

SUNDSVALLS KOMMUN

# DETALJERAD RISKBEDÖMNING

## NEDRE STOCKVIK INDUSTRI- OCH VERKSAMHETSOMRÅDE

2022-11-18



wsp

## Detaljerad riskbedömning

### Nedre Stockvik industri- och verksamhetsområde

Stockvik 5:1 m.fl.

Sundsvall

## KUND

Sundsvalls kommun

## KONSULT

### WSP Sverige AB

Besök: Arenavägen 7

Tel: +46 10 7225000

WSP Sverige AB

Org nr: 556057-4880

Styrelsens säte: Stockholm

<http://www.wsp.com>

## KONTAKTPERSONER

Cecilia Nordenö, WSP, [cecilia.nordeno@wsp.com](mailto:cecilia.nordeno@wsp.com)

## DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1
Anmärkning	-
Datum	2022-11-18
Handläggare	Cecilia Nordenö
Signatur	CN
Granskare	Emelie Laurin
Signatur	EL
Godkänd av	Cecilia Nordenö
Signatur	CN
Uppdragsnummer	10343114

## Sammanfattning

WSP har av Sundsvalls kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning som underlag för arbetet med en ny detaljplan för en del av Stockvik. Det aktuella området har pekats ut som en hotspot ur kommunal planeringssynpunkt tack vare närhet till stora kommunikationsleder som gör det attraktivt för exploatering. Området ligger i nära anslutning till transportleder för farligt gods (väg och järnväg), drivmedelsstation samt farlig verksamhet.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan och att efter behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

De riskkällor som har identifierats i riskbedömningen är:

- Ursparning på Ostkustbanan
- Farligt gods-transporter
  - Ostkustbanan
  - E4
  - Kemivägen
- Hantering av brandfarlig vätska på drivmedelsstation
- Hantering av farliga ämnen på industrier
  - Nouryon Surface Chemistry
  - Nouryon Pulp and Performance Chemicals – Expancel
  - Nouryon Pulp and Performance Chemicals – Kloratfabriken
  - Nordic Carbide
  - Casco Adhesives
  - Linde Gas

Av dessa riskkällor bedöms främst risker kopplade till farligt gods-transporter på Ostkustbanan, E4 och Kemivägen, samt ammoniakhantering inom Nouryon Surface Chemistry ha påverkan på området. Övriga riskkällor förväntas ha försumbar påverkan på området på grund av skyddsavstånd.

Baserat på genomförda beräkningar rekommenderas följande skyddsavstånd:

- 15 meter till Kemivägen,
- 30 meter till E4,
- 35 meter till Ostkustbanan, förutsatt att den nya järnvägen går i skärning, och
- 550 meter till ammoniakcisternerna inom Nouryon Surface Chemistry.

Om riskreducerande åtgärder vidtas bedöms det dock möjligt att exploatera mark närmare transportlederna. De åtgärder som krävs för att uppföra byggnader inom angivet skyddsavstånd är:

- Utrymningsvägar placeras så att utrymning kan ske åt minst två olika riktningar.

- Friskluftsintag placeras så högt som möjligt.
- Ventilationen är centralt avstängningsbar.
- Fasader uppförs med lägst brandteknisk klass EI 30.

Om dessa åtgärder vidtas bedöms det möjligt att exploatera närmare transportlederna, men Trafikverkets krav på skyddszon samt skyddsavståndet till ammoniakcisternerna inom Nouryon Surface Chemistry ska fortfarande beaktas. Detta innebär att bebyggelse kan uppföras som närmast:

- 6 meter från Kemivägen,
- 11 meter från E4,
- 30 meter från Ostkustbanan och
- 550 meter från ammoniakcisternerna inom Nouryon Surface Chemistry.

Med dessa skyddsavstånd och ovan angivna riskreducerande åtgärder bedöms planerad exploatering uppfylla Plan- och bygglagens krav på lämplig markanvändning samt Länsstyrelsens riktlinjer.

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>7</b>
1.1	SYFTE OCH MÅL	7
1.2	OMFATTNING	7
1.3	AVGRÄNSNINGAR	7
1.4	STYRANDE DOKUMENT	8
1.5	SAMRÅD	11
1.6	UNDERLAGSMATERIAL	11
1.7	INTERNKONTROLL	11
<b>2</b>	<b>BESKRIVNINGAR</b>	<b>12</b>
2.1	OMGIVNING	12
2.2	EXPLOATERINGSOMRÅDET	12
2.3	INFRASTRUKTUR	13
2.4	DRIVMEDELSSTATION	15
2.5	INDUSTRIER	15
2.6	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	17
<b>3</b>	<b>RISKIDENTIFIERING</b>	<b>18</b>
3.1	IDENTIFIERING AV RISKKÄLLOR	18
3.2	BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR	18
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	24
<b>4</b>	<b>RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING</b>	<b>25</b>
4.1	ACCEPTANSKRITERIER	25
4.2	BERÄKNADE RISKNIVÅER	27
4.3	KÄNSLIGHETSANALYSER	32
<b>5</b>	<b>RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER</b>	<b>35</b>
5.1	BEFINTLIGA/PLANERADE ÅTGÄRDER	35
5.2	REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER	35
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>38</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>39</b>
<b>BILAGA A.</b>	<b>METOD FÖR RISKHANTERING</b>	<b>40</b>
<b>BILAGA B.</b>	<b>FARLIGT GODS</b>	<b>42</b>
<b>BILAGA C.</b>	<b>FREKVENSBERÄKNINGAR - VÄG</b>	<b>44</b>
<b>BILAGA D.</b>	<b>KONSEKVENSBERÄKNINGAR - VÄG</b>	<b>56</b>

BILAGA E.	FREKVENSBERÄKNINGAR - JÄRNVÄG	62
BILAGA F.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR - JÄRNVÄG	70
BILAGA G.	SKYDDSEFFEKTER	76
BILAGA H.	REFERENSER	78

# 1 INLEDNING

WSP har av Sundsvalls kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning som underlag för arbetet med en ny detaljplan för en del av Stockvik. Området ligger i nära anslutning till transportleder för farligt gods (väg och järnväg), drivmedelsstation samt farliga verksamheter.

Det aktuella området har pekats ut av Sundsvalls kommun som en hotspot ur kommunal planeringssynpunkt i samband med att E4 fick en ny sträckning genom staden år 2015 [1]. Närheten till stora kommunikationsleder gör det attraktivt för exploatering. Området är tänkt att bebyggas med olika typer av trafikantservice, så som snabbmatsrestauranger, och eventuellt lager.

## 1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan-och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt Länsstyrelsens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen.

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

## 1.2 OMFATTNING

- Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:
- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel? (riskvärdering)
- Rekommenderas åtgärder? (riskreduktion)

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i Bilaga A.

## 1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på närliggande transportleder samt risker kopplade till närliggande farliga verksamheter och drivmedelsstation. 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. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision, långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Konsekvenser av naturliga omgivningsfaktorer (exempelvis ras, skred och erosion) samt övriga omgivningsfaktorer såsom extraordinära händelser, antagonistiska händelser eller klimatrelaterade risker hanteras inte i riskbedömningen.

Riskbedömningen utgår delvis från underlag från tidigare genomförd riskbedömning för området [2] samt interna riskbedömningar från de närliggande industrierna. Uppgifter från dessa rapporter har använts som underlag i denna riskbedömning, men handlingarna har inte bedömts eller kvalitetssäkrats av WSP. Det förutsätts att eventuella dominoeffekter mellan verksamheterna har beaktats i industriernas egna riskbedömningar och i kommunens plan för räddningsinsats [3].

Det bör också noteras att riskbedömningen för drivmedelsstationen utförs övergripande och utifrån ett detaljplaneperspektiv. Den ersätter inte de riskbedömningar som ska upprättas av verksamhetsutövaren i samband med tillståndsansökan för verksamheten. Bedömningen utgår från exploatering intill befintlig drivmedelsstation och innefattar därmed i huvudsak en bedömning av avstånd och lokala förhållanden. Ingen bedömning av huruvida drivmedelsstationen i sig uppfyller relevanta krav genomförs. Det förutsätts att drivmedelsstationen inte kommer att installera en anläggning för tankning av fordonsgas.

Planeringen av området befinner sig i ett tidigt skede och det är ännu inte klarlagt vilka verksamheter som ska etableras inom området. Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar och vid ändrade förutsättningar i ett senare skede kan riskbedömningen behöva uppdateras.

## 1.4 STYRANDE DOKUMENT

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

### 1.1.1 Plan- och bygglagen

Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

*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 [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 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 [...] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 6§)*

### 1.1.2 Riktlinjer avseende farligt gods

Länsstyrelsen Västernorrland och Länsstyrelsen Gävleborg har tagit fram en gemensam vägledning för riskhantering vid transportleder för farligt gods samt drivmedelsstationer och farliga verksamheter [4]. Vid bedömning av lämplig markanvändning intill transportled för farligt gods ska enligt vägledningen följande parametrar beaktas;

- Markanvändningens känslighet
- Avstånd till aktuell transportled
- Typ av transportled (väg, stor väg eller järnväg)

Vägledning för bedömning av markanvändningens känslighet redovisas i Tabell 1 och zonindelning för riskhanteringsavstånd i Tabell 2.



Tabell 1. Beskrivning av typiska bebyggelse typer.

Ej känslig	Mindre känslig	Normalkänslig	Känslig	Särskilt känslig
<i>Typiska bebyggelse typer</i>				
<ul style="list-style-type: none"> <li>• P- Parkering (ytparkering)</li> <li>• T- Trafik</li> <li>• L- Odling</li> <li>• N- Friluftsområde (motionsspår)</li> <li>• Gata/väg</li> <li>• Natur</li> <li>• Prickmark (får ej uppmuntra till stadigvarande vistelse)</li> </ul>	Byggrätt för: <ul style="list-style-type: none"> <li>• G- Drivmedelsförsäljning</li> <li>• J- Industri*</li> <li>• P- Parkering</li> <li>• Z- Verksamheter, lager</li> <li>• E- Tekniska anläggningar (ej samhällsviktiga)</li> </ul>	Byggrätt för: <ul style="list-style-type: none"> <li>• B- Bostäder (enstaka, enkla att utrymma)</li> <li>• C- Centrum (ej hotell)</li> <li>• H- Detaljhandel</li> <li>• K- Kontor</li> <li>• R- Besöksanläggning (utan omfattande åskådarpplats)</li> </ul>	Byggrätt för: <ul style="list-style-type: none"> <li>• B- Bostäder</li> <li>• D- Vård</li> <li>• S- Skola</li> <li>• R- Besöksanläggningar, Idrotts- och sportanläggningar</li> <li>• O- Tillfällig vistelse (hotell)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• D- Större vårdinrättningar och sjukhus</li> <li>• Fängelse</li> <li>• Mycket höga byggnader</li> <li>• Känslig verksamhet</li> <li>• Natklubbar etc.</li> <li>• Samhällsviktig teknisk infrastruktur</li> <li>• Samhällsviktig verksamhet</li> </ul>

\* Notera att vissa typer av industri kräver miljötillstånd vilket kan innebära behov av större skyddsavstånd.

Tabell 2. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar behov av verifiering av risknivå samt krav på riskreducerande åtgärder [4].

Mark-användning	Järnväg			Stor väg			Väg		
	Röd zon	Gul zon	Grön zon	Röd zon	Gul zon	Grön zon	Röd zon	Gul zon	Grön zon
<b>Mindre känslig</b>	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	-	30-150 meter
<b>Normal-känslig</b>	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	30-50 meter	50-150 meter	0-30 meter	30-40 meter	40-150 meter
<b>Känslig</b>	0-30 meter	30-80 meter	80-150 meter	0-50* meter	50*-100 meter	100-150 meter	0-30 meter	30-60 meter	60-150 meter

\* Observera att känslig verksamhet i kombination med korta skyddsavstånd innebär höga verifieringsbehov och stora krav på riskreducerande åtgärder.

De färgade zonerna representerar Länsstyrelsens erfarenhet av bebyggelse inom respektive zon, där högst krav på verifiering av risknivå ställs på bebyggelse inom röd zon och lägst krav inom grön zon. I riktlinjen redogörs checklistor för respektive zon för att säkerställa att riskhantering genomförs i tillräcklig omfattning.

### 1.1.3 Riktlinjer avseende drivmedelsstationer

I Länsstyrelsen i Gävleborgs och Västernorrlands läns vägledning *Riskhantering vid transportleder för farligt gods* [4] anges att för planläggning inom 100 meter från drivmedelsstation ska följande information framgå:

- Avstånd från respektive markanvändning till cisternpåfyllningsplatsen.
- Beskrivning av vilka risker som kan uppkomma utifrån föreslagen planering.
- Bedömning av ifall kvantitativ riskanalys är nödvändig.
- Ställningstagande ifall risken anses acceptabel.

I tillägg till vägledningen i Länsstyrelsens riktlinjer redovisas rekommenderade avstånd till drivmedelsstationer i MSBs handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [5]. Avstånden beror av bebyggelsestyp och hanterade ämnen. Nedanstående riktvärden för avstånd utgår från cistern under jord med brandfarlig vara klass 1. Tabellen visar vilka avstånd (meter) som bör säkerställas.

Tabell 3. Avståndskrav i meter inom och runt om drivmedelsanläggning.

<b>Objekt</b>	<b>Påfyllnings- anslutning till cistern</b>	<b>Mätarskåp</b>	<b>Pejl- förskruvning</b>	<b>Cistern- avluftningens mykning</b>
Plats där människor vanligen vistas*	25	18	6	12
Stor brandbelastning, gnistbildande verksamhet	25	18	6	12
Plats där människor vanligen inte vistas** eller byggnad med låg brandbelastning	9	3	3	3
Förråd med lösa behållare med brandfarlig vara	12	3	3	6
Cistern ovan mark för brandfarlig vätska	3	3	-	-
Starkt trafikerad väg eller gata	3	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6
Miljöstation	12	12	3	12

\*Bostad, kontor, gatukök, butik, servering, busshållplats

\*\*Fristående garage, förråd etc.

#### **1.1.4 Riktlinjer avseende farlig verksamhet**

För planläggning i närhet av farlig verksamhet (enligt Lag om skydd mot olyckor) som hanterar större mängder kemikalier behöver enligt Länsstyrelsens vägledning [4] kontakt tas med räddningstjänsten för att bedöma utredningsbehovet.

Utöver Länsstyrelsens vägledning finns även rekommendationer från MSB i *Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering* [6]. Vägledningen fastställer bland annat att mark 100 meter från en Sevesoverksamhets fastighetsgräns generellt inte ska planläggas för etablering av ny bebyggelse för annat än industriändamål. Vidare bör ett riskhanteringsavstånd för verksamheten upprättas. Riskhanteringsavståndet representerar det avstånd från fastighetsgränsen inom vilket en olycka kan förorsaka dödsfall eller allvarliga skador på människor i omgivningen.

## 1.5 SAMRÅD

Omfattning och detaljeringsgrad, samt bedömningsgrunder (acceptanskriterier) för riskbedömningen har beslutats i samråd med Sundsvalls kommun [7].

Kontakt har även tagits med Nouryon och Circle K för att stämma av uppgifter kring respektive verksamhet.

## 1.6 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Kommunal plan för räddningsinsats [3]
- Tidigare genomförd riskbedömning för området [2]
- Kartunderlag [8]
- Möten med Sundsvalls kommun [7]
- Mejlkonversation med Nouryon [9]
- Samtal med Circle K [10]

## 1.7 INTERNKONTROLL

Rapporten är upprättad av Cecilia Nordenö (Civilingenjör Riskhantering). 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 Emelie Laurin (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering).

## 2 BESKRIVNINGAR

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av exploateringsområdet och omgivningen med syfte att överskådligt tydliggöra de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

### 2.1 OMGIVNING

Aktuellt exploateringsområde är beläget ca. 6 kilometer från Sundsvalls centrum. Områdets lokalisering i förhållande till Sundsvall visas i Figur 1.



Figur 1. Karta över områdets läge i förhållande till Sundsvall. Exploateringsområdet är markerat med blått.

Den närmsta omgivningen består mestadels av skogsområden och industriområden. Strax norr om exploateringsområdet ligger Bredsand som är ett bostadsområde.

### 2.2 EXPLOATERINGSOMRÅDET

Exploateringsområdet består av en yta på ca. 12 hektar, fördelat på ungefär 10 hektar norr om Kemivägen och 2 hektar söder om Kemivägen. Delområdena avgränsas av Ostkustbanan i öster, E4 i väster samt Kemivägen som delar det norra exploateringsområdet från det södra. Bortom Ostkustbanan i öster ligger Nouryon Pulp and Performance Chemicals samt en rad andra industrier (nedre fabriksområdet) och söder om exploateringsområdet ligger Nouryon Surface Chemistry (övre fabriksområdet). I hörnet vid E4 och Kemivägen ligger en drivmedelsstation.

Exploateringsområdet samt omgivande infrastruktur och industriområden visas i Figur 2.





Figur 2. Aktuella exploateringsområden markerade i blått, bostadsområde i orange och industriområden i rött. Verksamheterna inom industriområdena är numrerade; 1: Nouryon Surface Chemistry, 2: Nouryon Pulp and Performance Chemicals - Expancel, 3: Nouryon Pulp and Performance Chemicals - Kloratfabriken, 4: Casco Adhesives, 5: Nordic Carbide, 6: Superior Graphite, 7: Linde Gas.

Det finns vissa höjdskillnader inom området. Generellt sluttar området neråt österut. Invid E4 är markhöjden ca. 10 m.ö.h. medan den i det sydöstra hörnet av exploateringsområdet endast är 3 m.ö.h. Området söder om Kemivägen ligger något högre än övriga exploateringsområdet.

Exploateringsområdet är avsett för verksamheter och eventuellt lager (Z-verksamhet). Hur området kommer att disponeras, samt vilken eller vilka typer av verksamheter som kan bli aktuellt, är i dagsläget inte klarlagt. Verksamheterna kommer sannolikt att utgöras av olika typer av trafikantservice, exempelvis snabbmatsrestauranger. Troligtvis kommer vägen som leder till drivmedelsstationen att förlängas norrut i samband med exploatering.

## 2.3 INFRASTRUKTUR

I detta avsnitt beskrivs den omgivande infrastrukturen.

### 2.3.1 Ostkustbanan

Ostkustbanan passerar öster om exploateringsområdet. I nuläget är avståndet från plangräns till järnvägen ca. 100 meter. Den befintliga järnvägen är enkelspårig. Trafikverket planerar dock att bygga ut Ostkustbanan mellan Gävle och Sundsvall, där Dingersjö-Sundsvall är en av delsträckorna. I samband med utbyggnaden av järnvägsanläggningen kommer spårsläget att ändras. På aktuell sträcka innebär detta att järnvägen kommer att flyttas västerut och hamna närmare exploateringsområdet. Den nya järnvägen kommer att vara nedsänkt i förhållande till omgivningen.

För att denna riskbedömning ska vara aktuell vid ett framtida scenario med dubbelspårig järnväg med nytt läge utgår denna riskbedömning från dessa förutsättningar. Då planerna att utöka järnvägsanläggningen till dubbelspår har funnits under en längre tid förutsätts att Trafikverkets trafikprognos för transporter på aktuell sträcka år 2040 [11] beaktar den ökade kapaciteten som erhålls då anläggningen byggs ut. Trafikeringen redovisas i Tabell 4.

Tabell 4. Trafikering på aktuell sträcka av Ostkustbanan [11].

Trafik (Dingersjö – Sundsvall)	Trafik 2021 (ÅDT)	Trafikprognos 2040 (ÅDT)
Persontåg	41	45
Godståg	10	21
<b>Totalt</b>	<b>51</b>	<b>66</b>

### 2.3.2 E4

E4 löper längs exploateringsområdet i väster. Avståndet till vägen är ca. 15 meter från plangränsen. Vägen består, på aktuell sträcka, av två filer som avgränsas av ett mitträcke. Vägen har också avåkningskydd. Hastighetsbegränsningen är 110 km/h.

I höjd med exploateringsområdet finns en av- och påfart (trafikplats Stockvik) som leder till Kemivägen och drivmedelsstationen. Avfarten är nedsänkt i förhållande till E4 och exploateringsområdet söder om Kemivägen. I höjd med påfarten är exploateringsområdet beläget något lägre än E4, men längre norrut gör höjdskillnaden inom området att exploateringsområdet ligger högre än E4.

Trafiken på E4 mättes av Trafikverket senast år 2019 [12]. För att beakta eventuella trafikökningar på vägen i framtiden används Trafikverkets trafikuppräkningsstal (EVA) [13] för att uppskatta trafikflödet år 2040. Enligt dessa ska trafiken i Västernorrlands län räknas upp med en kvot på 1,13 för personbilar och 1,26 för lastbilar från 2019 till 2040<sup>1</sup>. Uppmätt trafikflöde 2019 och uppskattat trafikflöde år 2040 redovisas i Tabell 5.

Tabell 5. Trafikflöde på E4 år 2019 och för prognosår 2040.

Trafikflöde	Trafik 2019 (ÅDT)	Trafikprognos 2040 (ÅDT)
Lätta fordon	10 580	11 295
Tunga fordon	2 020	2 549
<b>Totalt</b>	<b>12 600</b>	<b>14 473</b>

Av tabellen kan det utläsas att ca. 16% av trafiken på vägen utgjordes av tung trafik år 2019, men att den andelen förväntas stiga till närmare 18 % år 2040. Vägen utgör en primär transportled för farligt gods-transporter.

### 2.3.3 Kemivägen

Kemivägen ansluter den nya E4 till den gamla E4 (Kustvägen). Kemivägen leder även till drivmedelsstationen, Circle K. Vid exploatering av området planeras Kemivägen även förlängas norrut, genom exploateringsområdet. Den nuvarande Kemivägen separerar det norra exploateringsområdet från det södra, se Figur 2.

<sup>1</sup> Uppräkningsstalen har justerats för att gälla 2019-2040.

Vägen är bestå av en fil i vardera riktningen och hastighetsbegränsningen är 60 km/h. Diken är anlagda utmed största delen av vägsträckan. Trafikeringen på vägen redovisas i Tabell 6 för år 2016 [12] och år 2040, uppräknat med Trafikverkets trafikuppräkningsstal (EVA) [13].

Tabell 6. Trafikflöde på Kemivägen 2016 och för prognosår 2040.

Trafikflöde	Trafik 2016 (ÅDT)	Trafikprognos 2040 (ÅDT)
Lätta fordon	4 400	5 045
Tunga fordon	390	509
<b>Totalt</b>	<b>4 790</b>	<b>5 553</b>

Kemivägen är inte en utpekad farligt gods-led, men det är känt att transporter av farligt gods förekommer till lokala avnämare. Det antas att samtliga transporter med farligt gods till och från övre och nedre fabriksområdet går via Kemivägen.

### 2.3.4 Kustvägen

Kustvägen, också kallad gamla E4, går utmed Ostkustbanan öster om exploateringsområdet. Efter att nya E4 byggdes har trafikflödet på vägen minskat kraftigt och det sker inte längre några transporter av farligt gods på vägen.

## 2.4 DRIVMEDELSSTATION

I vid trafikplats Stockvik ligger en drivmedelsstation som drivs av Circle K. På stationen finns bensin och diesel, samt möjlighet till elbilsaddning. På området finns också en bemannad stationsbyggnad samt biltvätt. Drivmedelsstationsområdet ligger i direkt anslutning till exploateringsområdet, se Figur 2.

## 2.5 INDUSTRIER

Stockviksverken är ett fabriksområde som är uppdelat i ett övre och ett nedre fabriksområde. Det övre fabriksområdet är beläget söder om exploateringsområdet, se Figur 2, och på detta område har Nouryon Surface Chemistry verksamhet. Det nedre fabriksområdet är beläget öster om exploateringsområdet, bortom Ostkustbanan och Kustvägen. På det nedre fabriksområdet har Nouryon Pulp and Performance Chemicals, Casco Adhesives, Nordic Carbide, Superior Graphite och Linde Gas verksamhet. Uppgifterna om respektive verksamhet i kommande stycken är hämtade från räddningstjänstens plan för räddningsinsats om inte annat anges [3].

Av dessa sju verksamheter omfattas fem av Sevesolagstiftningen<sup>2</sup>, vilken syftar till att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor. Om en verksamhet omfattas av Sevesolagstiftningen medför det krav på bland annat verksamhetens interna riskhanteringsrutiner. Kraven beror på om verksamheten omfattas av den lägre eller högre kravnivån, vilket avgörs baserat på vilka typer av farliga ämnen som hanteras, samt i vilka volymer.

<sup>2</sup> Sevesolagstiftningen omfattar lagen (1999:381), förordningen (2015:236) och föreskrifterna (MSBFS 2015:8) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, samt miljöbalken (1998:808), lagen om skydd mot olyckor (2003:778) och plan- och bygglagen (2010:900).

### **2.5.1 Nouryon Surface Chemistry (1)**

Nouryon Surface Chemistry AB tillverkar i huvudsak produkter inom ytkemi. Produkterna används bland annat i vägbyggnads-, gruv- och gödningsmedelsindustrin. I produktionen hanteras olika brandfarliga, explosiva, frätande och giftiga ämnen. Anläggningen omfattas på grund av hanteringen av dessa ämnen av Sevesolagstiftningens högre kravnivå.

Kortaste avstånd mellan verksamheten och exploateringsområdet är ca. 400 meter.

### **2.5.2 Nouryon Pulp and Performance Chemicals – Expancel (2)**

I anläggningen tillverkas expanderbara mikrosfärer vilka används i olika slutprodukter, bland annat i matförpackningsmaterial. I verksamheten hanteras farliga ämnen som exempelvis isopentan och ammoniak. Anläggningen omfattas av Sevesolagstiftningens högre kravnivå.

Kortaste avstånd mellan verksamheten och exploateringsområdet är ca. 300 meter.

### **2.5.3 Nouryon Pulp and Performance Chemicals – Kloratfabriken (3)**

Nouryon Pulp and Performance Chemicals kloratfabrik tillverkar och säljer natriumklorat som används som blekningsmedel för pappersmassa samt produkter för vattenrening. Inom verksamheten hanteras farliga ämnen som t.ex. vätgas, väteperoxid och saltsyra. Anläggningen omfattas av Sevesolagstiftningens högre kravnivå.

Kortaste avstånd mellan verksamheten och exploateringsområdet är ca. 350 meter.

### **2.5.4 Casco Adhesives (4)**

Casco Adhesives tillverkar limprodukter. I verksamheten hanteras bland annat formaldehyd. Anläggningen omfattas på grund av det av Sevesolagstiftningens högre kravnivå.

Kortaste avstånd mellan verksamheten och exploateringsområdet är ca. 300 meter.

### **2.5.5 Nordic Carbide (5)**

Företaget bedriver produktion av bränd kalk och kalciumkarbid. Stora mängder karbid och kryolit, vilka klassas som farliga ämnen, hanteras inom verksamheten. Anläggningen omfattas av Sevesolagstiftningens högre kravnivå.

Kortaste avstånd mellan verksamheten och exploateringsområdet är ca. 550 meter.

### **2.5.6 Superior Graphite (6)**

Superior Graphite tillverkar syntetisk grafit till bland annat olje- och bilindustrin [14]. Verksamheten hanterar stora mängder bränd kalk (kalciumoxid) [15]. Anläggningen omfattas inte av Sevesolagstiftningen.

Kortaste avstånd mellan verksamheten och exploateringsområdet är ca. 550 meter.

### **2.5.7 Linde Gas (7)**

Linde Gas (tidigare AGA) bedriver verksamhet som omfattar produktion, lagring och distribution av syrgas, kvävgas och argon. Lagringen sker i flytande tillstånd i isolerade tankar [2]. Anläggningen omfattas inte av Sevesolagstiftningen.

Kortaste avstånd mellan verksamheten och exploateringsområdet är ca. 650 meter.



## 2.6 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Exploateringsområdet ligger utanför tätorten där persontätheten generellt kan antas vara låg. Omgivningen består mestadels av industrier eller skogsområden. Personerna som befinner sig i området antas därför i första hand vara personer som arbetar på området samt tillfälliga besökare. Hur många personer det handlar om beror på hur området exploateras och vilka typer av verksamheter som anläggs. Det uppskattas att omkring 100-200 personer kan förväntas vistas inom exploateringsområdet samtidigt [7]. Med en yta på ca. 12 hektar motsvarar detta en persontäthet på maximalt 1 700 personer/km<sup>2</sup>. Väster om E4 antas inga personer vistas då området är obebyggt och persontätheten ansätts därför till 0 personer/km<sup>2</sup>.

Persontätheten förväntas variera beroende på tid på dygnet. Majoriteten av personerna inom området befinner sig sannolikt enbart där under dagtid, baserat på planerad bebyggelsestyp. Det antas därför att persontätheten inom området generellt är 0 personer/km<sup>2</sup> nattid, även om enstaka personer fortfarande kan befinna sig på området (t.ex. vid drivmedelsstationen). Det antas att dygnet består av 12 timmar dagtid och 12 timmar nattid.

Det antas också att en del av personerna befinner sig inomhus. I beräkningarna antas att 90 % av personerna som vistas på området under dagtid befinner sig inomhus.

## 3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas den genomförda riskidentifieringen och därefter beskrivs de identifierade riskkällorna och deras potentiella påverkan på exploateringsområdet.

### 3.1 IDENTIFIERING AV RISKKÄLLOR

Riskkällor i exploateringsområdets omgivning har identifierats utifrån kartstudier [8], information om farliga verksamheter inom kommunen [3] samt utifrån tidigare genomförd riskbedömning [2]. De identifierade riskkällorna är följande;

- Urspårning på Ostkustbanan
- Farligt gods-transporter
  - Ostkustbanan
  - E4
  - Kemivägen
- Hantering av brandfarlig vätska på drivmedelsstation
- Hantering av farliga ämnen på industrier
  - Nouryon Surface Chemistry
  - Nouryon Pulp and Performance Chemicals – Expancel
  - Nouryon Pulp and Performance Chemicals – Kloratfabriken
  - Nordic Carbide
  - Casco Adhesives
  - Linde Gas

Riskkällornas läge i förhållande till exploateringsområdet visas i Figur 2 ovan.

### 3.2 BESKRIVNING AV RISKKÄLLOR

I detta avsnitt beskrivs riskerna kopplade till respektive riskkälla och huruvida dessa bedöms ha betydande påverkan på exploateringsområdet eller ej.

#### 3.2.1 Urspårning på Ostkustbanan

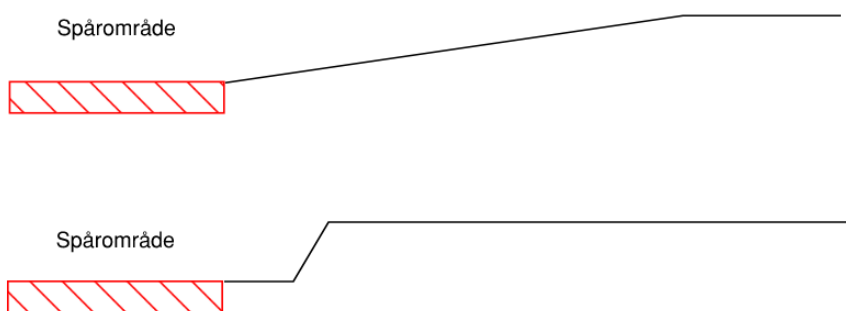
Den dominerande risken (med avseende på sannolikhet) i anslutning till järnväg är urspårning. Konsekvenserna till följd av urspårning kan omfatta att människor förolyckas, antingen utomhus eller i intilliggande byggnader som påverkas av händelsen. Dock är den vanligaste konsekvensen av en urspårning materiella skador på järnvägsanläggningen och/eller på tåg. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg.

Det finns ett antal kända orsaker som var för sig eller tillsammans kan resultera i en urspårning, såsom växelpassager, kraftiga inbromsningar, spårlägesfel, solkurvor och sabotage. Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Konsekvenserna av en urspårning är direkt beroende av hur långt ifrån spåret som tåget hamnar.

I Eurocode om dimensioneringskrav avseende olyckslaster hänvisas till UIC 777–2 [16] för vägledning avseende olyckslaster orsakade av spårbunden trafik [17]. I UIC-modellen har hastigheten på sträckan en central betydelse då denna parameter bland annat avgör hur långt från spåret (vinkelrätt) urspårade fordon kan hamna.

Modellen anger att tågets maximala avvikelse vinkelrätt från spåret i meter kan skattas utifrån  $V^{0,55}$  ( $V$  = urspårningshastigheten i km/h) [16]. I Bilaga E, avsnitt E.1, redovisas hur sambanden i UIC-772 har nyttjats för att uppskatta risken för mekanisk påverkan på omgivningen vid händelse av en urspårning längs den aktuella järnvägssträckan.

Då Ostkustbanan får ett nytt läge planeras järnvägen placeras nedsänkt i förhållande till omgivningen. Detta kan begränsa påverkan från urspårning då höjdskillnaden kan likställas med en vall. Hur stor effekt den har för att begränsa en urspårning beror dock på vallens utformning. Det nedre alternativet Figur 3 har sannolikt en bra riskreducerande effekt, medan effekten av en utformning enligt det övre alternativet är mer osäker.



Figur 3. Möjliga scenarier med höjdskillnad mellan spårområde och exploateringsområde.

Eftersom exploateringsområdet har pekats ut som attraktivt för kommunen [1] är det sannolikt att utformningen kommer att likna det nedre alternativet, då det leder till störst bebyggelsebar yta. Om denna höjdskillnad är betydande kan mekanisk påverkan till följd av urspårning sannolikt försummas (UIC-772 [16] anger att en skyddsbarriär invid järnväg bör vara minst 76 cm högre än spåret).

Då utformningen av järnvägsanläggningen ännu är okänd utreds risken kopplad till urspårning på Ostkustbanan vidare i riskbedömningen.

### 3.2.2 Transport av 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 de inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [18] [19] som har tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Samtliga klasser och beskrivningar av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med respektive farligt gods-klass redovisas i Bilaga B.

#### Ostkustbanan

Antalet transporter av farligt gods på Ostkustbanan antas vara knappt 3 tåg per dygn i genomsnitt. Detta baseras på trafikeringen på aktuell sträcka, där 21 godståg förväntas per dygn år 2040 samt statistiskt underlag som visar att ca. 12% av godståg kan förväntas innehålla farligt gods [20].

Statistiken baseras på en sammanställning av transport av farligt gods på järnväg i Sverige 2016-2021 [20]. Då inga specifika uppgifter för den aktuella järnvägssträckan har kunnat erhållas, tillämpas den nationella statistiken vad gäller andelen farligt gods av totala antalet godstransporter samt fördelningen mellan de olika farligt gods-klasserna.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se Bilaga B, bedöms följande farligt gods-klasser vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen;

- Explosiva ämnen (klass 1)
- Brandfarlig gas (klass 2.1)
- Giftig gas (klass 2.3)
- Brandfarlig vätska (klass 3)
- Oxiderande ämnen (klass 5.1)

Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

#### **E4**

Antalet transporter av farligt gods på E4 uppskattas utifrån trafikprognosen för år 2040 samt antagandet att 2,5 % av den tunga trafiken utgörs av farligt gods-transporter, vilket är baserat på ett nationellt genomsnitt [21]. Detta motsvarar ca. 64 farligt gods-transporter per dygn på E4 år 2040.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se Bilaga B, bedöms följande farligt gods-klasser vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen;

- Explosiva ämnen (klass 1)
- Brandfarlig gas (klass 2.1)
- Giftig gas (klass 2.3)
- Brandfarlig vätska (klass 3)
- Oxiderande ämnen (klass 5.1)

Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet.

#### **Kemivägen**

Kemivägen är inte en utpekad farligt gods-led, men det är känt att transporter av farligt gods förekommer till Circle K samt till både det övre och nedre fabriksområdet.

Circle K tar enligt uppgift emot i genomsnitt 3 leveranser av bränsle per vecka. Detta motsvarar 156 transporter per år med brandfarlig vätska (klass 3).

Till det övre fabriksområdet, Nouryon Surface Chemistry, går ungefär 200 transporter med farligt gods per år. Transporterna utgörs av ättiksyra (klass 8), formalin (klass 8), svavelsyra (klass 8), lut (klass 8) och ammoniak (klass 2.3) [9]. Av dessa bedöms enbart transportererna av ammoniak utgöra en risk för omgivningen då transporter av klass 8 endast förväntas ge signifikanta konsekvenser i olycksfordonets omedelbara närhet. Antalet transporter av ammoniak (klass 2.3) till det övre fabriksområdet uppskattas till 30 per år baserat på uppgifter från verksamheten [9].

Till det nedre fabriksområdet går ungefär 4 000 transporter med farligt gods per år [9]. Baserat på uppgifter från verksamheterna inom fabriksområdet innehåller en stor del av transportererna ämnen i klass 4 och klass 8. Det antas att dessa transporter utgör 50 % av alla transporter till det nedre fabriksområdet. Därutöver antas att drygt 40 % av transportererna innehåller klass 5.1 då stora mängder natriumklorat produceras på anläggningen och transporteras till Sundsvall. Resterande transporter fördelas mellan klass 2.1, 2.3, 3 och 5 för att säkerställa att samtliga potentiella olycksscenarioer beaktas. Inga transporter med explosiva ämnen (klass 1) antas förekomma.

Sammanlagt antas beaktade transporter av farligt gods på Kemivägen följa fördelningen som redovisas i Tabell 7.

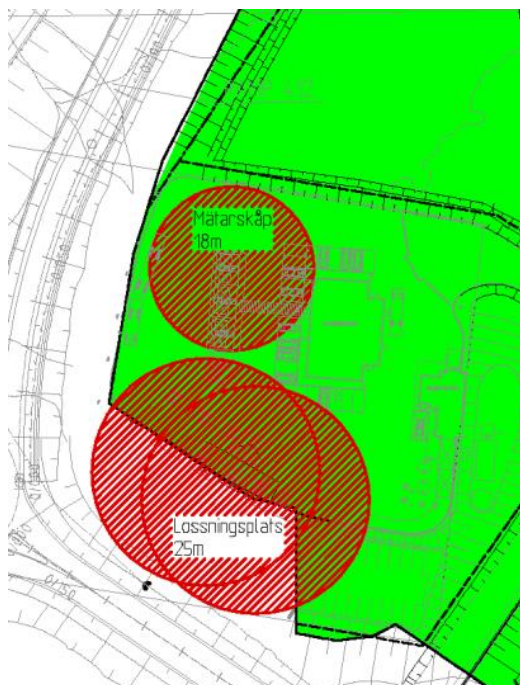
Tabell 7. Beaktade transporter av farligt gods på Kemivägen.

Farligt gods	Antal transporter per år	Andel
Explosiva ämnen (klass 1)	-	0 %
Brandfarlig gas (klass 2.1)	12	0,3 %
Giftig gas (klass 2.3)	60	1,4 %
Brandfarlig vätska (klass 3)	180	4,3 %
Oxiderande ämnen (klass 5.1)	1 800	43 %
Övriga farligt gods-klasser	2 134	51 %

### 3.2.3 Hantering av brandfarlig vätska på Circle K

Två olika typer av utsläpp av brandfarlig vätska bedöms vara aktuella; olycka vid tankning och olycka vid påfyllnad av cistern med brandfarlig vätska. I MSBs handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [5] anges rekommenderade skyddsavstånd till respektive del inom bensinstationen, se Tabell 3.

Enligt handboken bör avståndet till mätarskåp vara minst 18 meter och till cisternens påfyllningsanslutning minst 25 meter för markanvändning där människor vanligen vistas. Dessa avstånd visas i Figur 4.



Figur 4. Avstånd från lossningsplats och mätarskåp enligt MSBs vägledning [2].

Utifrån rekommendationerna i MSBs handbok anses befintlig utformning av bensinstationen inte utgöra någon betydande risk för exploateringsområdet. Risken hanteras därmed inte vidare i riskbedömningen.

### 3.2.4 Hantering av farliga ämnen på industrier

Det finns ett antal verksamheter som omfattas av Sevesolagstiftningen, både inom det övre och det nedre fabriksområdet. Utöver dessa finns ett antal ytterligare verksamheter. Företagen på Stockviksverken har en gemensam räddningsplan som beskriver hur företagen ska arbeta vid en olycka på anläggningen [3].

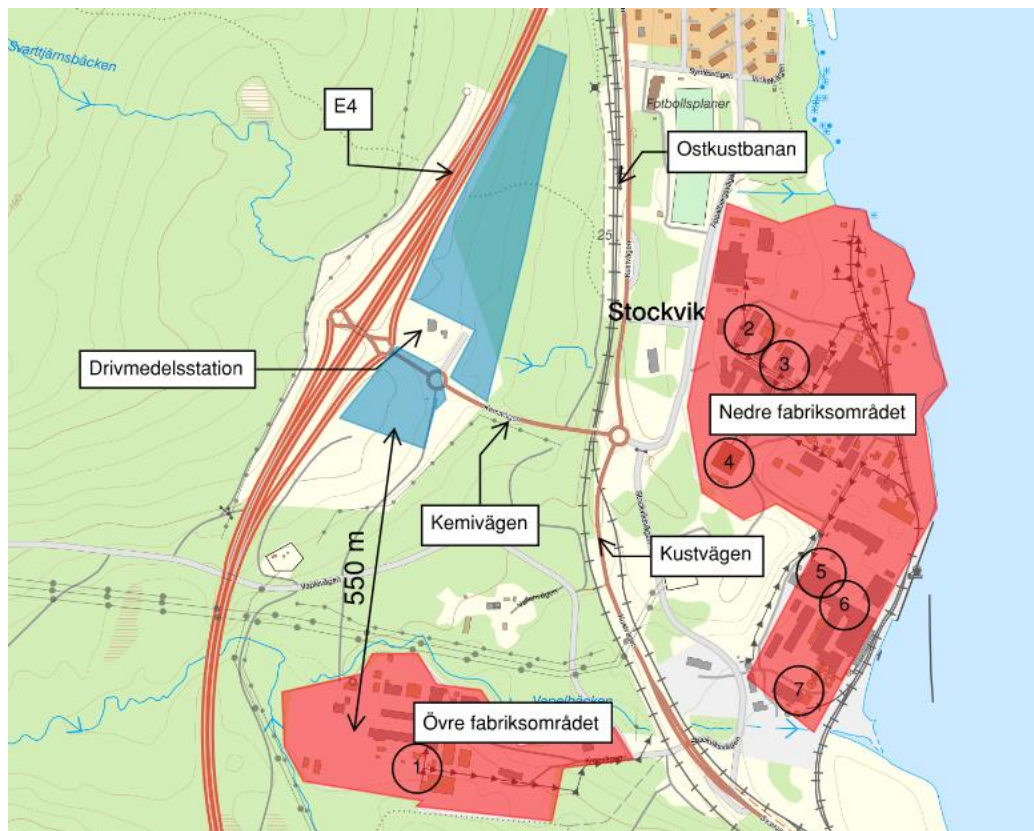
#### Nouryon Surface Chemistry

Enligt Räddningstjänstens kommunala plan för räddningsinsats [3] har det i företagets riskanalys identifierats risker knutna till ett flertal olika ämnen. Av de identifierade riskerna har utsläpp av ammoniak, metylklorid och monometylamin (MMA) bedömts kunna orsaka skador på människor utanför fabriksområdet. De dimensionerande olycksscenarierna redovisas i Tabell 8.

Tabell 8. Olycksscenarier kopplade till Nouryon Surface Chemistry [2].

Olycksscenario	Frekvens [per år]	Konsekvensavstånd för dimensionerande scenario [m]
Utsläpp ammoniak	$1,63 \cdot 10^{-3}$	550
Utsläpp metylklorid	$2,53 \cdot 10^{-4}$	350
Utsläpp MMA	$2,53 \cdot 10^{-4}$	400

Avståndet till exploateringsområdet är som kortast ca. 400 meter från det övre fabriksområdet. Detta innebär att det främst är ammoniak som kan förväntas påverka området i händelse av en olycka. Avståndet till ammoniakcisternerna uppgår dock till ca. 540 meter, vilket innebär att det endast är en liten del av exploateringsområdet söder om Kemivägen som skulle kunna påverkas, se Figur 5.



Figur 5. Avstånd mellan ammoniakcisterner och exploateringsområdet.



Då detta område endast utgör en mycket liten del av det totala exploateringsområdet beaktas inte risken vidare då risknivåerna för området beräknas, däremot bör risken beaktas vid exploatering söder om Kemivägen för att minimera riskerna. Se vidare i avsnittet om skyddsavstånd i kapitel 5.2.1.

### ***Nouryon Pulp and Performance Chemicals - Expancel***

De risker som har identifierats med möjlig påverkan utanför exploateringsområdet förknippas med hantering av ammoniak samt risk för dammexplosion i efterbehandlingen [3]. Verksamhetens egen riskbedömning visar att konsekvensavståndet för en olycka med ammoniak är ca. 300 meter [2]. Ammoniakcisternernas placering inom området gör att avståndet till exploateringsområdet överstiger 300 meter. Risken för exploateringsområdet om en dammexplosion inträffar är främst kopplad till risken för brandspridning. Själva dammexplosionen bedöms endast ge lokala konsekvenser [2].

Riskerna kopplade till expancelverksamheten bedöms inte ha någon betydande påverkan på exploateringsområdet och utreds därför inte vidare i riskbedömningen.

### ***Nouryon Pulp and Performance Chemicals – Kloratfabriken***

De risker som har identifierats i verksamhetens riskbedömning är brand eller utsläpp av natriumklorat samt explosion med vätgas. Samtliga risker bedöms dock endast leda till lokala konsekvenser [3].

Eftersom inga risker som ger påverkan utanför verksamhetsområdet har identifierats beaktas inte kloratfabriken vidare i riskbedömningen.

### ***Casco Adhesives***

Casco Adhesives har identifierat risk för brand/explosion med formalin som den primära risken i verksamheten. Risken bedöms dock inte kunna orsaka skador på människor utanför verksamhetsområdet [3].

Risker kopplade till Casco Adhesives beaktas därmed inte vidare i riskbedömningen.

### ***Nordic Carbide***

Stora mängder karbid och kryolit hanteras i verksamheten. Hanteringen av karbid medför risk för att den brandfarliga gasen acetylen bildas. Risk för brand och explosion finns med avseende på att acetylen kan bildas i verksamheten. Kryolit medför risk för utsläpp av giftigt ämne [3].

Verksamhetens egen riskbedömning visar att inga av de identifierade riskerna kan orsaka skador utanför industriområdet [22]. Risker kopplade till Nordic Carbide beaktas därmed inte vidare i riskbedömningen.

### ***Superior Graphite***

Superior Graphite hanterar kalciumoxid som är ett svagt frätande ämne. Verksamheten bedöms dock inte medföra några risker för skador utanför verksamhetsområdet.

Risker kopplade till Superior Graphite beaktas därmed inte vidare i riskbedömningen.

### ***Linde Gas***

Enligt Räddningstjänstens kommunala plan för räddningsinsats bedöms ingen av de identifierade riskerna förknippade med hanteringen av gaserna orsaka skador på människor utanför verksamhetsområdet [2].

Risker förknippade med gashanteringen inom Linde Gas utreds därför inte vidare i denna riskbedömning.

### 3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på beskrivningarna i avsnitt 3.2 bedöms följande riskkällor nödvändiga att utreda vidare i riskbedömningen;

- Urspåring på Ostkustbanan
- Farligt gods-transporter på Ostkustbanan
- Farligt gods-transporter på E4
- Farligt gods-transporter på Kemivägen
- Risker kopplade till ammoniakcisterner inom övre fabriksområdet

De farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 9.

Tabell 9. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer med farligt gods.

<b>Explosiva ämnen</b> <b>Klass 1</b>	<b>Brandfarlig gas</b> <b>Klass 2.1</b>	<b>Giftig gas</b> <b>Klass 2.3</b>	<b>Brandfarlig vätska</b> <b>Klass 3</b>	<b>Oxiderande ämnen</b> <b>Klass 5.1</b>
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion
Medelstor explosion	Gasmolns-explosion	Medelstort läckage	Medelstor pölbrand	Brand
Stor explosion	Liten jetflamma Mellan jetflamma Stor jetflamma	Stort läckage	Stor pölbrand	



## 4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier som har valts ut i kapitel 3.

### 4.1 ACCEPTANSKRITERIER

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Länsstyrelsen i Västernorrland förespråkar att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [23].

Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

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 vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt 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 där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

Risker värderas vanligtvis utifrån två riskmått, individrisk och samhällsrisk. Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmått vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas.

**Individrisk** beskriver sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas i en specifik plats omkommer. Individrisk är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmålet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk. Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur 6) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla, men kan även redovisas som konturer på en karta.

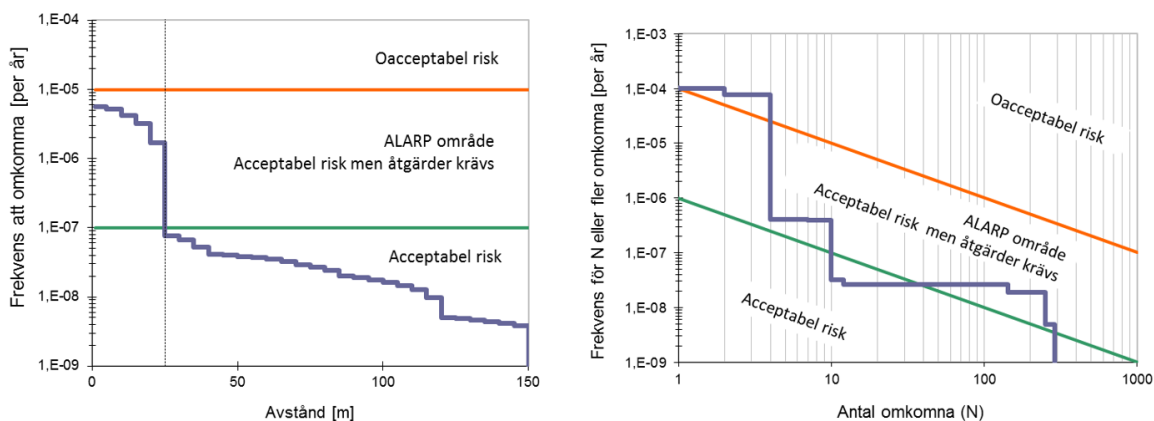
**Samhällsrisk** – Beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisken redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 6) som visar den ackumulerade frekvensen F för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.

I Tabell 10 redogörs för DNVs uppställda kriterier för värdering av individ- och samhällsrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Gränserna markeras med orange respektive grön linje enligt Figur 6.

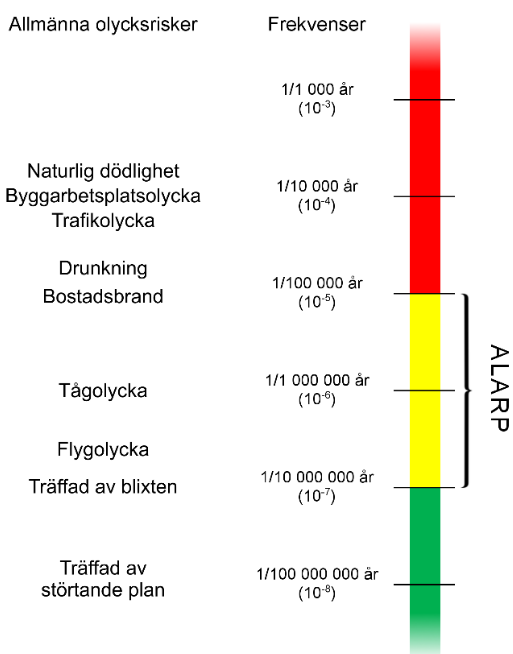
Tabell 10. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

Riskmått	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	$< 10^{-7}$	$10^{-7}$ till $10^{-5}$	$> 10^{-5}$
Samhällsrisk	$< 10^{-6}$	$10^{-6}$ till $10^{-4}$	$> 10^{-4}$



Figur 6. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [23].

Som jämförelse illustreras i Figur 7 ett antal olycksrisker i samhället.



Figur 7. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [24].

## 4.2 BERÄKNADE RISKNIVÅER

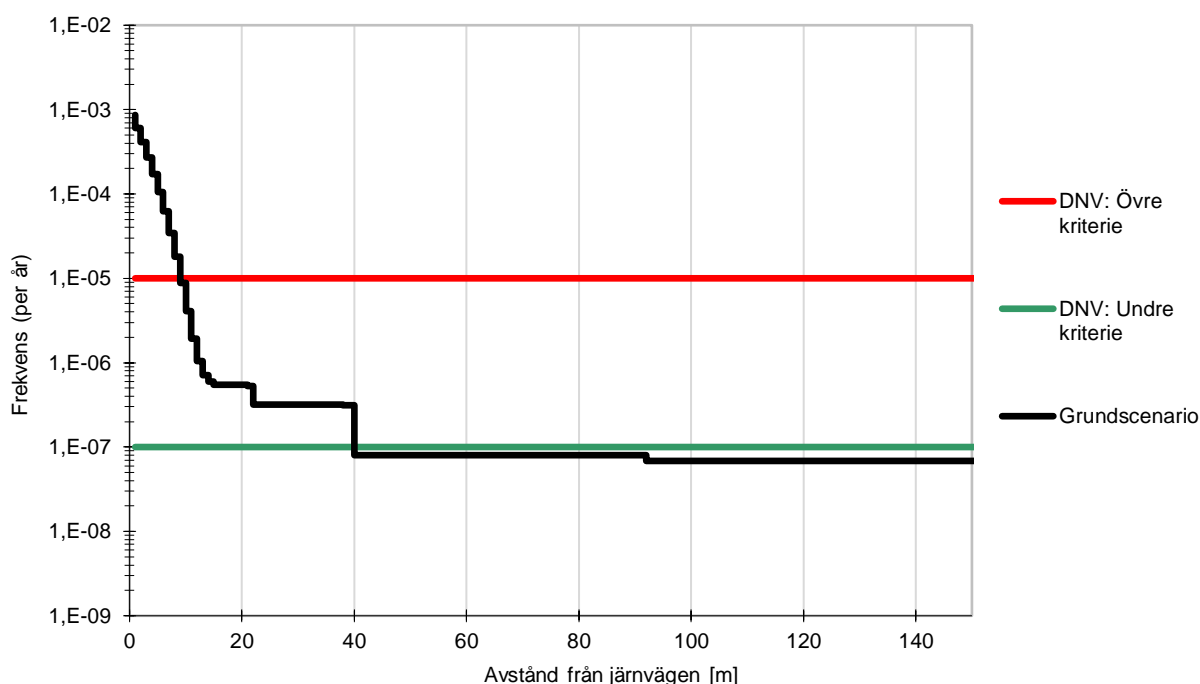
I detta avsnitt redovisas de beräknade risknivåerna. Individrisken redovisas separat för varje riskkälla då den visar risknivån på ett visst avstånd från en riskkälla, men även den aggregerade individrisken beaktas. Samhällsriskerna däremot redovisas bara för den aggregerade riskbilden då riskbidrag från samtliga riskkällor ska beaktas när risken för människorna inom exploateringsområdet bedöms.

### 4.2.1 Individrisknivå med avseende på Ostkustbanan

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [25] 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 E.

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

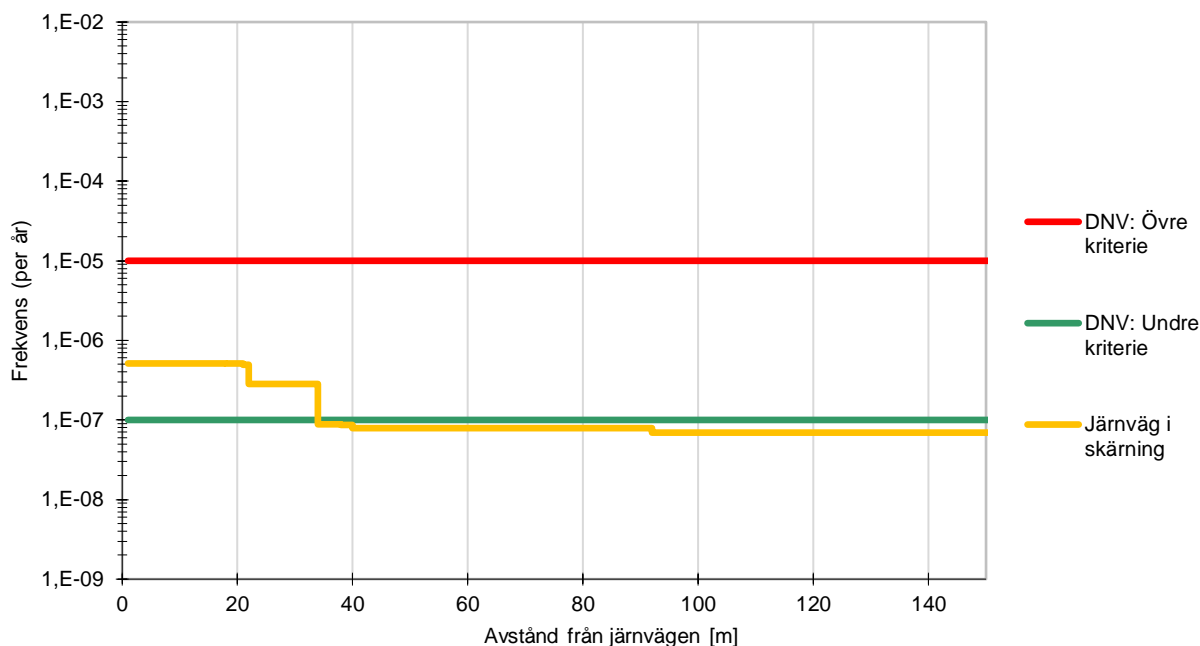
I Figur 8 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs Ostkustbanan. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.



Figur 8. Individrisknivå med avseende på Ostkustbanan.

Ur figuren kan utläsas att risken är oacceptabel upp till 9 meter från spårmittpunkt, inom ALARP-området mellan 9-40 meter och acceptabel bortom 40 meter från spårmittpunkt. Upp till 15 meter från spårmittpunkt dominerar individrisken av urspårningsrisken. Därefter är det olycks scenarier kopplade till farligt gods som bidrar till risknivån.

Eftersom den nya järnvägen förväntas gå i skärning görs även en beräkning där höjdskillnaden antas förhindra påverkan från urspårning samt begränsa spridningen av pölbrand. Resultatet visas i Figur 9.



Figur 9. Individrisknivå med avseende på Ostkustbanan med hänsyn till höjdskillnad.

Ur denna figur kan utläsas att risken är inom ALARP-området upp till 34 meter från spårmittpunkt och på större avstånd än så acceptabel. Risknivån påverkas här enbart av olycksscenarioer kopplade till farligt gods.

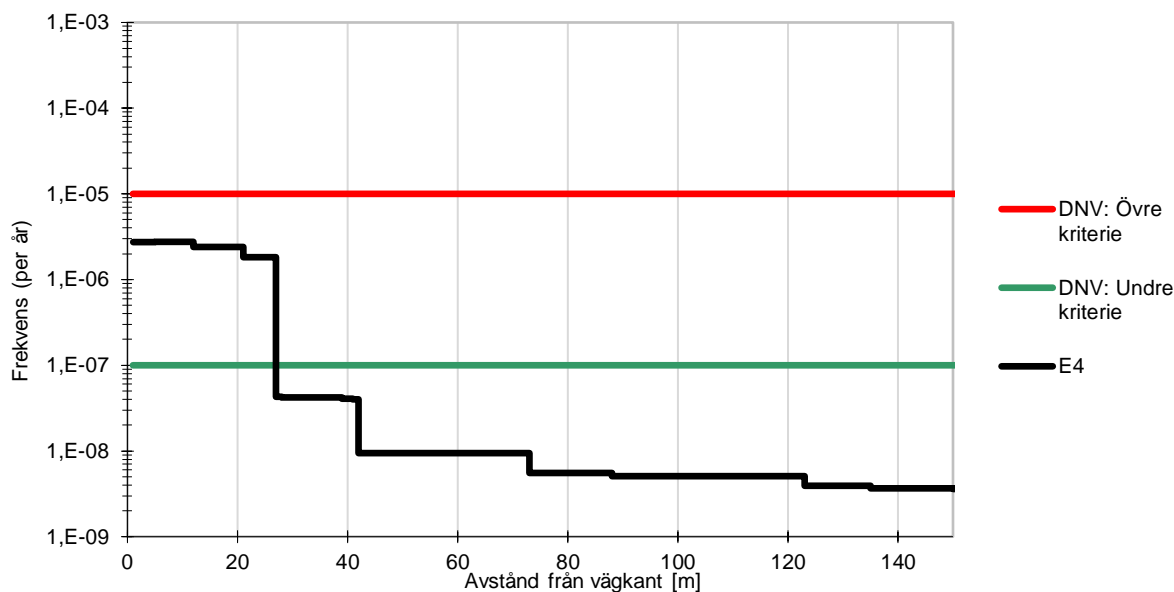
Anledningen till att individrisknivån ligger nära DNVs undre kriterie, även på stora avstånd, är på grund av ett relativt högt flöde av godståg med farligt gods på järnvägssträckan och riskscenarier kopplade till utsläpp av giftig gas.

#### 4.2.2 Individrisknivå med avseende på E4

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägvägningsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [26] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägvägningsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C.

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

I Figur 10 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs E4. De vågräta linjerna markerar övre och undre gränser för ALARP-området.



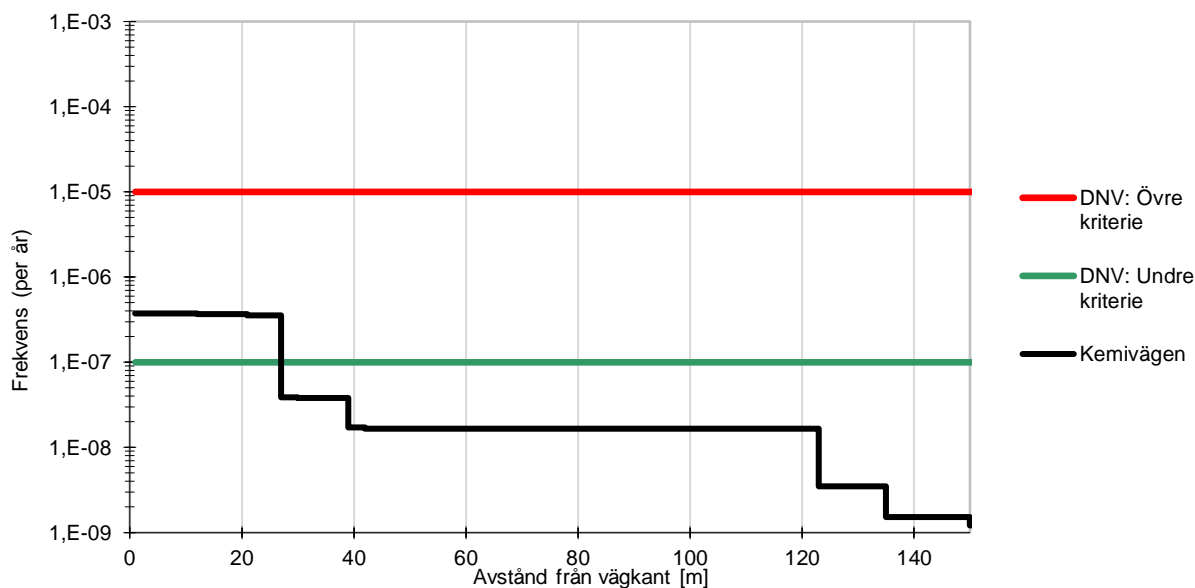
Figur 10. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E4.

Ur figuren kan utläsas att risknivån ligger högt inom ALARP upp till 27 meter från väggkant. På avstånd större än 27 meter är individrisken acceptabel. Den dimensionerande risken upp till 27 meter från vägen är olycksscenarioer med brandfarlig vätska som leder till pölbrand.

#### 4.2.3 Individrisknivå med avseende på Kemivägen

För uppskattning av risknivån har samma metod som beskrivs för E4 i avsnitt 4.2.2 tillämpats. Till skillnad från E4 har dock ett känt antal transporter med farligt gods använts som indata i beräkningarna baserat på uppgifter från verksamheterna, se Tabell 7.

I Figur 11 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs Kemivägen. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.



Figur 11. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Kemivägen.

Ur figuren kan utläsas att individrisken utmed Kemivägen ligger lågt inom ALARP-området upp till 27 meter från väggkanten. Detta beror främst på olycksscenarioer med brandfarlig vätska som leder till pölbrand samt olycksscenarioer med oxiderande ämnen som kan orsaka brand. Eftersom transportererna med brandfarlig vätska i första hand går till drivmedelsstationen som ligger invid trafikplatsen bedöms risken kopplad till pölbrand vara överskattad för övriga vägsträckan. Bortom 27 meter från väggkant är individrisken acceptabel.

#### 4.2.4 Aggregerad individrisknivå

Inom delar av exploateringsområdet kommer individrisken att påverkas av flera riskkällor. Detta gäller t.ex. vid korsningen mellan E4 och Kemivägen respektive mellan Ostkustbanan och Kemivägen. I detta fall kan det dock konstateras att individrisken för E4 respektive Ostkustbanan kommer att vara dominerande och således styra det skyddsavstånd som krävs till bebyggelse.

I den östra delen av exploateringsområdet påverkas individrisken av både E4 och Ostkustbanan. På större avstånd från riskkällorna är frekvensen för påverkan dock så låg att den aggregerade risknivån endast blir marginellt högre än för de separata riskkällorna.

Individrisknivåerna inom området illustreras i Figur 12. Rött fält visar på oacceptabel risknivå, gult på ALARP och grönt på acceptabel risk. Även rekommenderat skyddsavstånd till ammoniakcisternerna inom nedre fabriksområdet är gul-markerat.



Figur 12. Illustration av individrisknivåerna utmed respektive riskkälla. En ny järnvägssträckning med två spår har illustrerats i figuren för att ge en bild av hur risknivån ser ut vid järnvägen, förutsatt att den kommer att angränsa till exploateringsområdet. Observera att järnvägens verkliga sträckning inte är beslutad ännu.

#### 4.2.5 Samhällsrisknivå

Samhällsrisknivån har beräknats för ett område som är 1 km<sup>2</sup> stort, med riskkällorna placerade i mitten. Det bebyggelsefria avståndet uppskattas vara 30 meter för Kemivägen, 30 meter för E4 och 35 meter för Ostkustbanan baserat på beräknad individrisk kopplad till respektive transportled.

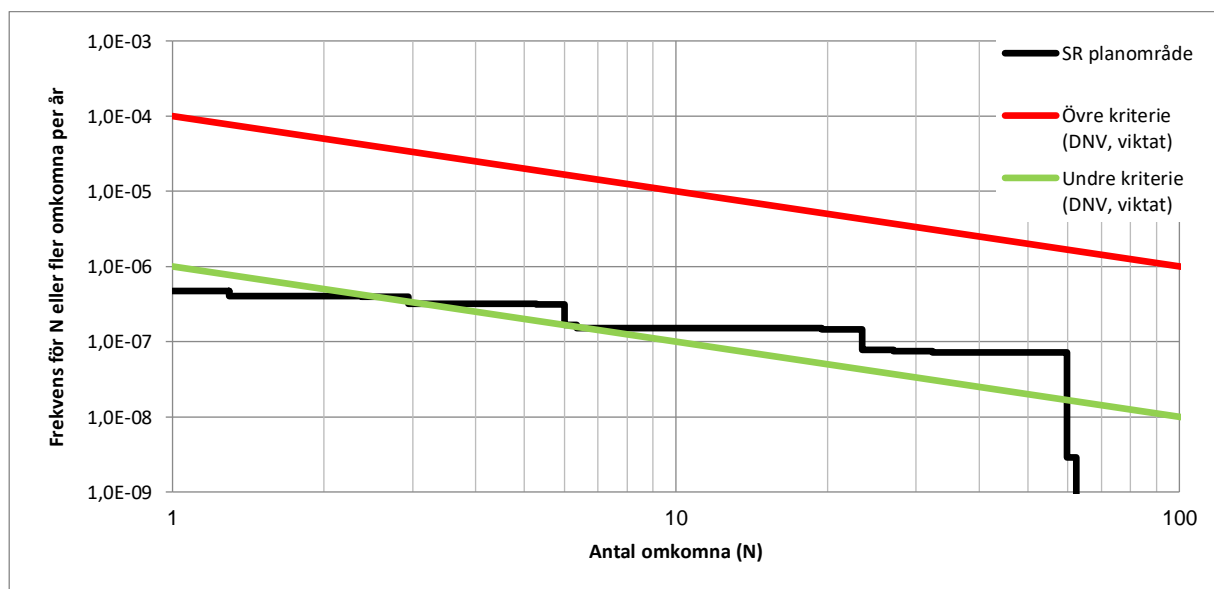
Vid beräkningarna av samhällsriskerna antas inomhusvistelse vid vissa olycksscenarioer medföra en signifikant lägre risk att omkomma. De ansatta skyddsgraderna som redovisas i Tabell 11 bygger på tidigare riskbedömningar inom samhällsplanering [27] och internationella vägledningar så som CPR 18E [28]. I Bilaga G redovisas mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

Tabell 11. Ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse när samhällsriskerna för exploateringsområdet med omnejd beräknas. En skyddsgrad på exempelvis 60 % innebär att individerna som befinner sig inom konsekvensområdet och inomhus antas ha en 60 % mindre sannolikhet att omkomma till följd av olyckan jämfört med individer som vistas utomhus inom samma konsekvensområde.

Olycksscenario	Skyddsgrad vid inomhusvistelse
Stora explosionslaster (~25 000 kg)	0 %
Mindre explosionslaster (~150 kg)	0 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (jetflamnor, gasmoln)	50 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (BLEVE)	75 %
Utsläpp av giftiga gaser	50 %
Utsläpp av brandfarliga vätskor	75 %

\*Konsekvensavståndet vid dessa typer av olyckor understiger skyddsavståndet mellan bebyggelsen inom Zon 2 och järnvägen.

I Figur 13 illustreras samhällsrisknivån för det aktuella exploateringsområdet och omnejd. De diagonala linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.



Figur 13. Samhällsrisknivå för exploateringsområdet.

Ur figuren kan utläsas att samhällsriskerna ligger lågt inom ALARP-området. Samhällsriskerna blir relativt låga, framför allt till följd av att persontätheten inom det studerade området är låg då området väster om E4 är obebyggt.

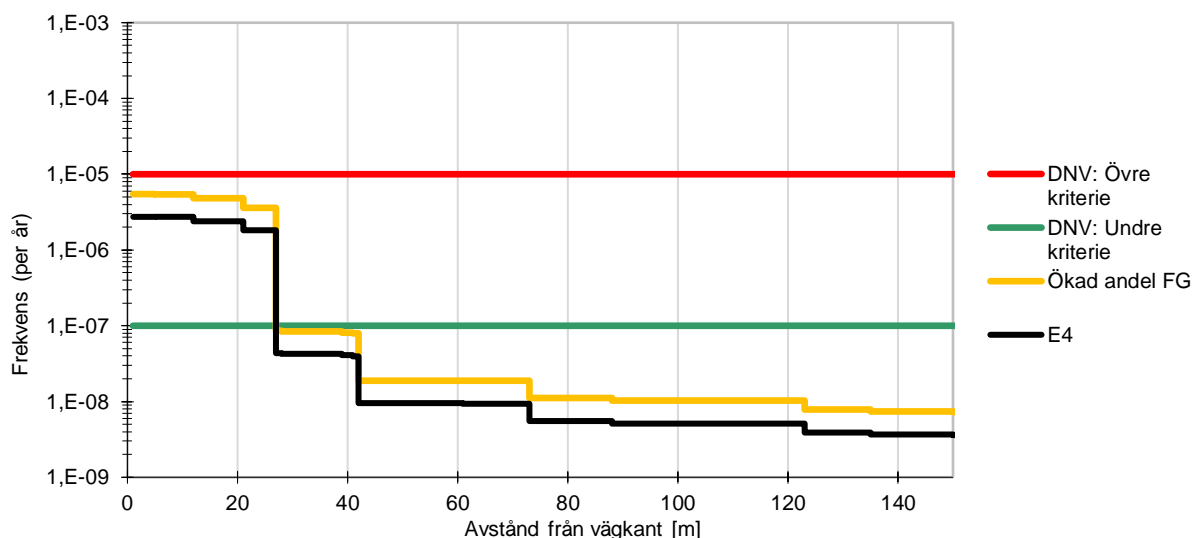
## 4.3 KÄNSLIGHETSANALYSER

I detta avsnitt genomförs följande känslighetsanalyser för att undersöka hur de uppskattade risknivåerna för exploateringsområdet skulle påverkas vid förändrade ingångsvärden: Högre andel farligt gods på E4 och Ostkustbanan

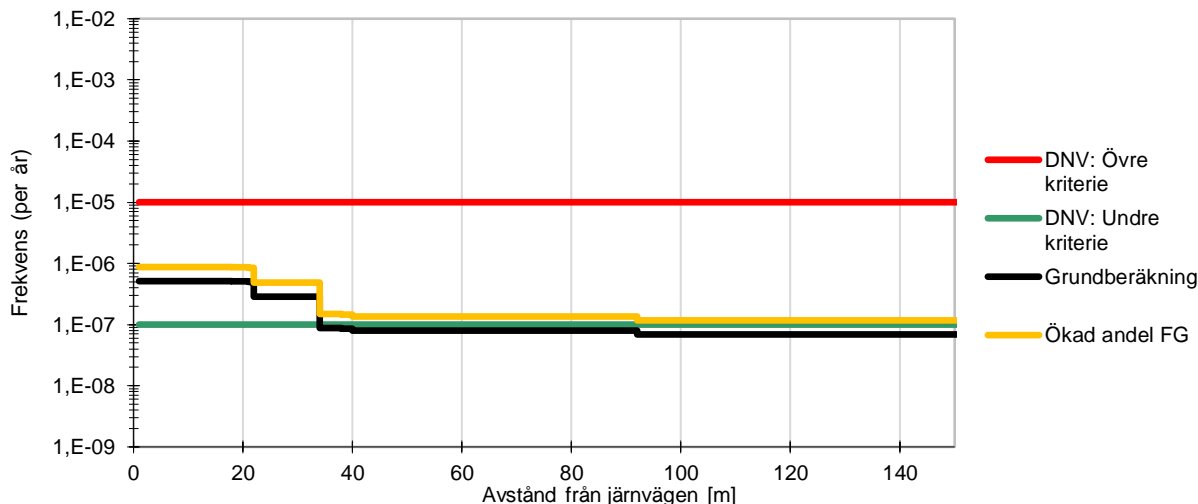
- Högre persontäthet
- Kortare bebyggelsefritt avstånd

### 4.3.1 Andel farligt gods

Andelen farligt gods som transporteras på respektive trafikled påverkar både individ- och samhällsrisken. För att ta höjd för en eventuell ökning av andelen farligt gods-transporter på E4 och Ostkustbanan i framtiden görs en känslighetsanalys där andelen farligt gods av tung trafik respektive godståg fördubblas. Resultaten på individrisken visas i Figur 14 och Figur 15 och samhällsrisken visas i Figur 16.

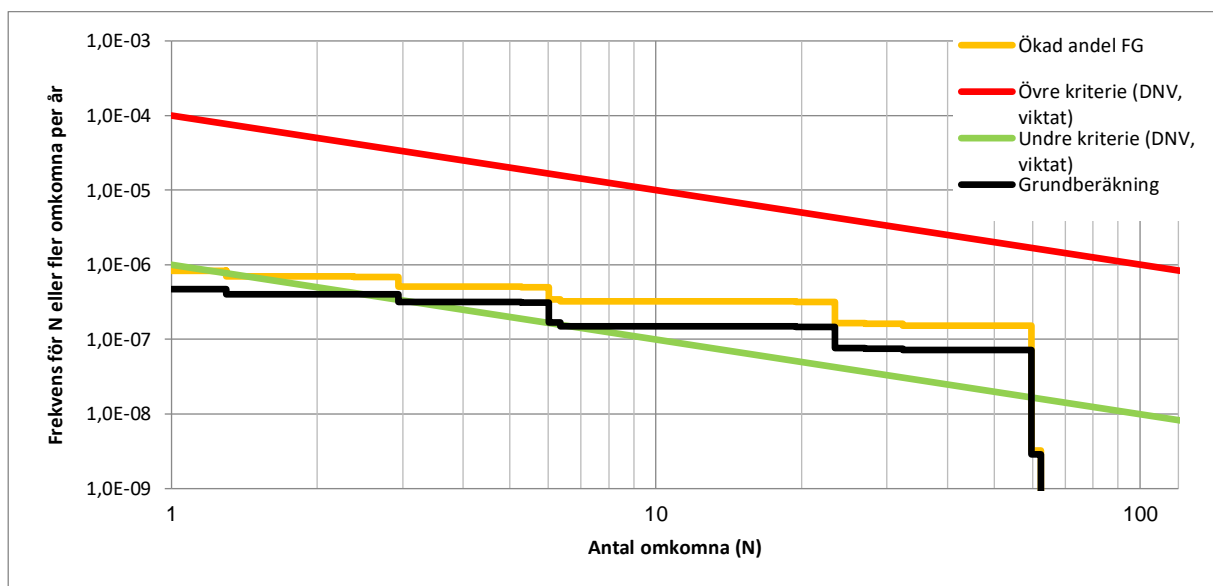


Figur 14. Känslighetsanalys på individrisken utmed E4 med avseende på en ökad andel farligt gods.



Figur 15. Känslighetsanalys på individrisken utmed Ostkustbanan med avseende på en ökad andel farligt gods.





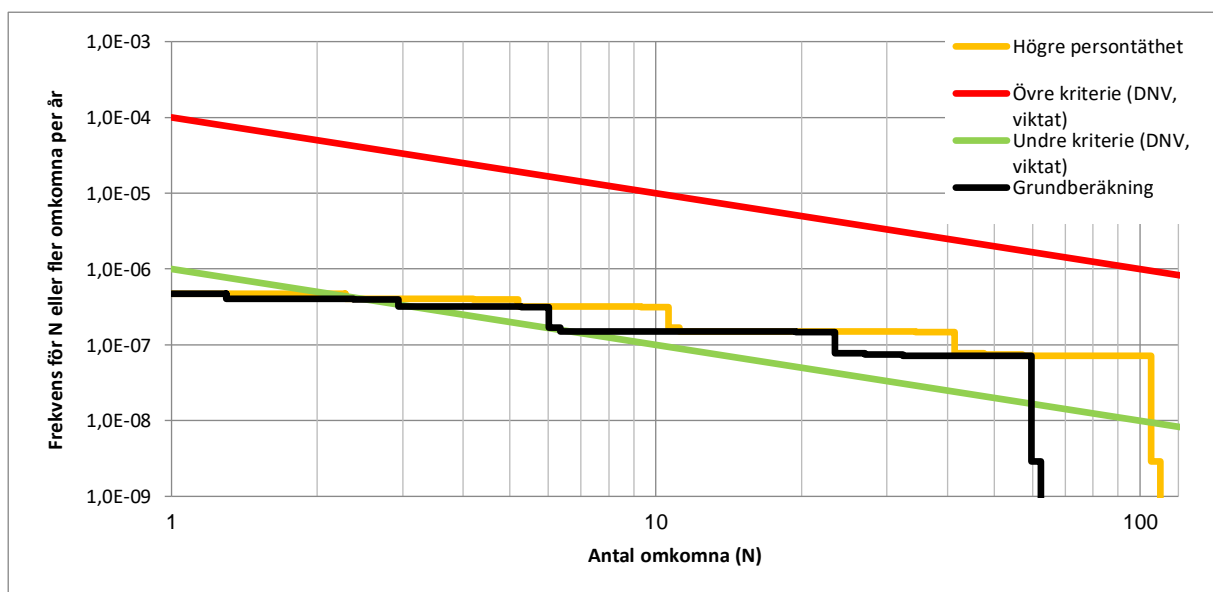
Figur 16. Känslighetsanalys på samhällsrisk med avseende på en ökad andel farligt gods.

Känslighetsanalysen visar att frekvensen för farligt gods-olycka ökar om andelen farligt gods ökar, och graferna hamnar således högre upp i diagrammet än i grundberäkningen. För individrisken utmed Ostkustbanan innebär denna ökning att risknivån hamnar lågt inom ALARP-området istället för på acceptabel nivå bortom 34 meter från järnvägen.

#### 4.3.2 Persontäthet

Hur hög persontätheten är påverkar enbart samhällsrisk. Persontätheten är i detta fall uppskattad utifrån planerad exploatering. Persontätheten kommer dock sannolikt att variera över dagen. Det är också möjligt att persontätheten kommer att öka längre fram i tiden om ytterligare områden i närheten exploateras.

Det görs därför en känslighetsanalys där persontätheten ansätts till 3 000 personer/km<sup>2</sup> vilket nästan innebär en fördubbling av antalet personer inom området. Resultatet visas i Figur 17.



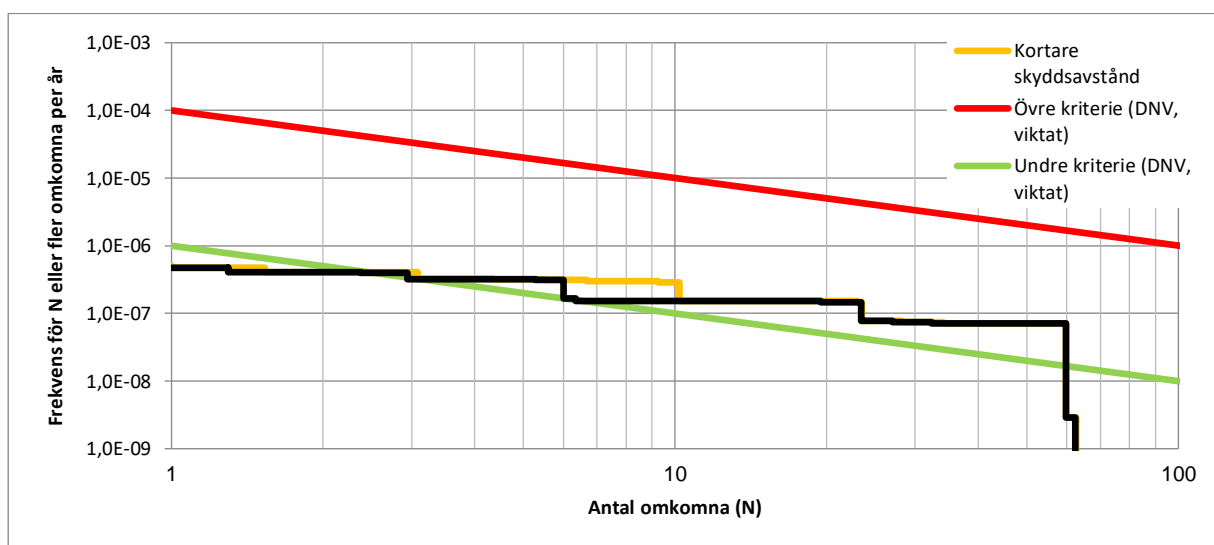
Figur 17. Känslighetsanalys med avseende på persontäthet.

Känslighetsanalysen visar att olycksscenarierna leder till fler omkomna om persontätheten ökar. Samhällsrisiknivån ligger dock fortsatt inom den lägre delen av ALARP-området.

### 4.3.3 Bebyggelsefritt avstånd

I grundberäkningen antas skyddsavstånd i samhällsriskberäkningarna utifrån individrisknivåerna. För att undersöka möjligheterna att exploatera närmare riskkällorna än så görs en känslighetsanalys där det bebyggelsefria avståndet minskas. Enligt Trafikverkets krav på vägars och gators utformning (VGU) [29] ska en skyddszon på minst 11 meter upprätthållas till E4 och 6 meter till Kemivägen. Detta gäller oavsett risknivå och används som bebyggelsefritt avstånd till vägarna i känslighetsanalysen.

Till järnväg råder Trafikverket till ett skyddsavstånd på minst 30 meter, men anger att viss typ av icke-känslig bebyggelse kan vara acceptabel inom det avståndet [30]. I känslighetsanalysen antas ett bebyggelsefritt avstånd på 30 meter. Resultatet av känslighetsanalysen visas i Figur 18.



Figur 18. Känslighetsanalys på samhällsrisiken med avseende på minskade bebyggelsefria avstånd.

Känslighetsanalysen visar att minska det bebyggelsefria avståndet inte har någon betydande påverkan på samhällsrisiken.

## 5 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* [31], 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.

Åtgärderna 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* [31]. De åtgärder som bedöms lämpliga att genomföra givet projektets förutsättningar och beräknade risknivåer presenteras och diskuteras nedan. Observera att avsnittet utgör ett diskussions- och beslutsunderlag för vidare planering och således inte har formulerats som konkreta planbestämmelser.

### 5.1 BEFINTLIGA/PLANERADE ÅTGÄRDER

#### 5.1.1 Järnväg i skärning

Den nya sträckningen för Ostkustbanan kommer att innebära att järnvägen blir nedsänkt i förhållande till omgivningen. Detta innebär ett skydd mot mekanisk påverkan vid urspårning samt att en eventuell pölbrands utbredning begränsas.

### 5.2 REKOMMENDERADE ÅTGÄRDER

#### 5.2.1 Skyddsavstånd

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.

För aktuellt exploateringsområde rekommenderas följande skyddsavstånd baserat på beräknad individrisk;

- 30 meter till Kemivägen,
- 30 meter till E4 och
- 35 meter till Ostkustbanan, förutsatt att den nya järnvägen går i skärning.

Inom dessa avstånd är det dock vara möjligt att anlägga vissa typer av bebyggelse, så som ytparkering, förråd eller teknikbyggnader, vilka inte uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

Vid vidtagande av riskreducerande åtgärder som beskrivs nedan bedöms det möjligt att reducera skyddsavstånden då åtgärderna skyddar mot de dimensionerande olycksscenarierna – brand och utsläpp av giftig gas. Om åtgärderna som beskrivs i stycke 5.2.2, 5.2.3 och 5.2.4 bedöms det möjligt att minska skyddsavstånden till;

- 6 meter till Kemivägen,
- 11 meter till E4 och
- 30 meter till Ostkustbanan.

Känslighetsanalysen visar att minskade skyddsavstånd inte ger någon betydande skillnad på samhällsrisknivån. Vad gäller individrisken bedöms den reduceras i tillräcklig omfattning om åtgärder för att begränsa påverkan i händelse av pölbrand, gräsbrand och utsläpp av giftig gas begränsas. De minskade skyddsavstånden bedöms inte begränsa möjligheten till underhåll eller räddnings- och bärgningsinsatser.

Utöver dessa skyddsavstånd rekommenderas att ingen bebyggelse med stadigvarande vistelse uppförs inom 550 meter från ammoniakcisternerna inom det övre fabriksområdet. Viss typ av bebyggelse kan vara lämplig inom detta område, men för att säkerställa att risknivån kopplad till ammoniakhanteringen inte är oacceptabel behöver verksamhetens interna riskbedömning studeras.

### **5.2.2 Disposition av planområde och byggnader**

Åtgärden innebär disposition av planområdets yta så att den optimeras baserat på risknivå samt att lokaler i en byggnad disponeras för att uppnå ett skydd mot olyckor. Exempelvis planeras en byggnad så att inga eller få personer vistas i den del som är närmst godsleden, eller att ytorna närmast riskkällor används för teknikbyggnader eller annan verksamhet som inte ger upphov till stadigvarande vistelse. Utrymningsvägar bör förläggas så att de inte mynnar mot riskkällan.

Inom exploateringsområdet rekommenderas att utrymningsvägar placeras så att det finns möjlighet att utrymma åt minst två olika riktningar. Inom 30 meter från Kemivägen, 30 meter från E4 och 35 meter från Ostkustbanan bör marken i första hand användas för icke-känslig verksamhet utan stadigvarande vistelse.

### **5.2.3 Placering av friskluftsintag**

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt 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 för personer som vistas inomhus vid utsläpp av brandgaser och andra giftiga gaser. Åtgärdens effekt minskar om det finns andra öppningar i fasad, som fönster och dörrar.

Inom exploateringsområdet rekommenderas att friskluftsintag placeras så högt som möjligt samt att ventilationen i byggnaderna är centralt avstängningsbar.

### **5.2.4 Byggnadstekniskt brandskydd**

Åtgärden innebär att ytterväggar, tak, fasad och fönster utformas på ett sätt vilket reducerar konsekvensen i händelse av brandpåverkan till följd av pölbrand och/eller jetflamma. Obrännbara fasadmateriell och takyttskikt kan användas för att försvåra brandspridning till byggnaden, men innebär inte explicit att brand- eller brandgasspridning in i byggnaden till följd av ledning eller otätheter förhindras. Brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster kan användas som komplement till obrännbara fasadmateriell för att förhindra brand- och brandgasspridning till inomhusmiljön.

Genom att utforma ytterväggar inom 30 meter från väg i lägst brandteknisk klass EI 30 och fönster i lägst klass EW 30 görs bedömning att risken för brandspridning in i byggnaden i händelse av pölbrand eller jetflamma reduceras på ett tillfredsställande sätt. Då brandklassad yttervägg ställer krav på täthet mot brandgaser är åtgärden även riskreducerande vid läckage av giftig gas.

Det rekommenderas att byggnader som uppförs inom 6-30 meter från Kemivägen, 11-30 meter från E4 samt 30-35 meter från Ostkustbanan utformas med brandtekniskt klassade ytterväggar och fönster i lägst klass EI 30 samt att tak utförs med obrännbara material.

## 6 DISKUSSION

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. [32]

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

- Personantal inom området,
- utformning och disposition av etableringar,
- utformning och sträckning för den dubbelspåriga Ostkustbanan,
- farligt gods-transporter förbi exploateringsområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och
- antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario.

Då utformningen av exploateringsområdet ännu inte är beslutad finns stora osäkerheter i hur byggnader kommer att placeras inom området, vilka verksamheter de kommer att nyttjas för och många människor som kommer att vistas på området. Antaganden kopplade till detta har gjorts i samråd med kommunen.

Det finns också osäkerheter i antagna farligt gods-transporter förbi området. För E4 och Ostkustbanan baseras antagandena om transporter av farligt gods på nationella snitt. De nationella snitten bedöms representativa för de aktuella primära transportlederna, men vissa variationer förväntas ändå beroende på var i landet transportleden går. För Kemivägen har inte fullständiga uppgifter om farligt gods-transporter kunnat erhållas. De kompletterande antagandena som har gjorts har dock varit konservativa så att risknivån inom området inte ska underskattas.

## 7 SLUTSATSER

I riskbedömningen har närliggande transportleder för farligt gods, drivmedelsstation samt farliga verksamheter inom det övre och nedre fabriksområdet i Stockvik beaktats. De riskkällor som behöver beaktas vid exploatering av området är främst Ostkustbanan, E4 och Kemivägen där transporter av farligt gods sker, samt hanteringen av ammoniak inom det övre fabriksområdet.

Genomförd kvantitativ analys visar att följande skyddsavstånd bör hållas till riskkällorna:

- 30 meter till Kemivägen,
- 30 meter till E4,
- 35 meter till Ostkustbanan, förutsatt att den nya järnvägen går i skärning, och
- 550 meter till ammoniakcisternerna inom det övre fabriksområdet.

Om vissa riskreducerande åtgärder vidtas bedöms det dock möjligt att exploatera mark närmare riskkällorna. De åtgärder som krävs för att uppföra byggnader inom angivet skyddsavstånd är:

- Utrymningsvägar placeras så att utrymning kan ske åt minst två olika riktningar.
- Friskluftsintag placeras så högt som möjligt.
- Ventilationen är centralt avstängningsbar.
- Fasader utformas med lägst brandteknisk klass EI 30.

Om dessa åtgärder vidtas bedöms det möjligt att exploatera närmare transportlederna, men Trafikverkets krav på skyddszon samt skyddsavståndet till ammoniakcisternerna inom Nouryon Surface Chemistry ska fortfarande beaktas. Detta innebär att bebyggelse kan uppföras som närmast:

- 6 meter från Kemivägen,
- 11 meter från E4,
- 30 meter från Ostkustbanan och
- 550 meter från ammoniakcisternerna inom Nouryon Surface Chemistry.

Med dessa skyddsavstånd och ovan angivna riskreducerande åtgärder bedöms planerad exploatering uppfylla Plan- och bygglagens krav på lämplig markanvändning samt Länsstyrelsens riktlinjer.

## Bilaga A. Metod för riskhantering

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

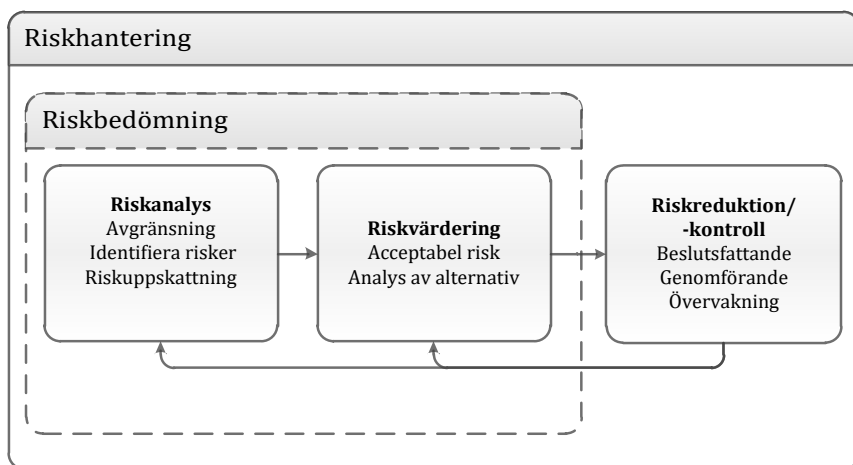
### A.1. Begrepp och definitioner

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 [33] [34], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 19.

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 19. 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.



## A.2. Riskanalysmetoder

Nedan beskrivs några vanliga riskanalysmetoder. I denna riskbedömning används kvantitativa metoder.

### A.2.1 *Kvalitativa metoder*

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten, utan försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall utan, eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra [35].

### A.2.2 *Semi-kvantitativa metoder*

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna, och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg [35].

Riskmatriser är vanligt förekommande riskhanteringsverktyg och de kan vara av både kvalitativ och kvantitativ karaktär. En riskmatris gör det möjligt att grovt rangordna olika skadehändelsers risknivåer. De skadehändelser som finns i matrisens övre högra hörn, d.v.s. de händelser som har hög sannolikhet och allvarliga konsekvenser, utgör stora risker som bör reduceras omedelbart. De skadehändelser som återfinns i matrisens nedre vänstra hörn utgör mindre allvarliga eller obetydliga risker som troligen inte behöver åtgärdas. Nivån på de risker som accepteras bör naturligtvis stämma överens med myndigheters och företagets eller organisationens övergripande nivå för acceptabla risker, om sådana finns formulerade [36].

### A.2.3 *Kvantitativa metoder*

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [37].

## Bilaga B. 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 [38] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser enligt ADR-S/RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt på väg respektive järnväg. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 12 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 12. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S /RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [38].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 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 [39].
Klass 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.
Klass 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.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material.

ADR-S /RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
			Konsekvensområden för tryckvågor upp emot 120 m.
Klass 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.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [40]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

## Bilaga C. Frekvensberäkningar - Väg

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med 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.

### C.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [26] 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 [40] 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.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten. Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 13. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2040.

$$Olyckor_{Total}(O) = \dot{ADT}_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK$$

$$Olyckor_{FG} = O \cdot \left[ \left( SiO \cdot \frac{\dot{ADT}_{FG}}{\dot{ADT}_{Total}} \right) + (1 - SiO) \left( \frac{2 \cdot \dot{ADT}_{FG}}{\dot{ADT}_{Total}} - \frac{\dot{ADT}_{FG}^2}{\dot{ADT}_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index$$

Tabell 13. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	E4	Kemivägen
ÅDT <sub>total</sub>	14 473	5 553
ÅDT <sub>FG</sub>	64	11
Hastighetsgräns	110	60
Olyckskvot (OK)	0,26	0,80
Andel Singelolyckor (SiO)	1,37	0,30
Index	0,42	0,15
Frekvens FG-olycka	8,43*10 <sup>-3</sup>	5,69*10 <sup>-3</sup>

År 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2009-2015.

I Tabell 14 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFI mellan åren 2013-2017 för hela landet [21]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka på E4. För Kemivägen anger fördelning baserad på uppgifter från verksamheterna.

Tabell 14. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer.

	<b>E4</b>	<b>Kemivägen</b>
ÅDT <sub>FG</sub>	64	11
ADR-S klass 1	0,3 %	0 %
ADR-S klass 2.1	6,7 %	0,3 %
ADR-S klass 2.3	0,04 %	1,4 %
ADR-S klass 3	47,3 %	4,3 %
ADR-S klass 5	2,6 %	43 %
ADR-S övriga	43 %	51 %

## C.2. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

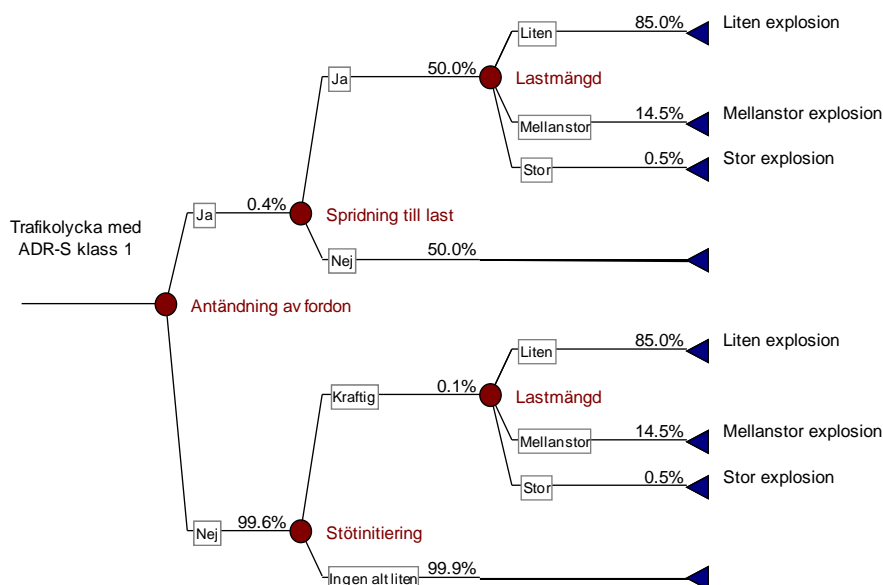
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [38]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

### C.2.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [41] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande. Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor.

### C.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 20 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 20. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

### C.2.2.1. Antändning av fordon

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [42]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [43] [44].

### C.2.2.2. Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last och detonation beror på vilken typ av ADR-S klass som involveras, vilket ämne, brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [45], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor. Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [46], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

### C.2.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [47]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [48] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

#### C.2.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [49] [50].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [51] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [52]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens [53] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 15, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 15. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %.	150 kg

### C.3. 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) [38]. 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.

#### C.3.1 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>3</sup>. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [54]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [46].

<sup>3</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.



För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

#### C.3.1.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [55]. 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 [26].

#### C.3.1.2. 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 [26] 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 % [26].

#### C.3.1.3. Antändning

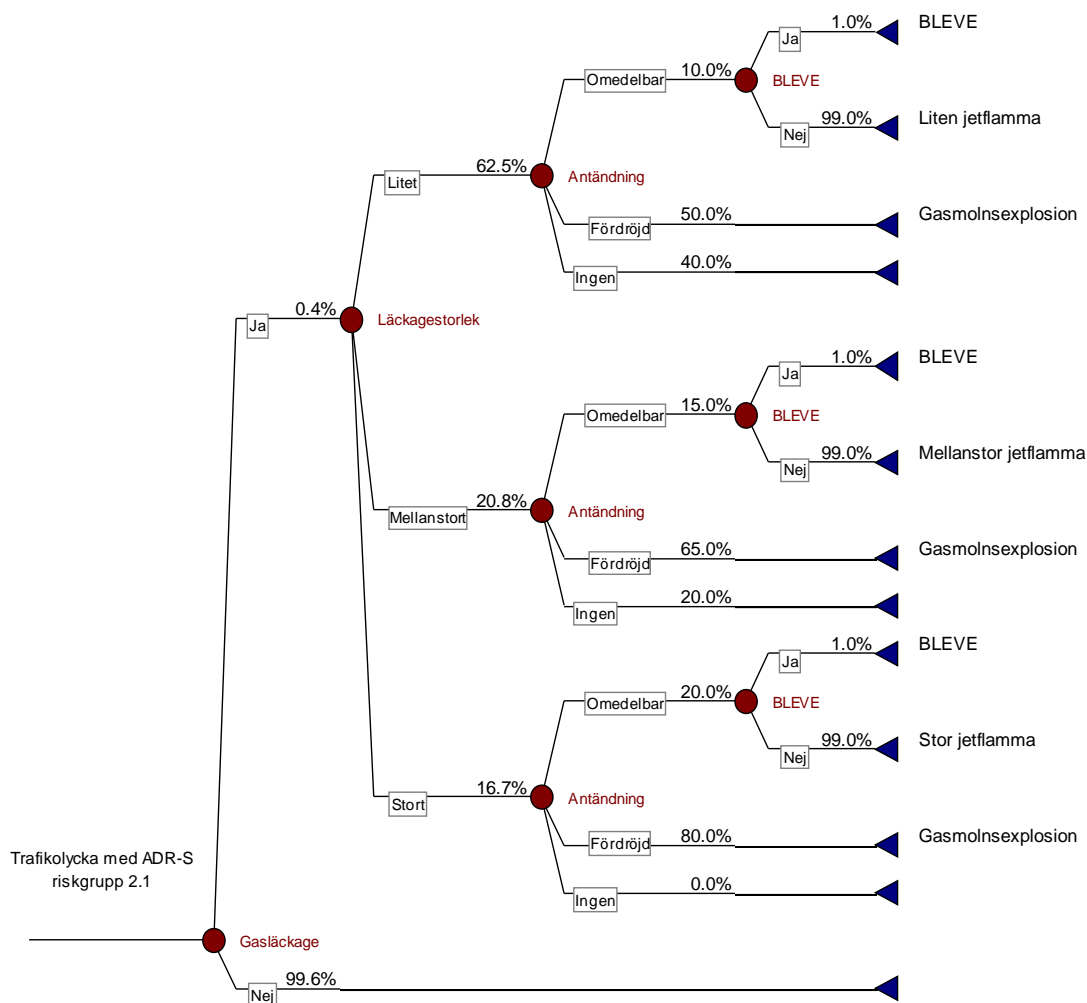
När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [56], 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 %.

#### C.3.1.4. 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 rämnar. 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 %.

### C.3.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 21 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 21. Händelse-träd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

### C.3.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

#### C.3.3.1. Representativt ämne

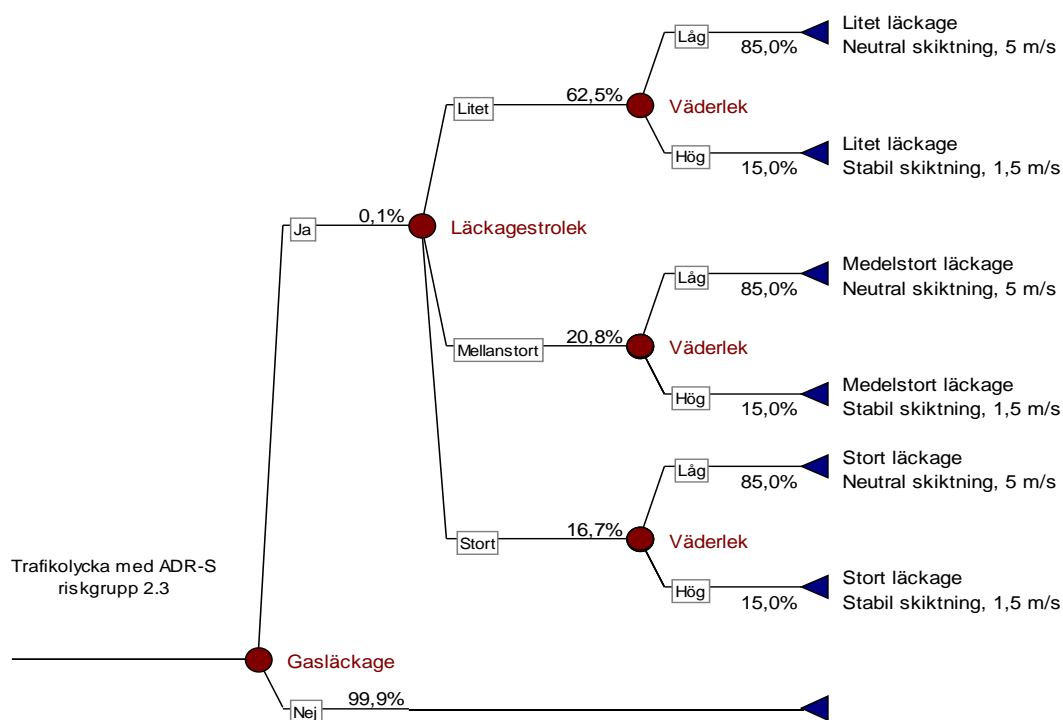
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

#### C.3.3.2. Toxikologiska gränsvärden

För att kvantifiera skadeutfallet vid exponering av ett giftigt ämne finns en rad olika gränsvärden. Då riskbedömningen baseras på frekvensen för dödsfall görs ansätts LC<sub>50</sub> som dimensionerande gränsvärde. LC<sub>50</sub> är den koncentration där mortaliteten i en normalfördelad population är 50 % för en given exponeringstid. I beräkningarna ansätts konservativt att skadeutfallet inom beräknat konsekvensområde är 100 %.

### C.3.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 22 redovisar sannolikheterna i händelseträdets som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 22. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

#### C.3.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [26]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [55]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [26].

#### C.3.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 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 % [26].

#### C.3.4.3. Väderlek

Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varierar gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två typer av väderlek – Neutral atmosfärisk skiktning D med en vindhastighet på 5 m/s samt med en Extremt stabil skiktning F med en vindhastighet på 1,5 m/s.

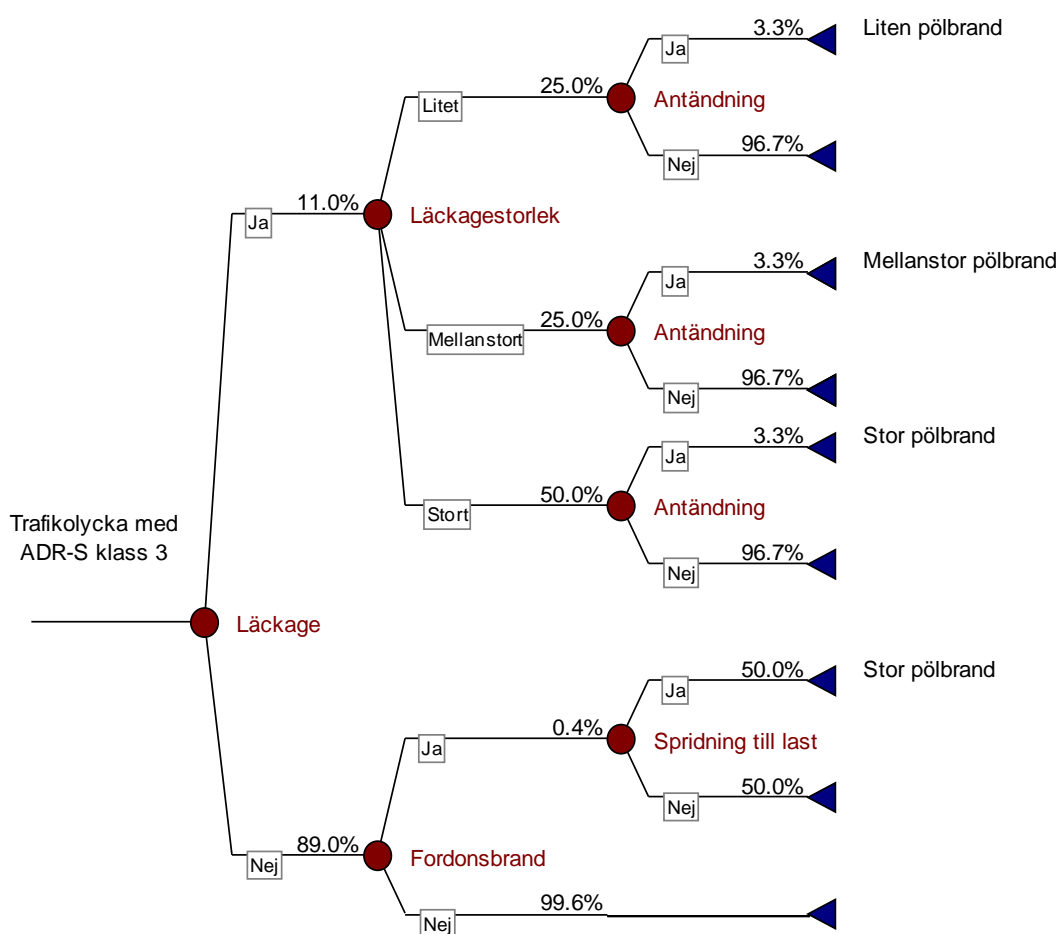
Den förstnämnda representerar genomsnittligt väder, vilket förekommer omkring 85 % av tiden, och den sistnämnda representerar ogynnsamt väder vilket ansätts råda under resterande 15 %.

## C.4. 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.

### C.4.1 Händelseträd med sannolikheter

I Figur 23 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 23. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4

#### C.4.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 13.

#### C.4.1.2. 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 [57] [58]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [26]. 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*).

#### C.4.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [59]. 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 % [48].

#### C.4.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt C.2.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

## C.5. ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

### C.5.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [38].

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [60]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [61] och FOI [62] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [63].

### C.5.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [54].

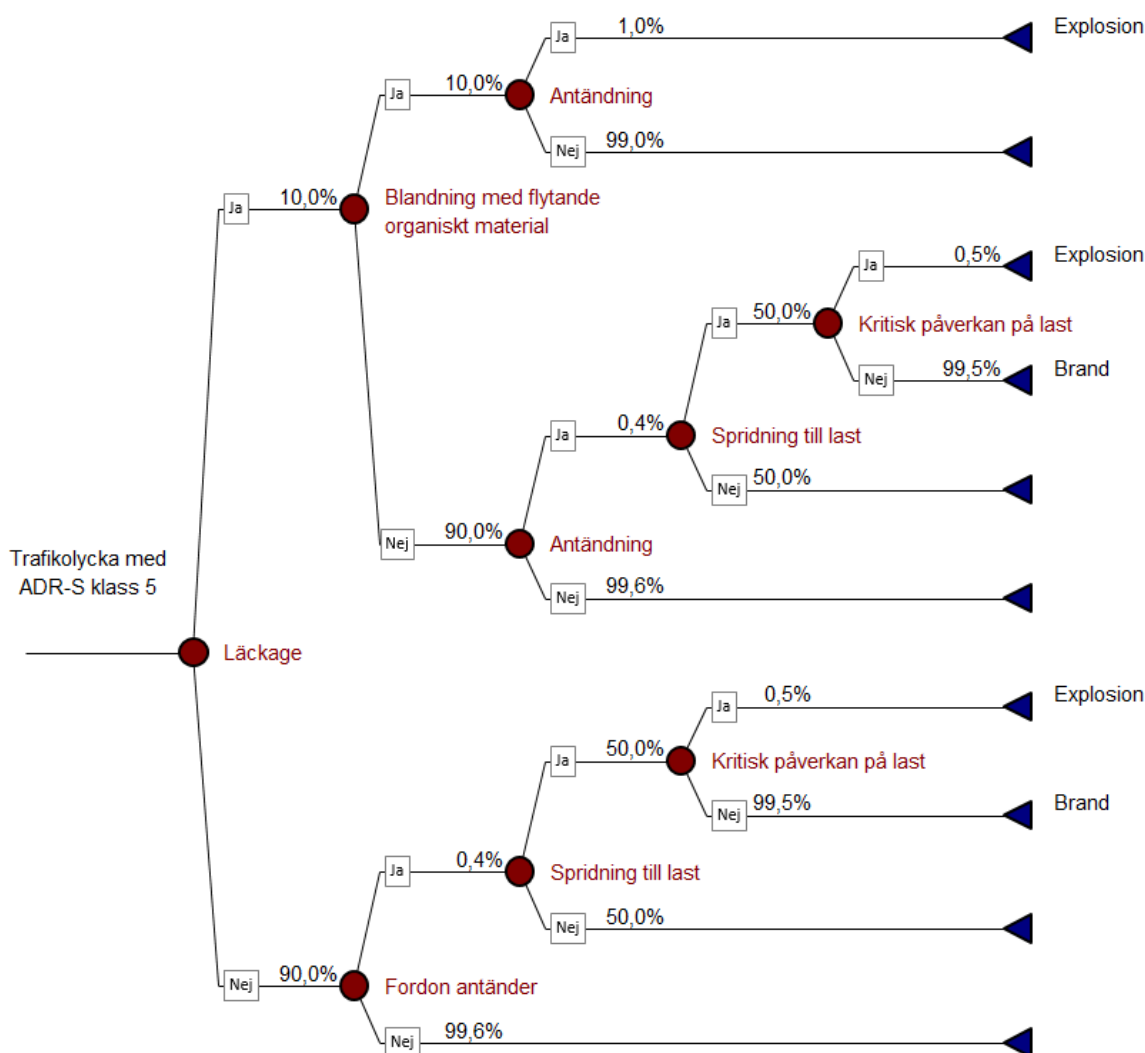
I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

### C.5.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [64], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

### C.5.2.2. Händelseträd med sannolikheter

Figur 24 redovisar ett händelseträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 24. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

### C.5.2.3. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca. 36 ton [65]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkänning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

### C.5.2.4. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det blandas med ett organiskt flytande ämne såsom bensin. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitratet. Sannolikheten för att ammoniumnitratet ska kontamineras vid en transportolycka ansätts till 10 %.

### C.5.2.5. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

### C.5.2.6. Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt C.2.2) är denna cirka 0,4 %.

### C.5.2.7. Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonsbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

### C.5.2.8. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [61]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [60]. Vidare krävs möjlighet till tryckupbyggnad för att termiskt sönderfall av ren ammoniumnitrat ska kunna övergå till explosivt sönderfall genom deflagration eller detonation [66].



Smälta av ammoniumnitrat tros kunna skapa dessa förutsättningar även om forskningen inom området är bristfällig [66]. Hypotesen är att vätskepelare av smälta kan skapa en egen inneslutning i vilken trycket kan bli så pass högt att reaktionsförloppet blir explosionsartat [66]. Denna typ av olycksförlopp bedöms vara relativt långsamma och förutsätter troligtvis att ammoniumnitratet utsätts för en relativt kraftig och långvarig brandpåverkan. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation har inträffat. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

## C.6. Ackumulerad olyckspåverkan

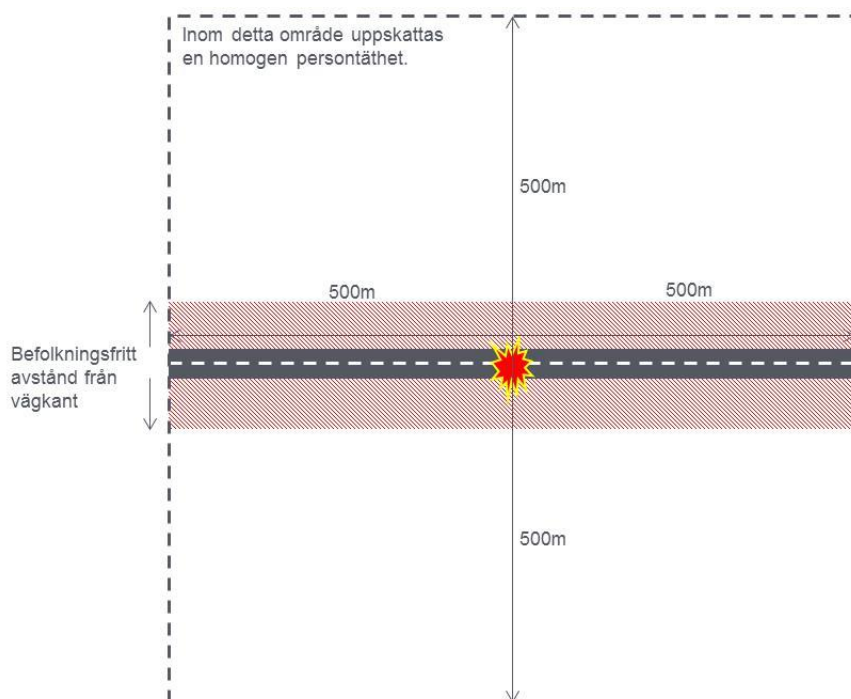
Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga D).

## Bilaga D. Konsekvensberäkningar - Väg

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

### D.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar tas hänsyn till 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 med centrum i aktuell riskkälla samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 25.



Figur 25. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan (i detta fall enbart på östra sidan om E4), även närmast väggkant. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till väg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisikberäkningarna.

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.

### D.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 köriktningar 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.

### D.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

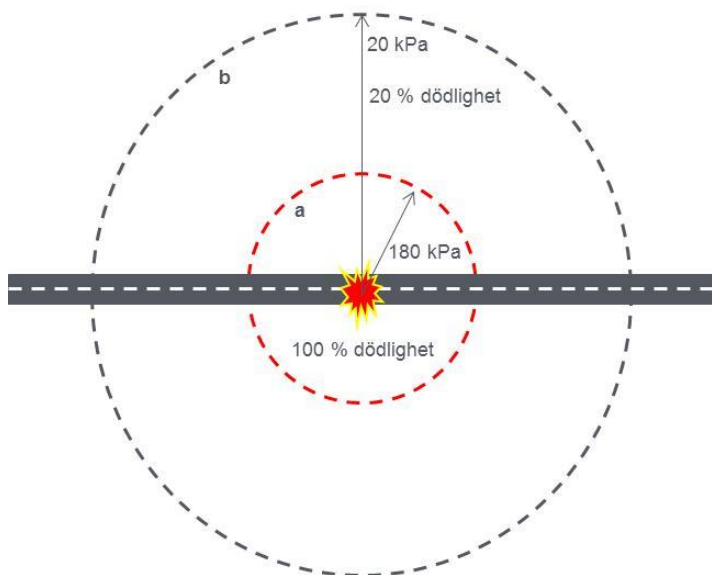
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [67].

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 [68]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa enligt Figur 26.



Figur 26. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [69] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 16.

Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 16. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötvrågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180 \text{ kPa}$	Avstånd $P \geq 20 \text{ kPa}$
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 meter	88 meter
Stor explosion	16 000 kg	62 meter	193 meter

## D.4. 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.

## D.5. 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* [70] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [26] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 17. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, $\varnothing$	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm <sup>2</sup>
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm <sup>2</sup>
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm <sup>2</sup>

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

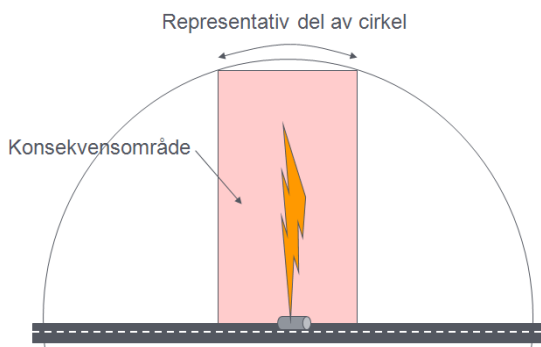
## D.6. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [68]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

## D.7. 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* [68], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [71] 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 27.



Figur 27. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

## D.8. 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* [70] 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 Figur 27.

## D.9. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

- |                       |           |
|-----------------------|-----------|
| • BLEVE               | 170 meter |
| • Liten jetflamma     | 5 meter   |
| • Medelstor jetflamma | 17 meter  |
| • Stor jetflamma      | 73 meter  |
| • Gasmolnexplosion    | 42 meter  |

## D.10. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen Spridning Luft och med ALOHA för totalt 6 scenarier enligt Tabell 18. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga C och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 18. Konsekvensavstånd för plym av giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till LC50@30 min	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

## D.11. 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 kW/m<sup>2</sup>. 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 [46] [72].

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 [46]. I Tabell 19 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 19. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m<sup>2</sup>) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m <sup>2</sup> från pölkant
Litet utsläpp	50 m <sup>2</sup>	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m <sup>2</sup>	21 meter
Stort utsläpp	400 m <sup>2</sup>	27 meter

## D.12. ADR-S klass 5

Två typer av olycksscenarier med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: Explosion och brand.

#### D.12.1.1. Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [63]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

#### D.12.1.2. Brand

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.



## Bilaga E. 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* [73]. 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.

### E.1. Frekvens 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 24 100.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 212 600.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.

#### E.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 20 [73]:

Tabell 20. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm (godståg)
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
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 (persontåg)
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm (godståg)
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm (godståg)

### E.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 [73] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

### E.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

### E.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

### E.1.5 Resultat

Notera att vissa olyckstyper i Tabell 20 som kan resultera i en urspårning är specifikt kopplade till godstrafik, exempelvis vagnfel godståg och lastförskjutningar. Olycksfrekvenserna för dessa olyckstyper allokeras därmed enbart till händelsen urspårning godståg. Frekvensbidraget från olyckstyper som inte specifikt rör godståg fördelas genom att vikta för andelen tåg av respektive trafikslag som förekommer på sträckan enligt nedanstående exempel:

$$\varphi(\text{Godståg, rälsbrott}) = \varphi(\text{rälsbrott}) \cdot \text{Andel godståg}$$

$$\text{Andel godståg} = \frac{\text{Antal godståg}}{\text{Antal godståg} + \text{Antal persontåg}}$$

I Tabell 21 redovisas hur olycksfrekvenserna har fördelats över respektive trafikslag.

Tabell 21. Fördelning av olycksfrekvenser för respektive trafikslag.

Urspårning godståg	Frekvens (per år)
Vagnfel godståg	$\varphi(\text{vagnfel godståg})$
Lastförskjutning	$\varphi(\text{lastförskjutning})$
Okänd orsak	$\varphi(\text{okänd orsak})$
Spårlägesfel	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Solkurvor	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	$\text{Andel godståg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
$\Sigma$	$\varphi(\text{godståg})$
Urspårning persontåg	Frekvens (per år)
Vagnfel persontåg	$\varphi(\text{vagnfel persontåg})$
Solkurvor	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{solkurvor})$
Spårlägesfel	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{spårlägesfel})$
Växel sliten, trasig	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel sliten, trasig})$
Växel ur kontroll	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{växel ur kontroll})$
Rälsbrott	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{rälsbrott})$
Annan orsak	$\text{Andel persontåg} \cdot \varphi(\text{annan orsak})$
$\Sigma$	$\varphi(\text{persontåg})$

### E.1.6 Sannolikhet för kollision med objekt i omgivningen

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 Eurocode om dimensioneringskrav avseende olyckslaster hänvisas till UIC 777-2<sup>4</sup> för vägledning avseende olyckslaster orsakade av spårbunden trafik [17]. I UIC-modellen har hastigheten (km/h) på sträckan en central betydelse då denna parameter bland annat avgör hur långt från spåret (vinkelrätt) urspårade fordon kan hamna. Modellen anger att sannolikheten (P2) för kollision mellan urspårade fordon och spårnära objekt, exempelvis en byggnad eller ett brostöd, kan uppskattas som funktion av det vinkelräta avståndet mellan objektet och spårmittn enligt nedanstående samband [16]:

$$P2 \text{ (enkelspår)} = [(b - a)/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$$

$$P2 \text{ (dubbelspår)} = [(b - a)/b]^2 + [(b - (a + 4,2))/b]^2 \cdot 0,5 \cdot c/d$$

$$d = \text{den längsta urspårningssträckan längs med spåret} = V^2/80$$

$$b = \text{det urspårade tåget maximala avvikelse vinkelrätt från spåret i meter} = V^{0,55}$$

$$a = \text{det vinkelräta avståndet mellan spårcentrumlinjen och ett givet objekt}$$

$$c = \text{sträckan parallell med spåret på avståndet a som riskerar att träffas av urspårade fordon}$$

$$c = (d/b) \cdot (b - a)$$

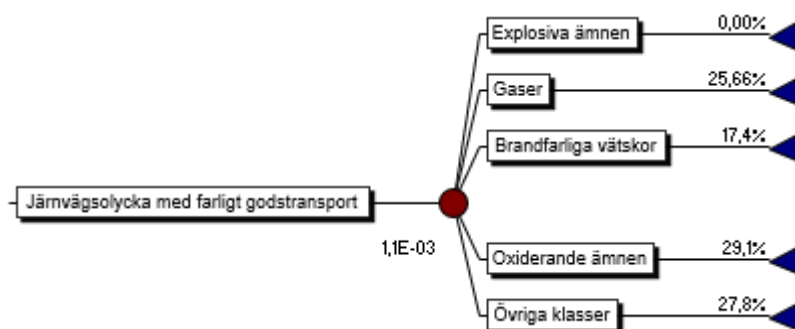
## E.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt E.1.5 beräknad till  $1,1 \cdot 10^{-3}$  per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [74]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1 - (1 - X)^{3,5}$$

Där X är andelen vagnar med farligt gods som framförs på sträckan per år.

I händelseträdet, se Figur 28, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur 28. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

<sup>4</sup> UIC Code 777-2: Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone

## E.3. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

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

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.

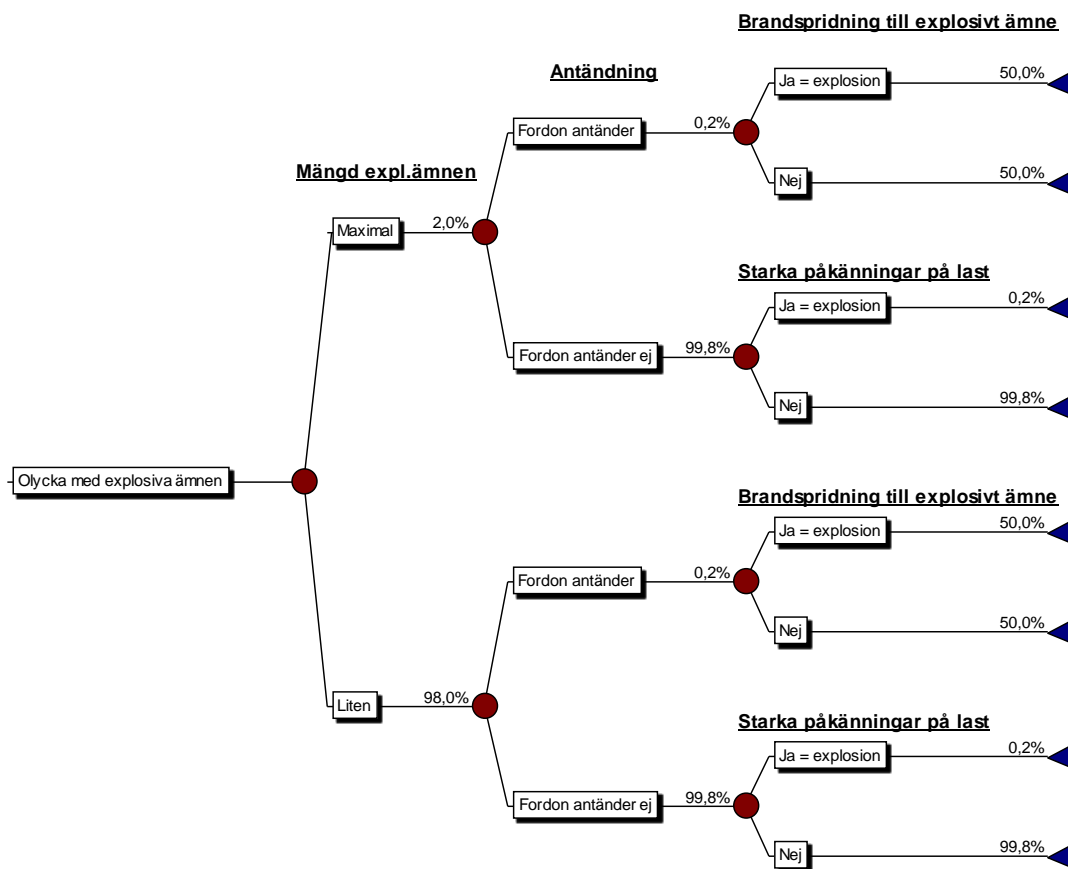
Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [75]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga och dels av säkerhetsmässiga skäl. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg utfördes endast tre transporter med klass 1 i Sverige under hela 2011. 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 [76].

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas i beräkningarna förenklat utgöra mindre laster om 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 en 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 [43] [44]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [27].

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 [47]. 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 [48] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 29 redovisas möjliga scenarier.



Figur 29 Händelseträd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

### E.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [77], antas 87 % av transportererna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % 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 [73]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

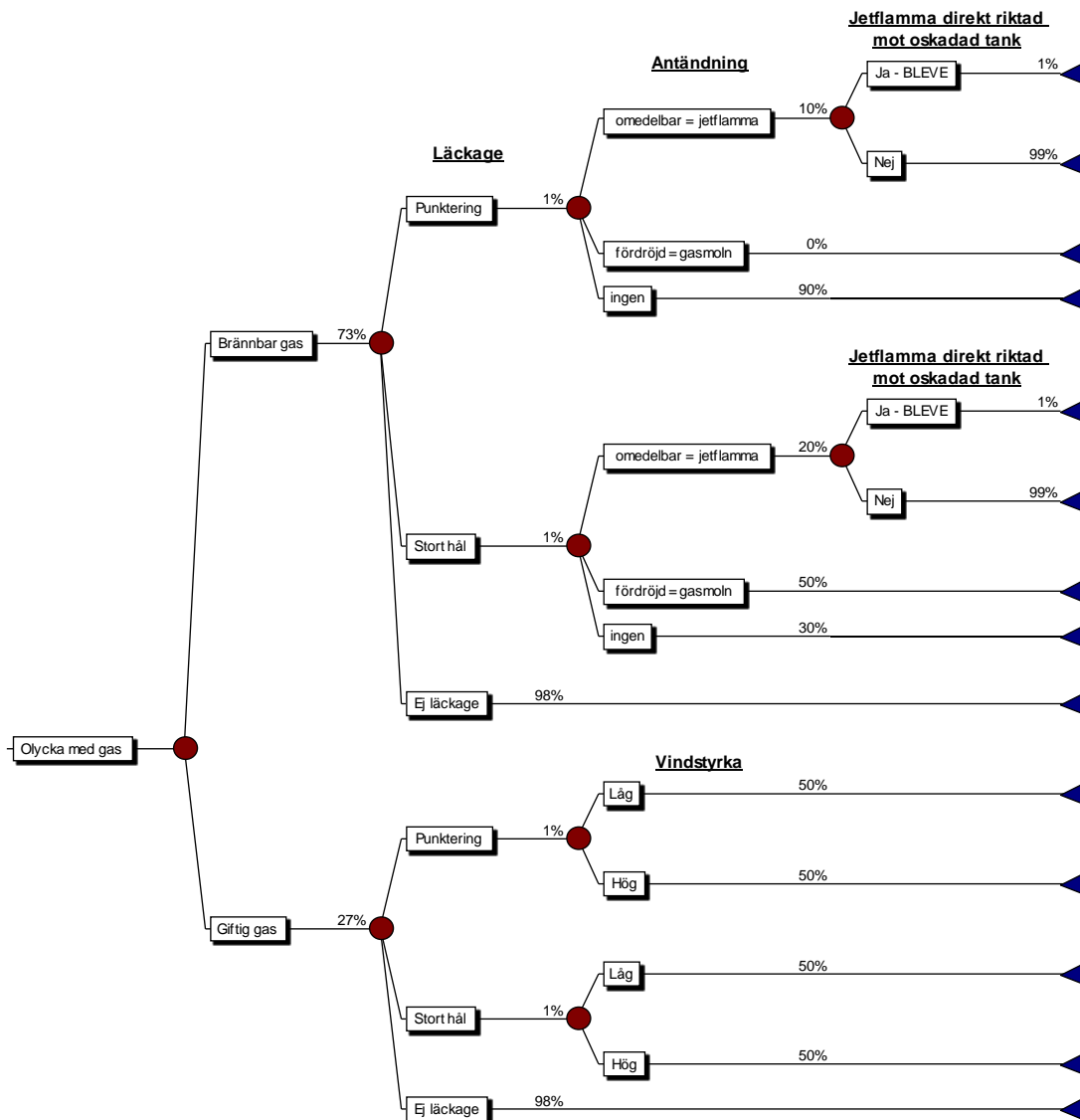
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln 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 [78] 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 % [78]. 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 30 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

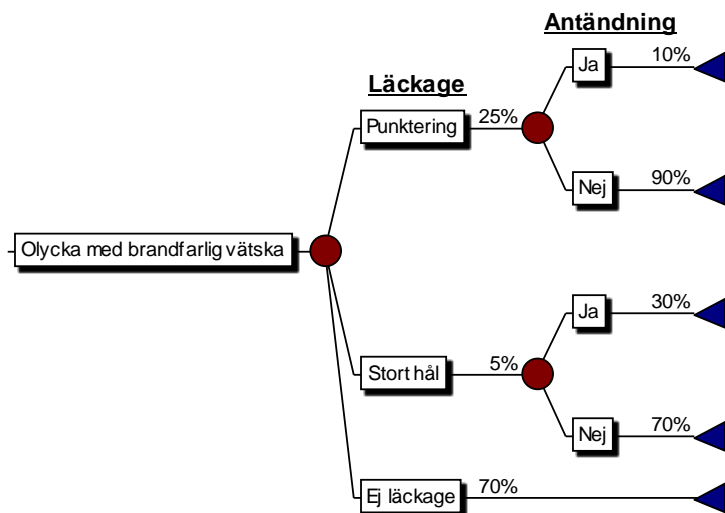


Figur 30. Händelse-träd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

### 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. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspårning är 25 % och 5 % [73]. 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 % [73]. I Figur 31 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.



Figur 31. Händelsesträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

### E.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.

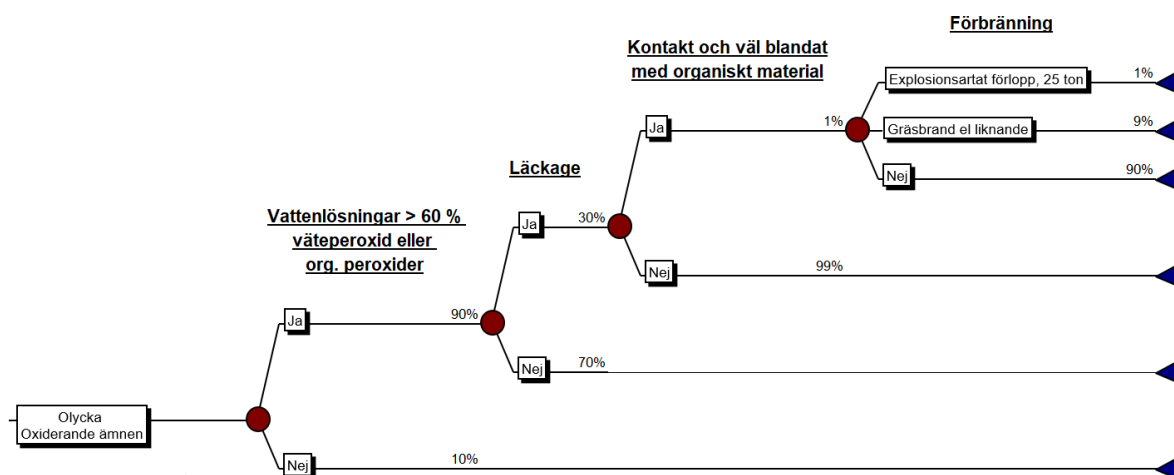
Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

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

Transportstatistik [75] anger att 93 % av transporterna 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 transporterna 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 E.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 % [27]. 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 32 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.





Figur 32. Händelse-träd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

## E.4. Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

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 reduktion.

## Bilaga F. Konsekvensberäkningar - Järnväg

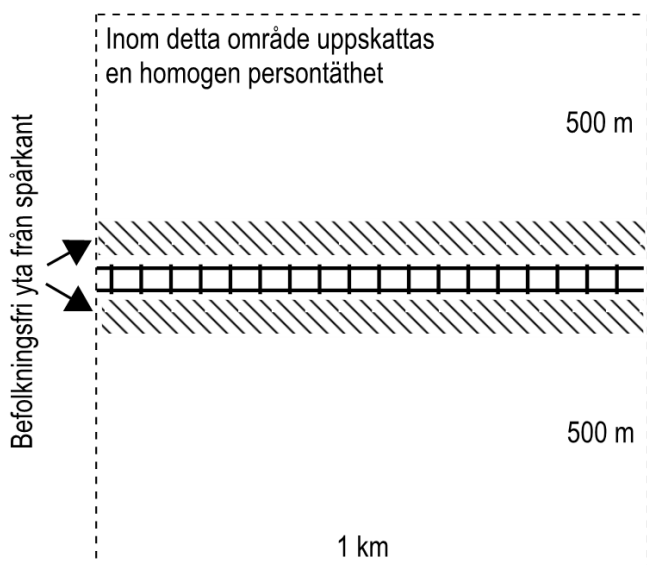
De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

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

### F.1. Persontäthet

I samhällsriskberäkningar tas hänsyn till hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring järnvägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer.

Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor med centrum i aktuell riskkälla samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 25.



Figur 33. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan (i detta fall enbart väster om järnvägen), även närmast spår. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till järnväg ansätts i beräkningarna. Detta innebär att personantalet inom detta område subtraheras från resultatet för varje olycksscenario i samhällsriskberäkningarna.

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.

### F.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. Risken för mekanisk påverkan på människor eller byggnader är oberoende av om det rör sig om persontåg eller godståg.

## F.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 B. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

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

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 (splitter) kastas mot människor (sekundära) [67].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan 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 [68]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammantaget bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % omkomma.
- Inom det område där trycket uppgår till 20-180 kPa antas 20 % omkomma.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [69] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 22. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 22. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av RID-S klass 1 gods. Explosionen antas vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötstågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Stor explosion	25 000 kg	74 meter	221 meter

### F.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 [79].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [80]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [81], 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 23 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 23. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Källstyrka	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE	-	-	Cirkulärt 200 m radie
Punktering	2,4 kg/s	Jetflamma	18 m
		Gasmoln	18 m
Stort hål	60 kg/s	Jetflamma	91 m
		Gasmoln	21 m

### 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* [82] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC<sub>50</sub><sup>5</sup>) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [82]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [82].

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 24.

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 24. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

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

### F.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 [80].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank cirka 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensen 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.

<sup>5</sup> Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

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 [83].

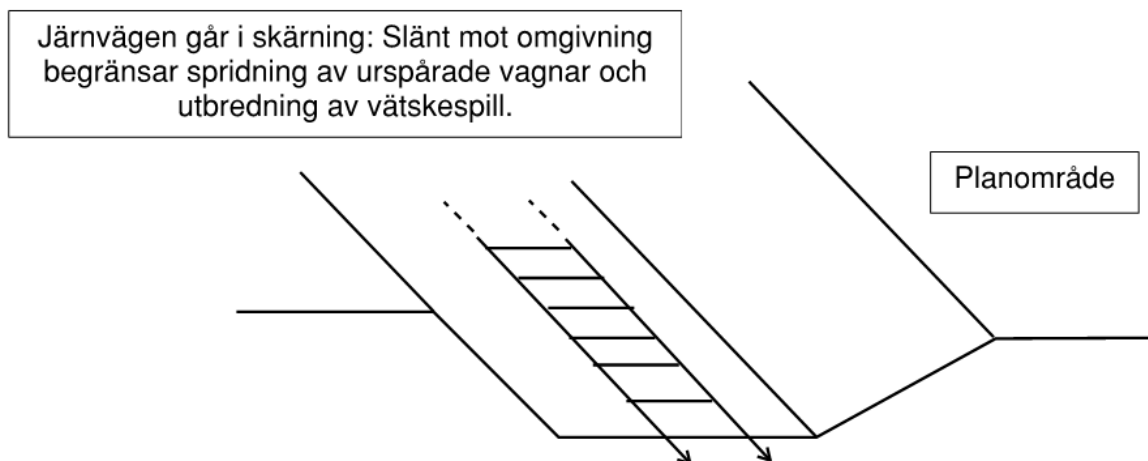
I Tabell 25 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora pölbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att pölen bredds ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 25. 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

Om spridning av urspårade fordon samt utbredningen av vätskespill begränsas av lokala faktorer, exempelvis vid en betydande höjdskillnad/slänt mellan spår område och omgivningen, kan konsekvensavståndet för olycksscenarioer med RID-klass 3 samt RID-klass 5 (gräsbrand etc.) reduceras. Om avståndet mellan närmsta spårcentrumlinje och slänten understiger 11,3 meter kan följande reduktion i konsekvensavstånd för scenariot stor pölbrand genomföras:

Konsekvensavstånd stora pölbrand bensin/gräsbrand etc. RID-klass 5 (400 m<sup>2</sup>) = 29 meter + X, där X = avstånd mellan närmsta spårcentrumlinje och slänten. Kan användas då X < 11,3 meter. I detta fall ansätts X till 5 meter.



Figur 34. Situation där järnvägen går i skärning genom landskapet. Höjdskillnad mellan spår område och omgivningen begränsar spridning av fordon samt utbredning av vätskespill.

### F.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. bensen. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton massexplösiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplösiva varor [27], 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 E.3.3.

Tabell 26. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

#### F.4. Uppskattning av antal omkomna i respektive scenario

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

## Bilaga G. Skyddseffekter

I denna bilaga beskrivs de skyddseffekter som antagits för olika befintliga omständigheter och riskreducerande åtgärder och olika scenarier.

Vid beräkningar av samhällsrisk för det aktuella planområdet och omnejd har skyddsfaktorer vid inomhusvistelse använts. Skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar och internationella vägledningar så som CPR 18E [28]. I nedanstående stycken ges mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

### **Explosioner**

Tryckvågor från större explosionslaster kan medföra omfattande skador på byggnader belägna långt ifrån olyckans centrum. Människor som befinner sig inomhus bedöms vara relativt skyddade från direkt tryckpåverkan men kan förolyckas om delar av byggnaden rasar. Kollaps av moderna byggnader till följd av jordbävningar bedöms kunna medföra ett skadeutfall på 20–50 % omkomna och 50–80 % skadade [84]. Byggnader som ligger längre från olyckans centrum kan vara skyddade från tryckpåverkan av framförvarande byggnader. Eftersom bebyggelsen är gles i aktuellt område antas inga skyddseffekter från inomhusvistelse vid explosion på väg eller järnväg.

### **Olycksscenarier med brännbara gaser**

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på infallande strålning från jetflammar. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. Gasmolnsexplosioner kan utöver strålningspåverkan även medföra tryckskador på omgivningen. Skyddsgraden vid inomhusvistelse med avseende på olycksscenarier med brännbara gaser antas i beräkningarna uppgå till 50 %.

### **BLEVE**

En BLEVE förväntas inte uppstå förrän efter cirka en halv till en timmes extern brandpåverkan på tanken. Fullskaliga tester har visat att oisolerade tankar med säkerhetsventiler kan klara 25 min av kraftig yttre upphetning innan en BLEVE inträffar [85]. Om tanken är värmeisolerad ökar den tiden till kring 90 minuter [85]. Vid BLEVE av en lagringstank med brandfarlig gas uppstår både tryck- och strålningspåverkan mot omgivningen. Strålningspåverkan bedöms dock utgöra den dimensionerande skadeeffekten med avseende på potentiellt konsekvensavstånd. Människor som befinner sig inomhus antas vara skyddade från den utfallande strålningen men skulle kunna förolyckas om delar av byggnadskroppen rasar. Möjligheten att hinna utrymma riskområdet bedöms även vara relativt god då olycksscenarioet inte inträffar momentant. Skyddsfaktorn vid en BLEVE vid inomhusvistelse inom ansätts till 75 %.

### **Utsläpp av giftig gas**

I CPR 18E bedöms individer som befinner sig inomhus i princip vara helt skyddade (avseende risken att omkomma) vid ett utsläpp av giftig gas [86]. För byggnader som ligger i nära anslutning till transportleden och olycksplatsen bedöms dock föregående antagande underskatta konsekvensen baserat på erfarenhet av liknande fall. Skyddsfaktorn avseende utsläpp av giftig gas antas konservativt i beräkningarna uppgå till 50 %.



### ***Pölbränder***

Personer som vistas inomhus bedöms inledningsvis vara helt skyddade med avseende på infallande strålning från pölbränder. Om branden sprids och får fäste i byggnaden innan utrymningen har skett är antagandet mer osäkert. I beräkningarna ansätts en 75 %-ig skyddsgrad vid inomhusvistelse med avseende på olycksscenarier som medför pölbrand.

## Bilaga H. Referenser

- [1] Sundsvalls kommun, "Program till detaljplan för nytt industriområde i Stockvik," 2013-09-27.
- [2] J. Åberg och R. Thurdin, "Riskutredning Stockvik, Sundsvalls kommun," Sweco Brand- och riskteknik, 2014-11-03.
- [3] Medelpads Räddningstjänstförbund, *Kommunal plan för räddningsinsats*, 2017.
- [4] Länsstyrelserna i Gävleborgs och Västernorrlands län, "Riskhantering vid transportleder för farligt gods," 2022.
- [5] MSB, "Handbok - Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," 2015.
- [6] MSB, "Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering," Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB), 2017.
- [7] Cecilia Nordenö (WSP), Mats Håkansson (Sundsvalls kommun), Mattias Strömbom (Sundsvalls kommun), *Möten avseende riskutredning Stockvik*, Teams, 2022-06-21 samt 2022-09-28.
- [8] Lantmäteriet, "Min karta," [Online]. Available: <https://minkarta.lantmateriet.se/>. [Använd 12 oktober 2022].
- [9] Nouryon, *Mejlkonversation med Helena Stridsberg*, 2022-09-29.
- [10] Emma Eriksson, Circle K, *Telefonsamtal med stationsansvarig*, 2022-10-18.
- [11] Trafikverket, *Trafikuppgifter järnväg t21 och bullerprognos 2040*, 2021.
- [12] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," Trafikverket, 2022. [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 28 September 2022].
- [13] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA 2017-2040-2065," Trafikverket, Borlänge, 2020.
- [14] Superior Graphite, "About Superior Graphite," [Online]. Available: <https://superiorgraphite.com/>. [Använd 18 oktober 2022].
- [15] M. Herlitz, *Mejlkonversation med platschef på Superior Graphite*, 2022-10-24.
- [16] UIC, *Structures built over railway lines - Construction requirements in the track zone (UIC Code 777-2)*, UIC, 2002.
- [17] Swedish Standard Institute, *Eurocode 1 - Laster på bärverk - Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast*, 2008: Swedish Standard Institute.
- [18] MSB, *MSBFS 2020:9 föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng (ADR-S 2021)*, MSB, 2020.
- [19] MSB, *MSBFS (2016:9) föreskrifter om transport av farligt gods på järnväg (RID-S)*, 2016.
- [20] Trafikanalys, *Bantrafik 2021*, Trafikanalys, 2022-06-23.

- [21] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2009-2015 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2015.
- [22] C. Wiklund, *Mejlkonversation med kontaktperson på Nordic Carbide*, 2022-10-24.
- [23] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [24] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [25] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [26] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [27] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [28] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 1999.
- [29] Trafikverket, "Krav - VGU, Vägar och gators utformning, publikation 2022:001," Trafikverket, 2022.
- [30] Trafikverket, "Säkerhetsavstånd vid byggande intill järnväg," 14 september 2020. [Online]. Available: <https://bransch.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Sakerhetsavstand-mellan-infrastruktur-ny-bebyggelse-samt-ovriga-anordningar/sakerhetsavstand-vid-byggande-intill-jarnvag/?expandid=collapseAcc>. [Använd 25 oktober 2022].
- [31] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [32] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [33] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [34] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [35] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [36] Räddningsverket, *Handbok för riskanalys*, Karlstad: Räddningsverket, 2003.
- [37] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [38] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [39] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [40] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [41] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.

- [42] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [43] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [44] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [45] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [46] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [47] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [48] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [49] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [50] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [51] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [52] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [53] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [54] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [55] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [56] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [57] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [58] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [59] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [60] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [61] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [62] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [63] R. Forsén, FOI, 2009.
- [64] VROM, Ministerier van VROM, 2005.

- [65] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [66] V. Babrauskas och D. Leggett, "Thermal decomposition of ammonium nitrate," *Fire and Materials* 2019;1-19, 2019.
- [67] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [68] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [69] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [70] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [71] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [72] BBR, Boverket, 2006.
- [73] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [74] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [75] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [76] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [77] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [78] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [79] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [80] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [81] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [82] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank*.
- [83] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [84] Ministry of Transport and Water Management, CPR 14E: Methods for the calculation of physical effects, Haag: Ministry of Transport and Water Management (Nederländerna), 1996.
- [85] W. Townsend, "Comparison of thermally coated and uninsulated rail tank cars filled with LPG subjected to a fire environment.," U.S. Department of Transportation, federal railroad administration, Washington, 1974.
- [86] Advisory Council on Dangerous Substances, "Guidelines for quantitative risk assessment, "Purple book", CPR18E," Ministry of Transport (NL), 2005.

## VI ÄR WSP

WSP är ett av världens ledande rådgivande konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 55 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Vi planerar, projekterar, designar och projektleder olika uppdrag inom transport och infrastruktur, fastigheter och byggnader, hållbarhet och miljö, energi och industri samt urban utveckling. Så tar vi ansvar för framtiden.

**wsp.com**

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

wsp.com