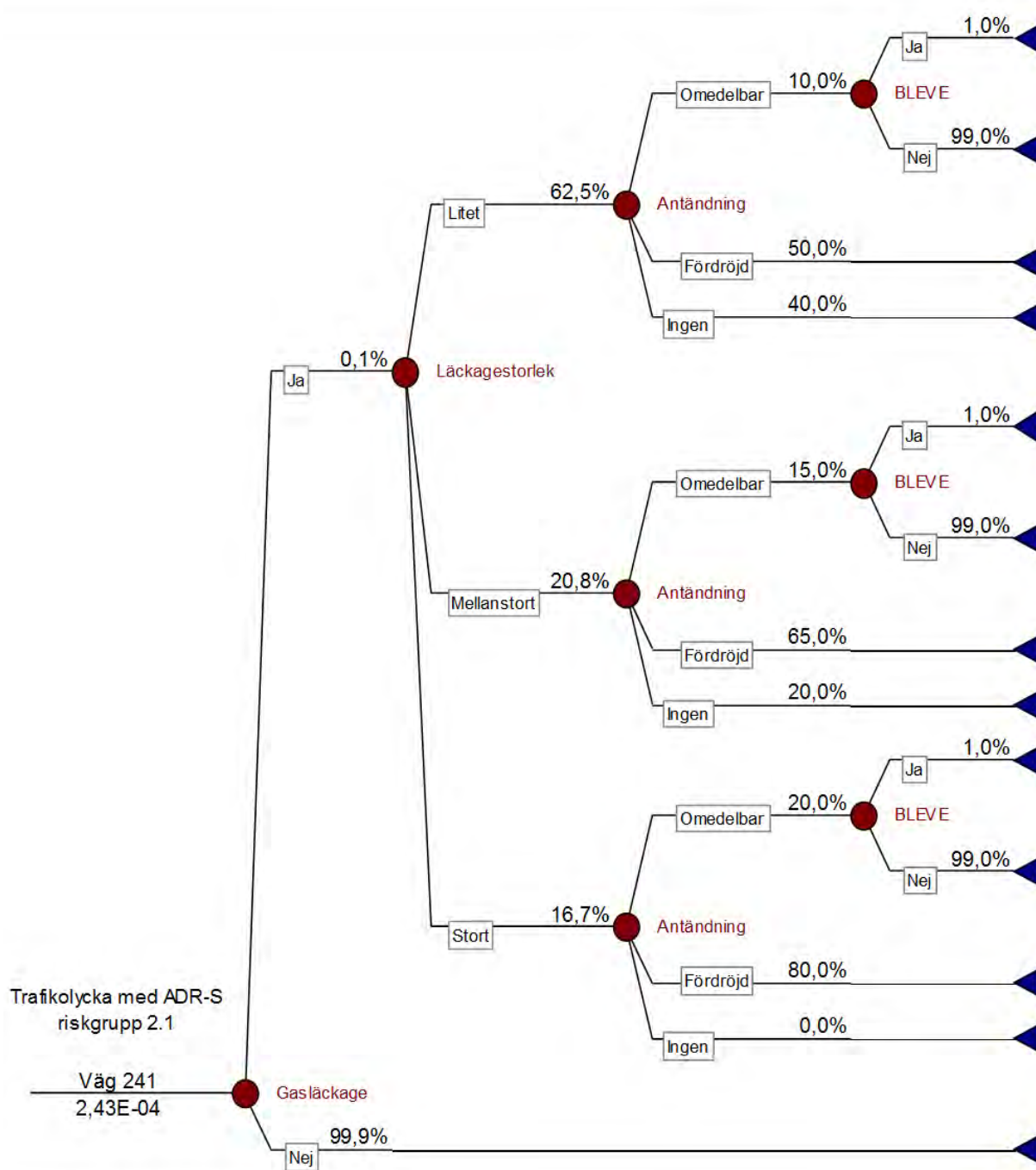
##### B.1.1.1. Representativt ämne

Gasol antas utgöra ett representativt ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns och det faktum att den ofta transporteras tryckkondenserad gör den till ett konservativt val.

#### B.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur B.1 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

<sup>1</sup> Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.



Figur B.1. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

### B.1.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet (37). Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 (6), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på  $3 \cdot 1/30 = 0,1\%$ .

#### B.1.2.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i (6) utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm<sup>2</sup>. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % (6).

#### B.1.2.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % (38), varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

#### B.1.2.4. BLEVE

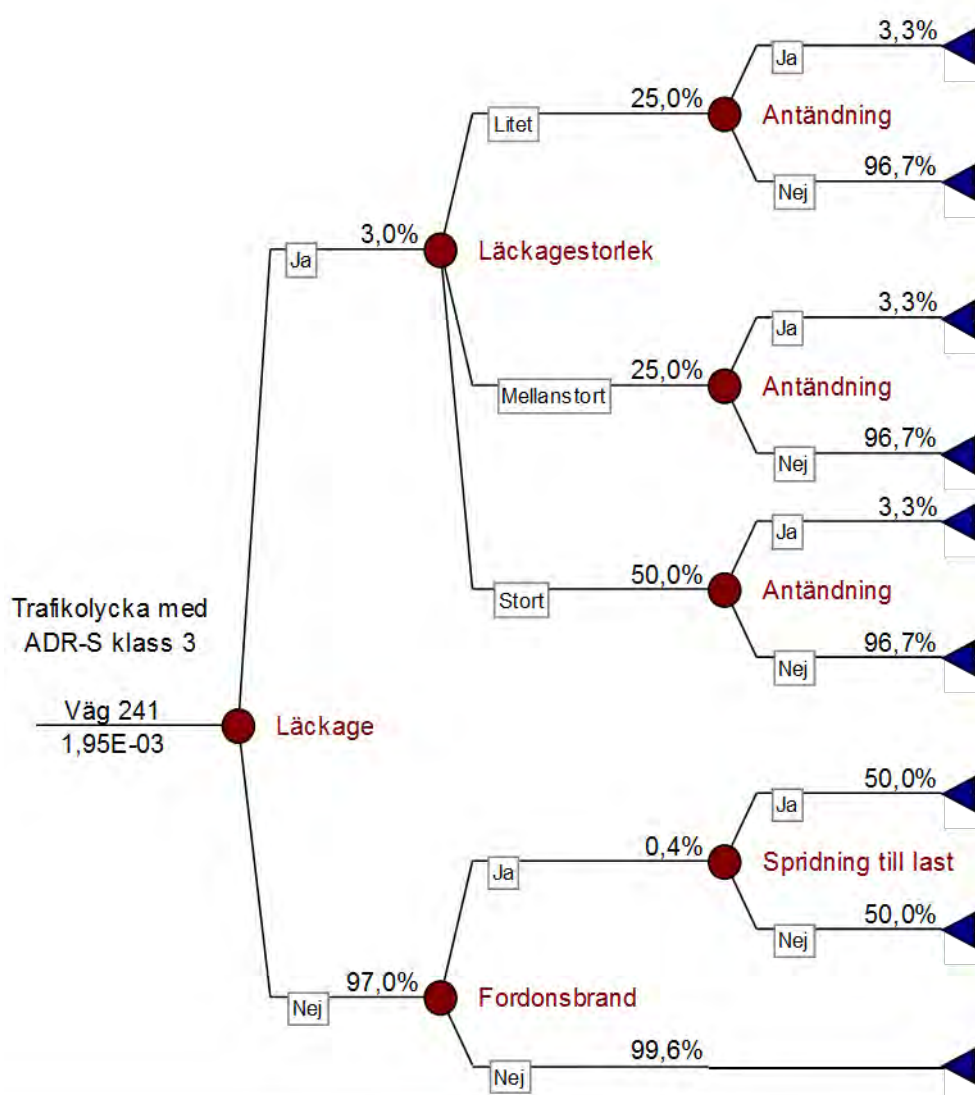
En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämmar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta tycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

## B.2. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

### B.2.1 Händelseträdd med sannolikheter

Figur B.2 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur B.2. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

#### B.2.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 3 % (6).

#### B.2.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset (40) (41). Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % (6). De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m<sup>2</sup> (*litet*), 200 m<sup>2</sup> (*mellanstort*) samt 400 m<sup>2</sup> (*stort*).

#### B.2.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 (42). Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas

samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % (30).

#### B.2.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

### B.3. Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga C).



## Bilaga C. Konsekvensberäkningar väg

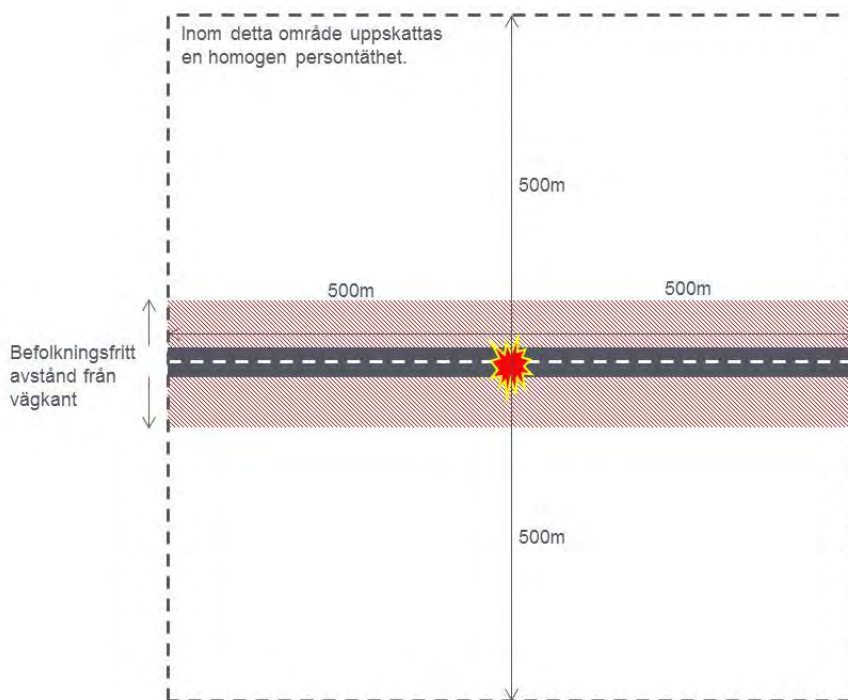
Tabell 5 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

**Tabell 5. Samtliga scenarier som kan ge upphov till dödliga konsekvenser.**

ADR-S Klass	Konsekvensindex	Scenario
1	1a	Liten explosion
	1b	
	2a	Mellanstor explosion
	2b	
	3a	Stor explosion
	3b	
2.1	1	BLEVE
	2	Liten jetflamma
	3	Gasmolnsexplosion
	4	Mellanstor jetflamma
	5	Stor jetflamma
2.3	1	Litet läckage låg vindstyrka
	2	Litet läckage hög vindstyrka
	3	Mellanstort läckage låg vindstyrka
	4	Mellanstort läckage hög vindstyrka
	5	Stort läckage låg vindstyrka
	6	Stort läckage hög vindstyrka
3	1	Liten pölbrand
	2	Mellanstor pölbrand
	3	Stor pölbrand
5	1a	Explosion
	1b	
	2	Brand

### C.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar uppskattas hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor från centrum av det aktuella planområdet samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur C.1.



**Figur C.1. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.**

Som grund för uppskattning av persontätheten ligger statistik för befolkningstätheten i Sunne. Befolkningstätheten var år 2005, 1084 personer/km<sup>2</sup> och år 2010, 1078 personer/km<sup>2</sup> (49). Utifrån statistiken har ett konservativt värde på 1100 personer/km<sup>2</sup> ansatts som befolkningstäthet.

Det antas att befolkningstätheten är den samma på dagen som på natten.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt, och i aktuellt fall utgör cirka 10 meter ett befolkningsfritt avstånd från väggkant. Därför subtraheras personantalet inom detta område från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisk. Hur stort detta avstånd är anges i respektive undersökt alternativ. För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmättet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

## C.2. Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från väggkant närmast området.

Om det finns en mittbarriär eller avståndet mellan två körriktningar är stort används ett differentierat konsekvensavstånd. Individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en, där det ena körfältets konsekvensavstånd korrigerats för att gälla för det ökade avståndet från väggkanten. Grafen visar fortfarande risken på ett avstånd från väggkant närmast området.

## C.3. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

## C.4. ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar, och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* (53) används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i (22), för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 6. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q [kg/s]	Läckagestorlek, diameter [cm]	Läckagestorlek, area [cm <sup>2</sup> ]
Litet	17,9	0,32	0,08
Mellanstort	0,9	1,03	0,83
Stort	0,09	4,56	16,37

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.
- En jetflamma antas vara horisontell.

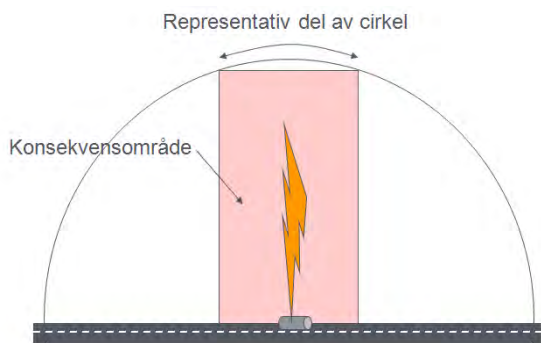
## C.5. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (51). Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

## C.6. Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (51), där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (54) används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden  $t = 10$  s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur C.3.



Figur C.3. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

## C.7. Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran Spridning Luft (53) används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt.

## C.8. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

Tabell 7. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

Index	Scenario	Konsekvensavstånd [m]
1	BLEVE	170
2	Liten jetflamma	5
3	Gasmolnexplosion	42
4	Mellanstor jetflamma	17
5	Stor jetflamma	73

## C.9. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger  $15 \text{ kW/m}^2$ . Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den

strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (28) (55).

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m<sup>2</sup> (*litet*), 200 m<sup>2</sup> (*mellanstort*) respektive 400 m<sup>2</sup> (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar (28). I Tabell 8 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

**Tabell 8. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m<sup>2</sup>) för olika pölstorlekar.**

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Infallande strålning > 15 kW/m <sup>2</sup> från pölkant	Vinkel [grad]
Litet utsläpp	50 m <sup>2</sup>	12 m	Litet utsläpp
Mellanstort utsläpp	200 m <sup>2</sup>	22,5 m	Mellanstort utsläpp
Stort utsläpp	400 m <sup>2</sup>	30 m	Stort utsläpp

## Bilaga D. Frekvensberäkningar järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* (56). Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

### D.1. Sannolikhet för urspårning

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 15700 (15).
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 144 000 (15).

Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.

- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 8 st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 4 st.

#### D.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 9 (56):

**Tabell 9. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.**

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
<b>Vagnfel</b>		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm

#### D.1.2 Sammanstötningar



I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant (56) och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

### D.1.3 Plankorsningsolyckor

Inom den studerade sträckan av Fryksdalsbanan finns fyra plankorsningar. Frekvensenstillskottet för olycka vid plankorsning är 5,0E-08 per plankorsning och antal tåg som passerar per år (56).

### D.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet finns åtta stycken växlar. Frekvensenstillskottet för olycka vid trasig/sliten växel är 5,0E-09 per växel och antal tåg som passerar per år. För växel ur kontroll är motsvarande frekvens 7,0E-8 per växel och antal tåg som passerar per år (56).

### D.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas till 3,1E-03 med formeln:

$$\text{Urspårningsfrekvens (per år)} \cdot \frac{\text{Godståg (st)}}{\text{Totalt antal tåg (st)}} = \text{Frekvens, godstågsolycka (per år)}$$

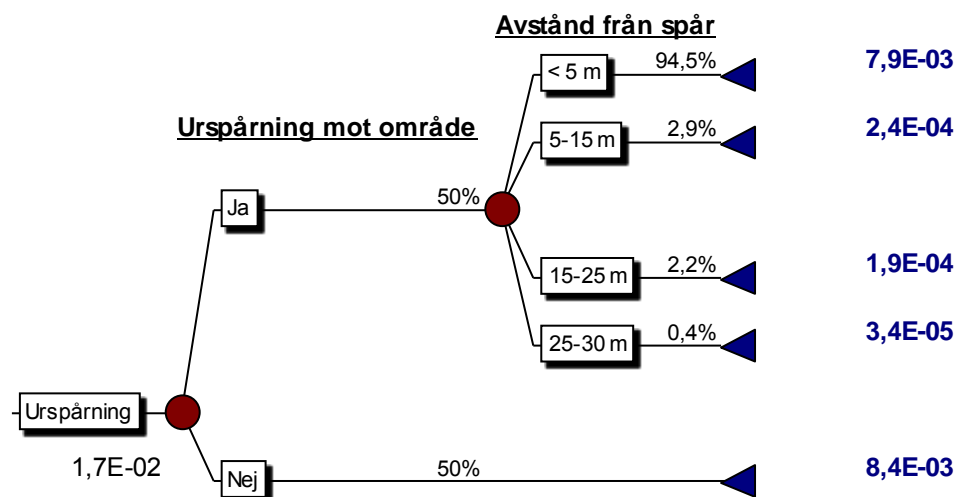
### D.1.6 Avstånd från spår för urspårade vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 10 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (81 % persontåg och 19 % godståg) (56).

Tabell 10. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
<b>Resandetåg</b>	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
<b>Godståg</b>	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
<b>Viktat medel efter andel</b>	76,16%	18,32%	2,87%	2,24%	0,42%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten (57). Enligt Tabell 10 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta presenteras i Figur D.1.



Figur D.1. Händelsetråd med sannolikheter för urspårningar.

## D.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

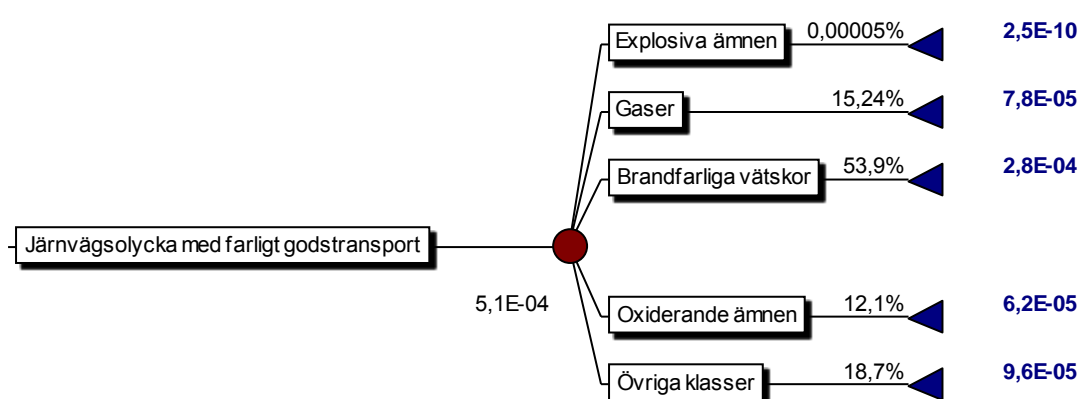
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiver (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt D.1.5 beräknad till 3,1E-03 per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar (58). Farligt gods-vagnar antas utgöra 5 % av det totala antalet godsvagnar. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1-(1-0,05)^{3,5}$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli cirka 5,1E-04 per år.

I händelsetrådet, se Figur D.2, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur D.2. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

## D.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

### D.3.1 RID-S-klass 1

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

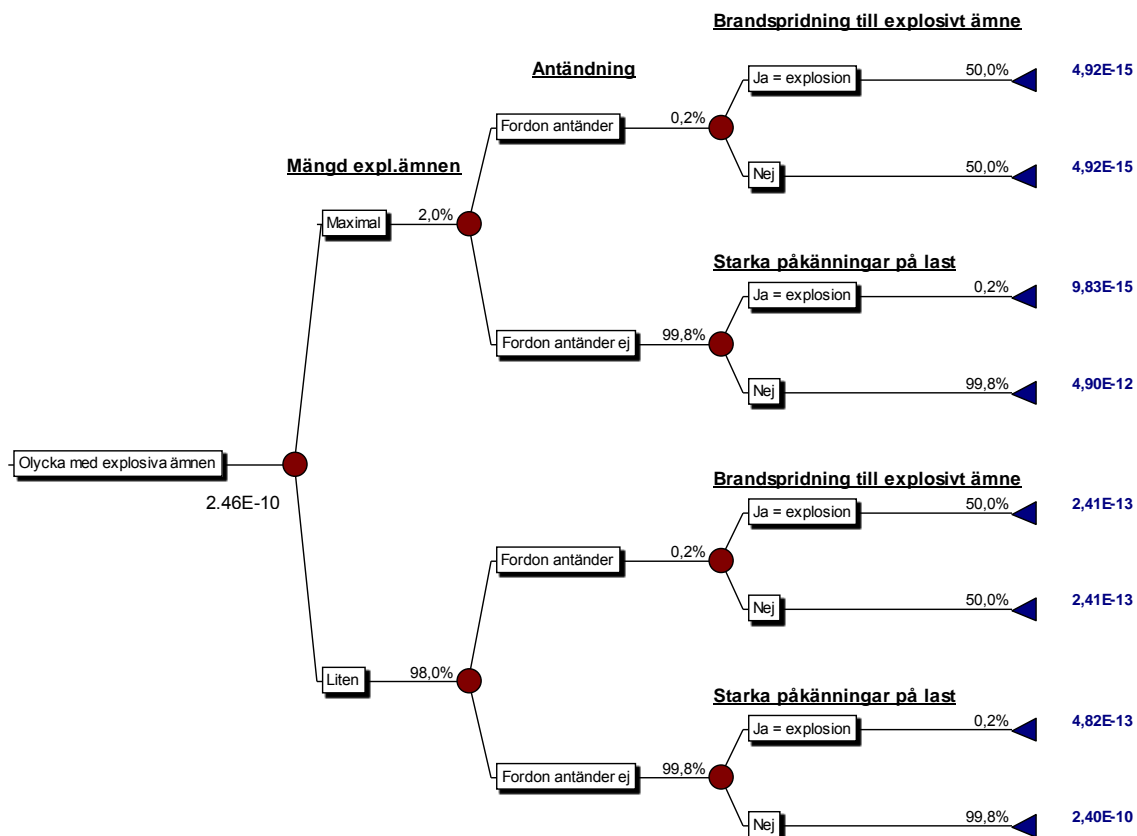
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods (17). Denna siffra gäller för Sverige i helhet, och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg hade det endast tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne (18).

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka (19) (20). Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % (21).

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s (22). Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO (23) att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur D.3. redovisas möjliga scenarier.



Figur D.3. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

### D.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 (16), antas 73 % av transportererna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 27 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen (56). Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

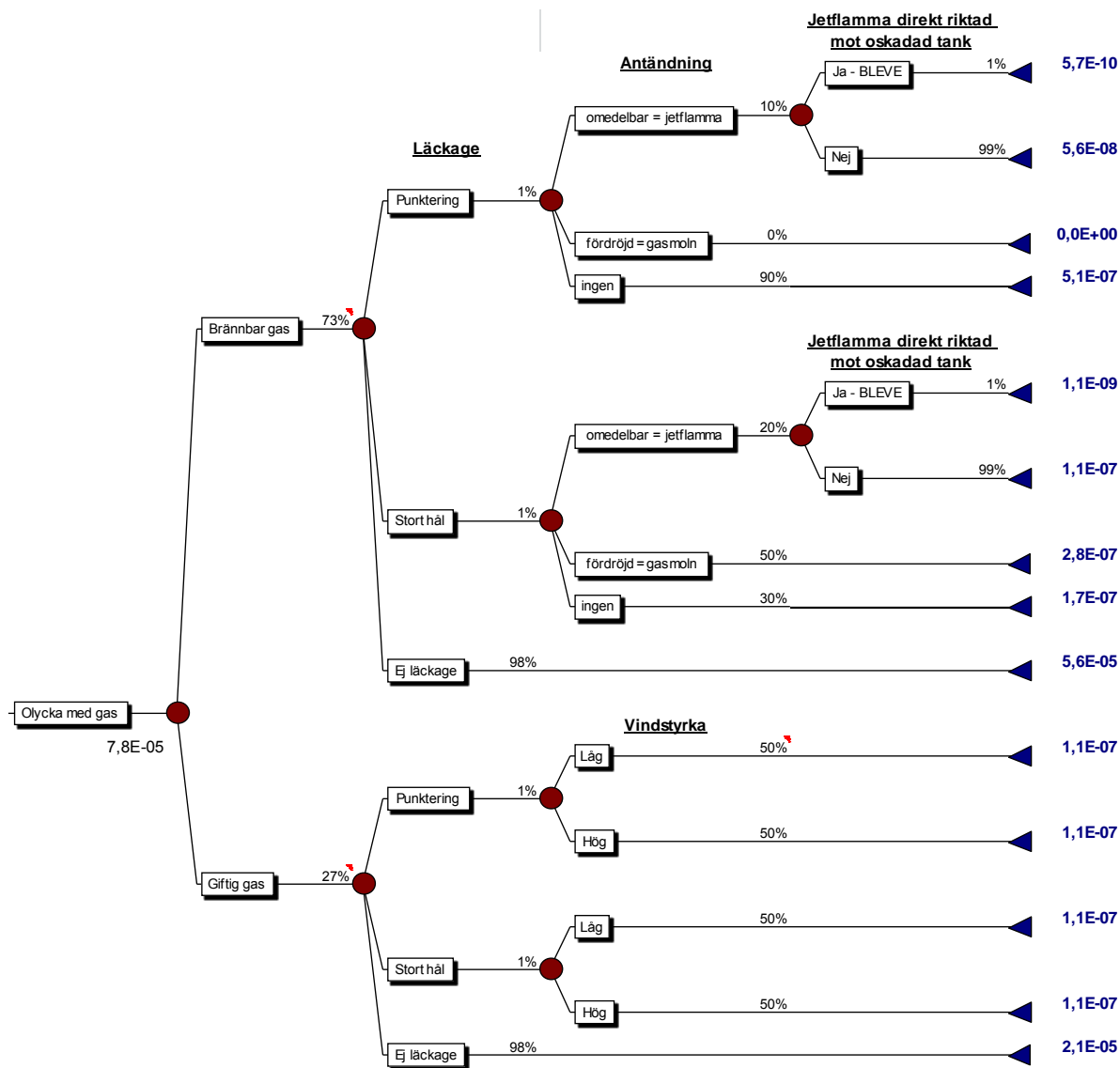
För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter (59) för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % (59). En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en

lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur D.4. redovisas olika scenarier för en olycka med gas.



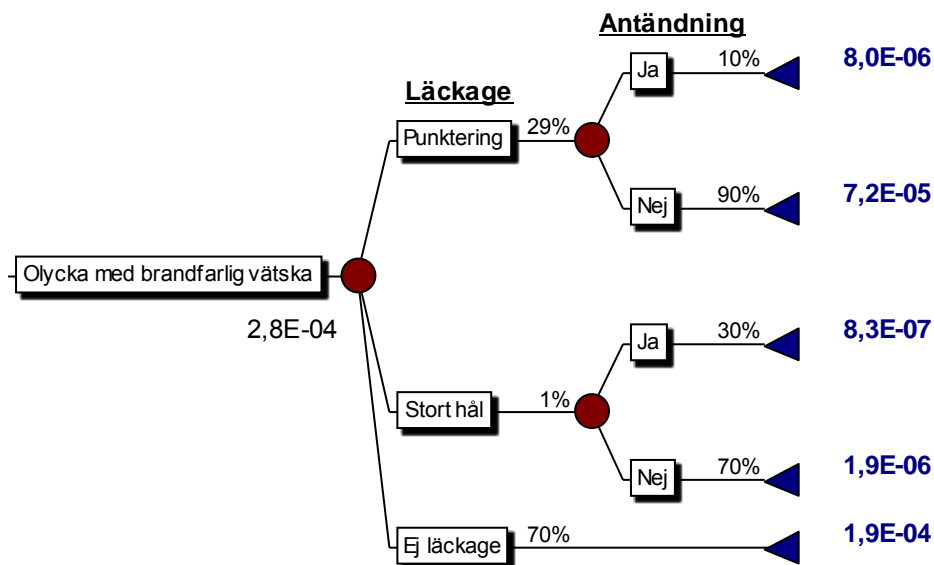
Figur D.4. Händelsetråd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

### D.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % (56). I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % (56). I Figur D.5. redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska.

Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp. Då underlaget för aktuell sträcka av Fryksdalsbanan utgörs av just makadam görs antagandet att sannolikheten för att ett stort läckage också ska leda till en stor pölbrand är 1 %. I övriga fall med stora läckage antas det endast bildas pölar motsvarande de som bildas vid litet läckage (punktering). I beräkningarna ansätts därmed sannolikheten för litet läckage (punktering) till 29 % och stort läckage till 1 %. I 70 % av fallen antas fortfarande inget läckage förekomma.



Figur D.5. Händelseträäd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

#### D.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

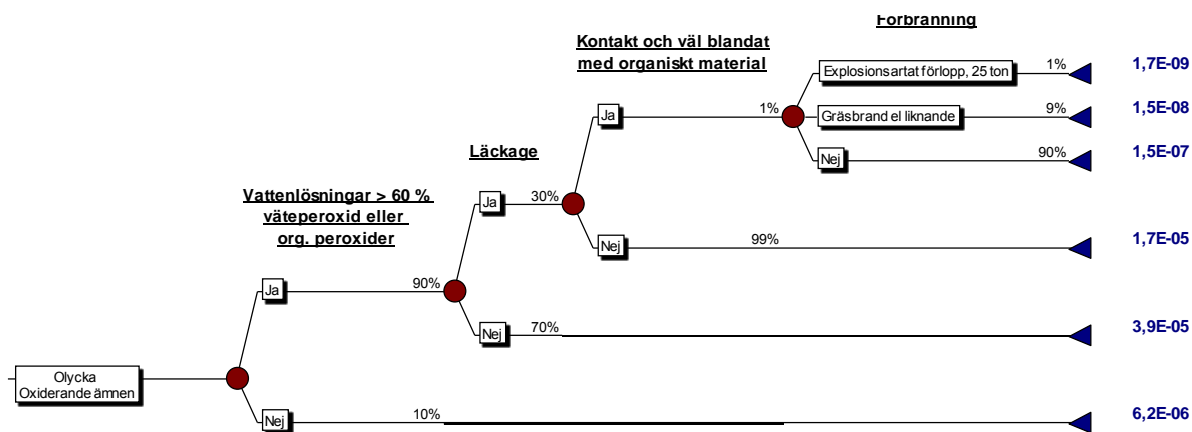
Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik (60) anger att 93 % av transportererna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transportererna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt D.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % (61). Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur D.6. redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.





Figur D.6. Händelsetråd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

#### D.4. Anpassning av sannolikheten att påverkas utifrån konsekvensavståndets längd

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario.

Även för samhällriskberäkning anpassad till planområdet tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i samhällriskberäkning anpassad till planområdet halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till grupprisken för planområdet. Förfarandet bedöms vara konservativt, då vissa scenarier har ett spridningsområde (andel av cirkulärt område) som är mindre än 50 % - vilket de i praktiken nu får. För olycksscenarioer med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reducering.

## Bilaga E. Konsekvensberäkningar järnväg

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spåret beaktats.

### E.1. Persontäthet

För samhällsriskberäkningen är det nödvändigt att uppskatta hur många personer som kan antas uppehålla sig på området kring järnvägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer för hela området som undersökts.

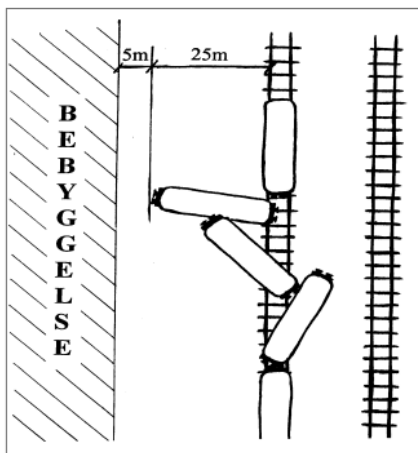
Som grund för uppskattning av persontätheten ligger statistik för befolkningstätheten i Sunne. Befolkningstätheten var år 2005, 1084 personer/km<sup>2</sup> och år 2010, 1078 personer/km<sup>2</sup> (49). Utifrån statistiken har ett konservativt värde på 1100 personer/km<sup>2</sup> ansatts som befolkningstäthet.

Det antas att befolkningstätheten är den samma på dagen som på natten.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämt utspridda över hela ytan. Detta antagande är grovt och i aktuellt fall utgör cirka 20 meter ett befolkningsfritt avstånd från närmaste spår. De personer som omkommer på detta område räknats bort från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisk. För individrisken är detta avstånd oväsentligt eftersom riskmålet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

### E.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Risker för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom, se Figur E.1. (62).



Figur E.1. Urspårningsolycka på järnväg.

## E.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i Bilaga D. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

### E.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna för människor beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål som splitter kastas mot människor (sekundära) (63).

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splittersverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splittersverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa (64). Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods blir konsekvensavståndet då cirka 120 meter för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter (61).

Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). I FÖP Göteborg (61) anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meters avstånd från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meters avstånd.

### E.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

#### **Brännbar gas, RID-S-klass 2.1**

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till cirka 40 ton (65).

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) (66). För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* (67), dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd 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. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m<sup>2</sup> (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

De indata som använts i Gasol för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmmingskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläktat utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4\*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 11 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

**Tabell 11** Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Läckagestorlek	Antändning	Konsekvensavstånd (m)
BLEVE			Cirkulärt 200 m radie
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (2,4 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	18 18
	Stort hål (60 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	91 21

### **Giftig gas, RID-S-klass 2.3**

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* (68) beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC<sub>50</sub><sup>2</sup>) för klor är 250 ppm.

<sup>2</sup> Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton (68). Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) (68).

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 12.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

**Tabell 12** Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Vindstyrka (m/s)	Konsekvensavstånd utomhus (m)
Punktering (0,45 kg/s)	3	38
	8	34
Stort hål (112 kg/s)	3	755
	8	880

### E.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m<sup>2</sup>, vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (66).

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensin. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensin läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m<sup>2</sup> pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m<sup>2</sup> pöl.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp (69).

I Tabell 13 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

**Tabell 13 Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.**

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensin (100 m <sup>2</sup> )	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensin (400 m <sup>2</sup> )	11 m	29 m	40 m

#### E.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-S-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplösiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplösiva varor (61), se vidare avsnitt E.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt D.3.3.

**Tabell 14 Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.**

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 m
Gräsbrand etc.	40 m

#### E.4. Bedömning av antal omkomna i respektive scenario

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario, enligt avsnitt D.3, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt E.3, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt E.1. Samtliga personer inom den area som utsätts för dödliga konsekvenser antas omkomma i grundberäkningen.



## Bilaga F. Referenser

1. **Räddningsverket.** *Kartläggning av farligt godstransporter September 2006.* u.o. : Statens räddningsverk, 2006b.
2. **Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län.** Riskhantering i Detaljplanprocessen. *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods.* u.o. : Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
3. **WSP Samhällsnygnad .** *Trafikutredning väg 241 genom Sunne tätort .* 2009.
4. **IEC.** International Standard 60300-3-9. *Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems.* Geneve : International Electrotechnical Commission, 1995.
5. **ISO.** Risk management - Vocabulary . *Guidelines for use in standards, Guide 73.* Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
6. **Räddningsverket.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.
7. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
8. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** Värdering av risk. *FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
9. **Räddningsverket och Boverket.** Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
10. **MSB.** *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
11. **Räddningsverket.** Förvaring av explosiva varor. Karlstad : u.n., 2006.
12. **VTI.** Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4.* u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
13. **Hellervik, Alexander.** alexander.hellervik@trafikverket.se. 2014-10-02.
14. **MSB.** *Trafikflödet på järnväg – 2006.* . [<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/>] 2013-08-09.
15. **Räddningsverket .** *Flödet av farligt gods på järnväg .* Karlstad : Räddningsverket , 1996.
16. **Edvardsson, Lennart.** lennart.edvardsson@sunne.se. 2014-10-10.
17. **Högström, Ola.** ola.hogstrom@tetrapak.com. 2014-10-15.
18. **Eltonson, Sven-Arne.** sven-arne.eltonson@anva.se. 2014-10-20.
19. **Statistiska centralbyrån (SCB).** *Tätorter 2010.* Stockholm : Statistiska centralbyrån (SCB), 2010. 1403-8978.
20. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** VTI rapport 387:1. 1994.
21. **Halmemies, Sakari.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.
22. **Stadsbyggnadskontoret Göteborg.** *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92.* u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
23. **Wahlqvist, Jan.** Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig.* u.o. : Statoil, 2010.
24. *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail.* **Purdy , G.** 1993, Journal of Hazardous Materials, Vol. 3 (1993), ss. 229-259.
25. **Lindström, Robert.** Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef.* u.o. : Statoil, 2010.
26. **Gammelgård, Tonny.** Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning.* u.o. : OKQ8, 2010.
27. **SPI.** Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08. <https://www.spi.se/statistik.asp?art=99>. u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.
28. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
29. **MSB.** *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
30. **TRAFKA.** *Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2010:3.* u.o. : Trafikanalys, 2010.

31. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker*, FOA - R-00490-990-SE. u.o. : Försvarets forskningsanstalt, 1997.
32. **CCPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition.* CPQRA. u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.
33. **BBR.** *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.
34. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
35. **Banverket och Räddningsverket.** *Säkra järnvägstransporter av farligt gods.* 2004.
36. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2.* 1994.
37. **Trafik analys - TRAFKA.** *Bantrafik 2010, Statistik 2011:24.* 2011.
38. **Pettersson, Jan.** *Säkerhetsansvarig Green Cargo. Muntligt.* 2012.
39. **SIKA.** *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
40. **VTI.** *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
41. **Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad.** *Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.* 1997.
42. **Lamnevik, Stefan.** *Explosivämneskunskap.* u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
43. **Purdy, Grant.** *Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail. Journal of Hazardous materials, 33.* 1993.
44. **Länsstyrelsen Stockholms län.** *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer.* 2000.
45. **Stefan Lamnevik AB.** *Verkan av explosioner i det fria.* 2010.
46. **Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker.* Tumba : u.n., 1997.
47. **Svenska gasföreningen.** *Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter.* 2004.
48. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4.* 1994.
49. **Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.** *Datorprogrammet Gasol.*
50. **RIB, Statens räddningsverk.** *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
51. **Brandteknik, Lunds tekniska högskola.** *Brandskyddshandboken, Rapport 3161.* Lund : u.n., 2012.

**WSP Sverige AB**

Box 13033

40251 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00

Fax: +46 10 722 74 20

[www.wspgroup.se](http://www.wspgroup.se)

UNITED  
BY OUR  
DIFFERENCE

