

RI-RA-01

# Risikanalyt: Transport av farligt gods

Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2 (Elisefarm), Höör och Hörby

Preliminär

2021-08-18

## Projektinformation

**Fastighetsbeteckning:** Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2  
**Ort:** Höör och Hörby  
**Uppdragsnummer:** 210161

**Uppdragsgivare:** Elisefarm AB  
**Kontaktperson:** Lars Ingesson / Eric Månsson

**Dokumentbeteckning:** RI-RA-01  
**Dokumenttitel:** Riskanalys: Transport av farligt gods  
**Status:** Preliminär  
**Senaste utgåva:** 2021-08-18

**Uppdragsansvarig:** Eric Månsson  
 eric@solvos.se  
 070-563 11 22

**Handläggare:** Robin Imskog  
 robin@solvos.se  
 073-930 14 40

**Granskare:** Eric Månsson

### Utgåva och revideringar

Utgåva	Datum	Revidering	Handläggare	Kontrollerad av
1	2021-08-10	Första utgåva	Robin Imskog	Eric Månsson
2	2021-08-18	Uppdaterad enligt kommentarer från Höörs kommun inklusive reducerad persontäthet, anpassning till byggförbud inom 50 m av E22:an samt förtydliganden avseende beräkningar och resultat.	Robin Imskog	Eric Månsson

## Sammanfattning

Analysen, baseras på platsspecifika trafikmängder längst E22:an kombinerat med nationell fördelning av olika typer av farligt gods och har visat att risknivån med avseende på både individ- och samhällsrisk inom området generellt är acceptabel, främst till följd av fysiska avståndet till E22:an.

För normalkänslig bebyggelse så som exempelvis kontor eller idrottsanläggning (Se Zon B i Figur 1.1) medför det säkerhetsavstånd som uppstår till följd av byggförbud inom 50 m av E22:an att inga ytterligare åtgärder behöver vidtas.

Planeras i stället känslig bebyggelse så som exempelvis skola, bostäder eller handel (Se Zon C i Figur 1.1) inom 70 m av E22:an överstiger dock individrisken den undre ALARP-gränsen. Solvos rekommenderar därför att följande åtgärder övervägas vid eventuell etablering av känslig bebyggelse inom 70 m av E22:an:

- Ingen bebyggelse ska upprättas inom 50 m av E22:an i linje med Länsstyrelsen Skåne dokument 12FS 2015:22.
- Planeras känslig bebyggelse så som exempelvis skola, bostäder eller handel (Se Zon C i Figur 1.1) inom 70 m av E22:an ska dessutom följande åtgärder övervägas:
  - Centralt avstängningsbart ventilationssystem riktad bort från E22:an.
  - Luftintag placeras på den sida av fastigheten som vetter bort från farligt-godsleden.
  - Gasdetektion vid ventilationsintag kopplat till gaslarm. Gaslarm ska vara anpassat för de vanligaste förekommande gaserna (ammoniak, svaveldioxid och klor). Vid larm ska ventilationssystemet stängas av.

# Innehållsförteckning

<b>1</b>	<b>Inledning.....</b>	<b>1</b>
1.1	Bakgrund.....	1
1.2	Syfte.....	1
1.3	Avgränsningar.....	1
1.4	Underlag.....	1
1.5	Riktlinjer.....	2
<b>2</b>	<b>Förutsättningar och indata.....</b>	<b>3</b>
2.1	Områdesbeskrivning.....	3
2.2	Persontäthet.....	3
2.3	Trafik.....	4
2.4	Transportklasser.....	4
2.5	Godstransporter.....	5
2.6	Vind och väder.....	6
2.7	Scenarios sannolikhet.....	7
2.7.1	Explosion.....	7
2.7.2	Brandfarlig gas - Klass 2.1.....	8
2.7.3	Brandfarlig vätska – Klass 3.....	9
2.7.4	Giftig gas – Klass 2.2.....	9
2.8	Skadekriterier.....	11
2.9	Övrig indata.....	11
<b>3</b>	<b>Metodik.....</b>	<b>12</b>
3.1	Riskbedömning.....	12
3.1.1	Individrisk.....	13
3.1.2	Samhällsrisk.....	13
3.2	Olycksfrekvens.....	14
3.3	Olycksscenarier.....	15
3.3.1	Dimensionerande scenarier.....	15
3.3.2	Explosion.....	15
3.3.3	BLEVE.....	15
3.3.4	Spridning av giftig gas.....	15
3.3.5	Gasmolnsexplosion.....	16
3.3.6	Jetflamma.....	16
3.3.7	Pölbrand.....	16
3.4	Avståndskoefficient.....	16
3.4.1	Individrisk.....	16
3.4.2	Samhällsrisk.....	16
3.5	Riktningskoefficient.....	17
3.5.1	Individrisk.....	17
3.5.2	Samhällsrisk.....	18
<b>4</b>	<b>Resultat.....</b>	<b>18</b>
4.1	Olycksfrekvens.....	18
4.2	Individrisk.....	18
4.3	Samhällsrisk.....	19
4.4	Riskreducerande åtgärder.....	20

4.4.1	Effekt av riskreducerande åtgärder .....	20
5	Diskussion .....	22
6	Slutsats .....	22

# 1 Inledning

Riskanalysen har tagits fram enligt följande frågeställningar:

- Hur stor mängd transporter med farligt gods passerar området?
- Vilken fördelning av olika typer av farligt gods kan förväntas transporteras längst området?
- Hur sannolik är en farligt-godsolycka i närheten (längst en 1 km sträcka) av området?
- Vilka konsekvenser kan en farligt-godsolycka medföra i området?
- Hur stor är den beräknade risken till följd av dessa sannolikheter och konsekvenser?
- Är denna risk acceptabel eller krävs riskreducerande åtgärder?

## 1.1 Bakgrund

Solvos har av Elisefarm AB fått i uppdrag att ta fram en riskanalys för Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2 (Elisefarm) för att undersöka riskbilden i anslutning till E22:an med avseende transporter av farligt gods.

Analysen, baseras på platsspecifika trafikmängder längst E22:an kombinerat med nationell fördelning av olika typer av farligt gods.

Denna handling har upprättats utifrån de krav på riskutredning som ställs av Länsstyrelsen i Skåne län i samband med framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt-godsleder.

## 1.2 Syfte

Syftet med denna rapport är att:

- Fastställa den individrisk som personer inom Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2 förväntas utsättas för.
- Fastställa samhällsriskerna inom Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2.
- Värdera dessa riskparametrar utifrån planerad bebyggelse.
- Tillhandahålla förslag på riskreducerande åtgärder

Denna information tillhandahålls som beslutsunderlag för vidare projektering inom området.

## 1.3 Avgränsningar

Denna analys avgränsas till:

- Området (Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2) så som beskrivs i avsnitt 2.1
- Transporter av ADR-märkt farligt god längst E22:an i anslutning till det aktuella området.
- Individ- och samhällsrisk med avseende på risker som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv.

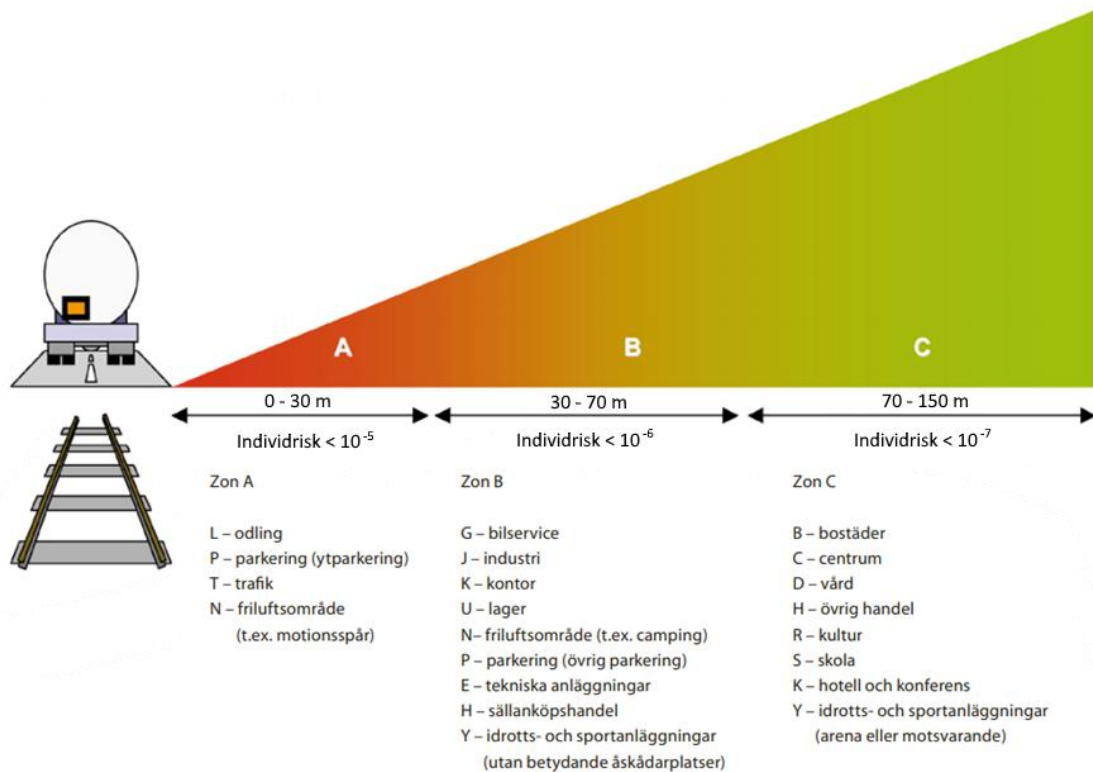
## 1.4 Underlag

Denna rapport har baserat på följande underlag:

- Orienterings och situationsplaner, upprättad av Lloyd's Arkitektkontor, daterade 2020-12-08
- Ytsammanställning, BTA & NOA, upprättad av Lloyd's Arkitektkontor, daterad 2020-12-08
- Kungörelse om förbud enligt väglagen - 12FS 2015:22, upprättad av Länsstyrelsen Skåne, daterad 2015-06-10

## 1.5 Riktlinjer

Beräknade risk och acceptanskriterier i form av individrisk och samhällsrisk användas för att fastställa huruvida risknivån inom Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2 är acceptabel. Dessa siffror ska dessutom sättas i perspektiv till den typ av bebyggelse som planeras. RIKTSAM [1] ger vägledning enligt Figur 1.1 där olika verksamhetstyper knyts både till ett schablonsavstånd och en acceptabel individrisk.



Figur 1.1: Enligt RIKTSAM förslag på bebyggelse och säkerhetsavstånd till farligt godsled samt acceptabel risknivå

I Figur 1.1 så sammanfaller ALARP-området (se avsnitt 3.1) för individrisk med de säkerhetsavstånd och begränsningar i bebyggelse som förespråkas av RIKTSAM. Känsligare bebyggelse (Zon C) hamnar under den nedre gränsen på  $10^{-7}$  och mindre känslig bebyggelse (Zon A och Zon B) uppgår motsvarande nivå till  $10^{-6}$  respektive  $10^{-5}$ .

RIKTSAM poängterar att dessa schablons-avstånd kan frångås under förutsättning att en riskanalys baserad på robust modell med konservativa antaganden kan visa att individrisken inte överstiger nivån associerad med aktuell bebyggelsetyp. För känsligare bebyggelse ska dessutom samhällsrisk visas understiga  $10^{-5}$  per år där  $N=1$  och  $10^{-7}$  per år där  $N=100$ .

## 2 Förutsättningar och indata

### 2.1 Områdesbeskrivning

I anslutning till Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2, som idag bedriver golfverksamhet med tillhörande hotell och restaurang planeras ett större bostadsområde med dryga 1 300 bostäder. Området ligger cirka 7 km väster om Hörby precis i gränsen mellan Hörby kommun och Höörs kommun.

Marken runt omkring används framför allt som odlingsmark. Nordväst om det planerade området löper E22:an som utgör primär transportled för farligt-gods. Områdets tätare bebyggelse planeras på ett avstånd som överstiger 150 m mätt från E22:an. Dock uppstår en cirka 600 m lång sträcka längs E22:an där glesare bebyggelse planeras.

I anslutning till det aktuella området, parallellt med E22:an, går även Länsväg 1121. Denna väg utgör dock varken primär eller sekundär transportled för farligt gods med en total trafikmängd ( $\text{ÅDT}_{\text{Total}}$ ) understigande 250 fordon per dag. Baserat på detta har Länsväg 1121 ej behandlats vidare i denna analys.

I Figur 2.1 visas en satellitbild över området med aktuellt riskområde inom 150 m av E22:an markerat i rött.



Figur 2.1: Satellitbild över området med aktuellt riskområde inom 150 m av E22:an

### 2.2 Persontäthet

Persontätheten inom området har uppskattats utifrån det totala antalet planerade bostäder samt områdets storlek. Konservativt har samtliga personer inom hela det planerade området antagits vistas inom riskområdet vid en olycka. Då 4 personer antas vistas i varje bostad och totalt 658 bostäder planeras inom området uppgår det totala



antalet personer inom området till 2 632 personer. Då områdets area (söder om E22:an) uppgår till cirka 1,2 km<sup>2</sup> erhålls en persontätheten om cirka 2 200 personer/km<sup>2</sup>.

Då samtliga planerade bostadsområden ligger på ett avstånd som överstiger 150 m från E22:an bedöms denna genomsnittliga persontäthet utgöra ett mycket konservativt antagande för den aktuella sträckan längst E22:an. Persontätheten antas dessutom reduceras till 25 % under nattetid (utgör 12 h per dygn). Detta motsvarar en persontäthet på cirka 550 personer/km<sup>2</sup>.

Samtliga personer inom området antas vistas oskyddade utomhus. Detta utgör ett konservativt antagande i syfte att förenkla beräkningar i denna rapport.

## 2.3 Trafik

Underlag för de aktuella transportleden, E22:an, har samlats in med hjälp av Trafikverkets verktyg *NVDB på webb* [2] i kombination med Tabell 2.2 i *Farligt gods - Riskbedömning vid transport* [3] som återskapats i Bilaga A.

Andelen av den tunga trafiken som antas transportera farligt gods har ansatts till 2,5 % [4].

I Tabell 2.1 presenterar den trafikdata som använts för att beräkna olycksfrekvensen för farligt gods längst en standardsträcka på 1 km längst det aktuella planområdet samt den förväntade frekvensen av farligt godsolyckor. Se Bilaga A för detaljer.

Tabell 2.1: Indata och resultat vid beräkning av olycksfrekvens för farligt gods

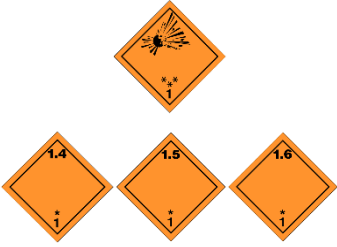








Parameter	E22:an
ÅDT <sub>Total</sub>	8000
ÅDT <sub>Tung trafik</sub>	1200
ÅDT <sub>FG</sub>	30
Bebyggelse	Landsbygd
Hastighet	110 km/h
Gatu/Vägartyp	Trafikled
OK	0,26
SO <sub>Andel</sub>	0,6
Index <sub>FG</sub>	0,42
TA	2,92
Olyckor <sub>Totalt</sub>	0,76

## 2.4 Transportklasser

Farligt godstransporter på väg regleras under ADR medan transporter på räls regleras under RID och delas i båda fall in i klasserna 1-9 baserat på dess egenskaper. I Tabell 2.2 redovisas de olika klasserna tillsammans med tillhörande skyltning.

Då aktuella godsleder endast utgörs av vägtrafik utgörs transporten av ADR-klassat gods.

Tabell 2.2: Farligt gods klasser och tillhörande skyltning

<p>Klass 1 Explosiva ämnen och föremål</p> 	<p>Klass 2 2.1 – Brandfarliga gaser 2.2 – Giftiga gaser 2.3 – Ej Brandfarliga, ej giftiga gaser</p> 	<p>Klass 3 Brandfarliga vätskor</p> 
<p>Klass 4 4.1 - Brandfarliga fasta ämnen 4.2 - Självantändande ämnen 4.3 - Ämnen som utvecklar brandfarliga gaser vid kontakt med vatten</p> 	<p>Klass 5 5.1 - Oxiderande ämnen 5.2 - Organiska peroxider</p> 	<p>Klass 6 6.1 - Giftiga ämnen 6.2 - Smittförande ämnen</p> 
<p>Klass 7 Radioaktiva ämnen</p> 	<p>Klass 8 Frätande ämnen</p> 	<p>Klass 9 Övriga farliga ämnen</p> 

## 2.5 Godstransporter

E22:an utgör primär väg rekommenderad för transport av farligt gods och utgör därmed primära riskkälla i anslutning till Fogdarp 9:27 & Norrto 8:2.

Baserat på informationen i Avsnitt 2.3 kommer analysen att baseras på att totalt 30 farligt godstransporter passerar området dagligen. Utifrån denna trafikmängd har en för landet genomsnittlig fördelning av olika farligt gods-klasser applicerats. I Tabell 2.3 redovisas den fördelning av farligt gods-klasser som ligger till grund för analysen.

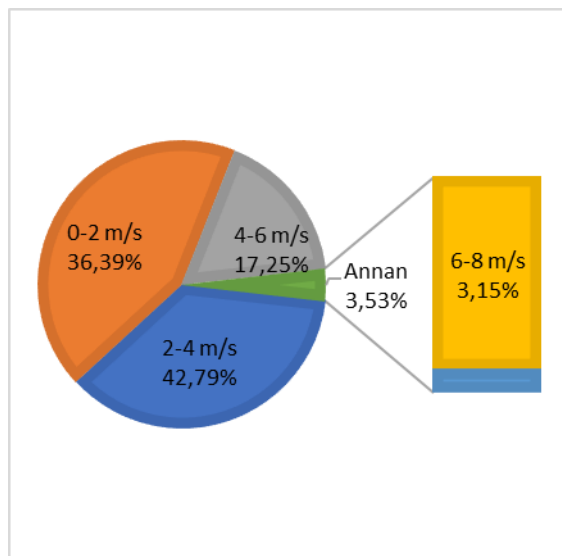
Tabell 2.3: Fördelning av ADR-klasser enligt RIKTSAM [1] baserat på vikt

ADR-Klass	Andel
Klass 1	0,90%
Klass 2.1*	3,66%
Klass 2.2*	8,34%
Klass 3	76,90%
Klass 4	0,90%
Klass 5	1,20%
Klass 6	0,60%
Klass 7	0,10%
Klass 8	7,20%
Klass 9	0,30%

\*Fördelning av ADR-klass 2 baseras på Kartläggning av farligt godstransporter MSB 2006 [5]

## 2.6 Vind och väder

Beräkningar för spridning av brandfarlig och giftig gas har baserats på vind- och väderdata hämtats från SMHI tjänst för meteorologiska observationer [6]. Underlaget baseras på cirka under 126 000 mätningar mellan 1995-08-01 och 2021-05-18. I Figur 2.2 har denna data sammanställts.

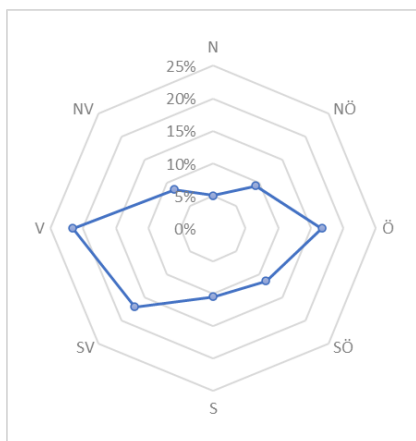


Figur 2.2: Fördelning, vindhastighet, medelvärden under 10 minuter

Stabilitetsklass F har antagits råda för vindhastigheter mellan 0-2 m/s stabilitetsklass D i övriga fall. Detta baseras på att Klass D är ofta förekommande och representerar genomsnittliga förhållanden och Klass F utgör ett "värsta tänkbara fall". På så vis utgör "värsta tänkbara"-scenariot hela 36,4 % av beräknade läckor vilket anses konservativt. Sammanställning av scenarier redovisas i Tabell 2.4.

Tabell 2.4: Fördelning av stabilitetsklass och vindhastighet

Sannolikhet	Stabilitetsklass	Vindhastighet
36,4 %	F	2 m/s
42,8 %	D	4 m/s
17,2 %	D	6 m/s
3,6 %	D	8 m/s



Figur 2.3: Vindros för det aktuella området

I Figur 2.3 redovisas sannolikheten för vindriktningar kring det aktuella området. Då E22:an går Nordväst om det aktuella området har summan av sannolikheten för vindriktningarna Öster, Sydost och Söder inkluderats vid beräkning av sannolikheten för spridning av gaser. För vindriktningarna Nordost och Sydväst som löper längst med E22:an har halva sannolikheten inkluderats.

Den totala sannolikheten att vinden är riktad mot det aktuella området har ansatts till 0,52

## 2.7 Scenarios sannolikhet

För att beräkna den risk som transport av de olika klasserna medför måste sannolikheter ansättas de olika scenarierna. Sannolikheter baseras främst på studier och statistik men i vissa fall måste ingenjörsmässiga antaganden och uppskattningar göras. Då antaganden med avseende på sannolikheter gjorts har dessa antaganden jämförts med vad som anses praxis och/eller bransch-standard.

I Figur 2.4 i slutet av detta kapitel visualiseras sannolikheten för samtliga behandlade scenarier övergripande.

### 2.7.1 Explosion

Scenarier som antas kunna medföra explosion utgörs av transporter med antingen ADR-klass 1 eller ADR-klass 5. För scenarier som innefattar explosion baseras beräkningar på data för TNT.

#### 2.7.1.1 Klass 1

Transport av explosiv vara i form av ADR-klass 1 antas kunna medföra två typer av scenarier som leder till explosion. Det ena scenariot utgörs av att fordonet vid olyckstillfället antänds och sedan sprids till godset vilket initierar explosion. Det andra scenariot utgörs av att olyckan medför en så pass kraftig stöt att explosion sker.

Under perioden 1994 - 1999 rapporterades i Sverige i snitt 66 fordonsbränder per år. Under samma period rapporterades i snitt 15 700 trafikolyckor med personskada per år [7]. Baserat på detta uppskattas sannolikheten för brand i fordon vid olycka till 0,4 %. Sannolikheten att en fordonsbrand sprider sig till lasten antas uppgå till 50 %.

Underlag för att bedöma sannolikheten för att stöt leder till explosion är begränsad. Sannolikheten för explosion till följd av kraftig stöt uppskattas dock vara mycket låg. Kraven för transportfordon med massexplosiva ämnen innebär bland annat att energin vid en kollision ska tas upp av olika energiabsorberande zoner. Därmed antas sannolikheten för att en trafikolycka medför en så kraftig stöt att detta leder till explosion inte vara större än sannolikheten för att ett fordon börjar brinna vid en trafikolycka, det vill säga 0,4 %.

20 % av transporter av ADR-klass 1 antas ske med fullastat fordon med en max last på 16 ton medan resterande 80 % av transporterna antas ske i mindre bilar med last om max 1 ton.

#### 2.7.1.2 Klass 5

Oxiderande ämnen (ADR-klass 5.1) och organiska peroxider (ADR-klass 5.2) kan vid upphettning, kontakt med organiska ämnen (så som bensin, diesel eller motorolja) eller vid kraftiga stöt leda till brand eller explosion.

Om en fordonstank (den egna eller fordon inblandat i olyckan) skadas vid olycka kan detta medföra att ett oxiderande ämne läcker ut och blandas med fordonsbränsle vilket kan medföra att en explosiv blandning uppstår.

Sannolikheten för att organiskt läckage sker vid en olycka uppskattas till 50 %

En lastbil med full tank antas kunna bidra med cirka 400 liter diesel, vilket leder till att en explosiv blandning motsvarande cirka 4 ton TNT. Detta scenario bedöms ske med 10 % sannolikhet. Ett sådant scenario antas konservativt alltid medföra explosion. Mindre brand beaktas således inte i denna analys utan antas antingen ingå i resultaten för explosion eller endast medföra försumbara konsekvenser.

### 2.7.2 Brandfarlig gas - Klass 2.1

För scenarier som innefattar brandfarlig gas baseras beräkningar på data för gasol (propan) då detta både utgör ett vanligt förekommande ämne och medför stora konsekvenser. Enligt *"Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail"* [8] kan sannolikheten för omedelbar antändning (jetflamma och BLEVE) av gasol ansättas till 10 % vid litet läckage och 20 % för stort läckage. Motsvarande sannolikhet för fördröjd antändning (gasmolnsexplosion) ansätts till 50 % vid litet läckage respektive 80 % vid stort läckage.

För ett mellanstort läckage har medelvärdet av dessa värden antagits; 15 % risk för omedelbar antändning och 65 % för fördröjd antändning.

Detta innebär att sannolikheten att ingen form antändning sker ansätts till 40 % vid litet läckage, 20 % vid mellan läckage och 0 % vid stort läckage.

#### 2.7.2.1 BLEVE

BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan ske då en tank utsätts för plötslig värmepåverkan så att dess innehåll släpps ut momentant i ett kraftigt eldklot. För att en BLEVE ska uppstå krävs dels en extern värmekälla i form av att en brand eller jetflamma samt att behållarens tryckavlastning inte fungerar eller är otillräcklig. I *"Risk analysis of the*

*transportation of dangerous goods by road and rail*" [8] kommenteras att sannolikheten att BLEVE skulle uppstå vid vägtransportolycka är mycket osannolik då detta kräver jetflammapåverkan från en tank till en annan. Med detta i åtanke har sannolikheten för att BLEVE uppstår satts till 1 %.

#### 2.7.2.2 Gasmolnsexplosion

Gasmolnsexplosion uppstår när antändningen av ett läckage är fördröjd och brandfarlig gas ges tid att sprida ut sig över ett större område. Av denna anledning ökar sannolikheten för att explosions sker med läckagestorleken enligt avsnitt 2.7.2.

#### 2.7.2.3 Jetflamma

Jetflamma uppstår när antändningen sker omedelbart och i direkt anslutning till ett läckage som strömmar ut ur en tank under högt tryck. Då sannolikheten för omedelbar antändning ansätts till 10 %, 15 % respektive 20 % enligt avsnitt 2.7.2 och BLEVE har antagits utgöra 1 % av utfallen oavsett läckagets storlek kvartår 9 %, 14 % respektive 19 % sannolikhet för att jetflamma ska uppstå vid litet, mellan och stort läckage.

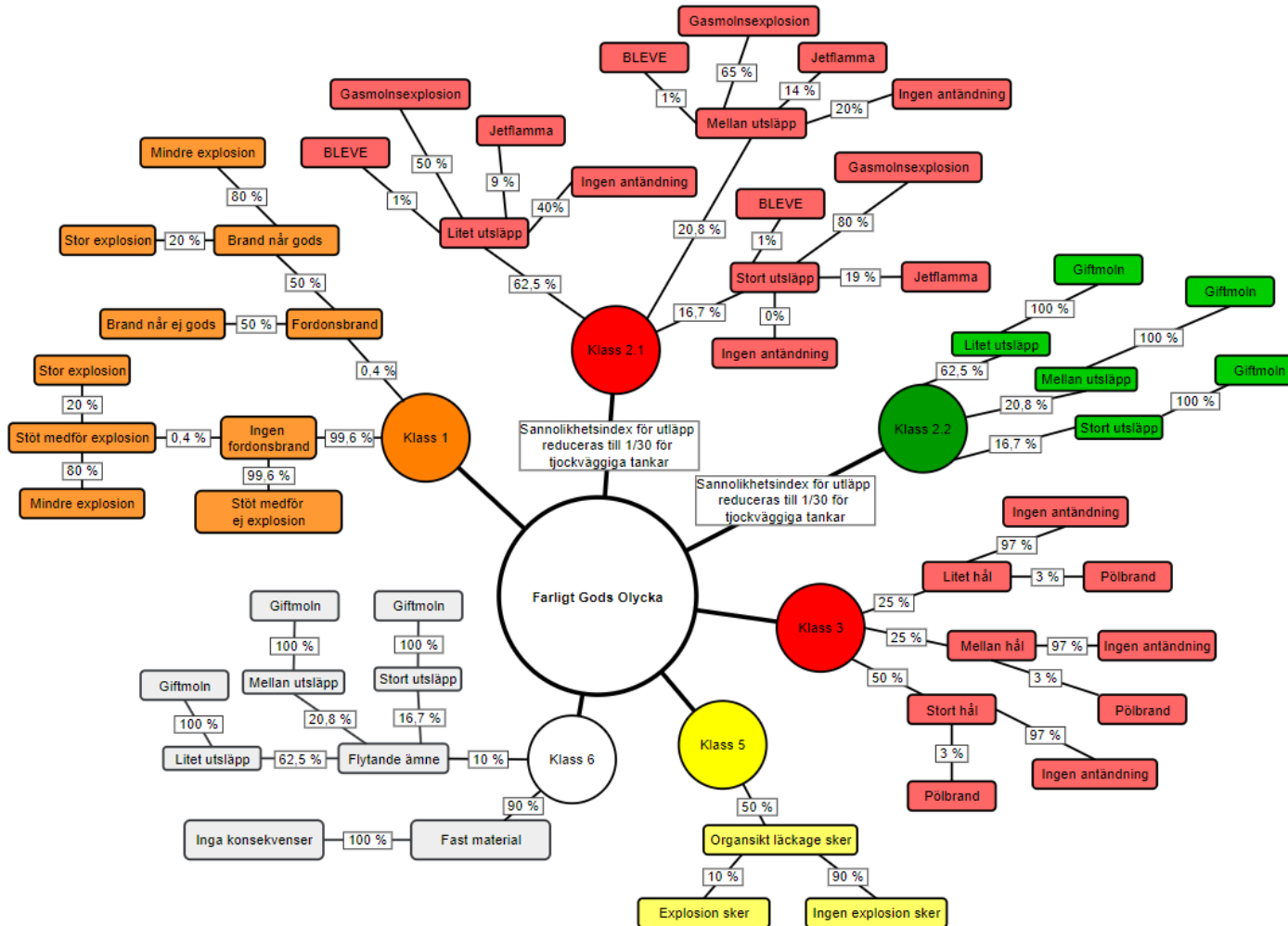
### 2.7.3 Brandfarlig vätska – Klass 3

För scenarier som innefattar brandfarlig vätska baseras beräkningar på data för bensin då detta utgör ett vanligt förekommande och ämne med hög kemiskt bunden energi. Enligt *Farligt gods* [3] kan sannolikheten för antändning av bensin för tankbil med släp sättas till 3 %. Samtliga scenarier där utsläpp av brandfarlig vätska leder till antändning har i analysen behandlats som pöl-bränder i olika storlekar.

### 2.7.4 Giftig gas – Klass 2.2

För scenarier som innefattar giftig gas (i känslighetsanalys) baseras beräkningar på data för svaveldioxid som utgör ett av de giftigaste ämnena som transporteras på svenska vägar. Då all form av utsläpp av giftig gas anses kritiskt, utgör samtliga utsläpp utgöra ett skadescenario. Det är därmed endast storleken av utsläppet som varierar tillsammans med de väderparametrar som presenteras i 2.6.

Utsläpp av Klass 6 material antas ske i flytande form i 10 % av fallen och behandlas i de fallen som giftig gas. Detta utgör en grov men konservativ förenkling.



Figur 2.4: Visualisering av beaktade scenarier samt dess sannolikhet

## 2.8 Skadekriterier

Samtliga scenarier syftar att identifiera avståndet och område där personer förväntas omkomna. Beroende på typ av olycka så bestäms detta utifrån olika kriterier. I Tabell 2.5 sammanställs skadekriterierna (där personer antas omkomma) för de olika scenarierna.

Tabell 2.5: Skadekriterier för olika scenarier

Scenario	Skadekriterium	Kommentar
Explosion	247 [kPa] [9]	260 kPa utgör 50 % dödlighet. 247 kPa är närmaste siffra som sammanfaller med Tabell 4,1 i B02-111 [10]
BLEVE	$10^7 [(W/m^2)^{4/3}]$ [11]	$s_{50}^*$ utgör förbestämd enhet där hälften av utsatta personer förväntas omkomma.
Gasmolnsexplosion	0,01413 [kg/m <sup>3</sup> ] (1 vol-%) [9]	Halva den undre brännbarhetsgränsen hos propan.
Giftig gas	2 383 [mg/m <sup>3</sup> ] [9]	Baserat på svaveldioxid EC <sub>t50</sub> = 35 752 mg min/m <sup>3</sup> (50 % dödlighet) under 15 min.
Jetflamma	R <sub>s,50</sub> [m] [12]	Förbestämd enhet där hälften av utsatta personer förväntas omkomma.
Pölbrand	15 [kW/m <sup>2</sup> ] [9]	Strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder)

## 2.9 Övrig indata

Källstyrkan ( $Q$  [kg/s]) för gasol (propan) är hämtad från Tabell 3.4 i RIKTSAM [1]. Hålstorlek ( $A$  [m<sup>2</sup>]) har därefter beräknats för de tre olika hålstorlekarna "Liten", "Medel" och "Stort" enligt ekvation 5:4 i FOA-handboken [9]:

$$Q = A \cdot C_d \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{v_f}} \rightarrow A = \frac{Q}{C_d \sqrt{\frac{2(P_0 - P_a)}{v_f}}}$$

Där:

$C_d$	Kontraktionsfaktor för vätskestråle	[-]
$P_a$	Atmosfärtryck	[Pa]
$P_0$	Tanktryck i hålets nivå	[Pa]
$v_f$	Specifik volym	[m <sup>3</sup> /kg]

Denna storlek har sedan använts för att beräkna källstyrkan för svaveldioxid i Tabell 2.6.

Tabell 2.6: Fördelning av hålstorlek vid beräkning av källstyrka, gasol och svaveldioxid

Håltyp	Håldiameter	Hålärea	Källstyrka	
			Gasol	Svaveldioxid
Litet	3,2 mm	0,08 cm <sup>2</sup>	0,09 kg/s	0,142 kg/s
Medel	10 mm	0,79 cm <sup>2</sup>	0,9 kg/s	1,42 kg/s
Stort	46 mm	16,62 cm <sup>2</sup>	17,8 kg/s	28,1 kg/s

Fördelning av hålstorlekar förutsatt att läckage sker presenteras i Tabell 2.7.



Tabell 2.7: Fördelning av hålstorlekar förutsatt att läckage sker

Transporttyp	Tanktyp	Håltyp	Sannolikhet
Väg	Tjockväggig	Litet	62,5 %
		Medel	20,8 %
		Stort	16,7 %
	Tunnväggig på släp	Litet	25 %
		Medel	25 %
		Stort	50 %
	Tunnväggig utan släp	Litet	50 %
		Medel	25 %
		Stort	25 %

Utsläppsmängder vid farligt-godsolycka presenteras i Tabell 2.8.

Tabell 2.8: Utsläppsmängder vid farligt-godsolycka

Håltyp	Förlopp	Bensin	Gasol	Svaveldioxid
Litet	Momentant	180 kg	164 kg	-
		0,3 m <sup>3</sup>	-	-
	Kontinuerligt	0,1 kg/s	0,09 kg/s	0,142 kg/s
Medel	Momentant	1980 kg	1 660 kg	-
		3 m <sup>3</sup>	-	-
	Kontinuerligt	1,1 kg/s	0,9 kg/s	1,42 kg/s
Stort	Momentant	34 800 kg	36 000 kg	-
		50 m <sup>3</sup>	-	-
	Kontinuerligt	19,3 kg/s	11,7 kg/s	28,1 kg/s

Ämnesspecifika konstanter presenteras i Tabell 2.9.

Tabell 2.9: Ämnesspecifika konstanter

Konstant	Symbol	Luft	Bensin	Gasol (Propan)	Svaveldioxid
Massavbrining	$\dot{m}''_{\infty}$	-	0,055 kg/m <sup>2</sup> s	-	-
Förbränningskonstanter	$k\beta$	-	2,1 m <sup>-1</sup>	-	-
Förbränningsvärme	$\Delta h_c$	-	43,7 kJ/kg	46 000 kJ/kg	-
Specifik värme (gas)	$C_{pg}$	1 200*	-	1 480 J/kg K	510 J/kg K
Strålningsandel	$\chi_e$	-	0,35	0,35	-
Ångbildningsvärme	$H_{fg}$	-	-	371 590 J/kg	380 480 J/kg
Molvikt	$m_g$	29 g/mol	-	44,1 g/mol	64 g/mol
Densitet (gas)	$\rho$	1,29 kg/m <sup>3</sup>	-	-	-
Stökiometrisk blandning	$\chi_{SB}$	-	-	0,0558 kg/m <sup>3</sup>	-

\*Fuktig luft

## 3 Metodik

### 3.1 Riskbedömning

Risnivån inom området kvantifieras med avseende på individrisk och samhällsrisk uttryckt i sannolikheten för en önskad händelse och de negativa konsekvenserna i form av dödsfall. Vid beräkningar antas att samtliga personer inom skadeområdet omkommer och samtliga personer utanför skadeområdet överlever.

Riskenivåerna delas in i tre olika kategorier:

- Acceptabel risk
- ALARP (As Low As Reasonably Practicle) område
- Oacceptabel risk

ALARP-området används för att indikera att även om riskenivån inte är klassad som oacceptabel ska riskreducerande åtgärder vidtagas förutsatt att kostnaden står i proportion till erhållen riskreduktion.

### 3.1.1 Individrisk

Individrisken uttrycks som frekvens per år och beräknas på olika avstånd från vägkanten genom:

$$Risk_{Individ} = \sum Olyckor_{FD} \cdot P_{Klass} \cdot P_{Scen} \cdot K_{Avstånd} \cdot K_{Riktning}$$

Där:

$Olyckor_{FD}$	Olycksfrekvensen för farligt gods längst en 1 km sträcka beräknat enligt avsnitt 3.2
$P_{Klass}$	Sannolikheten att olycka innefattar transport med en viss typ av farligt gods enligt Avsnitt 2.3.
$P_{Scen}$	Sannolikheten att en olycka med en viss typ av farligt gods medför olycksscenario enligt 2.6, 2.7 och 2.9.
$K_{Avstånd}$	Avståndskoefficient enligt 3.4.1
$K_{Riktning}$	Riktningkoefficient enligt 3.5.1

ALARP-området för individrisken ligger mellan  $10^{-5}$  och  $10^{-7}$  [1].

### 3.1.2 Samhällsrisk

Samhällsrisken uttrycks med hjälp av en kumulativ FN-kurva där sannolikheten för varje scenario  $Risk_{Samhäll,F}$  beräknas enligt:

$$Risk_{Samhäll,F} = Olyckor_{FD} \cdot P_{Klass} \cdot P_{Scen}$$

Där:

$Olyckor_{FD}$	Olycksfrekvensen för farligt gods längst en 1 km sträcka beräknat enligt 3.2
$P_{Klass}$	Sannolikheten att olycka innefattar transport med en viss typ av farligt gods enligt 2.3.
$P_{Scen}$	Sannolikheten att en olycka med en viss typ av farligt gods medför olycksscenario enligt 2.6, 2.7 och 2.9.

Antalet omkomna  $Risk_{Samhäll,N}$  för varje scenario beräknas enligt:

$$Risk_{Samhäll,N} = A_{SO} \cdot PT \cdot K_{Avstånd} \cdot K_{Riktning}$$

Där:

$A_{SO}$	Skadeområde	[m <sup>2</sup> ]
----------	-------------	-------------------

$PT$	Persontätheten inom området	[p/m <sup>2</sup> ]
$K_{Avstånd}$	Avståndskoefficient enligt 3.4.2	[-]
$K_{Riktning}$	Riktningkoefficient enligt 3.5.2	[-]

ALARP-området för samhällsrisk börjar mellan 10<sup>-4</sup> och 10<sup>-6</sup> för en person och minskar sedan med antalet omkomna [1].

## 3.2 Olycksfrekvens

Olycksfrekvensen (olycka med farligt gods som leder till läckage) beräknas enligt den metodik som beskrivs i *Farligt gods - Riskbedömning vid transport* [3].

Det totala trafikarbetet ( $TA$ ) för en standardsträcka på 1 km beräknas enligt:

$$TA = \dot{A}DT_{Total} \cdot 365 \cdot 10^{-6}$$

Där:

$\dot{A}DT_{Total}$  Genomsnittligt antal fordon per dygn

Värden för *Olyckskvot (OK)*, *Andel singel olyckor (SO<sub>Andel</sub>)* och *Farligt gods index (Index<sub>FG</sub>)* hämtas från Tabell 2.2 i *Farligt gods - Riskbedömning vid transport* [3]. Denna tabell återges i Bilaga A med interpolerade värden för hastigheterna 40 km/h, 60 km/h, 80 km/h och 100 km/h<sup>1</sup>.

Det förväntade antalet olyckor ( $Olyckor_{Total}$ ) längst en 1 km sträcka beräknas enligt:

$$Olyckor_{Total} = \dot{A}DT_{Total} \cdot OK$$

Där:

$\dot{A}DT_{Total}$  Genomsnittligt antal fordon per dygn

Slutligen beräknas det förväntade antalet farligt godsolyckor ( $Olyckor_{FG}$ ) längst 1 km sträckan enligt:

$$Olyckor_{FG} = Olyckor_{Total} \left[ \left( SO_{Andel} \cdot \frac{\dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} \right) + (1 - SO_{Andel}) \left( \frac{2 \cdot \dot{A}DT_{FG}}{\dot{A}DT_{Total}} - \frac{\dot{A}DT_{FG}^2}{\dot{A}DT_{Total}^2} \right) \right] \cdot Index_{FG}$$

Där:

$\dot{A}DT_{FG}$  Genomsnittligt antal farligt godsfordon per dygn

Enligt RIKTSAM [1] är tjockväggiga tankar 1/30 så sannolika att medföra läckage som tunnväggiga. Detta innebär att  $Index_{FG}$  multiplicerats med 1/30 för ADR-klass 2.1 och ADR-klass 2.2.

<sup>1</sup> Interpolerade värden har tagits fram i Excel med exponentiell mjuk metod (FORECAST)

### 3.3 Olycksscenarier

Utifrån de olika godsklasserna ska relevanta olycksscenarier studeras. Då ADR-klasser delas in efter sin primära riskfaktor har sekundära risker så som exempelvis att en brand även kan medföra giftig rök ej beaktat. I Tabell 3.1 redovisas samtliga potentiella olycksscenario som beaktas för respektive klass.

Brandfarliga fasta ämnen i klass 4, radioaktiva ämnen i klass 7 och övriga ämnen i klass 9 utgör normalt ingen fara för omgivningen då konsekvenserna koncentreras till fordonets närhet och har av denna anledning inte inkluderats i Tabell 3.1.

Tabell 3.1: Potentiella olycksscenarier för de olika godsklasserna

Klass 1	Klass 2.1	Klass 2.2	Klass 3	Klass 5	Klass 6
Explosion	BLEVE	Giftmoln	Pölbrand	Explosion	Giftmoln
	Gasmolnsexplosion				
	Jetflamma				

#### 3.3.1 Dimensionerande scenarier

Dimensionerande scenarier baserats på:

- Transporter av farligt gods identifierade i avsnitt 2.5
- Potentiella olycksscenarier identifierade i avsnitt 3.3

Då analysen baseras på nationell fördelning av farligt-gods transporter utgör samtliga olycksscenarier i Tabell 3.1 dimensionerande scenario.

Använda ekvationer redovisas i Bilaga B.

#### 3.3.2 Explosion

Beräkning av skadeområde vid explosion används TNT-metoden som beskrivs i *MSB dokument B02-111* [10] och där övertrycket på olika avstånd beräknas utifrån en given mängd TNT.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.1 i Bilaga B.

#### 3.3.3 BLEVE

Beräkning av skadeområdet från scenario som resulterar i BLEVE har beräknats enligt den metodik som beskrivs i kapitel 11 i *FOA-handboken* [9] i kombination med beräkningar för strålningsdos enligt *Green Book* [11].

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.2 i Bilaga B.

#### 3.3.4 Spridning av giftig gas

Beräkning av skadeområdet från scenario som resulterar i utsläpp av giftig gas har beräknats enligt den metodik som beskrivs i kapitel 8 i *FOA-handboken* [9].

Gasspridning i luft görs i två steg; *tunggasspridning* och *passiv spridning* som sedan slås samman till en sammanhängande bild av spridningen.

Inom området där koncentrationen överstiger det kritiska värdet antas samtliga personer omkomma och utanför detta område antas samtliga personer överleva.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.3 i Bilaga B.

### 3.3.5 Gasmolnsexplosion

Då gas kan förväntas spridas med vinden används samma spridningsberäkningar som för giftig gas där kritisk koncentration ansätts till halva den undre brännbarhetsgränsen för att ta höjd för både explosion och strålningspåverkan till närområdet.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.3 i Bilaga B.

### 3.3.6 Jetflamma

Skadeområdet från en jetflamma beräknas enligt den metodik som presenteras i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [12] och görs i två steg:

- Beräkning av flammans dimensioner baserat på utsläppets storlek.
- Beräkning av avståndet längst jetflammans sida där strålningen medför 50 % dödlighet efter 10 sekunders strålningsdos.

Konservativt antas samma kritiska avstånd för strålning från flammans front.

Använda ekvationer redovisas i avsnitt B.4 i Bilaga B.

### 3.3.7 Pölbrand

Skadeområdet från en pölbrand beräknas enligt den metodik som beskrivs i kapitel 7 i *FOA-handboken* [9] där hela läckaget antas sprida ut sig på marken innan antändning sker. Pölbrandens area har antagit begränsas av både mängden bränsle och tillgänglig markyta. Då E22:an är försedda med diken på vardera sida har pölbrandens area begränsats till vägens bredd i två riktningar.

Baserat på pölens area approximeras branden till en cylinder där höjd och strålning beräknas enligt de ekvationer som redovisas i avsnitt B.5 i Bilaga B. Cylindern placeras med ytterkant som tangerar väggkant.

## 3.4 Avståndskoefficient

### 3.4.1 Individrisk

Risken för olycka enligt 3.2 baseras på en standardsträcka på 1 km. Vid beräkning av individrisk måste denna anpassas efter skaderadien för varje scenario. Exempelvis medför en olycka med en skaderadie på 50 m som sker 400 m bort från området inga konsekvenser inom området. Baserat på Pytagoras sats och avståndet från vägen så beräknas avståndskoefficienten ( $K_{Avstånd}$ ) att påverkas av en olycka enligt sambandet:

$$K_{Avstånd} = \frac{2\sqrt{r^2 - x^2}}{1000}$$

Där:

$r$  Skaderadien enligt för scenariot [m]

$x$  Avståndet från väggkanten [m]

### 3.4.2 Samhällsrisk

Vid beräkning av samhällsrisk behöver avståndskoefficienten inte behandlas i samma detalj då beräkning av risken att en olycka påverkar en viss punkt inom området inte krävs. I stället räcker det att fastställa huruvida olyckan påverkar området som helhet eller ej. Under förutsättning att beräknat skadeområde inte överstiger det aktuella områdets area

kan vi ansätta avståndskoefficienten ( $K_{Avstånd}$ ) till kvoten mellan transportledens sträcka längst området ( $S_{Område}$ ) och standardsträckan på 1 km ( $S_{Standard}$ ) enligt:

$$K_{Avstånd} = \frac{S_{Område}}{S_{Standard}}$$

Då skadeområdets area överstiger det aktuella områdets area ansätts avståndskoefficienten för samhällsrisk till 1. Detta för att begränsa det maximala antalet omkomna personer till antalet personer inom området.

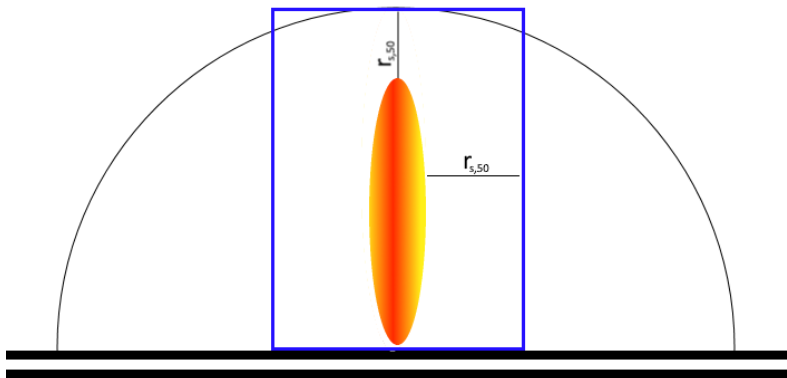
## 3.5 Riktningkoefficient

### 3.5.1 Individrisk

Avståndskoefficienten i avsnitt 3.4 förutsätter ett cirkulärt skadeområde baserat på skaderadien. Detta stämmer väl överens med scenarierna för BLEVE, explosion och pölbrand som breder ut sig i alla riktningar vilket medför en avståndskoefficient på 1. För jetflamma samt brandfarlig och giftig gas som sprids i luften måste sannolikheten dock justeras med en mer nyanserad riktningkoefficient.

#### 3.5.1.1 Jetflamma

För jetflamma har riktningkoefficient approximerats som skadeområdet delat på arean i en cirkel vars radie utgörs av skaderadien. För de tre olika utläppsstorlekarna hamnar riktningkoefficienten mellan 0,26 - 0,28. Då en riktningkoefficient på 0,5 motsvarar 100 % negativt utfall under förutsättning att jetflamman riktas åt det aktuella området bedöms denna siffra konservativ. I Figur 3.1 visualiseras de båda areorna.

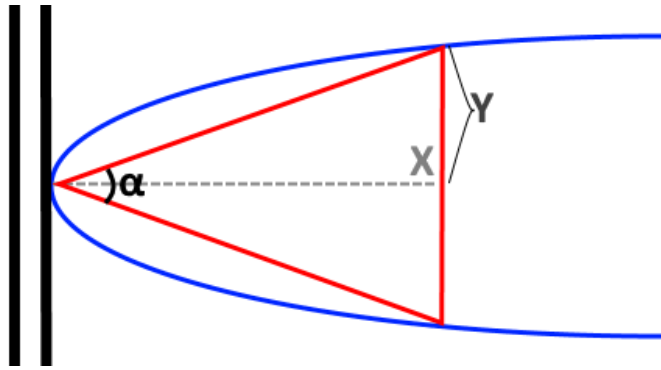


Figur 3.1: Skadeområde från jetflamma markerat i blått inuti halvcirkeln med radie = skaderadie

#### 3.5.1.2 Spridning av gas

För gaser som sprids med vinden har riktningkoefficient beräknats för varje meter in på området. Detta beräknas genom att gasmolnet (fram till avstånd  $X$ ) har approximerats som en likbent triangel med höjden  $X$  och basen motsvarande molnets bredd i  $Y$ -led ( $2 \cdot Y$ ). Spridningsvinkeln  $\alpha$  kan därmed beräknas enligt:

$$\alpha = 2 \cdot \tan^{-1} \left( \frac{Y}{X} \right)$$



Figur 3.2: Beräkning av spridningsvinkeln  $\alpha$

Spridningsvinkeln används slutligen för att beräkna riktningskoefficient enligt:

$$K_{riktning} = \frac{\alpha}{360}$$

Då spridning av gaser är väldigt beroende av vindriktning har även data över vindriktningar inkluderats vid beräkning av sannolikhet att gasplymen sprids över det aktuella området. Riktningskoefficient multipliceras därmed med summan sannolikheten för de vindriktningar som påverkar området. Se Avsnitt 2.6.

### 3.5.2 Samhällsrisk

På samma vis som för avståndskoefficienten så kräver samhällsrisk inte att riktningskoefficienten studeras i samma detalj. Likt för individrisken ansätts riktningskoefficienten till 1 för BLEVE, explosion och pölbrand.

För jetflamma och spridning av gas är endast huruvida spridningen sker mot eller bort från området av intresse. Riktningskoefficienten jetflamma har därmed ansätts till 0,5 medan riktningskoefficienten för gasspridning ansätts till sannolikheten att vindriktningen är riktad mot området enligt Avsnitt 2.6.

## 4 Resultat

### 4.1 Olycksfrekvens

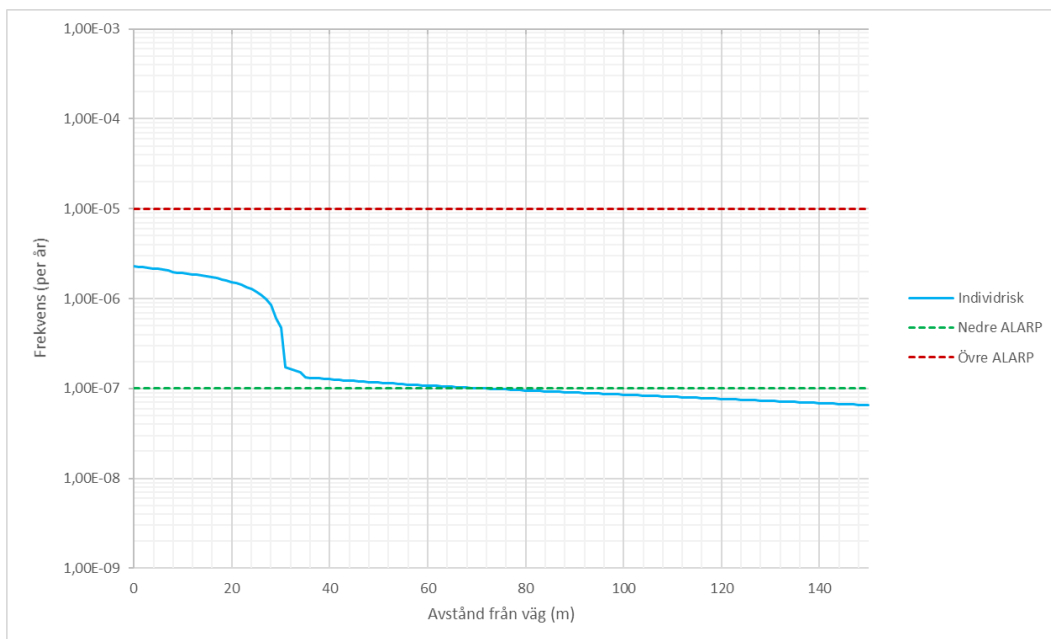
Baserat på den indata som redovisas i avsnitt 2.3 erhålls olycksfrekvens ( $Olyckor_{FG}$ ) för E22:an enligt Tabell 4.1.

Tabell 4.1: Beräknad olycksfrekvens,  $Olyckor_{FG}$

	E22:an
$Olyckor_{FG}$	$1,67 \cdot 10^{-3}$

### 4.2 Individrisk

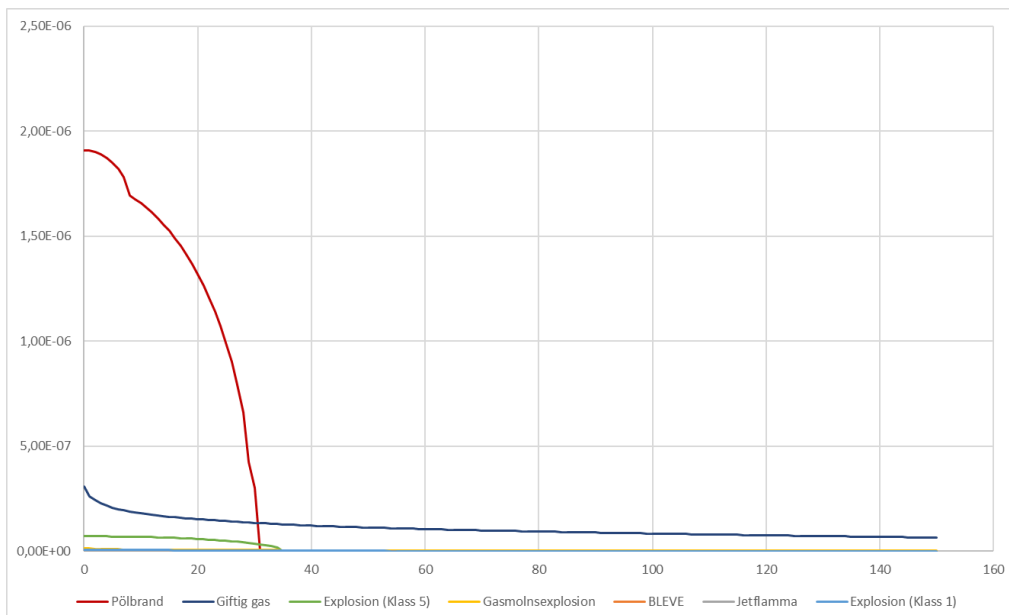
I Figur 4.1 redovisas den totala individrisken som en funktion av avståndet från E22:an.



Figur 4.1: Beräknad individrisk som en funktion av avståndet från E22:an

Som framgår av Figur 4.1 så överstiger individrisken från vägkanten och cirka 70 m in på området den nedre ALARP-gränsen.

För att ge en bättre bild av vilka ämnen som bidrar med vilken risk så har grafen även delats upp efter olycksscenario.



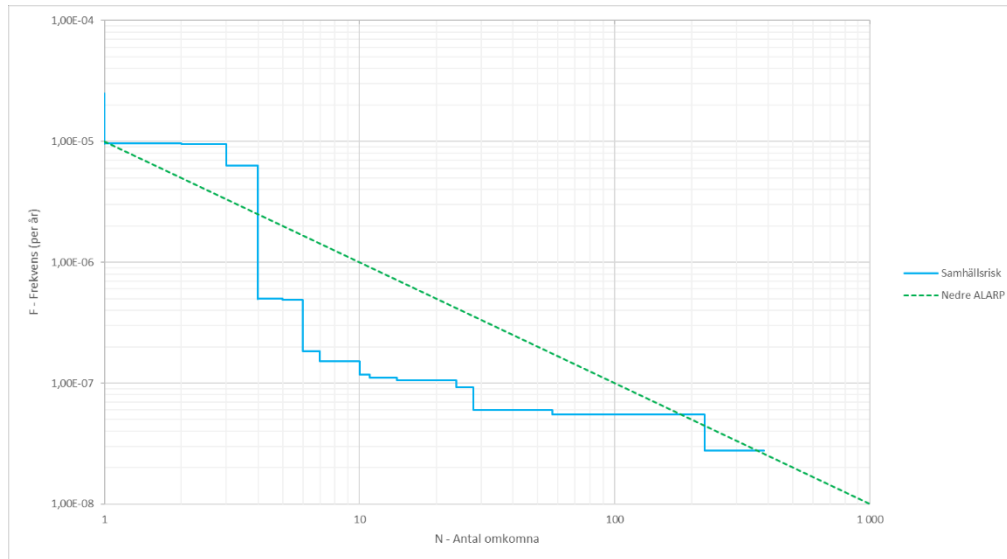
Figur 4.2: Riskbidrag uppdelat på scenario baserat på lokal inventering

Det framgår i Figur 4.2 att pölbrand utgör den i särklass största risken med avseende området närmast vägkanten och dryga 30 meter in på området. Detta är logiskt då brandfarlig vätska utgör den dominanta typen av gods.

## 4.3 Samhällsrisk

I Figur 4.3 redovisas den kumulativa samhällsrisk inom området.





Figur 4.3: Beräknad samhällsrisk presenterad som FN-kurva

Som framgår av Figur 4.3 så överstiger samhällsriskens RIKSAMS riktlinjer för känslig verksamhet något.

## 4.4 Riskreducerande åtgärder

Då individrisken (inom 70 m av E22:an) överstiger den undre ALARP-gränsen samt samhällsriskens till viss del överstiger RIKSAMS riktlinjer bör åtgärder i den mån som bedöms rimligt vidtas. Notera att individrisken ej överstiger det övre ALARP-området och därmed ej att beakta som oacceptabel. Solvos föreslår att följande åtgärder övervägas vid nybyggnationer inom området:

- Ingen bebyggelse ska upprättas inom 50 m av E22:an i linje med Länsstyrelsen Skåne dokument 12FS 2015:22.
- Planeras känslig bebyggelse så som exempelvis skola, bostäder eller handel (Se Zon C i Figur 1.1) inom 70 m av E22:an ska dessutom följande åtgärder övervägas:
  - Centralt avstängningsbart ventilationssystem riktad bort från E22:an.
  - Luftintag placeras på den sida av fastigheten som vetter bort från farligt-godsleden.
  - Gasdetektion vid ventilationsintag kopplat till gaslarm. Gaslarm ska vara anpassat för de vanligaste förekommande gaserna (ammoniak, svaveldioxid och klor). Vid larm ska ventilationssystemet stängas av.

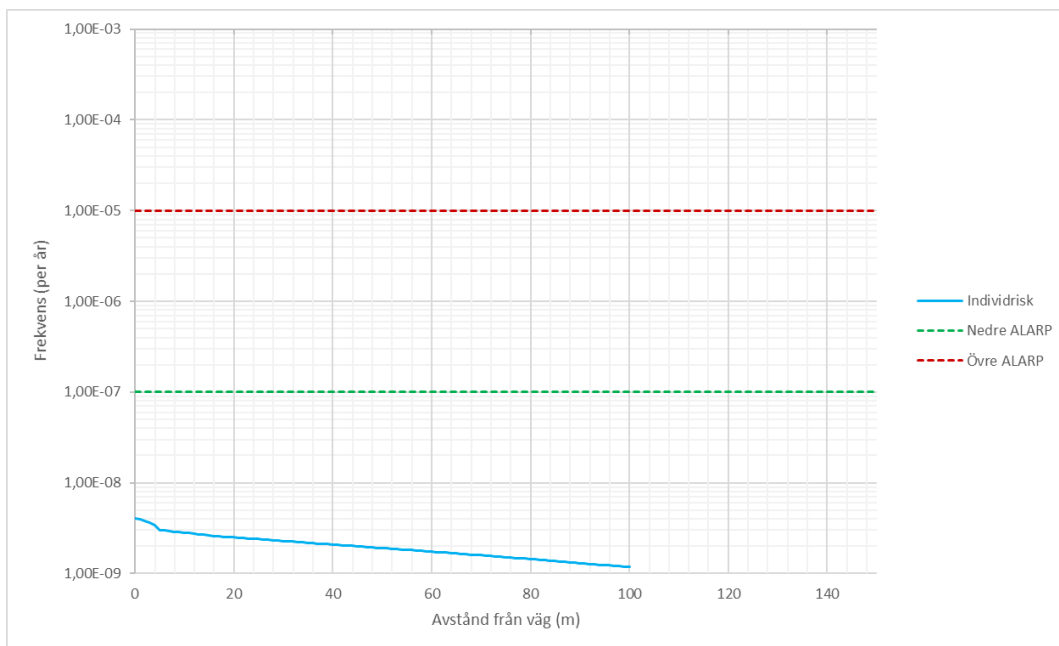
### 4.4.1 Effekt av riskreducerande åtgärder

För att kvantifiera effekten av de föreslagna åtgärderna i Avsnitt 4.4 har individ- och samhällsriskens beräknats igen med följande förändringar:

- Det avstängningsbara ventilationssystemet antas motverka de negativa effekterna till följd av utsläpp av giftig gas.
- X-axeln i diagrammet för individrisk har flyttats 50 m in från E22:an väggkant så att origo (0:an) reflekterar område där bebyggelse tillåts. Detta för att tydligare endast redovisa individrisken inom relevant del av området.

#### 4.4.1.1 Individrisk

I Figur 4.4 redovisas individrisken erhållen efter vidtagna åtgärder.

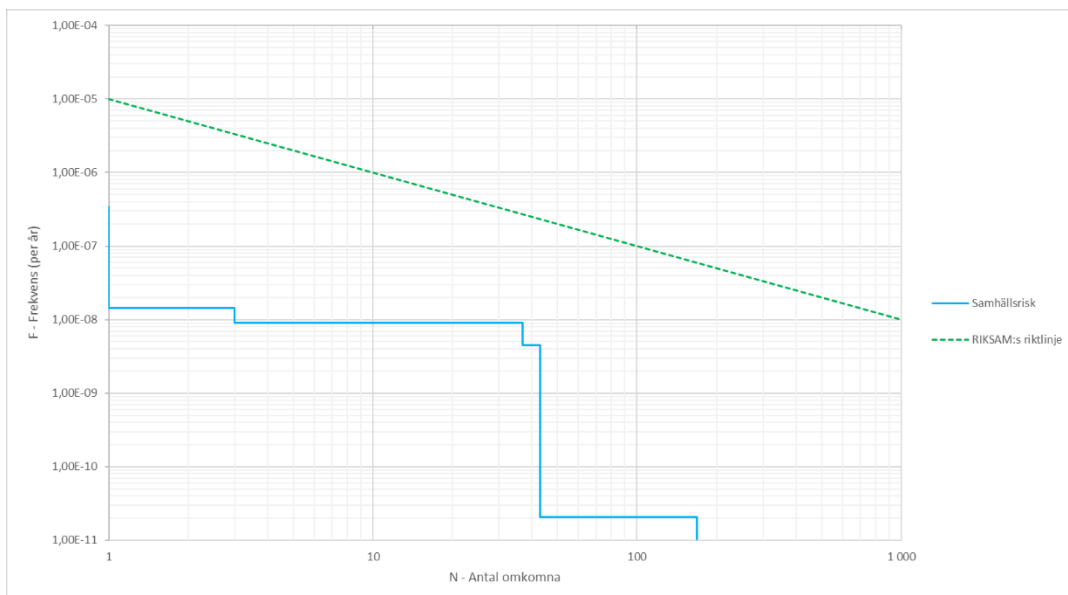


Figur 4.4: Beräknad individrisk som en funktion av avståndet från det aktuella områdets kant efter vidtagna åtgärder.

Som tydligt framgår i Figur 4.4 medför föreslagna åtgärder en signifikant reducering i individrisk inom området.

#### 4.4.1.2 Samhällsrisk

I Figur 4.5 redovisas samhällsrisk efter vidtagna åtgärder.



Figur 4.5: Beräknad samhällsrisk inom det aktuella området efter vidtagna åtgärder.

Som tydligt framgår i Figur 4.4 medför föreslagna åtgärder även en signifikant reducering med avseende på samhällsrisk inom området. Även med vidtagna åtgärder överstiger dock samhällsrisk den under ALARP-gränsen något. Detta bedöms dock som acceptabelt baserat på de åtgärder redan vidtagna samt de konservativa antaganden som gjorts i analysen.

## 5 Diskussion

Resultaten i Avsnitt 4.2 och 4.3, innan riskreducerande åtgärder vidtas, visar på att E22:an medför en beaktningsvärd risk, främst till följd av dess relativt höga trafikmängd. Det största bidraget till denna riskbild fångas dock upp av det fysiska avstånd om cirka 20 m som erhålls mellan E22:an och det aktuella området. Då bebyggelse inte tillåts inom 50 m av E22:an minskar risken inom området ytterligare fram till den eventuella bebyggelsen.

Baserat på resultaten i Avsnitt 4.4 erhålls relativt låga risknivåer inom området efter det att riskreducerande åtgärder vidtas. Detta är en direkt konsekvens av att endast cirka 1,2 % av samtliga olycksscenarier kvarstår. De återstående scenarierna utgörs av explosioner (inklusive gasmolnsexplosioner) och är enligt Tabell 3.1 direkt kopplade till transporter av ADR-klasserna 1, 2.1 och 5. Dessa ADR-klasser utgör enligt Tabell 2.3 endast cirka 5,76 % av samtliga transporter.

Det ska poängteras att samhällsrisken är starkt beroende av persontätheten och huruvida personer kan förväntas vistas utomhus (oskyddade) eller ej. Analysen har antagit en relativt hög persontäthet även längst med E22:an i kombination med att samtliga personer antas befinna sig utomhus. Detta resulterar troligtvis att samhällsrisken i Figur 4.3 överkastats. Då de åtgärder som krävs för att få ner individrisken till en acceptabel nivå samtidigt reducerar samhällsrisken till en acceptabel nivå har detta inte studerats vidare.

Det ska också understrykas att denna rapport har utgått från de riktlinjer och krav som RIKTSAM ställer vid etablering av känslig bebyggelse (enligt Zon C). Vid etablering av mindre känslig verksamhet (Zon B eller Zon A) kan en högre risknivå accepteras (faktor 10 för Zon B och faktor 100 för Zon A). Detta medför att inga åtgärder för dessa typer av verksamheter krävs. Se Figur 1.1 i Avsnitt 1.5 för detaljer.

## 6 Slutsats

Det konstateras att trafiken längst E22:an medför en beaktningsvärd risk. Avståndet mellan vägen och planområdet medför dock att större delen av riskbilden reduceras redan innan det aktuella området nås. Genom att vidta ett fåtal riskreducerande åtgärder kan även känslig bebyggelse upprättas närmast E22:an. Solvos rekommenderar följande åtgärder vid etablering av känslig bebyggelse inom 70 m av E22:an:

- Ingen bebyggelse ska upprättas inom 50 m av E22:an i linje med Länsstyrelsen Skåne dokument 12FS 2015:22.
- Planeras känslig bebyggelse så som exempelvis skola, bostäder eller handel (Se Zon C i Figur 1.1) inom 70 m av E22:an ska dessutom följande åtgärder övervägas:
  - Centralt avstängningsbart ventilationssystem riktad bort från E22:an.
  - Luftintag placeras på den sida av fastigheten som vetter bort från farligt-godsleden.
  - Gasdetektion vid ventilationsintag kopplat till gaslarm. Gaslarm ska vara anpassat för de vanligaste förekommande gaserna (ammoniak, svaveldioxid och klor). Vid larm ska ventilationssystemet stängas av.

Utifrån detta bedömer Solvos att riskbilden inom området är acceptabel.

## Referenser

- [1] C.-A. Stenberg, Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen - Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Länsstyrelsen i Skåne län, 2007.
- [2] Trafikverket, "NVDB på webb," 2019. [Online]. Available: <https://nvdb2012.trafikverket.se/SeTransportnatverket>.
- [3] Räddningsverket, "Farligt Gods - Riskbedömning vid transport," Statens räddningsverk, Karlstad, 1996.
- [4] Göran Nilsson, "Vägtransporter med farligt gods - Farligt gods i vägtrafikolyckor," Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [5] MSB, "Kartläggning av farligt godstransporter," 2006.
- [6] SMHI, "Ladda ner meteorologiska observationer," [Online]. Available: <https://www.smhi.se/data/meteorologi/ladda-ner-meteorologiska-observationer>.
- [7] Statens institut för kommunikationsanalys (SIKA), "Vägtrafikskador 2004 - Rapport 2005:14," Statistiska centralbyrån, Stockholm, 2005.
- [8] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [9] Forsvarsverkets Forskningsanstalt, "Vårdautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Statens Räddningsverk, Styrelsen för Svensk Brandforskning, Arbetsmiljöfonden, 1998.
- [10] Morgan Johansson, "Beräkningsanvisning för last - TNT-explosion i det fria," MSB, 2012.
- [11] Committee for the prevention of disasters, CPR 16E - Methods for the determination of possible damage., Den Haag, 1992.
- [12] Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, New York: CPQRA, 1989.
- [13] B. Karlsson och J. G. Quintiere, Enclosure Fire Dynamics, 1999.

## Bilaga A Tabeller

 Tabell för fastställande av Olyckskvot (OK), Andel singel olyckor ( $SO_{Andel}$ ) och Farligt gods index ( $Index_{FG}$ )

Bebyggelse	OK	$SO_{Andel}$	$Index_{FG}$	Hastighet	OK	$SO_{Andel}$	$Index_{FG}$	Gatu/ Vägtyp	OK	$SO_{Andel}$	$Index_{FG}$				
Tätort	1,20	0,15	0,05	30 km/h	1,50	0,05	0,01	Område	1,0	0,10	0,01				
								Gata/Väg	2,0	0,05	0,01				
				*40 km/h	1,33	0,11	0,035	Område	1,0	0,13	0,02	Gata/Väg	1,65	0,10	0,03
												Gata/Väg	1,65	0,10	0,03
				50 km/h	1,20	0,15	0,03	Område	1,0	0,15	0,03	Gata/Väg	1,2	0,15	0,03
												Trafikled	1,5	0,10	0,02
												Trafikled	1,5	0,10	0,02
				*60 km/h	0,98	0,23	0,088	Gata/Väg	0,97	0,20	0,08	Trafikled	1,15	0,17	0,06
												Trafikled	1,15	0,17	0,06
				70 km/h	0,80	0,30	0,12	Gata/Väg	0,65	0,25	0,11	Trafikled	0,80	0,25	0,11
												Ringled	0,90	0,25	0,11
												Flerfältsväg	0,60	0,30	0,13
												Motorväg	0,60	0,30	0,13
												Motorväg	0,60	0,30	0,13
Landsbygd	0,40	0,45	0,30	70 km/h	0,70	0,30	0,15	Grusväg	0,70	0,35	0,18				
								Tvåfältsväg	0,80	0,30	0,15				
								Flerfältsväg	0,60	0,30	0,15				
				*80 km/h	0,59	0,36	0,21	Grusväg	0,70	0,37	0,21	Flerfältsväg	0,52	0,35	0,20
												Flerfältsväg	0,52	0,35	0,20
				90 km/h	0,40	0,45	0,28	Grusväg	0,70	0,40	0,25	<5 m bred	0,45	0,45	0,28
												5 - 5,9 m	0,42	0,45	0,28
												6 - 11 m	0,40	0,45	0,28
												11 - 13 m	0,35	0,45	0,28
												ML	0,37	0,40	0,25
												Flerfältsväg	0,40	0,35	0,22
												Motorväg	0,32	0,50	0,34
												Motorväg	0,32	0,50	0,34
				*100 km/h	0,37	0,49	0,34	11 - 13 m	0,32	0,47	0,31	ML	0,32	0,45	0,29
				Flerfältsväg								0,35	0,44	0,29	
				Motorväg								0,29	0,55	0,38	
				Motorväg								0,29	0,55	0,38	
				110 km/h	0,28	0,55	0,40	<8 m Norrland	0,21	0,60	0,41	11 - 13 m	0,30	0,50	0,34
												ML	0,28	0,50	0,34
												Flerfältsväg	0,28	0,50	0,34
Flerfältsväg	0,28	0,50	0,34												
Motorväg	0,26	0,60	0,42												

\* Interpolerat värde framtaget i Excel med exponentiell mjuk metod (FORECAST)

 FOA-handbokens Tabell 8.10 med tillägg för  $K_s$  och  $\beta$ 

Stabilitet	$a_y$	$b_y$	$y_y$	$a_z$	$b_z$	$y_z$	$K_s$	$\beta$
A	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5	1	0,08*
B	0,32	0,0004	0,5	0,24	0,001	-0,5	1	0,08*
C	0,22	0,0004	0,5	0,20	0	0	1	0,08*
D	0,16	0,0004	0,5	0,14	0,0003	0,5	1	0,08
E	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5	1,75	0,06
F	0,11	0,0004	0,5	0,08	0,0015	0,5	3,5	0,04

\*För instabil skiktning (Pasquill A-C) saknas experimentaldata, men det kan visas att användning av  $b = 0,08$  inte underskattar koncentrationerna.

Relevanta kolumner ur Tabell 4,1 i B02-111 [10]

Z [m/kg <sup>1/3</sup> ]	P <sub>s</sub> + [kPa]
0,1	30 830
0,2	15 300
0,3	8 996
0,4	5 745
0,6	2 747
0,8	1 521
1	935
1,2	620
1,4	437
1,6	322
1,8	247
2	195
2,4	130
3	82
4	46
5	31
6	23
7	18
8	15
10	11
12	9
16	6
20	5

## Bilaga B Ekvationer

### B.1 Explosion

Det skalade avståndet ( $Z$  [ $\text{m}/\text{kg}^{1/3}$ ]) beräknas med ekvation 3.1 och 3.2 i B02-111 [10] enligt:

$$Z = \frac{r}{(\alpha \cdot W)^{1/3}}$$

Där:

$r$	Avståndet från explosionens center	[m]
$\alpha$	Belastningssituations faktor (1,8 vid halvsfärisk utbredning)	
$W$	Mängd TNT	[kg]

Baserat på  $Z$  har övertrycket  $P_s^+$  utlästs från Tabell 4,1 i B02-111 [10]; se Bilaga A.

### B.2 BLEVE

BLEVE:ns diameter ( $D_{BLEVE}$  [m]) och varaktighet ( $t_{BLEVE}$  [s]) är hämtade från ekvation 11:11 och 11:12 i FOA-handboken [9] och beräknas enligt:

$$D_{BLEVE} = 6,5 \cdot M_{utsläpp}^{1/3}$$

$$t_{BLEVE} = 0,85 \cdot M_{utsläpp}^{0,26}$$

Där:

$M_{utsläpp}$	Utsläppets massa	[kg]
---------------	------------------	------

BLEVE:ns utgående strålning ( $\dot{q}_{BLEVE}''$  [ $\text{kW}/\text{m}^2$ ]) baseras på att hela förbränningen fördelas över ytan på en sfär och varaktigheten ( $t_{BLEVE}$  [s]) och beräknas genom:

$$\dot{q}_{BLEVE}'' = \frac{M_{utsläpp} \cdot \Delta h_c \cdot X_e}{t_{BLEVE} \cdot \pi \cdot D_{BLEVE}^2}$$

Där:

$\Delta h_c$	Förbränningsvärme	[kJ/kg]
$X_e$	Strålningsandel	[-]

Synfaktorn ( $F_{BLEVE \rightarrow x}$ ) mellan och punkt X härleds från ekvation 11:28 i FOA-handboken [9] med vinkeln 0 och beräknas enligt:

$$F_{BLEVE \rightarrow x} = \frac{D^2}{4 \cdot X^2}$$

Infallande strålning ( $q_x$  [ $\text{kW}/\text{m}^2$ ]) från BLEVE:n till punkt X beräknas enligt:

$$q_x = F_{BLEVE \rightarrow x} \cdot \dot{q}_{BLEVE}''$$

Strålningsdosen ( $E_x''$ ) i punkt X beräknas enligt ekvation 3.3 i *Green Book* [11]:

$$E_x'' = t_{BLEVE} \cdot q_x^{4/3}$$

Skadeområdet ( $A_{SO}$  [m<sup>2</sup>]) beräknas som halva arean av en cirkel med radien  $X_{Kritisk}$ :

$$A_{SO} = \frac{\pi \cdot X_{Kritisk}^2}{2}$$

Där:

$X_{Kritisk}$  Avståndet till kritisk strålning upphör [m]

### B.3 Gasspridning i luft

Den effektiva molvikten ( $m_{ge}$  [g/mol]) beräknas enligt ekvation 8:33 i FOA-handboken [9]:

$$m_{ge} = m_g \left[ 1 + \frac{h_{fg} + c_{pg}(T_a - T_f)}{c_{pa} \cdot T_a} \right]$$

Där:

$m_g$	Gasens molvikt	[g/mol]
$h_{fg}$	Ångbildningsvärme hos vätskan	[J/kg]
$c_{pg}$	Gasens specifika värme	[J/kg K]
$T_a$	Omgivande temperatur	[K]
$T_f$	Gasens temperatur	[K]
$c_{pa}$	Specifika värme för fuktig luft	[J/kg K]

"Längdskala för buoyancy" ( $L_b$  [m]) beräknas med hjälp av ekvation 8:34 i FOA-handboken [9] enligt:

$$L_b = g \left( 1 - \frac{m_a}{m_{ge}} \right) \cdot \frac{Q}{\rho_a \cdot U^3}$$

Där:

$g$	Tyngdaccelerationen	[m/s <sup>2</sup> ]
$m_a$	Densiteten för luft	[kg/m <sup>3</sup> ]
$\rho_a$	Densiteten för luft	[kg/m <sup>3</sup> ]
$Q$	Massflödet	[kg/s]
$U$	Vindhastigheten	[m/s]



### B.3.1 Tunggasspridning

Avståndsvillkor för tunggasmodellens giltighet ( $x_{MAX}$  [m]) beräknas med hjälp av ekvationerna 8:35 och 8:35 i FOA-handboken [9] enligt:

$$x_{MAX} = \frac{0,037 \cdot L_b}{(\sigma'_{yp})^3} - \frac{\sigma_{y0}^{3/2}}{0,35 \cdot L_b^{1/2}}$$

Tillsammans med ekvation 8:36 och 8:27 i FOA-handboken [9]:

$$\sigma'_{y0} = \sigma'_{z0} = 0,6 \sqrt{\frac{Q}{\rho_a \cdot U} \cdot \frac{m_g + m_a}{m_g}} \quad \& \quad \sigma'_{yp} = \beta \left( \frac{z_0}{z_{03}} \right)^{0,2}$$

Där:

$\beta$	Konstant som beror på stabilitetsklass	[-]
$z_0$	Skrovlighetslängd	[m]
$z_{03}$	Referenslängd skrovlighet, 0,03	[m]

Koncentration längst X-axeln ( $x$ ) beräknas med hjälp av ekvation 8:22 i FOA-handboken [9] enligt:

$$\chi(x, 0, 0) = \frac{85Q \cdot K_r^{-1} \cdot K_s}{(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}})^2 \cdot U} \quad \& \quad K_r = \left( \frac{z_0}{z_{01}} \right)^{0,2}$$

Där:

$x$	Avståndet från källan [m]	
$\sigma_{y0}$	Normalfördelning längst Y-axeln i källan (ofta 0)	[m]
$\sigma_{z0}$	Normalfördelning längst Z-axeln i källan (ofta 0)	[m]
$z_{01}$	Referenslängd skrovlighet, 0,01	[m]

Avståndet till kritisk koncentration ( $\chi$  [kg/m<sup>3</sup>]) längst Y-axeln ( $y$  [m]) härleds från ekvation 8:22 i FOA-handboken [9] och beräknas enligt:

$$\chi(x, y, 0) = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U} \cdot e^{-\left(\frac{y^2}{2 \cdot \sigma_y^2}\right)} \rightarrow y = \mp \sqrt{\left| 2 \cdot \sigma_y^2 \ln \left( \frac{\chi \cdot \pi \cdot \sigma_y \cdot \sigma_z \cdot U}{Q} \right) \right|}$$

Tillsammans med ekvation 8:37 och 8:38 i FOA-handboken [9]:

$$\sigma_y = (\sigma_{y0}^{3/2} + 0,35 \cdot L_b^{1/2} \cdot x)^{2/3} \quad \& \quad \sigma_z = \frac{(x + \sqrt{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_{z0} \cdot \sigma_{y0}})^2}{85\pi \cdot K_r^{-1} \cdot K_s \cdot \sigma_y}$$

Där:

$K_s$  Konstant som beror på stabilitetsklass [-]

### B.3.2 Passiv spridning

När  $x > x_{MAX}$  är inte längre modellen för tunggasspridning giltig.  $x_{MAX}$  ansätts då som  $x_0$  i modell för passiv spridning tillsammans med nya värden för  $\sigma$  där  $\sigma_y(x_{MAX})$  används som  $\sigma_{y0}$  och  $\sigma_z(x_{MAX})$  som  $\sigma_{z0}$ .

Baserat på ekvation 8:42 i FOA-handboken [9] beräknas  $x_{y0}$  för  $y = 0,5$  enligt:

$$x_{y0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} \cdot K_{yt}}\right)^2 \cdot b_y + \frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} \cdot K_{yt}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{y0}}{K_{rp} \cdot K_{yt}}\right)^2 b_y^2 + 4a_y^2}}{2a_y^2}$$

och baserat på ekvation 8:44 i FOA-handboken [9] beräknas  $x_{z0}$  för  $y_z = 0,5$  enligt:

$$x_{z0} = \frac{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 \cdot b_z + \frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}} \sqrt{\left(\frac{\sigma_{z0}}{K_{rp}}\right)^2 b_z^2 + 4a_z^2}}{2a_z^2}$$

Där:

$b_y, a_y, b_z,$  och  $a_z$  är hämtade från Tabell 8.10 i FOA-handboken [9]

$K_{rp}$  Skrivlighetskonstant (1 för bebyggt område) [-]

$K_{yt}$  Kvoten medelvärdesbildningstiden och medelvärdestiden  
(1 då dessa är samma) [-]

Koncentration längst X-axeln ( $x$ ) beräknas med hjälp av ekvation 8:26 i FOA-handboken [9] enligt:

$$\chi(x, 0, 0) = \frac{Q}{\pi \cdot \sigma_z \cdot \sigma_y \cdot U}$$

Tillsammans med ekvation 8:41 och tabell 8.10 i FOA-handboken [9]:

$$\sigma_y = \frac{a_y(x + x_{y0})}{(1 + b_y(x + x_{y0}))^{y_y}} \cdot K_{rp} \cdot K_{yt} \quad \& \quad \sigma_z = \frac{a_z(x + x_{z0})}{(1 + b_z(x + x_{z0}))^{y_z}} \cdot K_{rp}$$

$y_y$  och  $y_z$  är hämtade från Tabell 8.10 i FOA-handboken [9].

Avståndet till kritisk koncentration ( $\chi$  [kg/m<sup>3</sup>]) längst Y-axeln ( $y$  [m]) beräknas på samma vis som för tunggasspridning.

Skadeområdet ( $A_{SO}$  [m<sup>2</sup>]) beräknas som summan av plymens bredd ( $2 \cdot \chi(x, y, 0)_{Kritisk}$ ) för varje meter mellan utsläppskällan och  $\chi(x, 0, 0)_{Kritisk}$ :

$$A_S = \sum_0^{\chi(x,0,0)_{Kritisk}} 1 \cdot 2 \cdot \chi(x, y, 0)_{Kritisk}$$

Där:

$\chi(x, 0, 0)_{Kritisk}$  Avstånd; kritisk koncentration, X-axeln [m]

$\chi(x, y, 0)_{Kritisk}$  Avstånd; kritisk koncentration längst plymens centerlinje, Y-axeln [m]

Detta medför att skadeområdet överskattas nära källan men felet avtar sedan  $\chi(x, 0, 0)_{Kritisk}$ .

## B.4 Jetflamma

Jetflammans längd ( $L_{jet}$  [m]) beräknas med hjälp av ekvation 2.2.66 i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [12] enligt:

$$L_{jet} = 9,1 \cdot \dot{m}_{utsläpp}^{0,5}$$

Där:

$\dot{m}_{utsläpp}$  Utsläppet hastighet [kg/s]

Jetflammans bredd vid flamfronten ( $W_{jet}$  [m]) beräknas med hjälp av ekvation 2.2.67 i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [12] enligt:

$$W_{jet} = 0,25 \cdot L_{jet}$$

Slutligen beräknas avståndet ( $r_{s,50}$  [m]) längst jetflammans sida där strålningen medför 50 % dödlighet efter 10 sekunders strålningsdos ( $t$  [s]). Detta görs med hjälp av ekvation 2.2.67 i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [12] enligt:

$$r_{s,50} = 1,9 \cdot t^{0,4} \cdot \dot{m}_{utsläpp}^{0,47}$$

Skadeområdet ansetts konservativt som en kvadrat med sidorna ( $L_{jet} + r_{s,50}$ ) och ( $W_{jet} + 2 \cdot r_{s,50}$ ).

## B.5 Pölbrand

Pölbrandens teoretiska area ( $A_{teori}$  [m<sup>2</sup>]) beräknas enligt ekvation 7:6 och 7:7 i FOA-handboken [9]:

$$A_{teori} = \frac{V_{utsläpp}}{\delta}$$

Där:

$V_{utsläpp}$	Utsläppets volym	[m <sup>3</sup> ]
$\delta$	0,01	[m]

Tillgänglig uppsamlingsarea ( $A_{uppsamling}$  [m<sup>2</sup>]) beräknas enligt:

$$A_{uppsamling} = S_{avrinning} \cdot S_{väg}$$

Där:

$S_{väg}$	Vägens bredd från vägkant till vägkant	[m]
$S_{avrinning}$	Avståndet mellan två avrinningspunkter	[m]

Pölbrandens dimensionerande area ( $A_{pöl}$  [m<sup>2</sup>]) beräknas enligt:

$$A_{pöl} = \text{Min} [A_{uppsamling}, A_{teori}]$$

Pölbrandens dimensionerande diameter ( $D_{pöl}$  [m]) beräknas enligt:

$$D_{pöl} = 2 \sqrt{\frac{A_{pöl}}{\pi}}$$

Pölbrandens massavbränning ( $\dot{m}''_{pöl}$  [(kg/s)/m<sup>2</sup>]) beräknas enligt ekvation 3.6 i Enclosure Fire Dynamics [13]:

$$\dot{m}''_{pöl} = \dot{m}''_{\infty} \cdot (1 - e^{-k\beta D_{pöl}})$$

Där:

$\dot{m}''_{\infty}$	Ämnets massavbränning för oändligt stor pölbrand	[(kg/s)/m <sup>2</sup> ]
$k\beta$	Ämnesspecifika tabellvärde	[m <sup>-1</sup> ]

Pölbrandens flamhöjd ( $h_{pöl}$  [m]) beräknas enligt ekvation 11:4 i FOA-handboken [9]:

$$h_{pöl} = D_{pöl} \cdot 42 \left[ \frac{\dot{m}''_{pöl}}{\rho \cdot \sqrt{g \cdot D_{pöl}}} \right]^{0.61}$$

Där:

$\rho$  Densiteten för luft [kg/m<sup>3</sup>]

$g$  Tyngdaccelerationen (9,81) [m/s<sup>2</sup>]

Pölbrandens utgående strålning ( $\dot{q}_{pöl}''$  [kW/m<sup>2</sup>]) baseras på ekvation 3.5 i Enclosure Fire Dynamics [13] delat på arean av en cylinder med höjden  $h_{pöl}$  och beräknas genom:

$$\dot{q}_{pöl}'' = \frac{m_{pöl}'' \cdot \Delta h_c \cdot A_{pöl} \cdot \chi_e}{D_{pöl} \cdot \pi \cdot h_{pöl}}$$

Där:

$\Delta h_c$  Förbränningsvärme [kJ/kg]

$\chi_e$  Strålningsandel [-]

Synfaktorn ( $F_{pöl \rightarrow x}$ ) mellan pölbranden och punkt X baseras på ekvation 11:14 – 11:20 i FOA-handboken [9] och beräknas enligt:

$$F_{pöl \rightarrow x} = \sqrt{F_h^2 + F_v^2}$$

$$F_h = \frac{1}{\pi} \left[ \tan^{-1} \frac{x_r + 1}{x_r - 1} - \frac{x_r^2 - 1 + h_r^2}{\sqrt{AB}} \tan^{-1} \frac{\sqrt{(x_r - 1)A}}{\sqrt{(x_r + 1)B}} \right]$$

$$F_v = \frac{1}{\pi} \left[ \frac{1}{x_r} \tan^{-1} \left( \frac{h_r}{\sqrt{x_r^2 - 1}} \right) + \frac{h_r(A - 2x_r)}{x_r \sqrt{AB}} \tan^{-1} \frac{\sqrt{(x_r - 1)A}}{\sqrt{(x_r + 1)B}} - \frac{h_r}{x_r} \tan^{-1} \frac{\sqrt{x_r + 1}}{\sqrt{x_r - 1}} \right]$$

$$A = (x_r + 1)^2 + h_r^2$$

$$B = (x_r - 1)^2 + h_r^2$$

$$h_r = \frac{2h_{pöl}}{D_{pöl}}$$

$$x_r = \frac{2x}{D_{pöl}}$$

Där:

$x$  Avståndet mellan pölbrandens center och punkten x [m]

Skadeområdet ( $A_{SO}$  [m<sup>2</sup>]) beräknas som halva arean av en cirkel med radien  $X_{kritisk}$ :

$$A_{SO} = \frac{\pi \cdot X_{kritisk}^2}{2}$$

Där:

$X_{kritisk}$  Avståndet till kritisk strålning upphör [m]

Infallande strålning ( $q_x$  [kW/m<sup>2</sup>]) från pölbranden till punkt X beräknas enligt:

$$q_x = F_{p \rightarrow x} \cdot q_{pöl}$$