

KARLSKOGA KOMMUN

# FÖRDJUPAD RISKBEDÖMNING

## DETALJPLAN KV. VARFÅGELN 1, KARLSKOGA

2020-12-08



wsp

# Fördjupad riskbedömning

## Detaljplan Kv. Varfågeln 1, Karlskoga

### KUND

Karlskoga Kommun

### KONSULT

#### WSP Brand & Risk

582 22 Linköping  
Besök: Ågatan 7  
Tel: +46 10 7225000  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
<http://www.wspgroup.se>

### KONTAKTPERSONER

Emelie Laurin, WSP, [emelie.laurin@wsp.com](mailto:emelie.laurin@wsp.com)

### DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Datum	2020-12-08			
Handläggare	Cecilia Nordenö			
Signatur	CN			
Granskare	Katarina Herrström			
Signatur	KH			
Godkänd av	Emelie Laurin			
Signatur	EL			
Uppdragsnummer	10312858			

## Sammanfattning

WSP har av Karlskoga kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Kv. Varfågeln 1 i Karlskoga. Detaljplanen ligger till grund för förslaget att etablera bostäder på fastigheten. Norr om planområdet löper två transportleder för farligt gods: järnvägen respektive E18.

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.

Planförslaget omfattar två flerfamiljshus med totalt omkring 100 boende. Planområdet planeras också omfatta carportlängor med förråd, grönytor och ytor anpassade för utevistelse (utegym, boule, odling, grillplats etc.), samt en mindre återvinningsbyggnad. Kortaste avstånd mellan fasad på bostadshus och riskkälla är ca 45 m för E18 och ca 100 m för järnvägen.

I riskidentifieringen har följande risker identifierats:

- Mekanisk påverkan i samband med urspårning,
- Olycka vid transport av farligt gods på järnvägen och
- Olycka vid transport av farligt gods på E18.

En kvantitativ bedömning av riskerna kopplade till respektive riskkälla har genomförts. Beräkningarna visar att risknivåerna är acceptabla inom planområdet till följd av skyddsavstånd mellan riskkällorna och planerad bostadsbebyggelse.

Känslighetsanalyser har genomförts där resultatets robusthet vid förändrade förutsättningar undersöks. Känslighetsanalyserna gjordes med avseende på ökad befolkningstäthet, ökad mängd transporterat farligt gods förbi planområdet samt ett minskat befolkningsfritt avstånd mellan riskkällorna och planområdet. Resultatet av känslighetsanalyserna visar att resultatet är robust och att risknivån förblir acceptabel även om dessa parametrar skulle ändras.

Eftersom beräkningarna visar på acceptabla risknivåer krävs inga riskreducerande åtgärder utöver de som redan finns inarbetade i form av skyddsavstånd för att detaljplanen ska vara lämplig ur ett riskperspektiv.

Slutsatsen av genomförd riskbedömning är att planerad bebyggelse uppfyller kraven för lämplig markanvändning utifrån Plan- och bygglagen samt Länsstyrelsen i Stockholms riktlinjer.

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>6</b>
1.1	SYFTE OCH MÅL	6
1.2	OMFATTNING	6
1.3	AVGRÄNSNINGAR	6
1.4	STYRANDE DOKUMENT	7
1.5	SAMRÅD	8
1.6	UNDERLAGSMATERIAL	8
1.7	INTERNKONTROLL	8
<b>2</b>	<b>BESKRIVNINGAR</b>	<b>9</b>
2.1	OMGIVNING	9
2.2	PLANOMRÅDET	10
2.3	INFRASTRUKTUR	11
2.4	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	12
<b>3</b>	<b>RISKIDENTIFIERING</b>	<b>13</b>
3.1	JÄRNVÄGEN	13
3.2	E18	14
3.3	SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER	15
<b>4</b>	<b>RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING</b>	<b>16</b>
4.1	RISKKRITERIER	16
4.2	JÄRNVÄGEN	18
4.3	E18	19
4.4	TOTAL SAMHÄLLSRISK FÖR PLANOMRÅDET	21
4.5	KÄNSLIGHETSANALYSER	22
<b>5</b>	<b>RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER</b>	<b>23</b>
5.1	DISPOSITION AV BYGGNAD	23
5.2	DISPOSITION AV PLANOMRÅDE	23
5.3	PLACERING AV FRISKLUFTSINTAG	23
<b>6</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>24</b>
<b>7</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>25</b>
<b>BILAGA A.</b>	<b>METOD FÖR RISKHANTERING</b>	<b>26</b>
<b>BILAGA B.</b>	<b>FREKVENSBERÄKNINGAR JÄRNVÄGEN</b>	<b>28</b>
<b>BILAGA C.</b>	<b>KONSEKVENSBERÄKNINGAR</b>	<b>37</b>

BILAGA D.	BERÄKNINGAR FÖR E18	43
BILAGA E.	SKYDDSEFFEKTER	45
BILAGA F.	KÄNSLIGHETSANALYSER	47
BILAGA G.	REFERENSER	49

# 1 INLEDNING

WSP har av Karlskoga kommun fått i uppdrag att göra en fördjupad riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Kv. Varfågeln 1 i Karlskoga. Detaljplanen ligger till grund för förslaget att etablera bostäder på fastigheten. WSP har tidigare upprättat en översiktlig riskbedömning för detaljplanen i syfte att ge ett förhandsbesked avseende lämpligheten med planerad markanvändning. Denna riskbedömning utgör således en fördjupning av den översiktliga riskbedömningen.

Norr om planområdet löper två transportleder för farligt gods: järnvägen respektive E18. Från planområdet är det som närmst cirka 70 meter till järnvägen och cirka 15 meter till E18

I enlighet med krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led, utifrån Miljöbalken, Plan- och bygglagen samt Länsstyrelsens riktlinjer, ska båda dessa transportleder således ingå i en riskbedömning för planområdet. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-led.

## 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 vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I detta ingår att efter behov ge förslag på åtgärder som kan komma att bli aktuella för den planerade etableringen.

## 1.2 OMFATTNING

Bedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Riskidentifiering: Vad kan inträffa?
- Frekvensberäkningar: Hur ofta kan det inträffa?
- Konsekvensberäkningar: Vad blir konsekvensen av det inträffade?
- Riskuppskattning: Hur stor är risken?
- Riskvärdering: Är risken acceptabel?
- Riskreduktion: Rekommenderas åtgärder?

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 urspårning på järnväg samt transport av farligt gods på järnväg respektive väg. 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 och luftföroreningar samt elsäkerhet.

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

## 1.4 STYRANDE DOKUMENT

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

### 1.4.1 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.

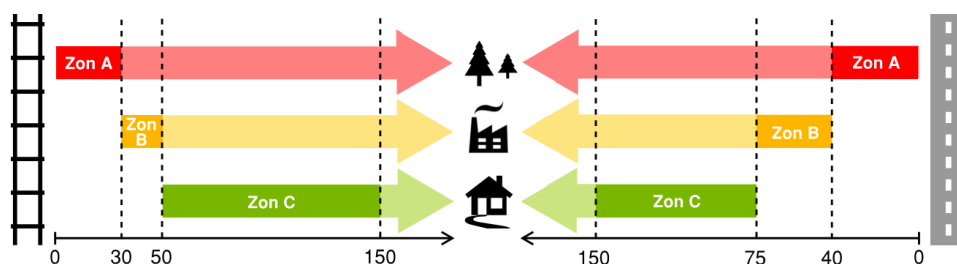
*Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till [...] människors hälsa och säkerhet, ... (PBL 2010:900. 2 kap. 5§)*

*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§)*

### 1.4.2 Riktlinjer

Länsstyrelsen i Örebro län har inte tagit fram några egna rekommendationer eller riktlinjer på lokal nivå utan hänvisar till Länsstyrelsen i Stockholms dokument *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods* [1], vilket kommer att användas i detta projekt [2].

Riktlinjen tydliggör hur Länsstyrelsen i Stockholms län bedömer risker vid granskning av detaljplaner och översiktsplaner. Länsstyrelsen i Stockholms län anser att riskerna ska beaktas vid framtagande av detaljplaner inom 150 meter från väg och järnväg där det transporteras farligt gods. I Figur 1 presenteras rekommenderade skyddsavstånd mellan transportleder för farligt gods och olika typer av markanvändning. I Tabell 1 klargörs vilken typ av markanvändning som innefattas av zonerna i figuren.



Figur 1. Illustration av rekommendationer till olika typer av bebyggelse utmed väg och järnväg [3]. Avstånden mäts från närmaste spårmitt respektive vägkant.

Tabell 1. Rekommenderad lokalisering av verksamhetstyper till respektive zon enligt Figur 1.

Zon A	Zon B	Zon C
G Drivmedelsförsörjning	E Tekniska anläggningar	B Bostäder
L Odling och djurhållning	G Drivmedelsförsörjning (bemannad)	C Centrum
P Ytparkering	J Industri	D Vård
T Trafik	K Kontor	H Detaljhandel
	N Friluftsliv och camping	O Tillfällig vistelse
	P Parkering (övrig)	R Besöksanläggningar
	Z Verksamheter	S Skola

Länsstyrelsen anser att kommunen bör lokalisera bebyggelse enligt dessa rekommendationer för att uppnå en god samhällsplanering. För det fall det inte är möjligt att uppnå rekommenderade avstånd anges även de skyddsavstånd och skyddsåtgärder som Länsstyrelsen anser vara ett minimum för att uppfylla kraven i Plan- och bygglagen.

## 1.5 SAMRÅD

Samråd gällande tillämpade riktlinjer genomfördes med Länsstyrelsen i Örebro län i samband med upprättandet av den översiktliga riskbedömningen för detaljplanen [2].

## 1.6 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Översiktlig riskbedömning Kv. Varfågeln Karlskoga [4].
- Skissförslag Kv. Varfågeln 1 [5].

## 1.7 INTERNKONTROLL

Rapporten är utförd av Cecilia Nordenö (Civilingenjör Riskhantering) med Emelie Laurin (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001, 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 Katarina Herrström (Brandingenjör och Civilingenjör Riskhantering).



## 2 BESKRIVNINGAR

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet och dess omgivning i syfte att tydliggöra de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

### 2.1 OMGIVNING

Det aktuella planområdet är beläget centralt i Karlskoga. Kvarteret Varfågeln 1 ligger i direkt anslutning till E18, som också utgör en naturlig avgränsning åt norr. Vidare avgränsas planområdet av Skolgatan i öster, Pärलगatan i söder samt några byggnader som tillhör Karlskoga kulturskola och en förskola i väster. Söder om E18 består omgivande bebyggelse i huvudsak av bostäder. Norr om E18 löper järnvägen och norr om den finns i huvudsak centrumbebyggelse. Planområdet och dess omgivning visas i Figur 2.



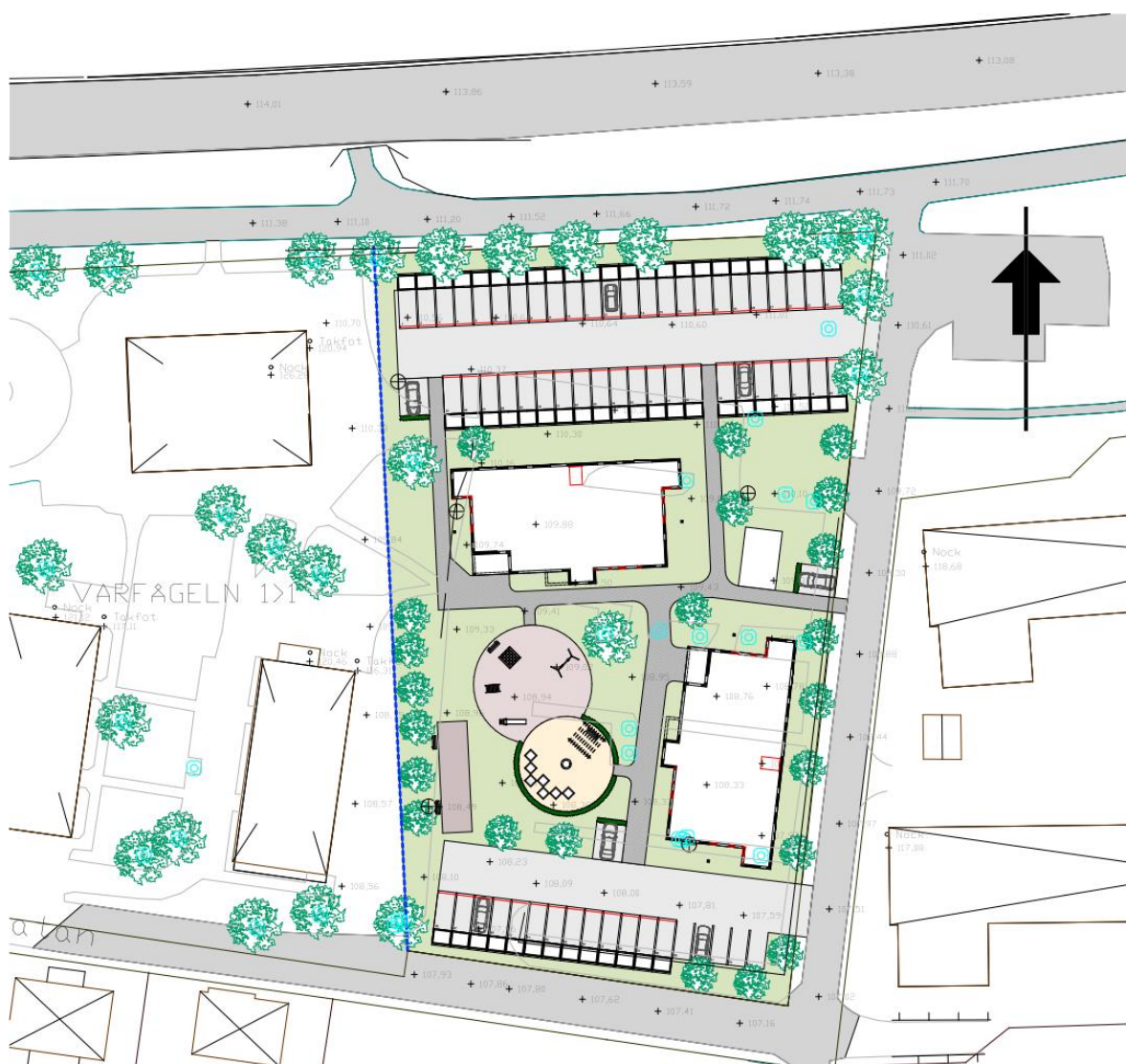
Figur 2. Kv. Varfågeln 1 visas med röd skugga, E18 visas med grön heldragen linje, järnvägen visas med svart streckad linje.

Enligt Bergslagens Räddningstjänsts *Handlingsprogram för förebyggande och räddningstjänst* [6] utgörs huvudriskerna i Karlskoga kommun av tillverkning och transporter av kemikalier och sprängämnen inom Björkbornsområdet (drygt 2 km från planområdet). Inom kommunen finns sju Sevesoanläggningar varav sex tillhör den högre kravnivån [6]. Ingen av Sevesoanläggningarna ligger i närheten av det berörda planområdet. Transporter till och från dessa verksamheter kan dock förväntas passera på farligt gods-lederna förbi planområdet.

## 2.2 PLANOMRÅDET

Planområdet består i dagsläget i huvudsak av en parkeringsplats med mindre grönytor i den norra delen. Mellan planområdet och E18 löper en gång- och cykelväg som även går under E18 i en tunnel i höjd med planområdets nordvästra hörn. Planområdet ligger cirka 2 meter lägre än E18 och E18 i sin tur ligger lägre än järnvägen som går uppe på en förhöjd banvall.

Planförslaget omfattar två flerfamiljshus med totalt 54 lägenheter, se Figur 3. Förslaget riktar sig primärt till boende i gruppen medelålders eller äldre par, vilket gör att personbelastningen uppskattas till drygt 100 personer inom planområdet. Utöver bostadshusen omfattar planförslaget carportlängor med förråd längs med fastighetens norra och södra perimetrar, samt grönytor och ytor anpassade för utevistelse (utegym, boule, odling, grillplats etc.) mellan husen. Det planeras även för en mindre, centralt placerad, återvinningsbyggnad. Totalt omfattas en yta om ca 6 000 m<sup>2</sup> av planförslaget.



Figur 3. Planförslag med flerfamiljshus.

Kortaste avstånd mellan fasad på bostadshus och E18 uppskattas till cirka 45 meter. Kortaste avstånd mellan fasad på bostadshus och järnvägen uppskattas till cirka 100 meter. Motsvarande avstånd mellan carports och riskkällorna är cirka 20 meter respektive 75 meter.

## 2.3 INFRASTRUKTUR

I nedanstående stycken beskrivs de båda transportlederna för farligt gods.

### 2.3.1 E18

E18 passerar genom centrala Karlskoga i öst-västlig riktning och löper i princip parallellt med planområdet, se Figur 2. E18 är en primär transportled för farligt gods [7] vilket innebär att den är en del av det rekommenderade vägnätet för transport av farligt gods och används för genomfartstrafik. På en primär transportled förväntas stora mängder samt förekomst av samtliga klasser av farligt gods. Vägen har två körfält i respektive riktning som åtskiljs av ett mitträcke. Längs vägkanten mot planområdet finns ett avåkningsskydd som utifrån bildstudier bedöms vara dimensionerat för att fånga upp personbil (dvs inte tunga fordon). Hastigheten på den berörda vägsträckan är 60 km/h.

I Tabell 2 redovisas årsdygnsmedelstrafiken (ÅDT) på aktuell vägsträcka fördelat på personbilar och lastbilar. ÅDT för år 2019 är baserat på Trafikverkets vägtrafikflödeskarta [8] och för år 2040 har statistiken multiplicerats med uppräkningsstal enligt Trafikverkets prognos för Örebro län [9].

Tabell 2. Trafik på aktuell vägsträcka år 2019 och prognosår 2040.

Trafik	2019	2040
ÅDT Totaltrafik	20 030	21 119
ÅDT Personbilar	17 620	18 295
ÅDT Lastbilar	2 410	2 824
Andel tung trafik	12,0%	13,4%

### 2.3.2 Järnvägen

Järnvägen mellan Strömtorp och Ervalla passerar genom centrala Karlskoga som ligger på bandelen mellan Strömtorp och Bofors. Se järnvägens placering i relation till planområdet i Figur 2. Järnvägen genom Karlskoga är enkelspårig, inte elektrifierad och trafikerades enbart av godståg och tjänstetåg<sup>1</sup>. Antal tåg av respektive typ som trafikerade järnvägen år 2016 [10] redovisas i Tabell 3. Ingen information gällande trafiken i dagsläget har kunnat erhållas.

Tabell 3. Trafik på järnvägen genom Karlskoga år 2016.

Antal tåg	Persontåg	Godståg	Tjänstetåg	Totalt
Totalt antal tåg	0	53	47	100
Antal tåg per dygn	0	0,15	0,13	0,28

<sup>1</sup> Tjänstetåg är tåg som inte transporterar betalande resenärer eller gods. Exempel på vanligt förekommande tjänstetåg är tågsätt som behöver flyttas från en station till en annan. Det kan också vara ensamma lok eller transporter i samband med banarbeten etc. För beräkningarna antas dock att alla tjänstetågen är persontåg (utan passagerare).

## 2.4 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Befolkningsmängden i Karlskoga kommun har varit relativt konstant de senaste 20 åren. År 2019 var befolkningstätheten i tätorten 1 351 personer/km<sup>2</sup> [11].

Inom planområdet förväntas personbelastningen blir ca 100 personer. Planerad bebyggelse bidrar lokalt med en ökad persontäthet eftersom planområdet i dagsläget inte innefattar några bostäder. I beräkningarna har persontätheten inom planområdet antagits vara 1 451 personer/km<sup>2</sup> baserat på den genomsnittliga persontätheten i Karlskoga tätort med boende i de tillkommande bostäderna adderade.

Persontätheten inom en tätort varierar naturligtvis på lokal nivå, och att använda ett genomsnitt för hela tätorten i beräkningarna medför således vissa osäkerheter. För att hantera osäkerheterna kopplade till uppskattad persontäthet har den parametern studerats närmare i en känslighetsanalys.

I beräkningarna antas det att personerna är jämnt utspridda över området. Det antas också att en större andel av personerna vistas inomhus enligt värden i Tabell 4.

*Tabell 4. Andel personer som befinner sig inomhus respektive utomhus vid olika tidpunkter på dygnet enligt riktvärden från RIKTSAM [12].*

Tid på dygnet	Andel inomhus	Andel utomhus
Dagtid (kl. 07-19)	90 %	10 %
Nattetid (kl. 19-07)	99 %	1 %

## 3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen. Riskidentifieringen innebär en systematisk genomgång av de riskkällor som förekommer i samband med järnvägstrafik och transport av farligt gods på järnväg respektive väg, för att klargöra vilka olyckor som kan inträffa. Inga övriga riskkällor som berör det aktuella planområdet (inom ett avstånd på 150 m från planområdet) har identifierats.

### 3.1 JÄRNVÄGEN

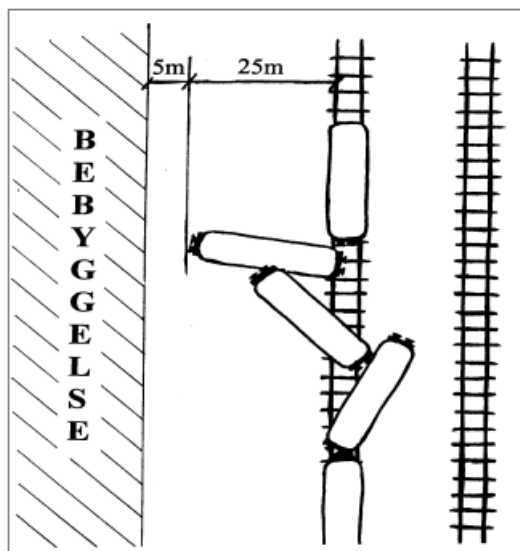
De risker som identifierats kan komma att påverka omgivningen negativt är:

- Mekanisk påverkan i samband med urspårning.
- Olycka vid transport av farligt gods på järnväg.

#### 3.1.1 Urspårning

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

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Konsekvenserna av en urspårning är direkt beroende av hur långt ifrån spåret som tåget hamnar. Urspårningar bedöms generellt ha ett konsekvensområde (med avseende på mekaniska skador) på maximalt cirka 30 meter från spåret, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom [13].



Figur 4. Urspårningsolycka på järnväg.

### 3.1.2 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. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt det så kallade RID-systemet, som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Se mer information om farligt gods som transporteras på järnväg i bilaga B.2.

Vid beräkningar av sannolikhet för och konsekvens av en olycka på järnväg utgör antal och typ av tågtransporter per år viktiga ingångsvärden. För att bedöma sannolikheten för och konsekvensen av en olycka där farligt gods är inblandat krävs en skattning av vilken andel av godstrafiken som utgörs av farligt gods, samt vilken fördelning mellan de olika godsklasserna som föreligger.

Som tidigare beskrivits trafikeras den berörda järnvägssträckan enbart av godståg och tjänstetåg. Enligt uppgifter tillhandahållna av Karlskoga kommun sker dock farligt gods-transporter på berörd järnvägssträcka i form av leveranser till lokala verksamheter [14]. Enligt uppgifterna utgörs majoriteten av farligt gods-transporterna av frätande ämnen (RID-klass 8) men även någon enstaka transport av explosiva ämnen (RID-klass 1.1) kan förekomma [15].

På grund av osäkert statistiskt underlag vad gäller antalet transporter med farligt gods samt hur mängden farligt gods är fördelad mellan de olika klasserna har ett nationellt genomsnitt använts i beräkningarna. Det är ett konservativt antagande då en större andel klass 8 skulle medföra en lägre risknivå än det nationella genomsnittet eftersom en olycka med klass 8 framförallt påverkar närområdet medan andra RID-klasser, som får större genomslag när nationell statistik används, medför större konsekvenser.

## 3.2 E18

ÅDT på E18 förbi planområdet var 2019 ca 20 000 fordon, varav 12 % utgjordes av lastbilar [16]. För prognosår 2040 är andelen lastbilar något högre, 13,4%. För att beräkningarna ska vara konservativa används prognosen för år 2040 som indata. Sett till all godstrafik på väg inom Sverige utgjordes cirka 2,4 % av lastbilstransporterna av farligt gods under åren 2015–2019 [17]. Då det saknas tillförlitlig statistik gällande fördelning mellan förekommande farligt gods-klasser på lokal nivå används det nationella snittet i beräkningarna.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods bedöms följande farligt gods-klasser vara relevanta för riskbedömningen:

- Farligt gods-olycka med explosiva ämnen (klass 1).
- Farligt gods-olycka med gas (klass 2). Delas upp i brandfarlig gas (2.1) och giftig gas (2.3).
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3).
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5).

Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet. För mer information om farligt gods-klasser och konsekvenser vid en olycka, se bilaga D.3.

### 3.3 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de riskkällor som identifierats har ett antal dimensionerande olycksscenarioer med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 5.

Tabell 5. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarioer baserat på rådande förutsättningar på järnvägen och E18.

Explosiva ämnen Klass 1	Brandfarlig gas Klass 2.1	Giftig gas Klass 2.3	Brandfarlig vätska Klass 3	Oxiderande ämnen Klass 5.1	Urspåring
Liten explosion	BLEVE	Litet läckage	Liten pölbrand	Explosion	Mekanisk påverkan
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 den uppskattade individrisknivån och samhällsrisknivån för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods-transporter på väg och järnväg samt urspärning. I kapitlet redovisas också resultaten av de känslighetsanalyser som har genomförts.

### 4.1 RISKKRITERIER

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [18]. 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 perspektiv, 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 på 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 5 nedan) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

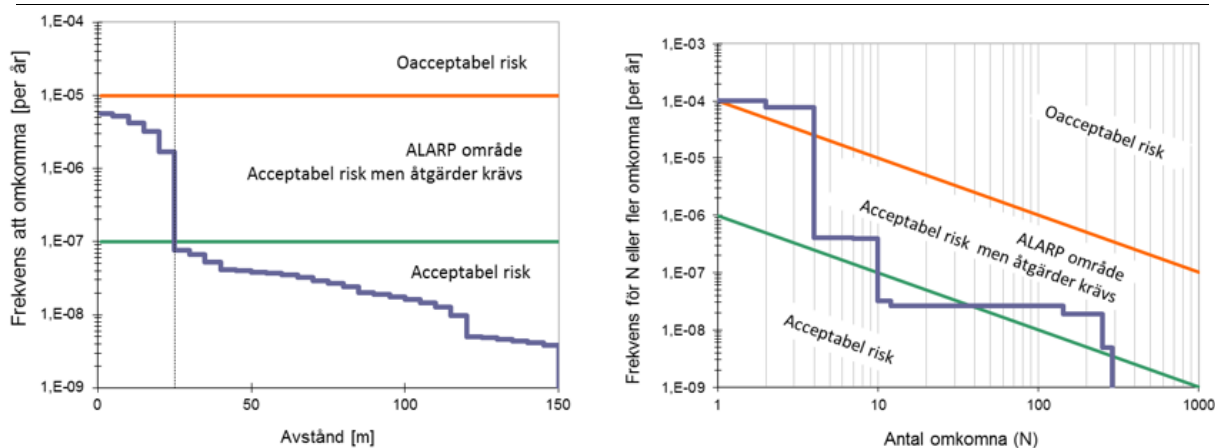
**Samhällsrisk** beaktar hur stor konsekvensen kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika scenarier där hänsyn tas till befolkningstätheten inom det aktuella området. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider. Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (t.h. i Figur 5) som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



I Tabell 6 redogörs för DNV:s 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 streckade linjer enligt Figur 5.

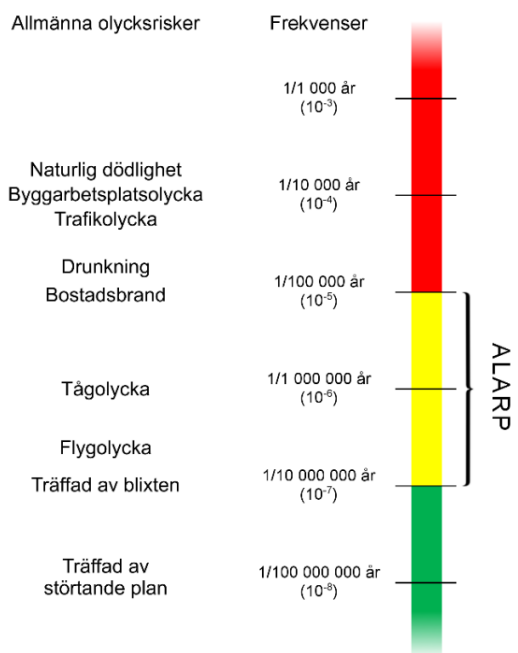
Tabell 6. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

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 5. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [18].

Som jämförelse illustreras i Figur 6 ett antal olycksrisker i samhället.



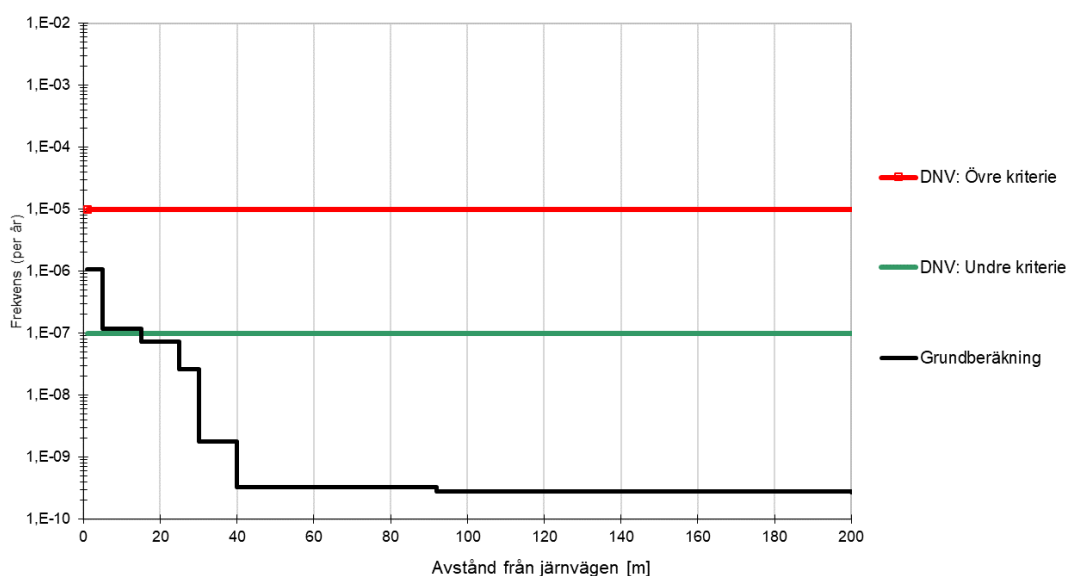
Figur 6. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [19].

## 4.2 JÄRNVÄGEN

Med hjälp av Trafikverkets rapport *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [20] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadesscenario används händelseträdsanalys. Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga B. Konsekvenserna av olika skadesscenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga C.

### 4.2.1 Individrisk med avseende på järnvägen

I Figur 7 visas den beräknade individrisken med avseende på järnvägen som passerar planområdet. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.



Figur 7. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter och urspårning på järnvägen.

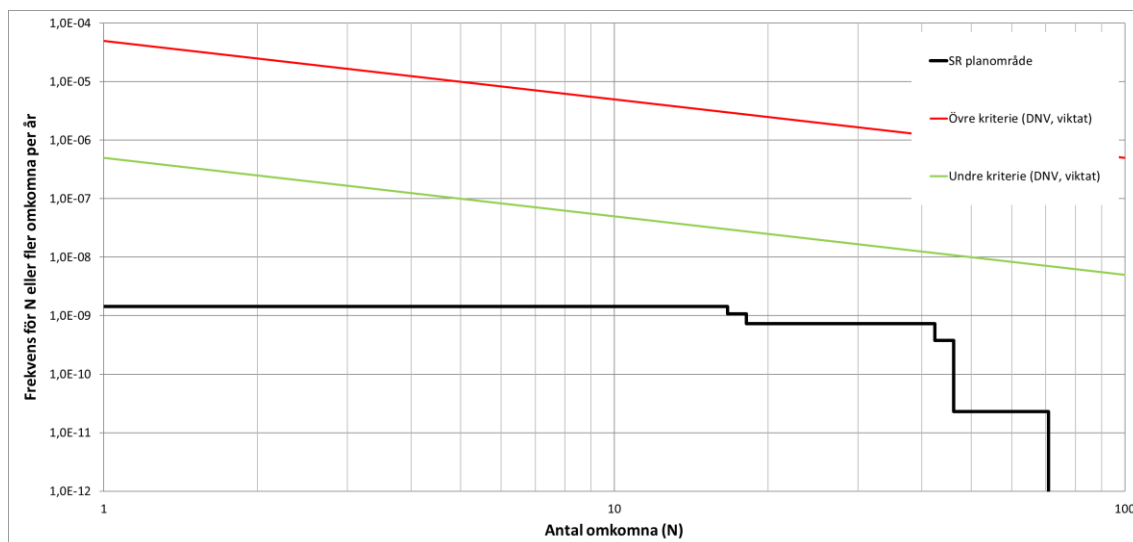
Individrisken ligger inom ALARP-området närmast spåret, men redan vid ett skyddsavstånd på 18 m från spårmittpunkt är individrisken acceptabel. Detta beror på den låga trafikeringen på järnvägen. Eftersom aktuellt planområde ligger 100 m från järnvägen är individrisken acceptabel med god marginal.

### 4.2.2 Samhällsrisk med avseende på järnvägen

Eftersom kortaste avstånd mellan järnvägen och planområdet är ca 100 m, och det inte finns några ytor som uppmuntrar till stadigvarande vistelse inom det spannet, ansätts 100 m som befolkningsfritt avstånd i beräkningarna.

Vid samhällsriskberäkningarna antas inomhusvistelse medföra en viss skyddseffekt vid vissa olycksscenarier. De ansatta skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar, tidigare riskbedömningar inom samhällsplanering [21] och internationella vägledningar så som CPR 18E [22]. I Bilaga D redovisas mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse.

I Figur 8 redovisas den beräknade samhällsrisk med avseende på järnvägen. Den röda och gröna linjen markerar DNV:s övre respektive undre kriterium.



Figur 8. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter och urspårning på järnvägen.

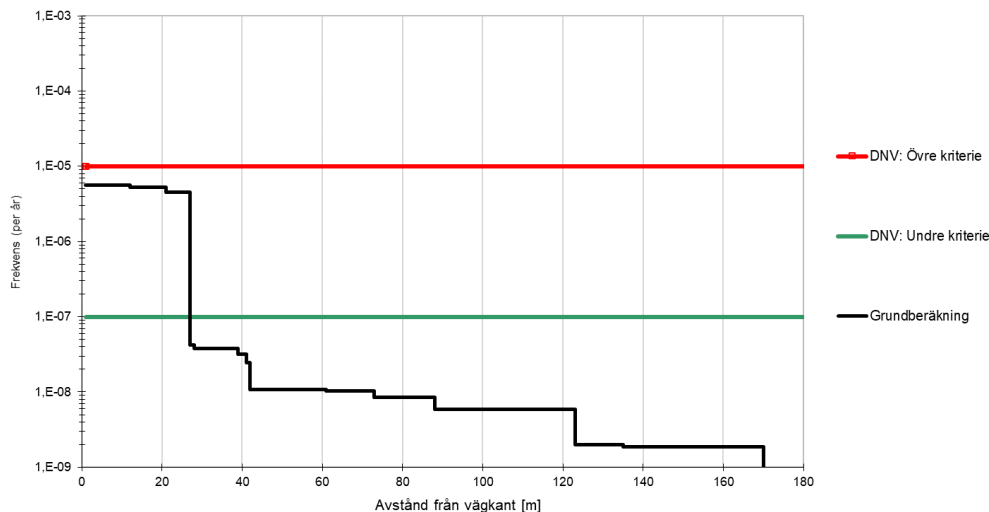
Figuren visar att samhällsrisken är acceptabel. Eftersom många olycksscenarioer, dels urspårningar men även många scenarier kopplade till olyckor med farligt gods, inte har konsekvensavstånd som överstiger 100 m får dessa inget utslag i samhällsrisksberäkningarna när ett befolkningsfritt avstånd på 100 m har ansatts. Detta medför ett lägre antal omkomna vid respektive olycksscenario. Eftersom trafikintensiteten på järnvägen är mycket låg ligger kurvan även lågt vad gäller olycksfrekvensen.

### 4.3 E18

För uppskattning av risknivån kopplad till E18 har bland annat årsmedeldygnstrafik (ÅDT) och hastighetsbegränsning för aktuellt vägavsnitt använts som indata. Med stöd av MSB:s dokument *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [23] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga D.2. Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga D.3.

### 4.3.1 Individrisk med avseende på E18

I Figur 9 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs E18. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området.

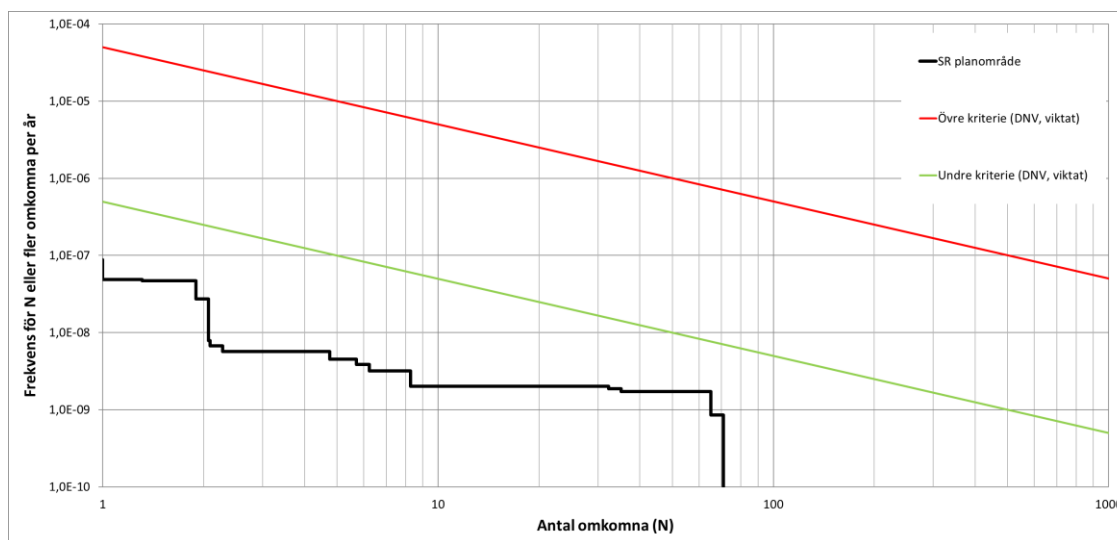


Figur 9. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E18.

Ur figuren kan utläsas att risken ligger högt inom ALARP-området upp till 27 m från väggkanten. Efter 27 m sjunker individrisken kraftigt och blir acceptabel. Eftersom närmaste husfasad ligger ca 45 m från väggkanten innebär det att individrisken är acceptabel för aktuellt planförslag.

### 4.3.2 Samhällsrisk med avseende på E18

Eftersom närmaste bebyggelse ligger ca 45 m från väggkanten har detta avstånd ansatts som befolkningsfritt i beräkningarna. Det har också ansatts skyddseffekter vid inomhusvistelse enligt Tabell 17 ovan. I Figur 10 illustreras samhällsrisken för aktuellt område med avseende på farligt gods-transporter på E18. Den röda och gröna linjen markerar DNV:s övre och undre kriterium.

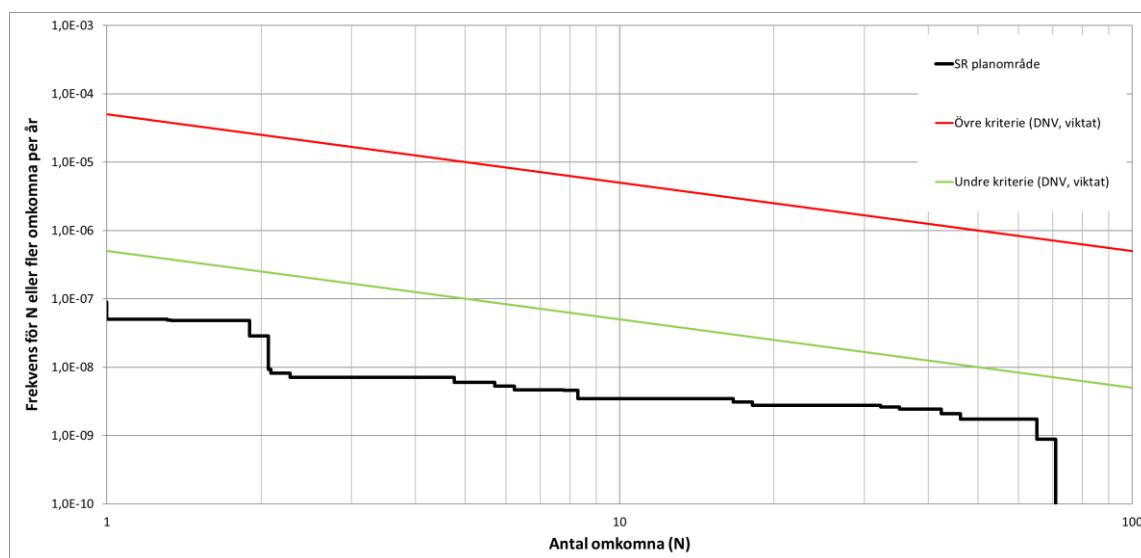


Figur 10. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E18.

Figuren visar att samhällsrisk för aktuellt område ligger lägre än DNV:s undre kriterium och därmed anses vara acceptabel. Att samhällsrisk är acceptabel beror framförallt på att det har antagits ett bebyggelsefritt område på 45 m från närmaste väggkant och att endast ett begränsat antal olycksscenarioer har konsekvensområden som stäcker sig längre än så.

#### 4.4 TOTAL SAMHÄLLSRISK FÖR PLANOMRÅDET

För att visa på den totala samhällsrisk inom planområdet, med avseende på både riskerna kopplade till järnvägen och E18, har den sammanlagda samhällsrisk beräknats. Den totala samhällsrisk visas i Figur 11.



Figur 11. Aggregerad samhällsrisk inom planområdet.

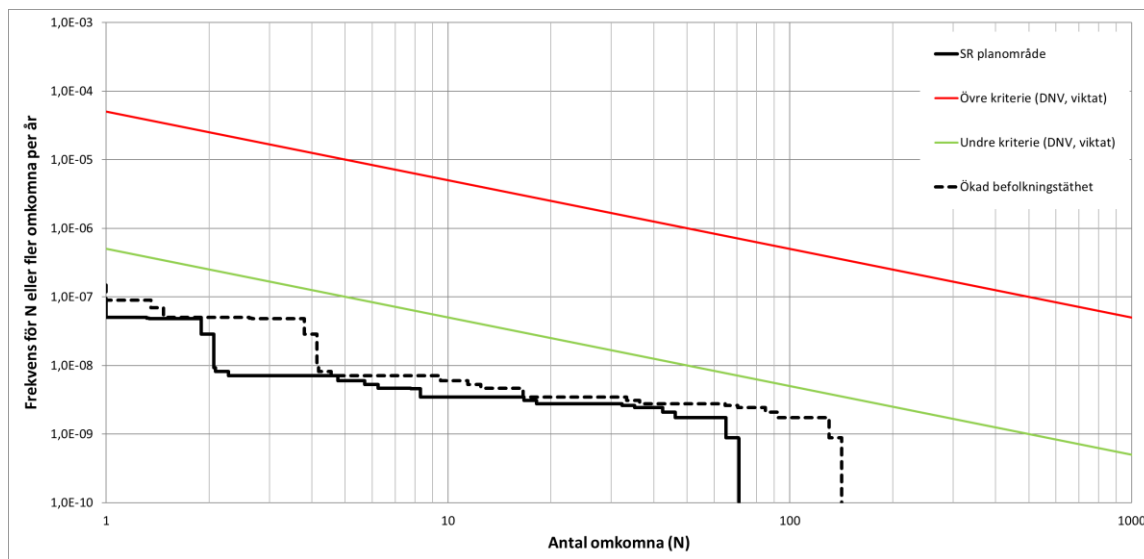
Figuren visar att samhällsrisk är acceptabel även sett till den totala riskbilden inom planområdet.

Den sammanlagda individrisken anses inte relevant att studera då de aktuella skyddsavstånden medför en individrisk som är acceptabel med god marginal med avseende på de båda riskkällorna.

## 4.5 KÄNSLIGHETSANALYSER

För att verifiera hur stor inverkan gjorda antaganden har på resultatet av beräkningarna har känslighetsanalyser genomförts. Detta för att ta höjd för osäkerheter i det statistiska underlaget och för att ta höjd för eventuella framtida förändringar.

I en första känslighetsanalys har resultatets påverkan från uppskattad befolkningstäthet studerats. I känslighetsanalysen har persontätheten, både inom Karlskoga tätort och inom planområdet, fördubblats. Hur en kraftigt ökad befolkningstäthet påverkar den aggregerade riskbilden visas i Figur 12. Den heldragna linjen visar grundberäkningen och den streckade visar känslighetsanalysen.



Figur 12. Känslighetsanalys med avseende på persontäthet.

Känslighetsanalysen visar att samhällsrisken är acceptabel även om befolkningstätheten i Karlskoga och inom planområdet skulle öka kraftigt.

Det har även gjorts känslighetsanalyser där kortaste avstånd mellan riskkälla och bebyggelse förkortas, samt där andelen tung trafik och andelen farligt gods som transporteras på E18 ökas. Eftersom individrisken är acceptabel vid 27 m från E18 undersöktes hur samhällsrisken påverkas om bostäderna skulle placeras närmare vägen. I känslighetsanalysen ansattes ett befolkningsfritt avstånd på 30 m istället för 45 m. Känslighetsanalysen visar att samhällsrisken är acceptabel även om avståndet mellan närmaste fasad på bostadshus och E18 är 30 m.

Vad gäller en ökad mängd tunga transporter samt en större andel farligt gods av det totala antalet godstransporter på E18 visar även den känslighetsanalysen att samhällsrisken förblir på en acceptabel nivå. För mer detaljer om dessa känslighetsanalyser, se Bilaga F.

Sammanfattningsvis visar genomförda känslighetsanalyser att resultatet av beräkningarna är robust och att risknivån inom Kv. Varfågeln 1 är acceptabel även vid förändringar i befolkningstäthet, trafik på E18 och det befolkningsfria avståndet.

## 5 RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER

Riskbedömningen visar att inga riskreducerande åtgärder utöver de som redan finns inarbetade i form av skyddsavstånd behöver vidtas för att detaljplanen ska vara lämplig ur ett riskperspektiv. Det bör dock i samhällsplaneringen alltid finnas en strävan efter att reducera risker, särskilt om de är kostnadsneutrala exempelvis tack vare att ett projekt befinner sig i tidigt skede.

I nedanstående stycken presenteras ett antal kostnadseffektiva åtgärder som kan vara lämpliga att överväga i samband med planering av ett nytt område och uppförande av ny bebyggelse. Det ska särskilt påpekas att dessa åtgärder inte är ett krav för att planen ska anses vara acceptabel ur risknivå, utan utgör rekommendationer för att ytterligare sänka risknivån.

### 5.1 DISPOSITION AV BYGGNAD

Åtgärden innebär disposition av en byggnad för att uppnå ett skydd mot olyckor. I detta fall rekommenderas att byggnader inom planområdet projekteras så att utrymning kan ske bort från E18 och järnvägen.

### 5.2 DISPOSITION AV PLANOMRÅDE

Genom att reglera användandet av planområdets yta kan den optimeras baserat på risknivå. I detta fall rekommenderas att ytor och anläggningar (exempelvis lekplats, grillplats etc.) som uppmuntrar till stadigvarande utomhusvistelse placeras bortom 30 meter från E18, helst söder om byggnaderna.

### 5.3 PLACERING AV FRISKLUFTSINTAG

Åtgärden innebär att friskluftsintag placeras högt på oexponerad sida, vanligen bort från riskkällorna. 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.

## 6 DISKUSSION

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. 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 i denna riskbedömning som är belagda med störst osäkerheter är:

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

Dessa osäkerheter har delvis hanterats genom känslighetsanalyser och genom att de antaganden som har gjorts har varit konservativa för att risknivån inte ska underskattas.

Osäkerheterna gällande personantal inom området beror på att uppskattningen bygger på statistik för hela Karlskoga tätort. Lokala variationer i persontätheten förekommer givetvis, men detta påverkar inte resultatet av riskbedömningen enligt genomförd känslighetsanalys.

Osäkerheter avseende farligt gods-transporter förbi planområdet beror främst på begränsad tillgång till statistik. Vad gäller järnvägen har ingen statistik kunnat erhållas avseende antal och typer av tågtransporter som trafikerar järnvägen i dagsläget, utan beräkningarna är baserade på underlag från 2016. Fördelningen av farligt gods-klasser i beräkningarna är baserad på nationella genomsnitt. För aktuell järnväg kan det betraktas som ett mycket konservativt antagande då uppgifter från Karlskoga kommun tyder på att antalet och klasserna av farligt gods som transporteras är mer begränsade än genomsnittet. Oavsett vilken statistik som används som underlag blir riskpåverkan från järnvägen låg på grund av den mycket låga trafikintensiteten och det stora skyddsavståndet.

Vad gäller farligt gods-transporter på E18 förväntas trafiken motsvara den nationella statistiken. Med avseende på horisontår 2040 och möjliga förändringar i hur farligt gods transporteras fram till dess har en ökad mängd farligt gods-transporter förbi planområdet studerats i en känslighetsanalys. Känslighetsanalysen visar att både individ- och samhällsriskerna förblir acceptabel även om mängden farligt gods som transporteras på aktuell vägsträcka skulle öka.

Generellt för beräkningar av samhällsriskerna för planområden som detta, som är mycket små, medför beräkningsmodellerna att vissa generaliseringar är nödvändiga. Detta gäller framförallt uppskattad persontäthet. Samhällsriskerna beräknas generellt för ett område på 1 km<sup>2</sup>, men i detta fall för 0,5 km<sup>2</sup> eftersom beräkningarna görs ensidiga då Kv. Varfågeln 1 enbart omfattar området söder om riskkällorna. Själva planområdet omfattar dock endast ca 0,006 km<sup>2</sup> vilket innebär att en del av omgivningarna också måste inkluderas i beräkningarna. Dessa omgivningar har studerats på kartor och konstaterats innefatta mestadels villor och flerbostadshus. Ett fåtal byggnader som ligger närmare riskkällorna än de inom planområdet, dvs. mindre än 45 m från E18, vilket innebär att antagandet med 45 m befolkningsfritt avstånd inte är korrekt för hela området som omfattas i samhällsriskberäkningen. Med avseende på den känslighetsanalys som har utförts beträffande bebyggelsefritt avstånd, samt med avseende på typen av byggnader vilka inte medför någon hög persontäthet närmare vägen, bedöms dessa byggnader dock inte ge någon betydande påverkan på samhällsriskerna.



## 7 SLUTSATSER

I riskbedömningen har risker kopplade till järnvägen samt E18, som båda passerar norr om planområdet, studerats. Beräkningar av individ- och samhällsrisk visar att risknivåerna inom Kv. Varfågeln 1 är acceptabla med avseende på de båda riskkällorna.

Slutsatsen av genomförd riskbedömning är därmed att planerad bebyggelse uppfyller kraven för lämplig markanvändning utifrån Plan- och bygglagen samt Länsstyrelsen i Stockholms 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.

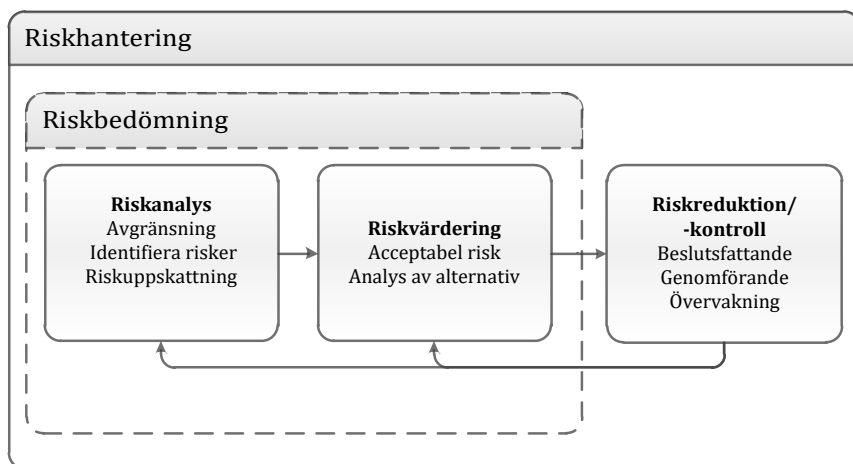
### A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

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 [24] [25], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 13.

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 13. 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

Vad gäller riskanalysmetoder skiljer man ofta på kvalitativa, semi-kvantitativa och kvantitativa metoder enligt nedan:

I **kvalitativa** metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten. Eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra, görs inget försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall [26]. Inom de kvalitativa metoderna ryms även logiska resonemang.

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 [26].

**Kvantitativa metoder** är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [27]. Kvantitativa metoder för riskanalys relaterat till transport av farligt gods innefattar ofta uppskattning av riskmåten individrisk och samhällsrisk.

I denna riskbedömning används kvantitativa metoder som kompletteras med kvalitativa resonemang.

## Bilaga B. FREKVENSBERÄKNINGAR JÄRNVÄGEN

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* [28]. 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.

### B.1. SANNOLIKHET FÖR URSPÅRNING

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

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 102.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 1 080.
- 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.

#### B.1.1 Urspåring

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspåring av tåg redovisas i Tabell 7 [28]:

Tabell 7. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspåring.

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

### B.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 [28] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

### B.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

### B.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

### B.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

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

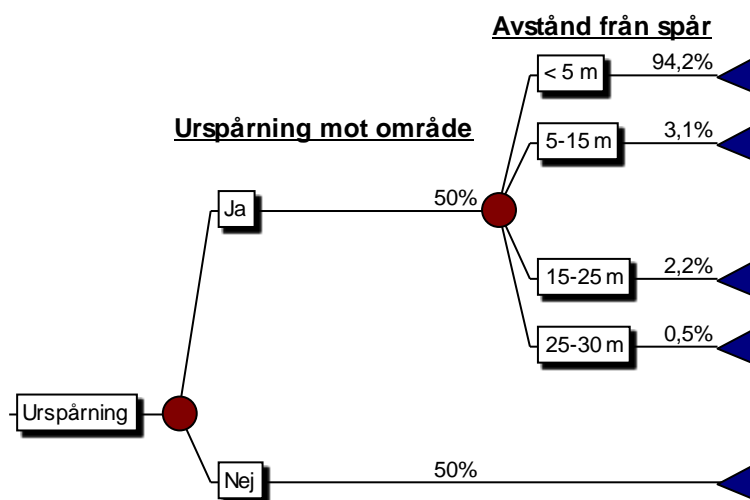
### B.1.6 Avstånd från spårmittpunkt för urspårade vagnar

Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell 8 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmittpunkt som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (54 % persontåg (tjänstetåg) och 46 % godståg) [28].

Tabell 8. Avstånd från spårmittpunkt (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spårmittpunkt	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	74,22%	18,81%	3,74%	2,22%	1,01%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spårmittpunkt vid urspårning är mycket liten [29]. Enligt Tabell 8 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur 14.



Figur 14. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

## B.2. JÄRNVÄGSOLYCKA MED 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 det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [30] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. 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 9 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 9. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

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 [30].	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 [31].
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, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.

RID-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoritet 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. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 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 [32]. 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.

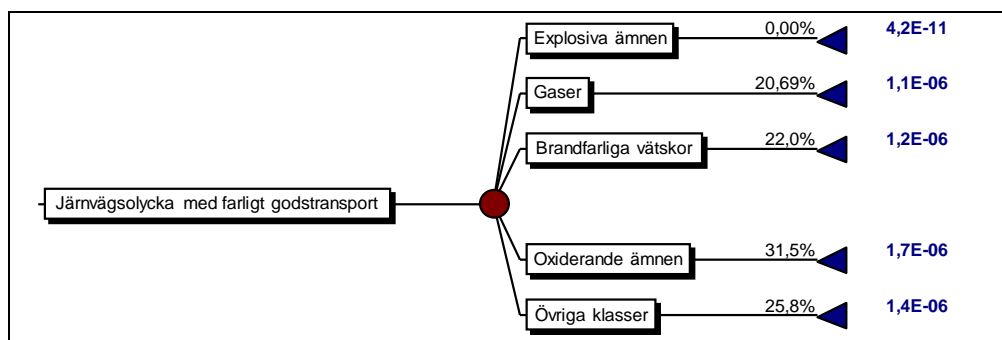
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande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

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt B.1.5 beräknad till  $1,87 \cdot 10^{-5}$  per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [33]. Farligt gods-vagnar antas utgöra 9 % av det totala antalet godsvagnar. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

$$1 - (1 - 0,09)^{3,5}$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli cirka  $5,42 \cdot 10^{-6}$  per år.

I händelseträdet, se Figur 15, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur 15. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

## B.3. OLYCKSSCENARIER – HÄNDELSETRÄDSMETODIK

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

### B.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 [34]. 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 [35].

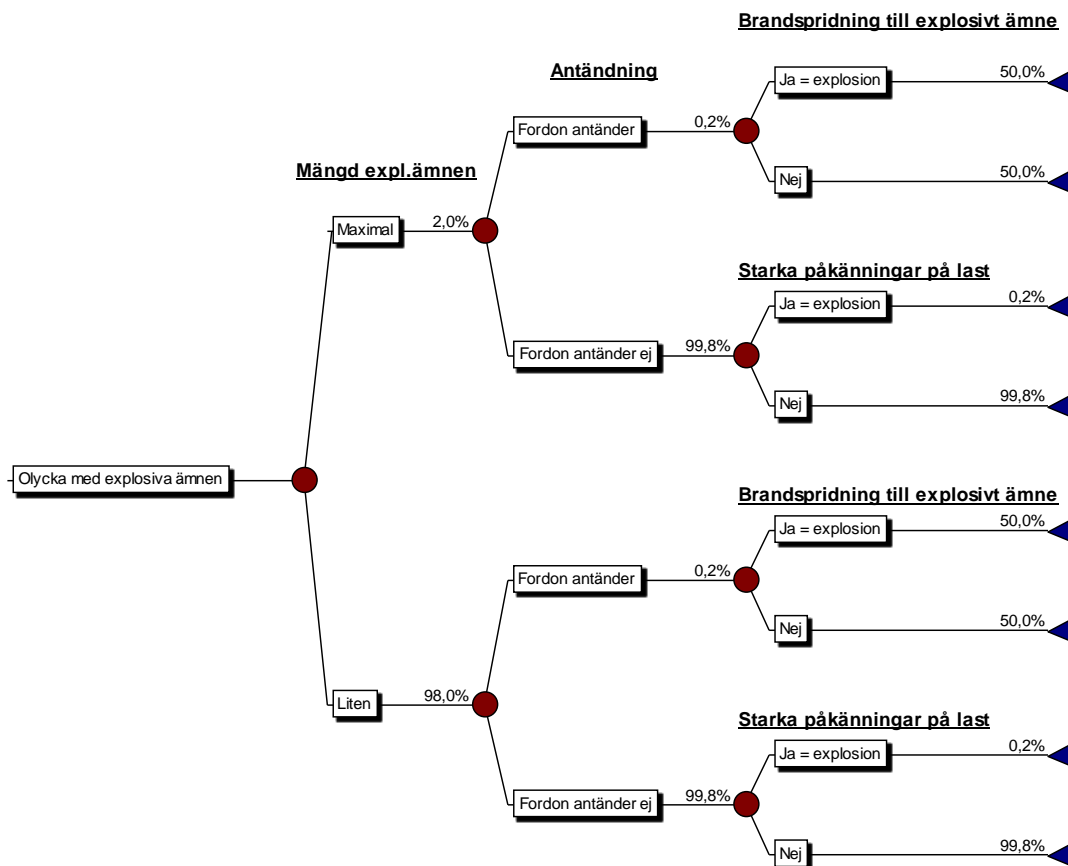
En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör cirka 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas i beräkningarna förenklat utgöra mindre laster om 150 kg.

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 [36] [37]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [21].

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [38]. 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 [39] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 16 redovisas möjliga scenarier.





Figur 16 Händelsetråd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

### B.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [40], antas 87 % av transporterna 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 [28]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

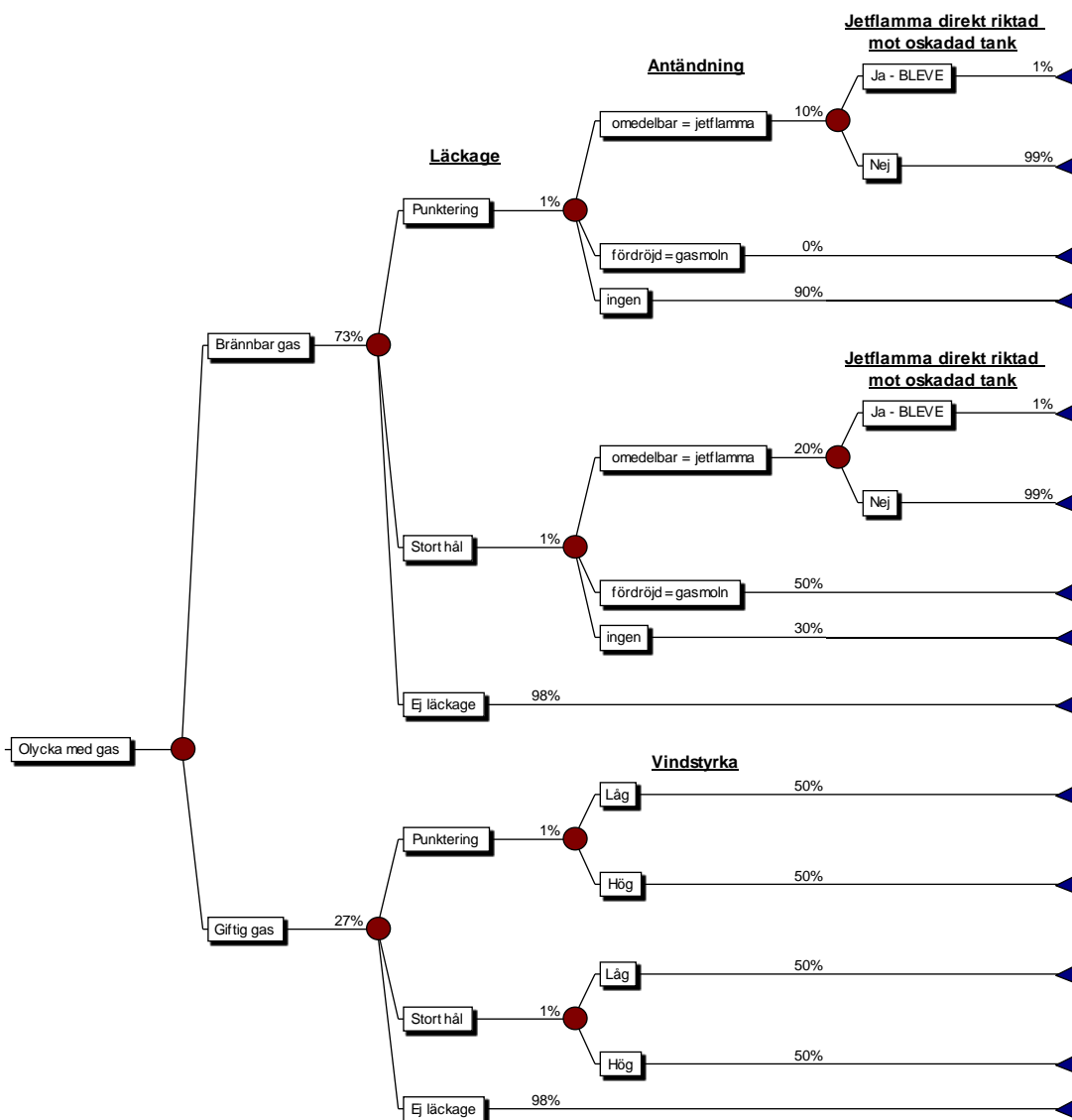
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln 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 [41] 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 % [41]. 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 17 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

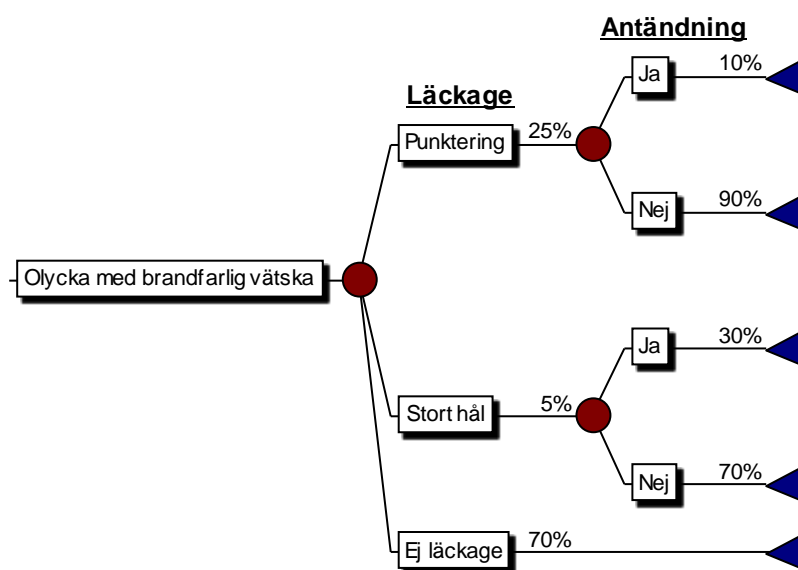


Figur 17. Händelsetråd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

### B.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 % [28]. 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 % [28]. I Figur 18 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 18. Händelsesträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

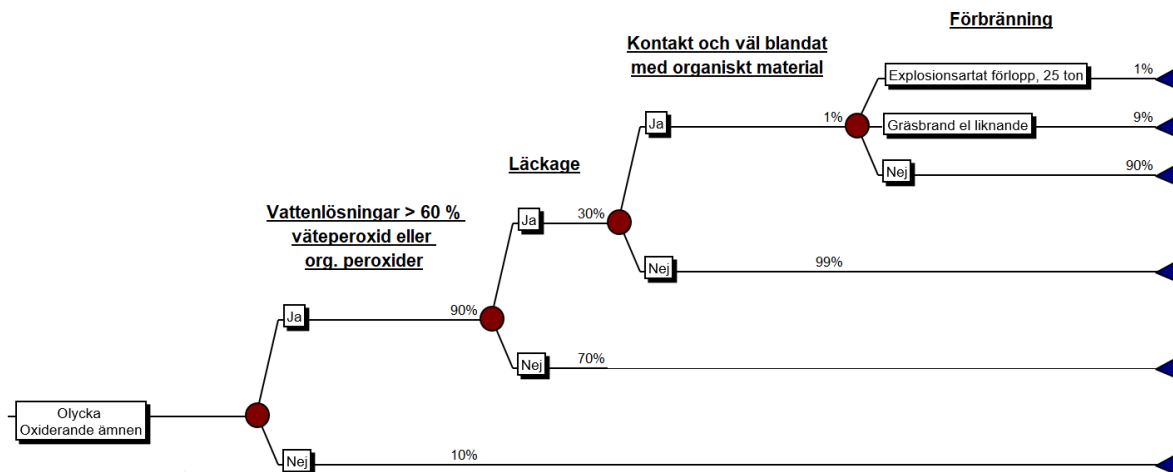
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. 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 [34] 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 B.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 % [21]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänd antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 19 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 19. Händelsetråd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

## B.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 C. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

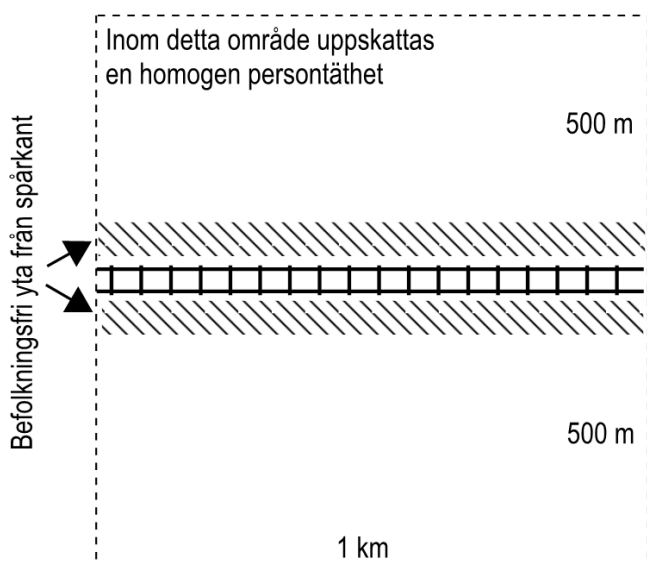
De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

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 spårmit beaktats.

### C.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 20. I denna riskbedömning beaktas dock bara södra sidan av järnvägen enligt figuren eftersom det är där aktuellt planområde ligger.



Figur 20. 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, 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.

## C.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. Riskerna begränsas till området närmast banan, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom.

## C.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 avsnitt B.3. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

### C.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) [42].

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 [43]. 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* [44] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, beräknats för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 10. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

*Tabell 10. 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 luftstötvågen.*

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

### C.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 [45].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [46]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [47], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

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

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

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

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

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

Scenario	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* [48] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC<sub>50</sub><sup>2</sup>) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [48]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [48].

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

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

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

Tabell 12. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma 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

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



### C.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 [46].

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.

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 [49].

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

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

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

### C.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 [21], se vidare avsnitt B.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 C.3.3.

Tabell 14. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

## C.4. UPPSKATTNING AV ANTAL OMKOMNA I RESPEKTIVE SCENARIO

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

## Bilaga D. BERÄKNINGAR FÖR E18

### D.1. STATISTISKT UNDERLAG

Det statistiska underlaget består bland annat av antalet trafikolyckor med farligt gods med ingångsdata enligt Tabell 15. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2040.

Tabell 15. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt Farligt gods – riskbedömning vid transport.

Indataparameter	E18
ÅDT <sub>total</sub>	21 119
ÅDT <sub>FG</sub>	68
Hastighetsgräns	60 km/h
Olyckskvot (OK)	1,0
Andel Singelolyckor (SiO)	0,23
Index	0,08
Frekvens FG-olycka	0,043

För beräkningarna behövs också indata i form av vilka farligt gods-klasser som transporteras. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Av samtlig tung trafik stod farligt gods-transporter för omkring 2,4 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2015-2019. I Tabell 16 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFKA mellan åren 2015-2019 för hela landet [17]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 16. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive alternativ.

Farligt gods-klass	E18
ADR-S klass 1	0,41%
ADR-S klass 2.1	3,33%
ADR-S klass 2.3	0,02%
ADR-S klass 3	60,64%
ADR-S klass 5	1,61%
ADR-S övriga	33,99%

### D.2. FREKVENSBERÄKNINGAR

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. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

## D.3. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från vägkant närmast området. Konsekvensuppskattningarna för farligt gods-olycka på väg görs utifrån samma metod som för på järnväg.

## Bilaga E. SKYDDSEFFEKTER

Vid beräkningar av samhällsrisken har skyddsfaktorer vid inomhusvistelse använts. Skyddsgraderna bygger på erfarenhetsmässiga bedömningar och internationella vägledningarna så som CPR 18E [22]. I nedanstående tabell och efterföljande stycken ges mer ingående motiveringar av ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse. Skyddseffekterna har endast ansatts för scenarier som har konsekvensavstånd större än 45 m (kortaste avstånd mellan E18 och bostäder).

*Tabell 17. Ansatta skyddsgrader vid inomhusvistelse när samhällsrisken beräknas. En skyddsgrad på exempelvis 50 % innebär att individerna som befinner sig inom konsekvensområdet och inomhus antas ha en 50 % mindre sannolikhet att omkomma till följd av olyckan jämfört med individer som vistas utomhus inom samma konsekvensområde.*

Olycksscenario	Skyddsgrad vid inomhusvistelse
Stora explosionslaster (>1500 kg)	50 %*
Mellanstora till mindre explosionslaster (<1500–150 kg)	50 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (jetflammar, gasmoln)	75 %
Utsläpp av brandfarliga gaser (BLEVE)	90 %
Utsläpp av giftiga gaser	50 %

\* Skyddsgraden appliceras endast inom de delar av konsekvensområdet där övertrycket från explosionen understiger 180 kPa.

### Explosioner:

Tryckvågor från större explosionslaster kan medföra omfattande skador på byggnader belägna långt ifrån olyckans centrum. Människor som befinner sig inomhus bedöms delvis bara skyddade från direkt tryckpåverkan men kan förolyckas om delar av byggnaden rasar. Längan med förråd och carports som är närmast farligt gods-lederna bedöms avskärma den bakomliggande bostadsbebyggelsen från tryckpåverkan. Skyddsavståndet innebär också att tryckpåverkan minskar vid mindre explosioner. Vid inomhusvistelse antas den avskärmade effekten av framförvarande bebyggelse innebära en skyddsfaktor på 50 % vid mindre explosionslaster samt inom de delar av konsekvensområdet där övertrycket från en explosion med stor last understiger 180 kPa.

### 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 75 %.

**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 upphettning innan en BLEVE inträffar [50]. Om tanken är värmeisolerad ökar den tiden till kring 90 minuter [50]. Vid BLEVE av en lagringstank med brandfarlig gas uppstår både tryck- och strålningpåverkan mot omgivningen.

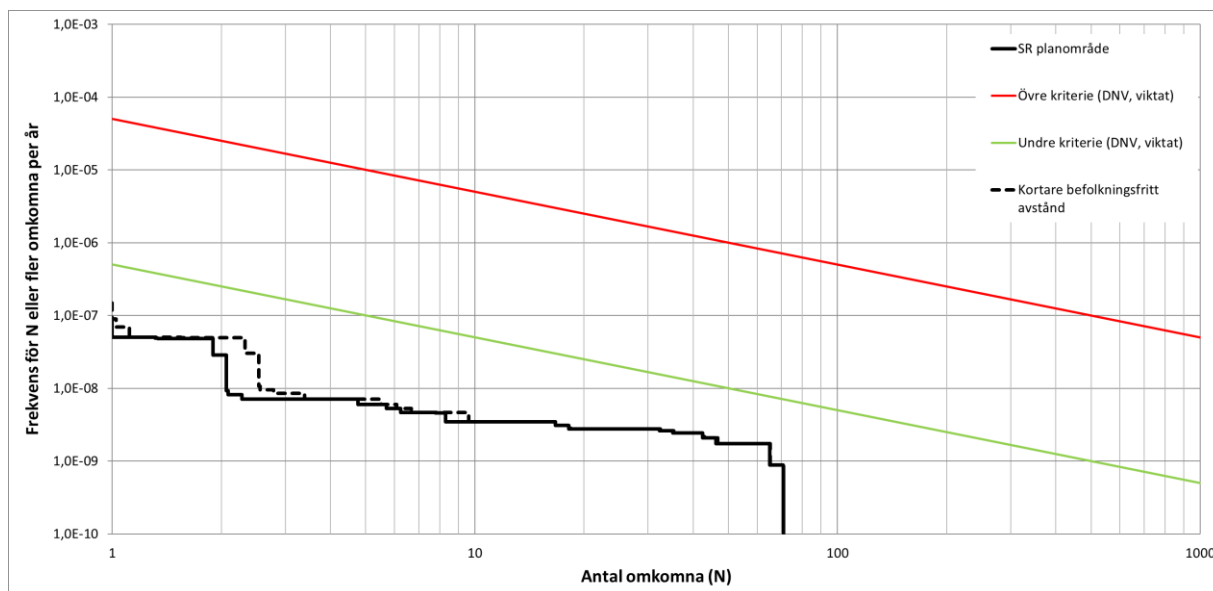
Strålningpåverkan bedöms dock utgöra den dimensionerande skadeeffekten med avseende på potentiellt konsekvensavstånd. Människor som befinner sig inomhus antas vara skyddade från den utfallande strålningen men skulle kunna förolyckas om delar av byggnadskroppen rasar. Möjligheten att hinna utrymma riskområdet bedöms även vara relativt god då olycksscenarioet inte inträffar momentant. Skyddsfaktorn vid en BLEVE vid inomhusvistelse inom ansätts till 90 %.

**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 [51]. För byggnader som ligger i direkt anslutning till transportleden och olycksplatsen bedöms dock föregående antagande underskatta konsekvensen baserat på erfarenhet av liknande fall. Skyddsfaktorn vid inomhusvistelse avseende utsläpp av giftig gas antas konservativt uppgå till 50 %.

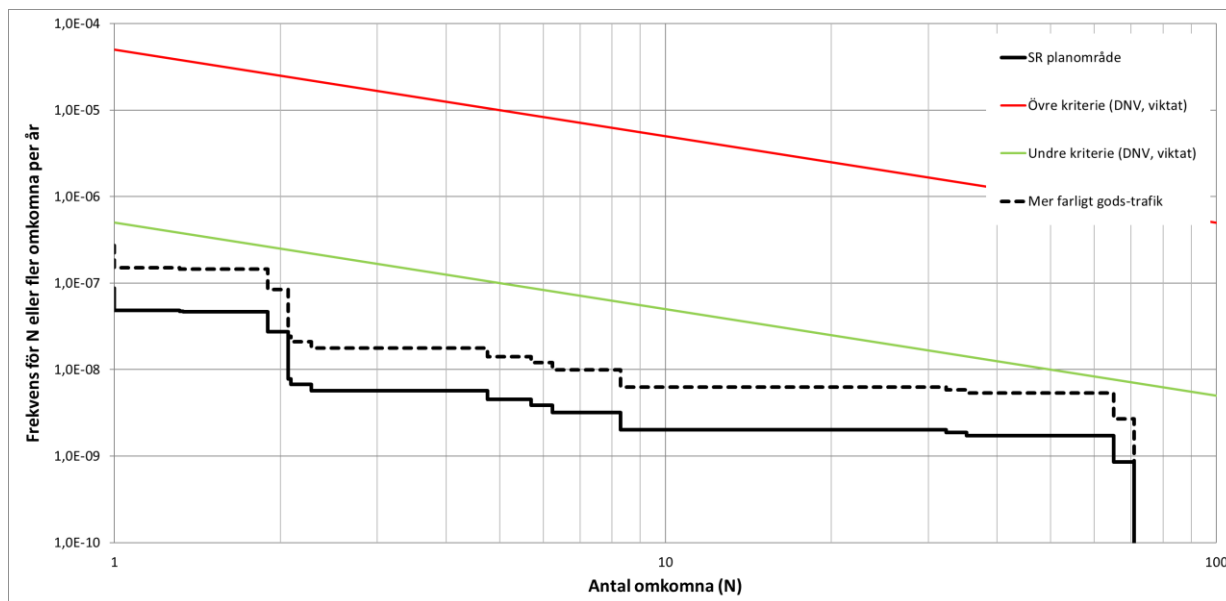
## Bilaga F. KÄNSLIGHETSANALYSER

Resultatet visas i Figur 30 där den streckade linjen representerar känslighetsanalysen och den heldragna linjen visar grundberäkningen för den aggregerade riskbilden med 45 m bebyggelsefritt avstånd till E18.



Figur 21. Känslighetsanalys med bebyggelsefritt avstånd på 30 m (streckad linje) jämfört med grundberäkningen med 45 m (heldragen linje).

Det studerades också hur robust resultatet är med avseende på förändringar i trafiken på E18. I känslighetsanalysen antogs andelen tung trafik utgöra 20% av den totala (jämfört med 13,4% i grundberäkningen) och andelen godstrafik som transporterar farligt gods ansattes till 5% istället för 2,4% som i grundberäkningen. Resultatet av känslighetsanalysen visas i Figur 31.



Figur 22. Känslighetsanalys med en ökad andel farligt gods-transporter på E18.

Känslighetsanalysen visar att samhällsrisknivån närmar sig DNV:s undre kriterie och ALARP-området om förutsättningarna skulle förändras enligt antagna andelar farligt gods-trafik. Samhällsrisken ligger dock fortfarande inom det acceptabla området och resultatet i grundberäkningarna kan således betraktas som robust även med avseende på förändringar i den tunga trafiken på E18.

Individriska studerades också för aktuellt scenario, med resultatet att individriska blir oacceptabelt hög (istället för högt inom ALARP-området) fram till 18 m från väggkanten, men vid 45 m skyddsavstånd är individriska fortfarande acceptabel med god marginal.



## Bilaga G. REFERENSER

- [1] Länsstyrelsen i Stockholms län, "Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4," Länsstyrelsen i Stockholms län - Enheten för samhällsskydd och beredskap, Stockholm, 2016.
- [2] Camilla Lund, *Länsstyrelsen i Örebro län*, Information erhållen via mail 2019-02-06.
- [3] Länsstyrelsen Stockholm, *Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods*, 2016.
- [4] WSP Brand & Risk, "Översiktlig riskbedömning Kv. Varfågeln Karlskoga," 2019.
- [5] V. Arkitektur, *Skissförslag Kv. Varfågeln 1*, 2019-01-29.
- [6] "Handlingsprogram Bergslagens räddningstjänst – Förebyggande och räddningstjänst," Berslagens räddningstjänst, [Online]. Available: [http://www.brt.se/policys/handlingsplan/#Medlemskommunernas\\_riskbilder](http://www.brt.se/policys/handlingsplan/#Medlemskommunernas_riskbilder). [Använd 03 11 2017].
- [7] Trafikverket, "NVDB på webb, Version: 1.0.6.6," Trafikverket, 30 10 2017. [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/>. [Använd 03 11 2017].
- [8] Trafikverket, "Trafikflödeskartan," Trafikverket, 25 Maj 2017. [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 25 November 2020].
- [9] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal för EVA 2014-2040-2060," Trafikverket, Borlänge, 2016.
- [10] s. p. T. Anders Nilsson, Erhållet via e-post, 2017-02-14.
- [11] SCB, "Befolkningstäthet (invånare per kvadratkilometer), folkmängd och landareal efter region och kön. År 1991 - 2019.," 2019. [Online]. Available: [https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_\\_BE\\_\\_BE0101\\_\\_BE0101C/BefArealTathetKon/](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START__BE__BE0101__BE0101C/BefArealTathetKon/). [Använd 23 November 2020].
- [12] Länsstyrelsen i Skåne Län, *Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM)*, 2007.
- [13] Länsstyrelsens i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [14] Mats Johansson Säkerhetssamordnare på Karlskoga kommun, "Farligt gods-transporter på järnvägen mellan Bofors och Strömtorps station," Erhållet via e-post 2017-02-24.
- [15] Kristoffer Roden Bergslagens Räddningstjänst, "Farligt gods-transporter på järnvägen mellan Bofors och Strömtorps station.," Erhållet via e-post 2017-03-08.
- [16] Trafikverket, "Vägtrafikflödeskartan," Trafikverket, 2019. [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 23 November 2020].
- [17] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2015-2019," Trafikanalys, 2015-2019.
- [18] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [19] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalds län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [20] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.

- [21] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [22] CPR 18E, Guidelines for quantitative risk analysis 'Purple Book', 1999.
- [23] Räddningsverket, *Farligt gods – riskbedömning vid transport*, Statens räddningsverk, 1996.
- [24] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneve: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [25] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [26] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [27] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [28] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [29] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [30] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [31] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [32] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [33] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [34] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [35] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [36] SIKKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [37] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [38] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [39] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [40] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [41] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [42] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [43] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [44] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [45] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [46] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.

- [47] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [48] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.*
- [49] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [50] 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.
- [51] Advisory Council on Dangerous Substances , "Guidelines for quantitative risk assessment, "Purple book", CPR18E," Ministry of Transport (NL), 2005.



UPPDRAGSNAMN  
Riskbedömning Kv. Varfågeln 1, Karlskoga

UPPDRAGSNUMMER  
10312858

FÖRFATTARE  
Cecilia Nordenö

DATUM  
2020-12-08

## VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 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. Så tar vi ansvar för framtiden.

**wsp.com**

### WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen  
Besök: Arenavägen 7

T: +46 10 7225000  
Org nr: 556057-4880  
Styrelsens säte: Stockholm  
**wsp.com**

