

MAX BURGERS AKTIEBOLAG

RISKBEDÖMNING MED AVSEENDE PÅ NÄRHET  
TILL TRANSPORTLED FÖR FARLIGT GODS,  
SAMT DRIVMEDELSSTATION

NY DETALJPLAN KV. SKUTAN 6, TROLLHÄTTAN

2022-10-05



## Riskbedömning med avseende på närhet till transportled för farligt gods, samt drivmedelsstation

Ny detaljplan Kv. Skutan 6, Trollhättan

### KUND

Max Burgers Aktiebolag

### KONSULT

#### WSP Sverige AB

581 02 Linköping  
Besök: Ågatan 7  
Tel: +46 10-722 50 00  
WSP Sverige AB  
Org nr: 556057-4880  
[wsp.com](http://wsp.com)

### KONTAKTPERSONER

#### Uppdragsansvarig

Olov Holmstedt Jönsson  
[olov.holmstedt.jonsson@wsp.com](mailto:olov.holmstedt.jonsson@wsp.com)

#### Handläggare

Anton Petersson  
[anton.petersson@wsp.com](mailto:anton.petersson@wsp.com)

### DOKUMENTHISTORIK OCH KVALITETSKONTROLL

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2
Anmärkning	-		
Datum	2022-10-05	[Datum]	[Datum]
Handläggare	Anton Petersson		
Granskare	Emelie Laurin	[Granskad av]	[Granskad av]
Godkänd av	Olov Holmstedt Jönsson	[Godkänd av]	[Godkänd av]
Uppdragsnummer	10341201		

## Sammanfattning

WSP har av Max Burgers AB (hädanefter benämnt MAX) fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av ny detaljplan för Kv. Skutan 6 och Kv. Ladugårdsbyn 1:2 i Trollhättans kommun. MAX ämnar köpa upp cirka 1000 m<sup>2</sup> mark inom Kv. Ladugårdsbyn 1:2 av Trollhättans kommun för att anlägga fler parkeringsplatser. I samband med uppköpet ska en ny detaljplan upprättas för att ta hänsyn till den befintliga restaurangverksamheten inom området. Nordöst om planområdet löper E45, som är transportled för farligt gods, och i sydöst ligger en drivmedelsstation (Preem).

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 och drivmedelsstation.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad och befintlig markanvändning utifrån riskpåverkan, med avseende på närhet till farligt gods-led och drivmedelsstation. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

Riskbedömningen avseende farligt gods-transporter utgår från kvantitativa beräkningar av riskmått individrisk och samhällsrisk. Avseende drivmedelsstationen sker riskbedömningen kvalitativt med avstamp i berörda föreskrifter och vägledning, samt resonemang om tänkbara olycksscenario och dess påverkan på MAX.

De genomförda riskuppskattningarna visar att individrisknivån vid restaurangen ligger inom acceptabla nivåer och att samhällsrisknivån för planområdet och omnejd når den nedre halvan av ALARP-området. Att samhällsrisken ligger inom den nedre halvan ALARP-området bedöms dock inte utgöra skäl nog att vidta riskreducerande åtgärder. Restaurangbyggnaden är befintlig, varav förändringar i konstruktionen anses vara orimliga med tanke på den relativt låga risknivån. Vidare tar samhällsrisken hänsyn till andra verksamheter kring MAX, som är större och rymmer fler människor. Det bedöms inte heller vara nödvändigt att vidta några åtgärder med hänsyn till riskpåverkan från drivmedelsstationen. Detta då MAX ligger bortom de rekommenderade skyddsavstånden från de olika riskkällorna på stationen, samt att strålningsnivån från potentiell pölbrand inte bedöms kunna leda till brandspridning till byggnaden.

Riskbedömningens slutsats är att parkeringsplatserna kan anläggas och att detaljplanen kan upprättas utan att ytterligare riskreducerande åtgärder behöver vidtas.

## INNEHÅLL

<b>1</b>	<b>INLEDNING</b>	<b>5</b>
1.1	SYFTE OCH MÅL	5
1.2	OMFATTNING	5
1.3	AVGRÄNSNINGAR	6
1.4	STYRANDE DOKUMENT	6
1.5	UNDERLAGSMATERIAL	7
1.6	INTERNKONTROLL	7
<b>2</b>	<b>BESKRIVNINGAR</b>	<b>8</b>
2.1	OMGIVNING	8
2.2	PLANOMRÅDET	8
2.3	E45	9
2.4	PREEMS STATION	10
2.5	BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET	11
<b>3</b>	<b>RISKIDENTIFIERING</b>	<b>13</b>
3.1	TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E45	13
3.2	PREEM DRIVMEDELSSTATION	14
<b>4</b>	<b>RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING</b>	<b>15</b>
4.1	INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E45	17
4.2	SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E45	18
4.3	RISKNIVÅ DRIVMEDELSSTATION	19
4.4	SAMLAD BEDÖMNING	21
<b>5</b>	<b>DISKUSSION</b>	<b>22</b>
<b>6</b>	<b>SLUTSATSER</b>	<b>22</b>
BILAGA A.	METOD FÖR RISKHANTERING	23
BILAGA B.	STATISTISKT UNDERLAG	25
BILAGA C.	FREKVENSBERÄKNINGAR	28
BILAGA D.	KONSEKVENSBERÄKNINGAR	41
BILAGA E.	SKYDDSEFFEKTER	48
BILAGA F.	REFERENSER	51

# 1 INLEDNING

WSP har av Max Burgers AB (MAX) fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av ny detaljplan för Kv. Skutan 6 och Kv. Ladugårdsbyn 1:2 i Trollhättans kommun. MAX ämnar köpa upp cirka 1000 m<sup>2</sup> mark på Kv. Ladugårdsbyn 1:2 av Trollhättans kommun för att anlägga fler parkeringsplatser. Skutan 6 är idag planlagd för bilservice och kommunen önskar pröva om restaurangen kan göras planerlig. Riskbedömning ska därmed upprättas utifrån ny detaljplan med förutsättningen att del av Ladugårdsbyn 1:2 ska användas för parkering och Skutan 6 ska användas för restaurang och annan tillfällig vistelse. Nordöst om planområdet löper E45, som är transportled för farligt gods, och i sydöst ligger en drivmedelsstation (Preem). Kortaste avstånd mellan planerade parkeringsplatser och farligt gods-leden är cirka 40 meter. Motsvarande avstånd till drivmedelsstationen är 35 meter. Restaurangen med uteservering ligger cirka 100 meter från E45 och drygt 30 meter från drivmedelsstationen [1].

Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [2]. Med anledning av länsstyrelsens krav upprättas denna riskbedömning.

## 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 och drivmedelsstation.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan, med avseende på närhet till farligt gods-led och drivmedelsstation. 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 E45, samt hanteringen av brandfarliga vätskor inom drivmedelsstationen. 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, kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

Riskbedömningen med avseende på vägtransport av farligt gods genomförs kvantitativt och riskbedömningen för drivmedelsstationen utförs i huvudsak kvalitativt. Erfarenheter och resultat från liknande projekt har tagits med som underlag till kvalitativa resonemang avseende uppskattningen av risk samt dess möjliga inverkan på människor i planområdet.

Riskbedömningen för drivmedelsstationen utförs övergripande och utifrån ett detaljplaneperspektiv. Den ersätter inte de riskbedömningar som ska upprättas av verksamhetsutövaren (Preem) i samband med tillståndsansökan för verksamheten. Bedömningen utgår från närheten till befintlig restaurangverksamhet, som ämnar utöka sina parkeringsplatser, 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.

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

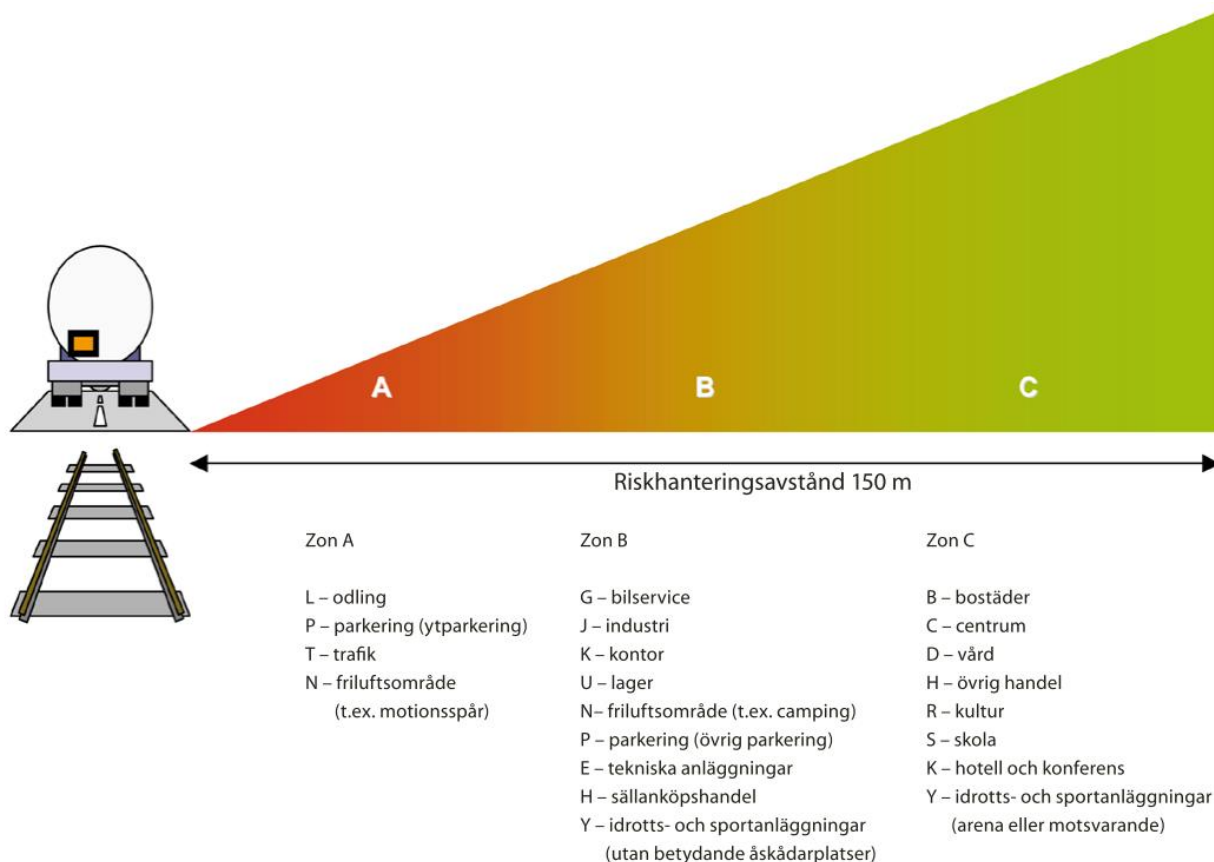
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

*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

Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands läns gemensamma dokument *Riskhantering i detaljplaneprocessen* [2] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.



Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods [2].

Rekommenderade avstånd till drivmedelsstationer redogörs för i MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [3] och beror av bebyggelsestyp och hanterade ämnen.

## 1.5 UNDERLAGSMATERIAL

Arbetet baseras på följande underlag:

- Förutsättningar för detaljplan (placering av nya parkeringsplatser) [1].
- Uppgifter rörande drivmedelshantering på Preem [4].

## 1.6 INTERNKONTROLL

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

## 2 BESKRIVNINGAR

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

### 2.1 OMGIVNING

Väster och söder om planområdet ligger ett större handelsområde med köpcenter och affärer med tillhörande parkeringsytor. Längre söderut, förbi handelsområdet, rinner Göta älv. Väst och sydväst om handelsområdet ligger bostadsområden med villor. Öster och norr om E45 ligger fler affärer och även skogs- och ängsmark. Planområdets placering i förhållande till omgivningen visas i Figur 2.

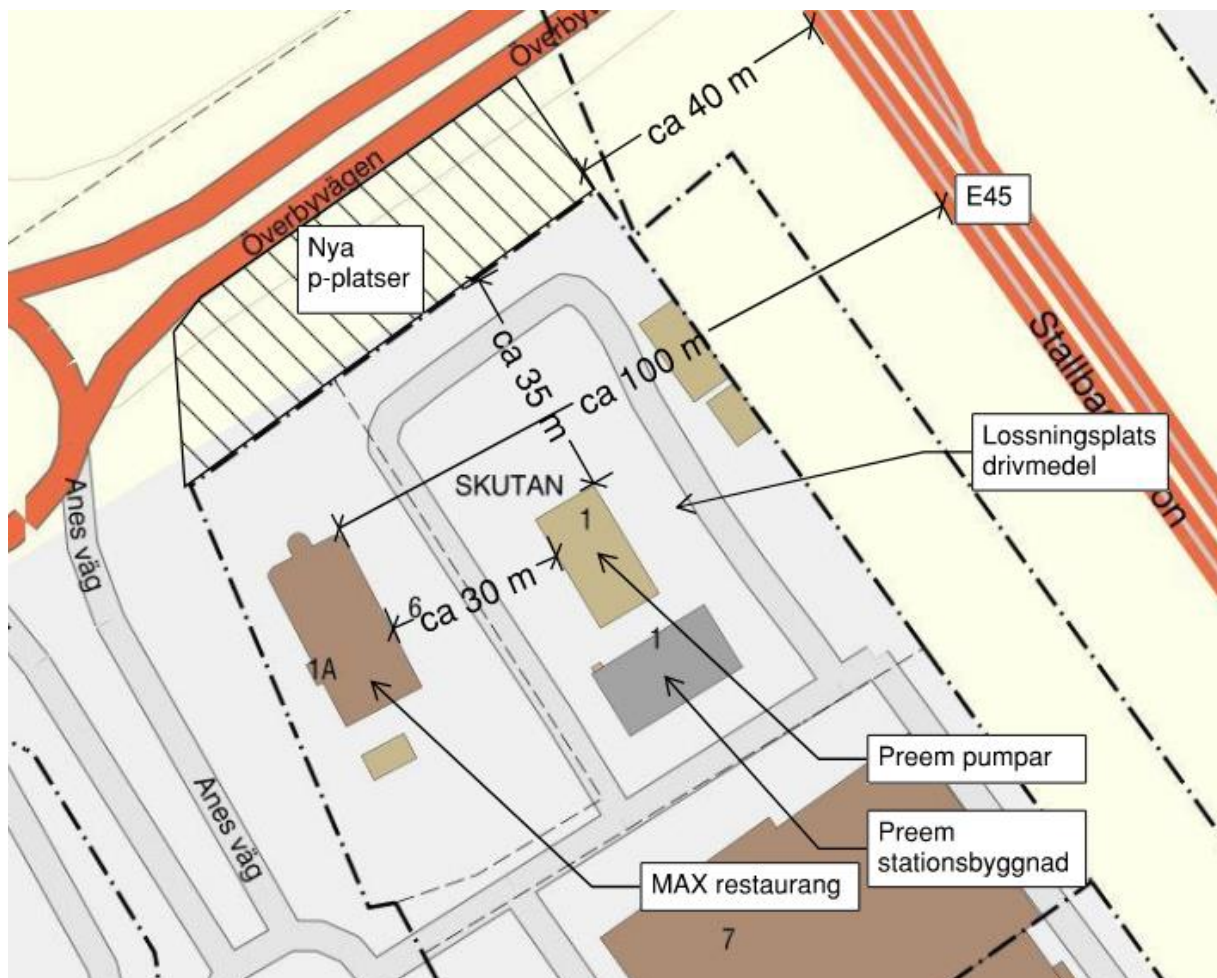


Figur 2: Planområdet med omgivning.

### 2.2 PLANOMRÅDET

På fastigheten Kv. Skutan 6 ligger endast MAX restaurang med tillhörande parkering. Kv. Ladugårdsbyn 1:2 angränsar mot Kv. Skutan 6 i sydväst och nordväst. Preems drivmedelsstation ligger sydost om MAX, närmaste avstånd är ca 30 meter mellan dem. E45 ligger cirka 100 meter från restaurangbyggnaden. De nya parkeringsplatserna kommer ligga cirka 40 meter från E45 och 35 meter från drivmedelsstationen. Figur 3 visar planområdet i detalj med avstånd mellan riskällorna och restaurangen.





Figur 3: MAX med nya parkeringsplatser och avstånd till E45 och Preem.

### 2.3 E45

E45 är fyra körfält bred där den passerar planområdet. Det går två körfält i vardera riktningen. Det finns inget mitträcke mellan körfälten och heller inget avvägningsskydd. Mellan planområdet och E45 finns ett dike närmast vägen och grönytor. Av konservativa skäl kommer diket inte tas i beaktande i beräkningarna. Det bedöms inte finnas någon större höjdskillnad mellan planområdet och vägen. Den lokala hastighetsbegränsningen uppgår till 70 km/h.

E45 är utpekad som en primär transportled för farligt gods. Primära transportleder utgör stommen i det rekommenderade vägnätet för farligt gods-transporter och får användas för genomfartstrafik. På en primär transportled kan därmed förväntas att betydande mängder farligt gods transporteras, samt att samtliga klasser kan förekomma.

Enligt Trafikverkets vägtrafikflödeskartor uppmättes ÅDT i höjd med planområdet år 2019 till 25 500 fordon/dygn. Under samma mätperiod var ÅDT för tunga fordon 3000 fordon/dygn. Andelen tung trafik uppgår därmed till ca 12 % [5]. I Tabell 1 redovisas det uppmätta trafikflödet på aktuell delsträcka av E45 år 2019 samt den prognostiserade trafikeringen för horisontår 2040 [6]. För att resultatet av riskbedömningen ska bli robust används de prognostiserade trafikflödena för år 2040 som ingångsvärde vid riskuppskattningen.

Tabell 1: Uppmätt trafikflöde på aktuell delsträcka av E45 år 2019 samt prognosticerade trafikflöden för horisontår 2040.

E45	2019	2040
ÅDT Total	25 500	35 265
ÅDT Personbilar	22 500	30 825
ÅDT Lastbilar	3 000	4 440
Andel Tung trafik	11,76%	13%

## 2.4 PREEMS STATION

Preems drivmedelsstation ligger cirka 30 meter från MAX. Hanterade drivmedel på stationen utgörs av diesel, E85, E95 och E98. Drivmedelsleveranser ankommer 1–2 gånger i veckan. Placeringen av stationsbyggnad, pumpar (mätarskåp) och lossningsplats för drivmedelsleveranser framgår av Figur 3. Preem uppger att det inte finns några planer på att ändra utbudet av drivmedel eller öka antalet leveranser i framtiden [4].

## 2.5 BEFOLKNING OCH PERSONTÄTHET

Persontätheten skiljer sig åt beroende på verksamhet och tid på dygnet. För den här riskbedömningen delas ett område på 0,5 km<sup>2</sup> upp i två zoner enligt Figur 4.



Figur 4: Grov skiss över uppdelningen av omgivningen kring planområdet för samhällsriskberäkningen.

I zon 1 uppskattas persontätheten till 5400 personer/km<sup>2</sup> dagtid och 260 personer/km<sup>2</sup> nattetid. Denna persontäthet baseras på restaurangverksamheten på MAX, samt intilliggande verksamheter direkt söder om planområdet (Rusta och McDonalds). Det är nödvändigt att ta hänsyn till dessa verksamheter för att beräkna samhällsrisken, se avsnitt 4.2. I zon 2 uppskattas befolkningstätheten till 19 100 personer/km<sup>2</sup> dagtid och 144 personer/km<sup>2</sup> nattetid. Mellan 0 och 40 meter från väggkanten ansätts en befolkningsfri yta. Det antas att 12 timmar om dygnet räknas som dag och resten som natt.

Som grund för uppskattningen ligger dimensionerande persontäthet för restaurang (1 person/m<sup>2</sup>) och handel (0,5 personer/km<sup>2</sup>) enligt Boverkets byggregler (BBR) [7]. BBR anger dimensionerande värden för utrymningsanalyser, men överskattar medelbeläggningen kraftigt. I denna riskbedömning antas persontätheten vara hälften så stor som de dimensionerande värdena i BBR (0,5 resp. 0,25 personer/m<sup>2</sup>). Den uppskattade ytan tillgänglig för allmänheten bedöms uppgå till en tredjedel av den totala byggnadsarean.

Nattetid på handelsområdet antas persontätheten vara densamma som den kommunala persontätheten i Trollhättans kommun (144 personer/km<sup>2</sup>) [8]. Samtliga personer antas vistas utomhus då butikerna är stängda.

## 3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas riskidentifieringen. Riskidentifieringen innebär en systematisk genomgång av de riskkällor som förekommer i samband med transport av farligt gods på väg och verksamhet på drivmedelsstation, för att klargöra vilka olyckor som kan inträffa.

### 3.1 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ E45

Att bedöma möjlig påverkan på omgivningen innebär, enligt avgränsningarna för denna riskbedömning, att identifiera de risker som är förknippade med transportererna av farligt gods på E45. Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och föremål som kan orsaka skador på människor, miljö eller egendom om de vara inblandade i en olycka eller inte hanteras på rätt sätt. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar som tagits fram i internationell samverkan [9]. Farligt gods på väg delas in i nio klasser enligt det så kallade ADR-systemet, som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt.

Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2, bedöms farligt gods-kategorierna 1, 2, 3 och 5 vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom i olycksfordonets omedelbara närhet. Vilket gods klasserna innefattar framgår av Tabell 2.

Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2016–2020 [10]. Dessa siffror bedöms vara representativa för aktuell delsträcka av E45, dvs. 2,5 % av den tunga trafiken på vägsträckan antas utgöras av farligt gods-transporter. I Tabell 2 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika ADR-S-klasserna baserat på uppgifter från TRAFÄ för åren 2016–2020 för hela landet [10]. Fördelningen antas vara representativ för den aktuella delsträckan av E45.

Tabell 2: Inbördes fördelning i körda kilometer för de olika ADR-S-klasserna baserat på uppgifter från TRAFÄ mellan åren 2016–2020 för hela landet [10].

ADR-S-Klass	Andel
Explosiva ämnen och föremål – Klass 1	0,5 %
Brandfarlig gas – Klass 2.1	7,1 %
Giftig gas – Klass 2.3	0,1 %
Brandfarliga vätskor – Klass 3	47,1 %
Oxiderande ämnen och organiska peroxider – Klass 5	2,3 %
Övriga klasser	42,9 %
<b>Summa</b>	<b>100 %</b>

### 3.1.1 Sammanställning av olycksscenarier

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarier med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3.

Tabell 3. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarier baserat på rådande förutsättningar.

<b>Explosiva ämnen Klass 1</b>	<b>Brandfarlig gas Klass 2.1</b>	<b>Giftig gas Klass 2.3</b>	<b>Brandfarlig vätska Klass 3</b>	<b>Oxiderande ämnen 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	

## 3.2 PREEM DRIVMEDELSSTATION

Det största riskmomentet på en drivmedelsstation bedöms generellt vara vid lossning av bränsle från tankfordon till cistern. Olyckor kan uppkomma exempelvis om slangen mellan bilen och cisternen brister eller lossnar. Vid läckage kan det uppkomma en bränslepöl som i sin tur kan antändas och därmed hota såväl byggnader som tankbilen och omgivningen. Chauffören ska dock alltid ha en möjlighet att stoppa lossningen omedelbart.

De utsläpp som kan antas inträffa i samband med tankning är exempelvis då någon glömmer att hänga tillbaka pistolhandtaget på mätarskåpet efter avslutad tankning, låser pistolhandtaget men inte ansluter handtaget till bilens drivmedelstank etc.

## 4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med transporter av farligt gods, samt en bedömning av risknivån från drivmedelsstationen.

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 [11]. 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.

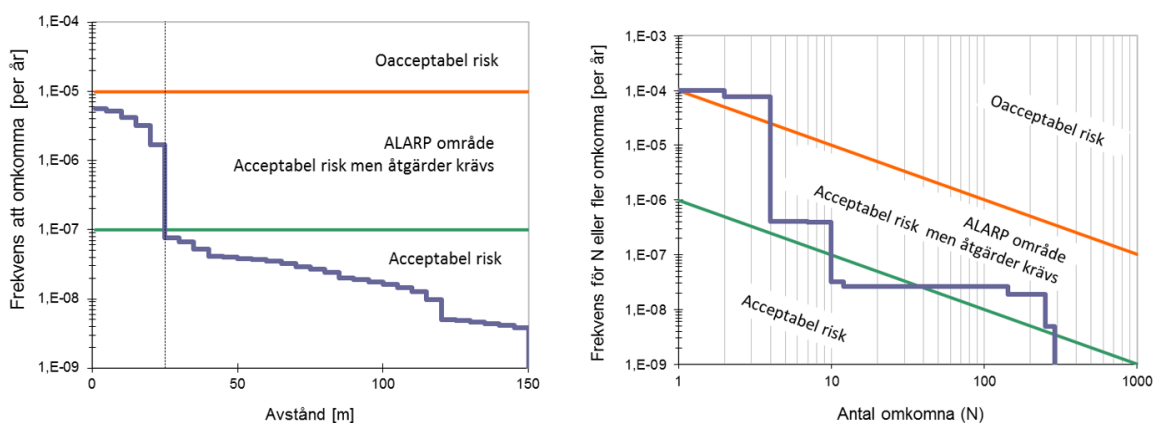
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande 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.

I Tabell 4 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.

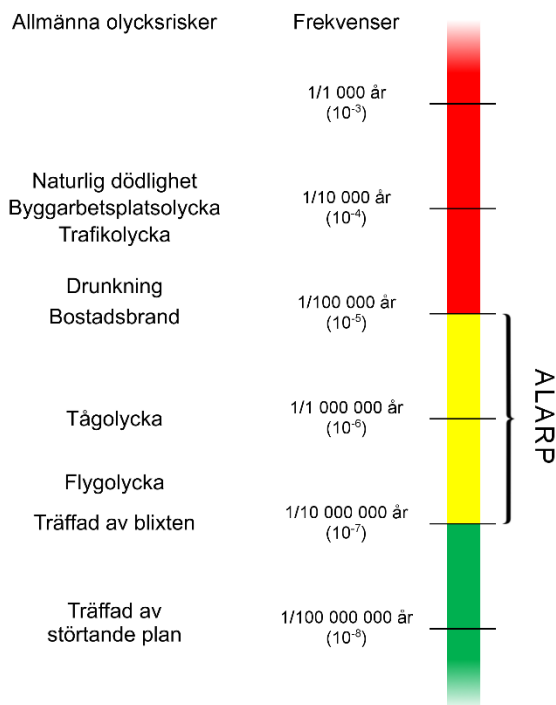
Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

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 [11].

Som jämförelse illustreras i Figur 6 ett antal olycksrisker i samhället



Figur 6. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [12].

**Individrisk** – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas i en specifik plats omkommer. Individrisken 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) 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.

Samhällsrisken 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.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåten, individrisk och samhällsrisk, 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.

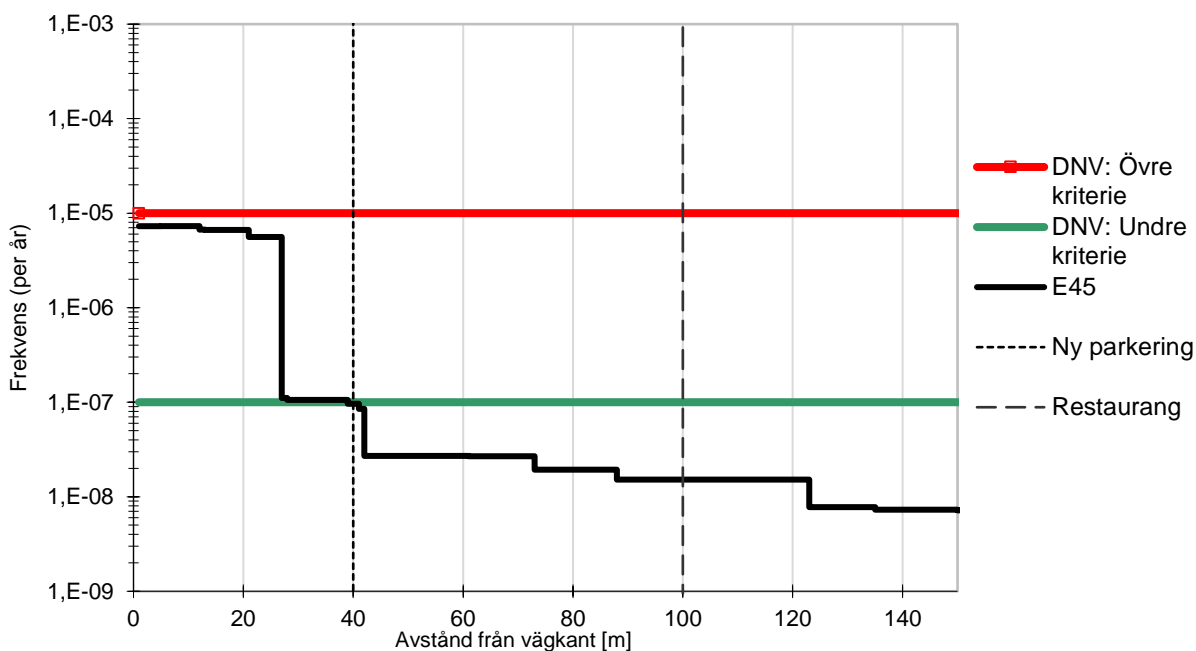
För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [13] beräknas frekvensen 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 C.



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

#### 4.1 INDIVIDRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E45

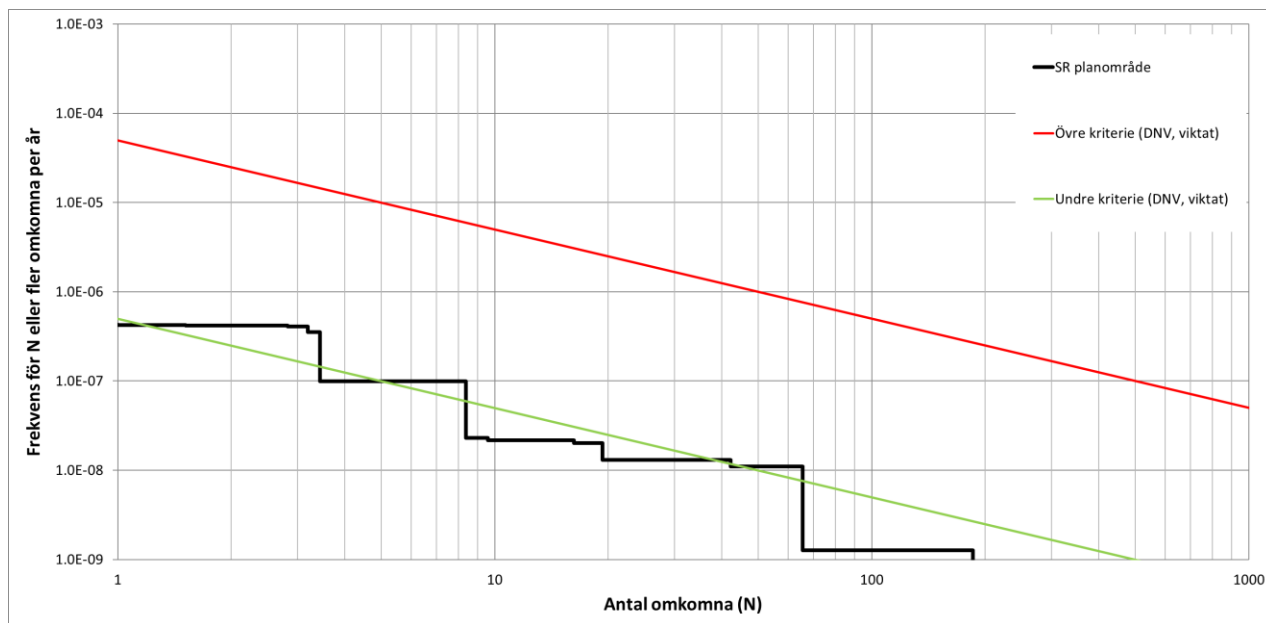
I Figur 7 illustreras individrisknivån för aktuellt område längs E45. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Ur figuren kan utläsas att risken ligger högt inom ALARP-området upp till 30 meter från vägkanten. Vid den nya parkeringen (40 meter) ligger risknivån på gränsen till acceptabla nivåer. Risknivån vid restaurangen (100 meter) ligger med god marginal inom acceptabla nivåer.



Figur 7: Individrisknivån från E45.

## 4.2 SAMHÄLLSRISKNIVÅ MED AVSEENDE PÅ E45

I Figur 8 illustreras samhällsrisknivån för planområdet och omnejd med avseende på transporter av farligt gods på E45. De lutande linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Ur figuren kan utläsas att risken delvis ligger inom det lägre ALARP-området och delvis på en acceptabel nivå. Generellt innebär detta att riskreducerande åtgärder ska beaktas.



Figur 8: Samhällsrisknivån med avseende på farligt gods-transporterna på E45.

### 4.3 RISKNIVÅ DRIVMEDELSSTATION

För att ta hänsyn till riskbidraget från drivmedelsstationen används riktlinjer i MSB:s handbok *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [3] som utgångspunkt för resonemang. I handboken anges rekommenderade skyddsavstånd mellan olika riskkällor på drivmedelsstationen och omgivande skyddsobjekt. Relevanta skyddsavstånd för den här riskbedömningen visas i Tabell 5.

Tabell 5: Skyddsavstånd från drivmedelsstationer mot omgivande skyddsobjekt (meter).

Objekt	Påfyllnings-anslutning till cistern	Mätarskåp	Pejlförskruvning	Cistern avluftningsmynningen
Plats där människor vanligen vistas (t.ex. bostad, kontor, gatu-kök, butik, servering, busshållplats), verksamheter och objekt med stor brand-belastning, verkstad eller annan lokal där gnistbildande verksamhet eller öppen eld förekommer	25*	18*	6	12
Byggnad där människor vanligen inte vistas (t.ex. fristående förråd, garage) eller objekt med låg brandbelastning	9	3	3	3
Parkeringsplatser	6	3	3	6

\* Avståndet kan halveras om vägg mot spillzon är av obrännbart material och lägst i brandteknisk klass EI 60 utan ventilationsöppningar och brandtekniskt oklassade fönster. Hela avstånd gäller dock för in- och utgångar.

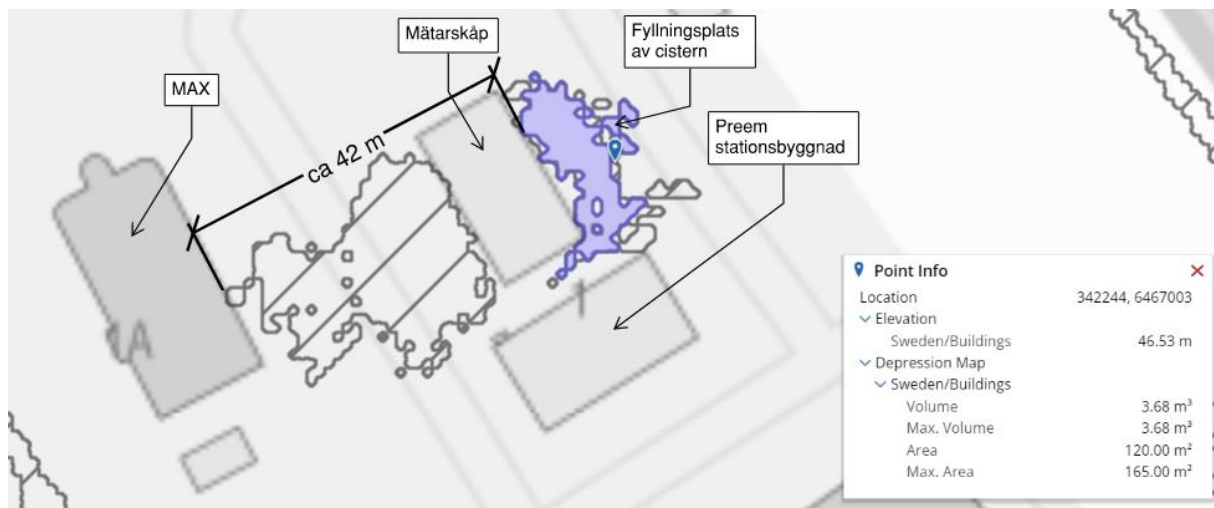
I Figur 9 redovisas de två längsta avstånden i Tabell 5.



Figur 9: Rekommenderade skyddsavstånd från mätarskåp (blå) och fyllningspunkt till cistern (röd) till plats där människor vanligen vistas [3].

Figur 9 visar att restaurangbyggnaden med god marginal ligger bortom de rekommenderade skyddsavstånden. Samma gäller även för parkeringsplatserna men notera att skyddsavståndet i detta fall enbart behöver uppgå till 6 meter enligt vägledningen.

I programmet SCALGO Live kan höjdskillnader på området utläsas. Det framgår att det finns en spillzon vid lossningsplatsen. Ett eventuellt utsläpp bedöms i första hand fylla den. Sänkans utbredning framgår av Figur 10.



Figur 10: Utformning av sänka vid fyllningsplatsen, samt avstånd till MAX. Volym och area på sänkans kan utläsas från informationsrutan.

Kortaste avståndet mellan sänkans kant och restaurangbyggnaden bedöms uppgå till drygt 40 meter. Spillzonens volym uppgår till cirka 3,7 m<sup>3</sup>. Vidare finns det två brunnar inom spillzonen. Ett eventuellt läckage i samband med lossning bedöms rinna ner i brunnarna, vilket minskar läckagets utbredning på marken. SCALGO tar inte hänsyn till brunnarna.

Det dimensionerande skadefallet för läckage på drivmedelsstation ansätts till ett utsläpp på 10 m<sup>3</sup>, vilket motsvarar en pölarea på 300 m<sup>2</sup> [14]. Möjliga orsaker är att fordon kör in i tankfordon under lossning, varav läckage uppkommer. Sannolikheten för ett så stort utsläpp bedöms vara mycket lågt. Det bedöms vara mer representativt att se det värsta troliga fallet som att ett läckage från ett helt fack i tankbilen, vilket uppgår till 5 m<sup>3</sup>. Ett sådant utsläpp bedöms begränsas till sänkans (3,68 m<sup>3</sup>) och brunnarna.

Om utsläppet skulle antändas kan branden spridas till MAX via strålningspåverkan. Enligt Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD) kan en byggnad exponeras för en strålningsnivå på 15 kW/m<sup>2</sup> i 30 minuter [15]. I bilaga D.11 till denna handling konstateras det att en pölbrand på 200 m<sup>2</sup> ger upphov till en strålningsnivå på 15 kW/m<sup>2</sup> vid ett avstånd av ca 21 m från pölbrandens kant. I och med att en pöl vid Preem bedöms uppgå till ca 165 m<sup>2</sup> och att avståndet till MAX från sänkans kant överstiger 40 m bedöms det inte föreligga någon risk för brandspridning till MAX till följd av pölbrand i samband med lossning.

Enligt bilaga D.11 överstiger avståndet mellan kanten på en pölbrand om 400 m<sup>2</sup> och den punkt, där strålningen uppgår till 15 kW/m<sup>2</sup>, inte 30 m. Det innebär att även om utsläppet skulle bre ut sig över ett större område än spillzonen, exempelvis till följd av översvämning av brunnarna eller att brunnarna är blockerade av annan anledning, så kommer strålningspåverkan på MAX inte överstiga 15 kW/m<sup>2</sup>. Detta då den representativa utsläppsvolymen inte ger upphov till en så stor pöl, se resonemang ovan.

#### 4.4 SAMLAD BEDÖMNING

Beräkningarna indikerar att individrisknivån vid restaurangen är acceptabel och samhällsriskerna ligger inom det lägre ALARP-området. Att samhällsriskerna ligger inom det lägre ALARP-området bedöms dock inte utgöra skäl nog att vidta riskreducerande åtgärder. Restaurangbyggnaden är befintlig, varav förändringar i konstruktionen anses vara orimliga med tanke på den relativt låga risknivån. Vidare tar samhällsriskerna hänsyn till andra verksamheter kring MAX, som är större och rymmer fler människor. Samhällsrisknivån bedöms till stor del påverkas av dessa verksamheter och riskreducerande åtgärder på MAX restaurang bedöms inte medföra någon signifikant förändring av samhällsriskerna. Likaså bedöms riskpåverkan från drivmedelsstationen inte föranleda behov av riskreducerande åtgärder, se resonemang i avsnitt 4.3.

Bedömningen förutsätter att skyddsavstånden upprätthålls.

## 5 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 som bedöms vara 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.

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

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [16]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [16]

## 6 SLUTSATSER

Resultatet av genomförd riskbedömning visar att detaljplanen bedöms vara lämplig med avseende på närhet till primär transportled av farligt gods, samt drivmedelsstation. Inga riskreducerande åtgärder bedöms vara nödvändiga att vidta.

## 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.

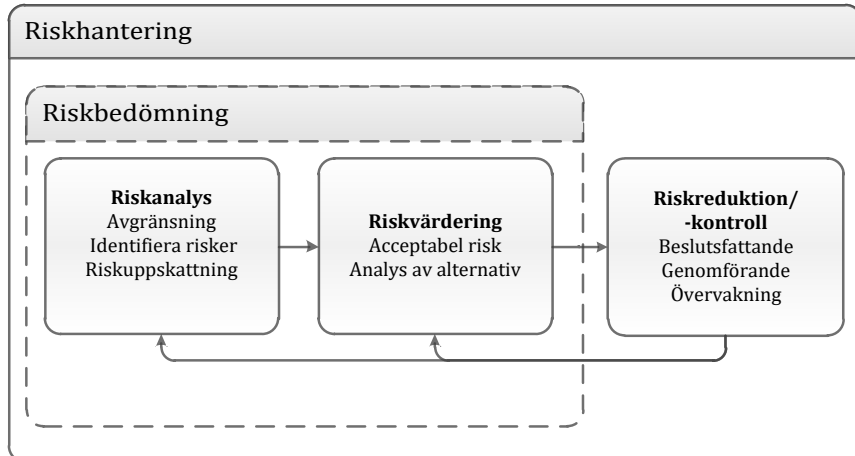
### A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

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 [17] [18], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 11.

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 11. 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

Riskanalyser kan utföras på olika sätt enligt nedan. Analyserna avseende risknivån från E45 är kvantitativt utförda. Risknivån från drivmedelsstationen är bedömd med semi-kvantitativ metod.

### 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 [19].

### 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 [19].

### A.2.3 *Kvantitativa metoder*

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [20].



## BILAGA B. STATISTISKT UNDERLAG

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods som utgjort grund för genomförda bedömningar och beräkningar.

### B.1. BERÄKNING AV OLYCKSFREKVENNS

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [13] 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 [21] 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 6. 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 6. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport*.

Indataparameter	E45
ÅDT <sub>total</sub>	35 265 fordon
ÅDT <sub>FG</sub>	115 fordon
Hastighetsgräns	70 km/h
Olyckskvot (OK)	0,8
Andel Singelolyckor (SiO)	0,25
Index	0,11
Frekvens FG-olycka	$5,7 \cdot 10^{-2}$

## B.2. FÖRDELNING MELLAN DE OLIKA ADR-S KLASSERNA

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 [22] som tagits fram i internationell samverkan. 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. 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 7 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 7. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [22].	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 [23].
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.
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. 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 [21]. 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.

År 2020 genomfördes omkring 375 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var nästan 10 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 73 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,3 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2016–2020. Av konservativa skäl ansätts dock andelen för förra femårsperioden (2009–2015) i beräkningarna, vilket var 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan. I Tabell 8 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFKA mellan åren 2016–2020 för hela landet [10]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 8. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive alternativ.

	Transportfördelning (%)
ÅDT <sub>FG</sub>	115
ADR-S klass 1	0,46
ADR-S klass 2.1	7,11
ADR-S klass 2.3	0,05
ADR-S klass 3	47,09
ADR-S klass 5	2,35
ADR-S övriga	42,93

## BILAGA C. 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. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

### C.1. ADR-S KLAS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN OCH FÖREMÅL

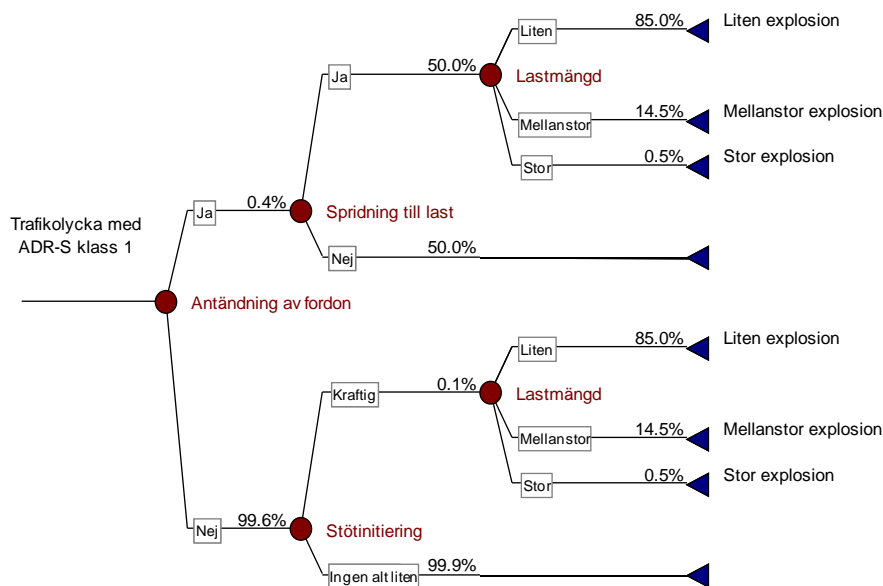
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [22]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen 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.1.1 *Transporterad mängd*

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [24] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexlosion). 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.1.2 *Händelseträd med sannolikheter*

Figur 12 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 12. Händelsesträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

### C.1.2.1. 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 [25]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [26] [27].

### C.1.2.2. 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 [28], 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 [29], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

### C.1.2.3. 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 [30]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [31] 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.1.2.4. 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 [32] [33].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [34] 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 [35]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [36] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 9, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 9. 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.2. 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) [22]. 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.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga<sup>1</sup>. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [37]. 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 [29].

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.2.1.1. GASLÄCKAGE

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [38]. 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 [13].

#### C.2.1.2. 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 [13] 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 % [13].

---

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

### C.2.1.3. 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 % [39], 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 %.

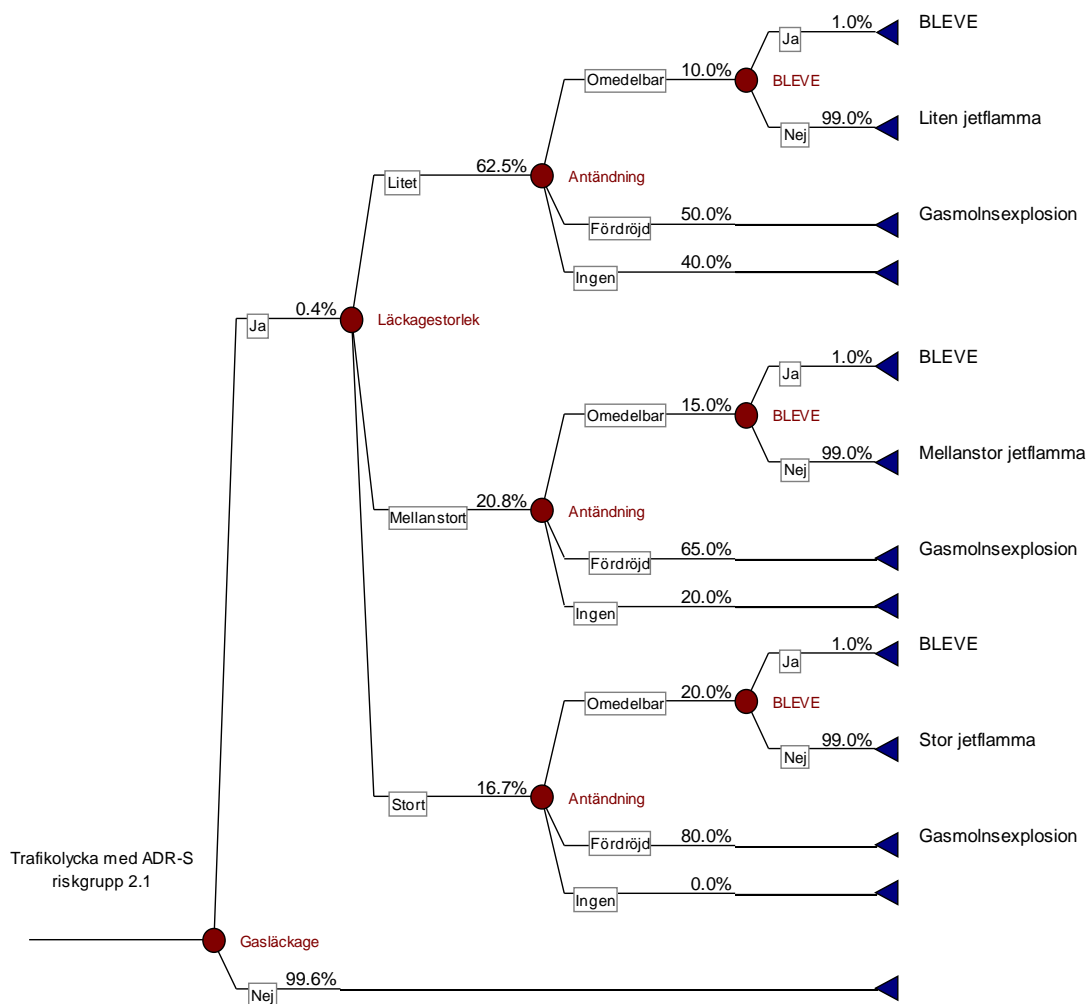
### C.2.1.4. BLEVE

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.2.2 Händelseträed med sannolikheter

Figur 13 redovisar sannolikheterna i händelseträedet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 13. Händelseträed med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

### C.2.3 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.2.3.1. REPRESENTATIVT ÄMNE

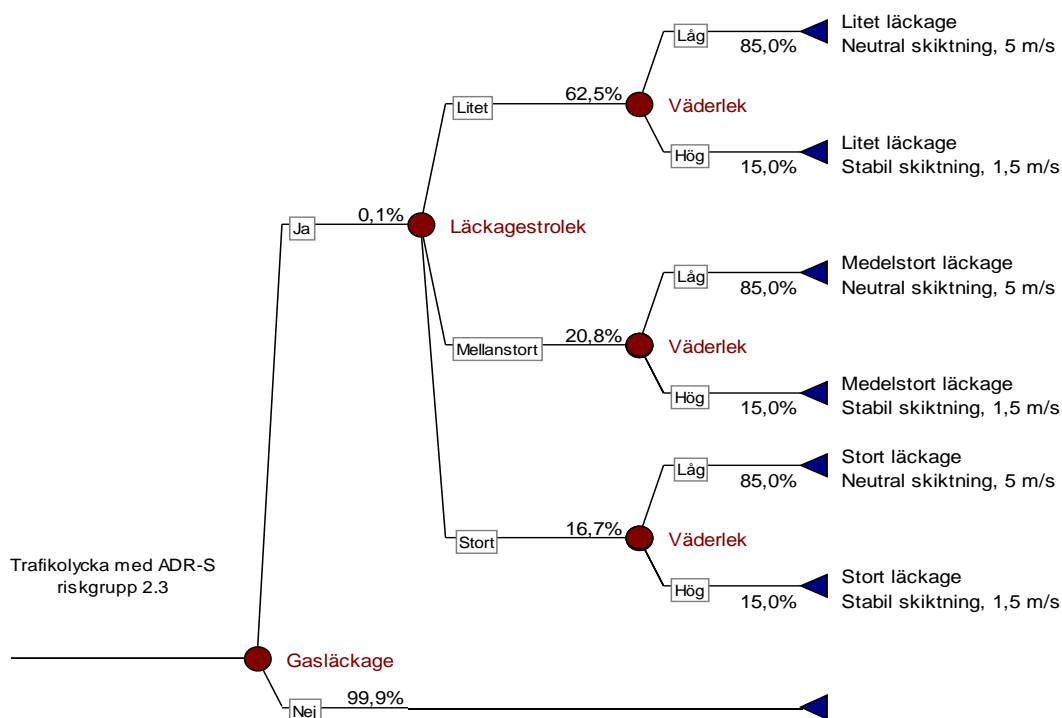
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

#### C.2.3.2. 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.2.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 14 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 14. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

### C.2.4.1. GASLÄCKAGE

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [13]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [38]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [13].

### C.2.4.2. 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 % [13].

### C.2.4.3. VÄDERLEK

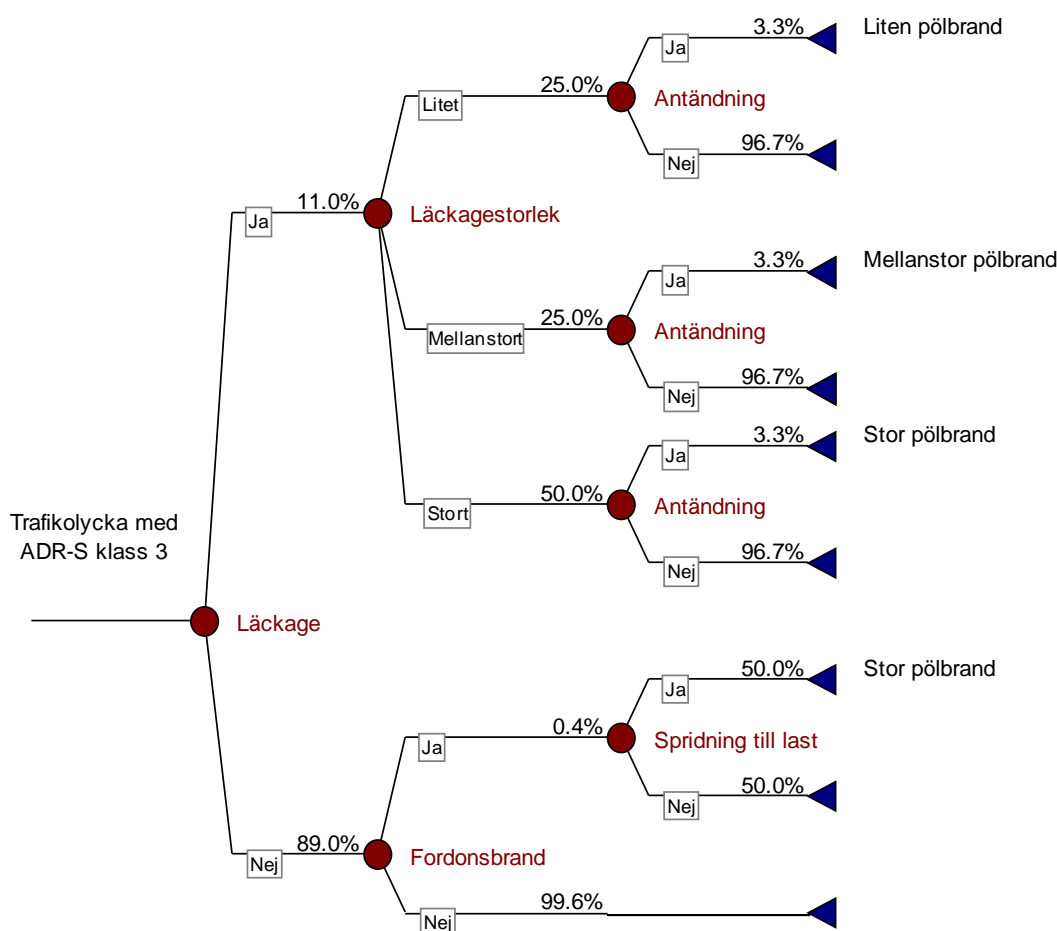
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varieras gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två 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.3. 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.3.1 Händelseträd med sannolikheter

I Figur 15 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 15. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 4

#### C.3.1.1 LÄCKAGE

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 6.

### C.3.1.2. LÄCKAGESTORLEK

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [40] [41]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [13]. 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.3.1.3. ANTÄNDNING

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [42]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [31].

### C.3.1.4. FORDONSBRAND

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt C.1.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

## C.4. ADR-S KLAS 5 – OXIDERANDE ÄMNER OCH ORGANISKA PEROXIDER

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

### C.4.1 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 [22].

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 [43]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [44] och FOI [45] 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 [46].

## **C.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2**

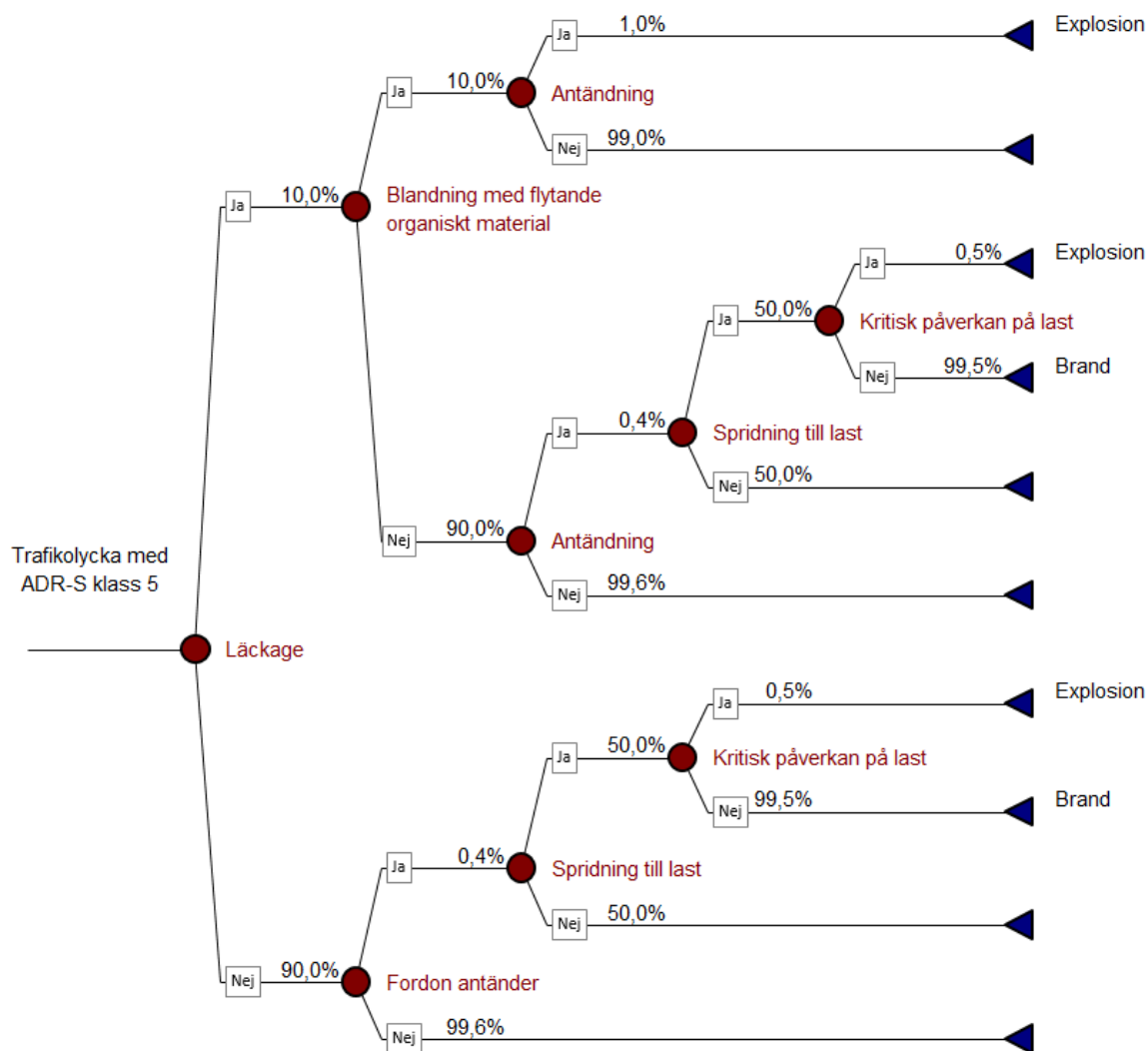
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [37]. 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.4.2.1. TRANSPORTERADE MÄNGDER OCH REPRESENTATIVT ÄMNE**

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [47], 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.4.2.2. HÄNDELSETRÄD MED SANNOLIKHETER**

Figur 16 redovisar ett händelsetråd 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 16. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

### C.4.2.3. 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 [48]. 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 tryckpåkning 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.4.2.4. 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.4.2.5. 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.4.2.6. 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.1.2) är denna cirka 0,4 %.

#### C.4.2.7. 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.4.2.8. KRITISK PÅVERKAN PÅ LAST

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [44]. 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 [43]. Vidare krävs möjlighet till tryckuppbyggnad för att termiskt sönderfall av ren ammoniumnitrat ska kunna övergå till explosivt sönderfall genom deflagration eller detonation [49]. Smälta av ammoniumnitrat tros kunna skapa dessa förutsättningar även om forskningen inom området är bristfällig [49]. Hypotesen är att vätskepelare av smälta kan skapa en egen inneslutning i vilken trycket kan bli så pass högt att reaktionsförloppet blir explosionsartat [49]. 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.5. ACKUMULERAD OLYCKSPÅVERKAN

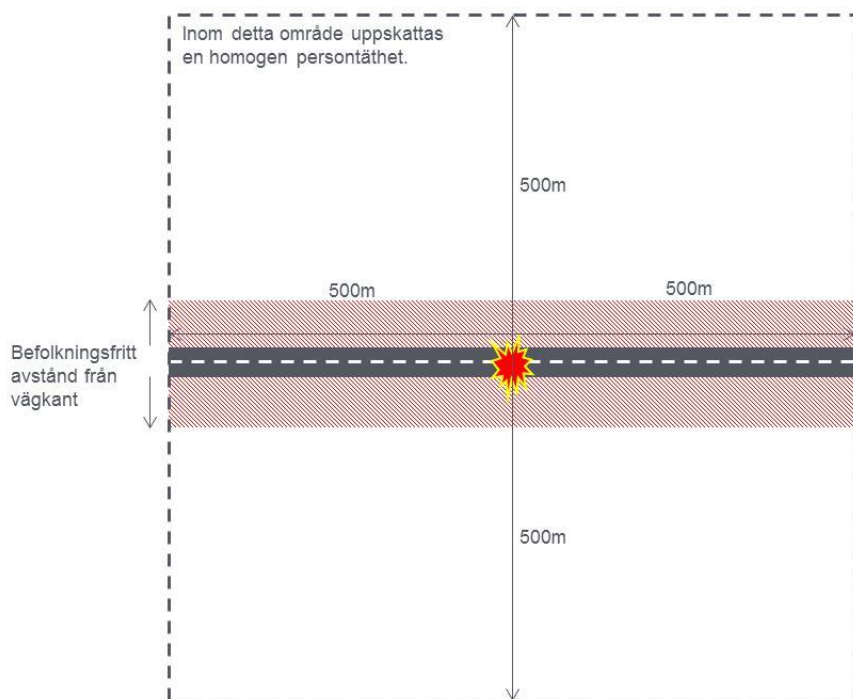
Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga D).

## BILAGA D. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

I detta avsnitt beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadefallet 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 17.



Figur 17. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Då den berörda verksamheten endast bedrivs på ena sidan E45 har endast vägens vänstra sida tagits med i beräkningarna. Figur 17 visar en schematisk skiss. Figur 4 visar en grov skiss över hur den faktiska uppdelningen av planområdet med omgivning i olika zoner ser ut.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast vägkant. Detta antagande är grovt varför en befolkningsfri yta baserad på avståndet till väg ansätts i beräkningarna. I den här riskbedömningen sträcker sig den befolkningsfria ytan 40 meter från vägen mot planområdet, se Figur 4. 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 vägkant närmast området. Individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en, med konsekvensavstånd från den närmaste vägkanten.

## D.3. ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN

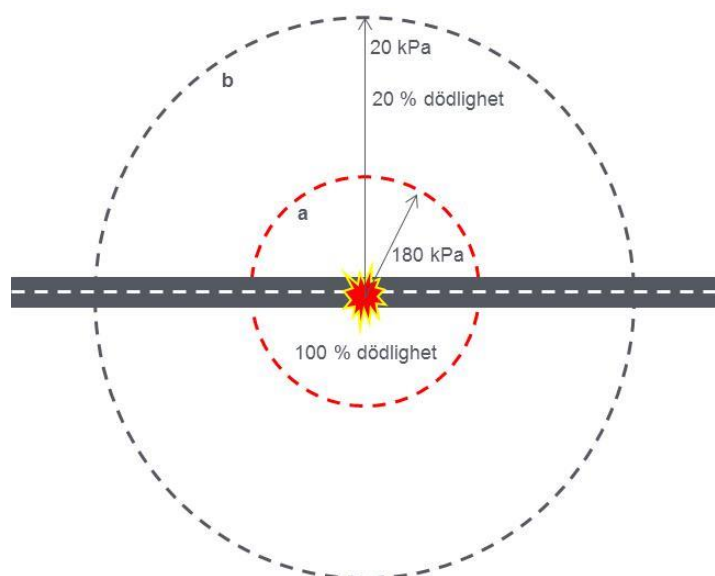
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [50].

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 [51]. 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 18.



Figur 18. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [52] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram 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 ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötvägen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ 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* [53] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [13] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 11. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, Ø	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.

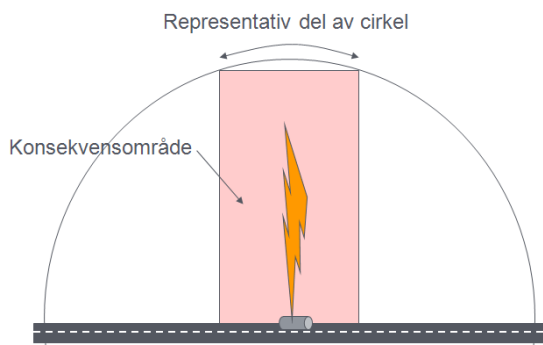
## D.6. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [51]. 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* [51], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [54] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden  $t = 10$  s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 19.



Figur 19. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

## D.8. GASMOLNEXPLOSION

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

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

Programvaran Spridning Luft [53] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 19.

## 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  |
| • Gasmolnsexplosion   | 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 12. 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 12. 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 [29] [7].

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 [29]. I Tabell 13 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 13. 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 [46]. 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. SKYDDSEFFEKTER

I denna bilaga beskrivs de skyddseffekter som antagits för olika befintliga omständigheter och riskreducerande åtgärder och olika scenarier. Bilagan är indelad efter planområdets olika zoner där omständigheter och riskreducerande åtgärder har olika skyddseffekt. För respektive zon beskrivs vilka förutsättningar som beaktas och efter följer en tabell med antagen skyddseffekt motiverad för olika scenarier.

### E.1. ZON 1

Denna zon sträcker sig mellan 40 och 150 meter från riskkällan (E45). Befintliga omständigheter som föranleder skyddseffekter utgörs av byggnadskonstruktionen, som kan förväntas erbjuda visst skydd mot strålning, tryckvågor och dylikt.

Tabell 14 visar motiv till antagna skyddseffekter för personer som vistas inomhus respektive utomhus inom indelade zoner av planområdet.

Tabell 14. Bakgrund och motivering till antagna skyddseffekter för respektive zon inom planområdet.

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Olycksscenario			
<b>Klass 1</b>			
Liten explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Liten explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Mellanstor explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Mellanstor explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Stor explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Stor explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
<b>Klass 2.1</b>			
BLEVE	BLEVE inträffar inte direkt vid olyckstillfället, vilket ger personer i byggnaden tid att utrymma. Huvudentrén sitter även vänd från E45.	75	0
Liten jetflamma	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Gasmolnsexplosion	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Mellanstor jetflamma	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Stor jetflamma	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
<b>Klass 2.3</b>			
Litet läckage, låg vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	50	0
Litet läckage, hög vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	50	0
Mellanstort läckage, låg vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	50	0



Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Olycksscenario			
Mellanstort läckage, hög vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	50	0
Stort läckage, låg vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	50	0
Stort läckage, hög vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	50	0
<b>Klass 3</b>			
Liten pölbrand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Mellanstor pölbrand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Stor pölbrand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
<b>Klass 5</b>			
Explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Brand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0

## E.2. ZON 2

Denna zon sträcker sig mellan 150 och 500 meter från E45. Samma omständigheter som i zon 1 föranleder skyddseffekter i zon 2. Tabell 15 visar motiv till antagna skyddseffekter för personer som vistas inomhus respektive utomhus inom indelade zoner av planområdet.

Tabell 15. Bakgrund och motivering till antagna skyddseffekter för respektive zon inom planområdet.

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
Olycksscenario			
<b>Klass 1</b>			
Liten explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Liten explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Mellanstor explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Mellanstor explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Stor explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Stor explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
<b>Klass 2.1</b>			
BLEVE	BLEVE inträffar inte direkt vid olyckstillfället, vilket ger personer i byggnaden tid att utrymma. Huvudentrén sitter även vänd från E45.	75	0
Liten jetflamma	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Gasmolnsexplosion	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0

Klass av farligt gods	Motivering till skyddseffekter	Antagen skyddseffekt: [%]	
		Inomhus	Utomhus
<b>Olycksscenario</b>			
Mellanstor jetflamma	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Stor jetflamma	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
<b>Klass 2.3</b>			
Litet läckage, låg vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	95	0
Litet läckage, hög vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	95	0
Mellanstort läckage, låg vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	95	0
Mellanstort läckage, hög vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	95	0
Stort läckage, låg vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	95	0
Stort läckage, hög vindstyrka	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot giftiga gasutsläpp.	95	0
<b>Klass 3</b>			
Liten pölbrand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Mellanstor pölbrand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Stor pölbrand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
<b>Klass 5</b>			
Explosion (> 180 kPa)	Byggnaden kan inte förväntas stå emot kraftiga explosioner.	0	0
Explosion (> 20 kPa)	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0
Brand	Byggnaden kan förväntas erbjuda visst skydd mot mindre explosioner och bränder.	50	0

## BILAGA F. REFERENSER

- [1] E. Laurin, "Anbud-utredningar för detaljplan Kv. Skutan 6, Trollhättan-Riskbedömning," WSP, Linköping, 2022.
- [2] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [3] MSB, "Handbok - Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer," 2015.
- [4] D. Berg, Interviewee, *Stationschef*. [Intervju]. 22 09 2022.
- [5] Trafikverket, "Trafikverkets vägflödeskarta," 31 12 2019. [Online]. Available: <https://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>. [Använd 19 09 2022].
- [6] Trafikverket, "Trafikuppräkningsstal-Väganalys EVA och manuella beräkningar," Trafikverket, 2020.
- [7] BBR, Boverket, 2006.
- [8] SCB, "Befolkningstäthet Trollhättans kommun," SCB, Stockholm, 2022.
- [9] MSB, "MSBFS 2016:8 föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng (ADR-S)," MSB, 2016.
- [10] TRAFKA, "Lastbilstrafik 2016-2020 Swedish national and international road goods transport," Trafikanalys, 2020.
- [11] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [12] Länsstyrelsen Hallands län, "Riskanalys av farligt gods i Hannalands län, Meddelande 2011:19," 2011.
- [13] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [14] Länsstyrelsens i Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [15] Boverket, "Boverkets ändring av verkets allmänna råd (2011:27) om analytisk dimensionering av byggnaders brandskydd (BBRAD)," Boverket, Karlskrona, 2013.
- [16] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [17] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [18] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [19] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor*, Karlstad: Räddningsverket, 2000.
- [20] F. Nystedt, *Riskanalyismetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.

- [21] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [22] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [23] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [24] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [25] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [26] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [27] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [28] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [29] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [30] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [31] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [32] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [33] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplor EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [34] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [35] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [36] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [37] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [38] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [39] 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.
- [40] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [41] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [42] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [43] 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.

- [44] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [45] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [46] R. Forsén, FOI, 2009.
- [47] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [48] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [49] V. Babrauskas och D. Leggett, "Thermal decomposition of ammonium nitrate," *Fire and Materials* 2019;1-19, 2019.
- [50] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [51] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [52] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [53] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [54] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.

## 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](https://www.wsp.com)