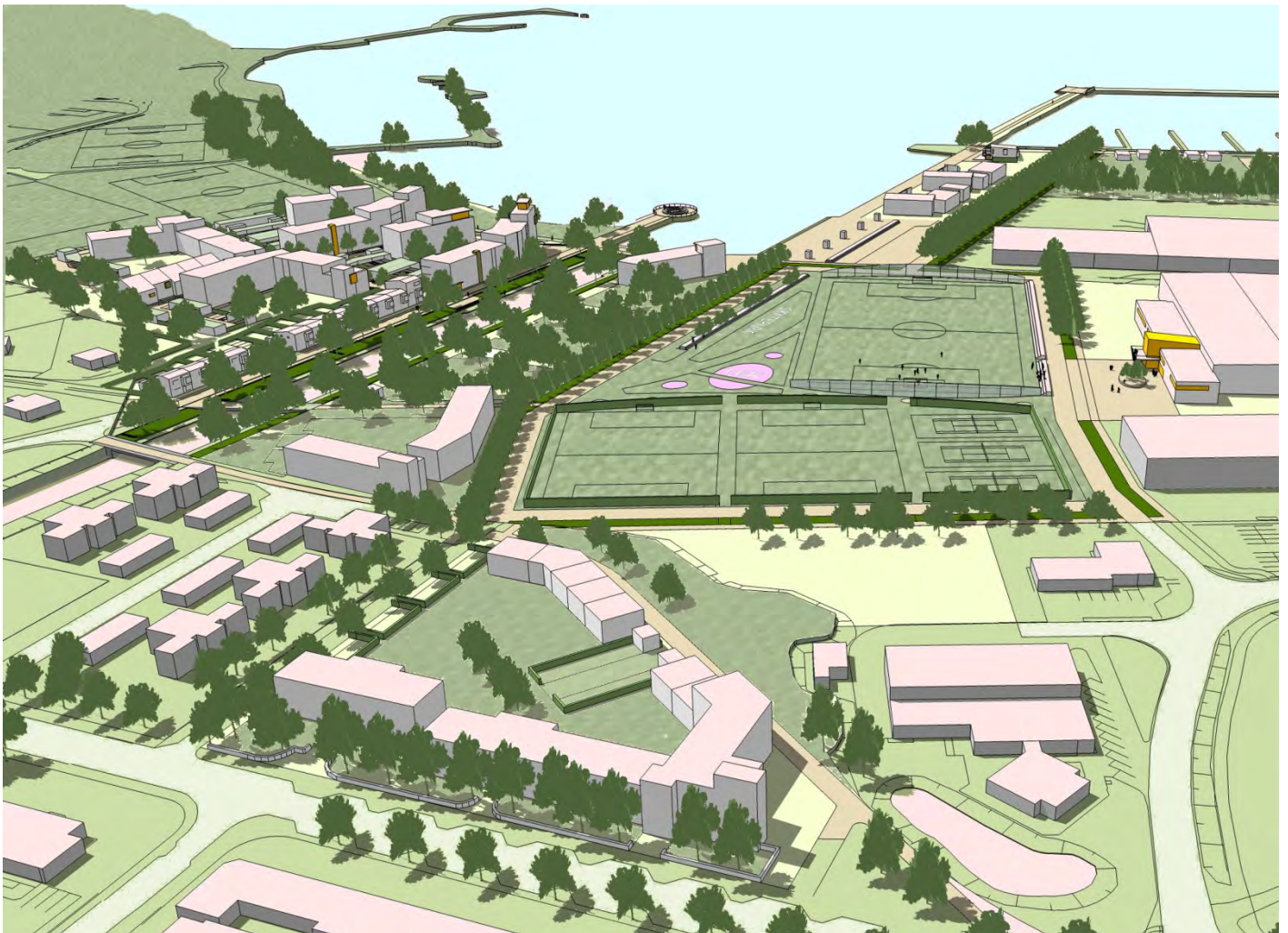


DETALJPLAN FÖR BROMÖLLA 11:83, 11:84, 11:90 M FL  
IFÖSTRAND, BROMÖLLA KOMMUN

Riskutredning

UTSTÄLLNINGSHANDLING 2011-04-06



# **IFÖ Bromölla**

Riskutredning i samband med detaljplan för Iföstrand

## **RISKUTREDNING**

**Revidering 2011-01-28      Lars Martinsson**  
**Slutrapport**  
**Malmö 2010-09-07**  
**SWECO Systems AB**  
**Brand- och Riskteknik**



Lars Martinsson  
Brandingenjör LTH

Uppdragsnummer:      4012605000

## Dokumentinformation

<b>Uppdragsbenämning:</b>	Riskanalys i samband med detaljplan för Iföstrand i Bromölla
<b>Beställare:</b>	Bromölla Kommun

<b>Uppdragsnummer:</b>	4012605000
<b>Uppdragsansvarig:</b>	Lars Martinsson Brandingenjör LTH
<b>Handläggare:</b>	Lars Martinsson Brandingenjör LTH
<b>Kvalitetsgranskning utförd av:</b>	Henrik Georgsson Brandingenjör LTH

Rev	Handling	Datum	Upprättad av	Kvalitetsgranskad av
---	Rapport	2009-01-20		
1	Arbetsmaterial under revidering	2010-08-25		
2	Slutrapport	2010-09-07		
3	Slutrapport	2011-01-28		

**Innehåll**

<b>1</b>	<b>Inledning</b>	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>Kvalitetsplan</b>	<b>1</b>
<b>3</b>	<b>Analysförutsättningar</b>	<b>1</b>
3.1	Generella förutsättningar och avgränsningar	1
3.2	Riskutredningens syfte	2
<b>4</b>	<b>Precision, omfattning och metod</b>	<b>3</b>
4.1	Omfattning	3
4.2	Analysmetodik	3
<b>5</b>	<b>Objektsbeskrivning</b>	<b>4</b>
5.1	Områdesbeskrivning	4
5.2	Beskrivning av gasolanläggning	5
<b>6</b>	<b>Identifiering av potentiella skadehändelser</b>	<b>5</b>
6.1	Metodik	5
6.2	Potentiella skadehändelser	6
6.2.1	Händelse som kan leda till en skadehändelse	6
6.2.2	Konsekvens av skadehändelser	6
6.2.3	Gasololycka i anslutning till övriga delar av anläggningens gasolanläggning	6
6.2.4	Gasololycka i samband med transport till anläggningen	6
6.3	Bedömning av händelsefrekvenser/sannolikheter	7
6.3.1	Beräkning	7
6.4	Identifierade representativa scenarier	9
<b>7</b>	<b>Konsekvensberäkningar</b>	<b>10</b>
7.1	Beräkningsmodeller	10
7.2	Konsekvenser för människa	10
7.3	Konsekvenser för egendom	10
7.4	Konsekvenser för miljö	10
7.5	Scenarier som har beräknats	11
7.6	Resultat av beräkningar	12
7.6.1	Scenario Jetflamma	12
7.6.2	Scenario Gasmolnsexplosion	15
7.6.3	Scenarion BLEVE	17
<b>8</b>	<b>Riskbedömning</b>	<b>18</b>
8.1	Sannolikhetsbedömning	18
8.2	Konsekvensbedömning	19
8.3	Resulterande risk	20
8.3.1	Individrisk	22
8.3.2	Riskmatris	23
<b>9</b>	<b>Riskreducerande åtgärder</b>	<b>24</b>
9.1	Förslag till riskreducerande åtgärder	24
9.2	Optimering av val av riskreducerande åtgärder	25
9.3	Riskmatris efter vidtagna riskreducerande åtgärder	27

9.4	Individrisk efter vidtagna riskreducerande åtgärder	28
<b>10</b>	<b>Osäkerhetsanalys</b>	<b>29</b>
<b>11</b>	<b>Känslighetsanalys</b>	<b>30</b>
11.1	Befintlig anläggning	30
11.2	Efter åtgärder	31
11.3	Resultat av känslighetsanalys	31
<b>12</b>	<b>Sammanfattande diskussion med slutsatser</b>	<b>32</b>
<b>13</b>	<b>Tabellförteckning</b>	<b>34</b>
<b>14</b>	<b>Figurförteckning</b>	<b>36</b>
<b>15</b>	<b>Referenser</b>	<b>37</b>
<b>16</b>	<b>Bilaga 1 – Indata för beräkning i Gasol</b>	<b>38</b>
	Beräkning 1 Litet utsläpp av gasol, flänsläckage 10mm hål	38
	Beräkning 2g – Litet utsläpp av gasol i gasfas, 10mm hål i tanken	39
	Beräkning 2bl – Litet utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 10 mm hål i tanken	40
	Beräkning 2v – Litet utsläpp av gasol, vätskefas 10 mm hål i tanken	41
	Beräkning 3g – Stort utsläpp av gasol, gasfas 50 mm hål i tanken	42
	Beräkning 3bl – Stort utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 50 mm hål i tanken	43
	Beräkning 3v – Stort utsläpp av gasol, vätskefas 50 mm hål i tanken	44
	Beräkning 5 – Rörläckage i vätskefas 1 mm hål	45
	Beräkning 6 – Rörläckage i vätskefas 5 mm hål	46
	Beräkning 7 – Rörläckage i vätskefas 10 mm hål	47
	Beräkning 7 – BLEVE	48
<b>17</b>	<b>Bilaga 2 – Utdata för beräkning i Gasol</b>	<b>49</b>
	Beräkning 1 Litet utsläpp av gasol, flänsläckage 10mm hål	49
	Beräkning 2g – Litet utsläpp av gasol i gasfas, 10mm hål i tanken	49
	Beräkning 2bl – Litet utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 10 mm hål i tanken	50
	Beräkning 2v – Litet utsläpp av gasol, vätskefas 10 mm hål i tanken	51
	Beräkning 3g – Stort utsläpp av gasol, gasfas 50 mm hål i tanken	52
	Beräkning 3bl – Stort utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 50 mm hål i tanken	53
	Beräkning 3v – Stort utsläpp av gasol, vätskefas 50 mm hål i tanken	54
	Beräkning 5 – Rörläckage i vätskefas 1 mm hål	55
	Beräkning 6 – Rörläckage i vätskefas 5 mm hål	56
	Beräkning 7 – Rörläckage i vätskefas 10 mm hål	57
	Beräkning 7 – BLEVE	57

## 1 Inledning

Denna riskutredning är utförd av brandingenjör Lars Martinsson och granskad av brandingenjör Henrik Georgsson på uppdrag av Bromölla kommun.

Riskutredningen har genomförts i enlighet med kraven SÄIFS 2000:4 "Cisterner, gasklockor, bergrum och rörledningar för brandfarlig gas"

Riskutredningen kvantifierar riskerna och redovisar förslag till riskreducerande åtgärder m.a.p. hantering av gasol i samband med detaljplan för Iföstrand, Bromölla.

Riskutredningen utgör underlag för beslutsfattarna i kommunen.

Denna version av riskutredningen innehåller nya dimensionerande förutsättningar i och med att IFÖ-verken i sin nya tillståndsansökan till Länsstyrelsen kommer att söka tillstånd för en ökad produktion med 40 %. Vidare har även inomhusfotbollsplanen som ska placeras närmast gasolanläggningen utökats till en större arena med möjlighet till konserter och liknande arrangemang.

Underlag till utredningen förelåg i nedanstående dokument

- Yttrande angående Iföstrand i Bromölla: Dan Svensson, räddningstjänsten i Kristianstad
- Ritning, skiss detaljplan: SWECO Architects

Teorier och beräkningsgrunder återfinns i följande underlag.

- Statens räddningsverk: Värdering av risk – rapport P21-182/97, 1997.
- Försvarets Forskningsanstalt: Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor.
- Andersson, B: Introduktion till konsekvensberäkningar – Några förenklade typfall, Lund, 1992.
- Metoder för bedömning av risker 3:e reviderade upplagan, 1998.

## 2 Kvalitetsplan

SWECO Systems AB är certifierade enligt ISO 9001, där rutiner finns och tillämpas för fortlöpande gransknings- och kontrollarbete. Utöver detta har utökad kvalitetssäkring för denna riskutredning gjorts i form av egenkontroll och intern kvalitetsgranskning.

## 3 Analysförutsättningar

### 3.1 Generella förutsättningar och avgränsningar

Riskutredningen omfattar kvantifiering av sannolikheter och konsekvenser för olyckor avseende viss del av gasolhantering på IFÖ:s industriområde i anslutning till nytt planområde. Risker avseende lossning och risker med förvaring/lagring i gasoltankarna inom industriområdet behandlas.

Riskutredningen omfattar således ej:

- Transport av gasol/farligt gods i anslutning till planområdet.
- Distributionsnät inom området
- Förångare och förbrukningsapparat

Vid beräkningar m.a.p. utströmning av gasol har hänsyn ej tagits till verklig fördelning av vindriktningar i aktuellt område. De beräkningsresultat som redovisas i denna riskutredning förutsätter således att alla vindriktningar är lika sannolika.

Risken som finns i och med anläggningen bedöms utifrån individrisk och samhällsrisk.

Individrisken beskrivs i SRV:s rapport P21-182/97 där en övre gräns vad gäller acceptabel årlig individrisk om  $10^{-5}$  under vidtagande av rimliga riskreducerande åtgärder föreslås. Detta innebär att händelsefrekvensen för olycka ska vara  $< 1$  gång/100000 år för att risken under några omständigheter ska kunna sägas vara acceptabel.

Nivån  $10^{-7}$  (d.v.s. 1 gång/10000000 år) anges som en nivå där riskerna kan anses vara små och således tolerabla utan ytterligare riskreducerande åtgärder. Observera dock att dessa gränsvärden endast anger föreslagna risknivåer och att acceptanskriterier för acceptabel risk saknas. I denna riskutredning används därför dessa föreslagna risknivåer endast som riktvärden för jämförelse med aktuell risknivå.

Samhällsrisken beskrivs i ett så kallat FN-diagram som beskriver undre respektive övre gräns för den samhällsrisk som, under vidtagande av rimliga riskreducerande åtgärder, är att betrakta som acceptabel enligt SRV:s rapport P21-182/97. Detta område kallas ofta för ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Detta innebär att risker som ligger inom detta område ska reduceras så långt det är praktiskt genomförbart och ekonomiskt försvarbart. Vid bedömning av skadeutfall i form av antal omkomna motsvarar enstaka dödsfall (konsekvensklass 4) maximalt 5 dödsfall och flera dödsfall (konsekvensklass 5) maximalt 100 dödsfall.

I denna riskutredning redovisas den resulterande risken, inklusive bakomliggande sannolikheter och konsekvenser, m.a.p. gasolhantering i berört område samt förslag till riskreducerande åtgärder och kvalitativ utvärdering av dessa.

Vid bedömning av resulterande risk samt riskreducerande åtgärder har hänsyn tagits till de olika typer av verksamheter som ska bedrivas inom planområdet, under vilka tider dessa verksamheter är aktuella samt i vilken omfattning befintliga verksamheter inom och utom planområdet berörs.

Räddningstjänstens normala insatstid i planområdet har förutsatts vara  $\leq 10$  minuter.

### 3.2 Riskutredningens syfte

Syftet med denna riskutredning är att kvantifiera och redovisa den totala risken i planområdet Iföstrand m.a.p. hantering av gasol på IFÖ:s industriområde. Visar det sig att den nuvarande säkerhetsnivån inte uppfyller samhällets krav föreslås åtgärder och des effekt på den totala risken verifieras. Analysen ställer krav på verksamhet och utformning av byggnader inom planområdet.

Analysen ska utgöra ett av flera underlag i beslutsprocessen kring planförslaget.

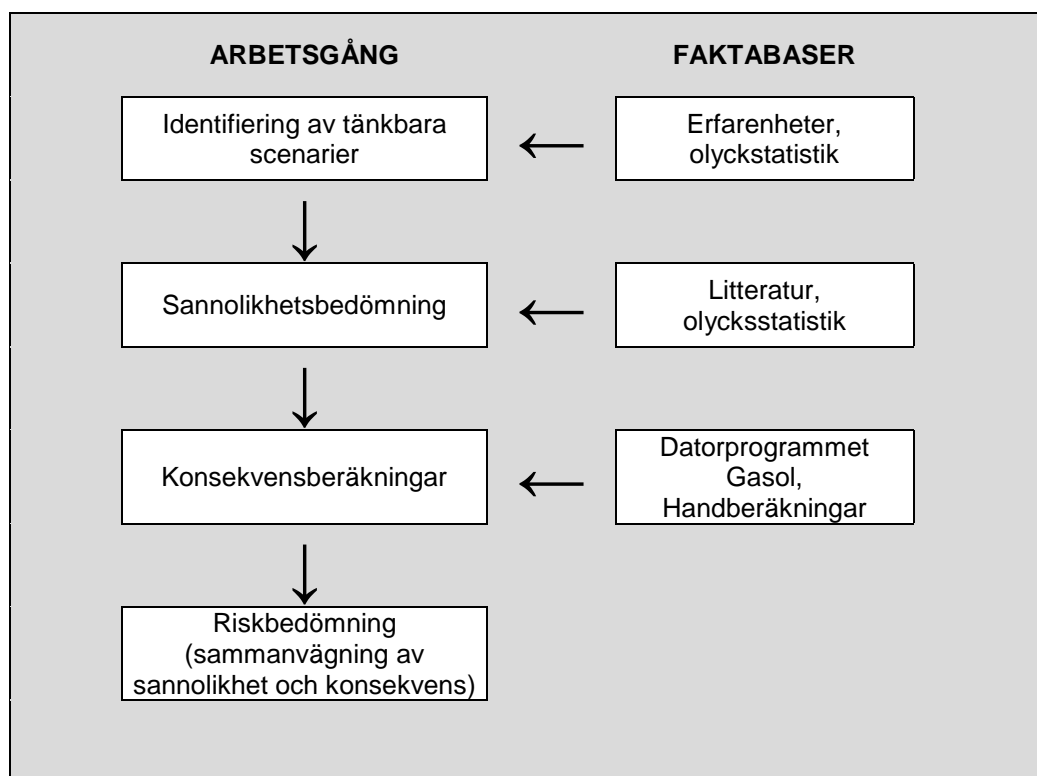
## 4 Precision, omfattning och metod

### 4.1 Omfattning

Denna riskutredning innefattar följande delmoment:

- **Kvalitativ grovanalys:** Identifiering och preliminär värdering av skadehändelser som medför skador för människa, egendom och miljö. Bedömning av sannolikheter samt identifiering av representativa scenarier.
- **Beräkning/bedömning av konsekvens:** Beräkning av vilka konsekvenser en olycka innebär för människa och i viss mån egendom.
- **Kvantitativ analys:** Värdering av risker i kvantitativa termer med utgångspunkt i sannolikhet för olycka samt konsekvens av olycka. Den kvantitativa analysen innefattar endast konsekvens för människa samt i viss utsträckning konsekvens för egendom. Risken för miljö behandlas ej i denna rapport.
- **Riskreducerande åtgärder:** Förslag till åtgärder som behövs för att reducera risken. Detta kan ske genom att söka minimera sannolikheten för en olycka och/eller konsekvensen av en olycka.

### 4.2 Analysmetodik



Tabell 1. Tillämpad analysmetodik.

## 5 Objektsbeskrivning

### 5.1 Områdesbeskrivning

Bromölla kommun har tagit fram ett förslag på utvecklingsplan för Iföstrandområdet, beläget i stadens sydvästra del och gränsande mot Ivösjön i väster och mot IFÖ-verket i norr. Iföstrandområdet är tänkt att utgöra en ny stadsdel i Bromölla. Förslag på verksamheter i planområdet är bl.a. bostäder med varierande våningsantal, olika former av sport-, vatten- och upplevelseaktiviteter samt rekreationsområden.



Figur 1. Skiss visande planområde Iföstrand, grönmarkerade ytor utgör förslag på planområde.

## 5.2 Beskrivning av gasolanläggning

Riskerna för planområdet är förknippade med lagring och lossning av Gasol på IFÖ-verkets område. Gasol förvaras i två tankar, om 30 m<sup>3</sup> respektive 50 m<sup>3</sup>, tankarna står utomhus inhägnade med stängsel och är placerade ungefär 100 meter från planområdet med ett inbördes avstånd om ca 2 meter.

Tillförsel av gasol till aktuella gasoltankar sker med lastbil till lossningsplats på industriområdet. Lossningsplatsen är placerad ett tiotal meter från gränsen till det nya planområdet. Varje vecka kommer till anläggningen ca 3-4 tankbilar som lossar gasol. Anläggningen förväntas ha en årskonsumtion av gasol om ca 5000 ton. Lossningsplatsen är placerad ca fem meter från staketet som skiljer det planlagda området från industriområdet.

Kravet enligt Lagen om hantering av brandfarliga och explosiva varor är att byggnader ska vara placerade minst 25 meter från förvaringstankar och lossningsplats. Utrymningsvägar ska vara belägna 100 m från förvaringstankarna och lossningsplatsen.

# 6 Identifiering av potentiella skadehändelser

## 6.1 Metodik

Vid identifiering av potentiella skadehändelser har bl. a. följande frågeställningar beaktats:

- Hur ofta sker läckage/utsläpp vid tanklagring av gasol?
- Hur ofta sker läckage/utsläpp i samband med lossning/lastning av gasol?
- Hur stor andel av dessa läckage/utsläpp leder till antändning/brand?
- Om utsläpp sker, hur stora blir de?
- Finns det särskilt ogynnsamma förhållanden, som innebär att en eventuell olycka får stora konsekvenser, i det studerade området?

Bedömning och/eller beräkning av sannolikheter och konsekvenser, enligt frågeställningarna ovan, har gjorts med utgångspunkt i Rapporter om tillbud och händelser med gasol som har samlats in av Gasföreningen under de senaste 11 åren samt erfarenheter från andra liknande projekt.

## 6.2 Potentiella skadehändelser

### 6.2.1 Händelse som kan leda till en skadehändelse

Olika typer av läckage kan uppstå vid lagringstankarna. Antingen är det små utsläpp i form av läckande kopplingar, rör eller ventiler som kan börja läcka p.g.a. föråldring, materialfel eller fel montering.

Den andra typen av läckage är stora läckage i form av brott på ledningar eller punktering av tanken, detta kan ske p.g.a. påkörning, sättningar i marken, handhavandefel vid lossning eller liknande.

Läckagen kan ske i gasfas, vätskefas eller blandad fas. I denna riskanalys har endast gasutsläpp och vätskeutsläpp studerats. Tvåfasutsläppen gav inga konsekvenser som var värre än något av gas eller vätskeutsläppen. I de fall där statistiken visade att det var ett tvåfasutsläpp ansattes det som ett utsläpp i den fas som gav störst konsekvenser.

De olika läckagen kan resultera i flera olika skadehändelser med olika konsekvenser vilka redovisas nedan.

### 6.2.2 Konsekvens av skadehändelser

Vid ett läckage kan gasolen antändas direkt och skapa en jetflamma som kan skada människor i omgivningen, Jetflamman kan även påverka en angränsande gasoltank på sådant sätt att den exploderar och skapar en sk BLEVE.

I de fall att läckaget inte antänds omedelbart kan ett gasmoln bildas som driver med vinden. Om gasmolnet driver in mot en antändningskälla eller en antändningskälla kommer in i gasmolnet kan gasmolnet antändas och då skapa en sk gasmolnsexplosion.

Höga koncentrationer av gasol kan ge andningssvårigheter och i värsta fall orsaka kvävning. Detta scenario bedöms dock osannolikt utomhus då den utströmmande gasolen snabbt späds ut, scenariot bedöms inte som dimensionerande och utreds inte vidare.

### 6.2.3 Gasololycka i anslutning till övriga delar av anläggningens gasolanläggning

Utreds inte i inom ramen för denna analys.

### 6.2.4 Gasololycka i samband med transport till anläggningen

Utreds inte i inom ramen för denna analys.

### 6.3 Bedömning av händelsefrekvenser/sannolikheter

Vid beräkning av sannolikheter/händelsefrekvenser för respektive konsekvens har sannolikheten för läckage multiplicerats med sannolikheterna för de olika scenarierna och på det sättet har sannolikheter för respektive händelse tagits fram.

Sannolikheter för antändning och explosion vid läckage har bedömts utifrån "Riskutredning nytt gasollager, Kv Ångan 4, Norrköping" 070705 som i sin tur hänvisar till Cox, Lees & Ang. 1990 samt VTI rapport 387:4 "konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transporter av farligt gods på väg och järnväg. Utifrån ovan nämnda källor har följande sannolikheter för antändning och gasmolnsexplosion använts.

Läckagets storlek	Gas		Vätska	
	antändning	gasmolnsexpl	antändning	gasmolnsexpl
Litet (<1kg/s)	0,01	4E-04	0,01	4E-04
Mellan (1-50 kg/s)	0,07	8E-03	0,03	3,6E-3
Stort (>50 kg/s)	0,3	0,09	0,08	0,024

Tabell 2. Sannolikheter för antändning av gasol vid utsläpp beroende på utsläppets storlek.

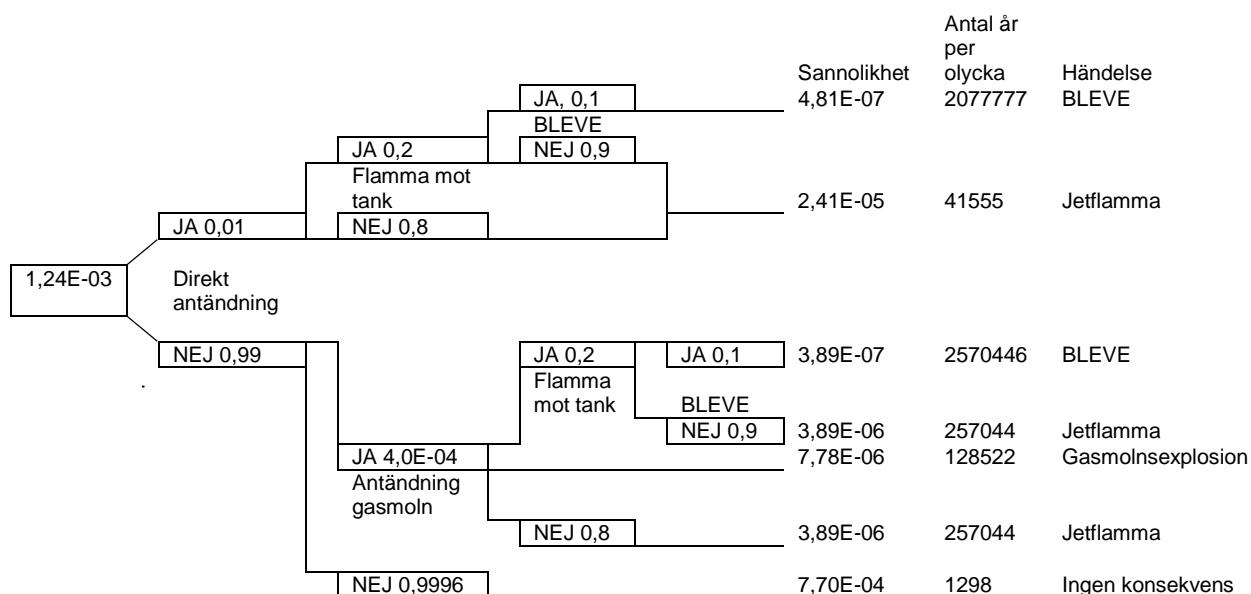
#### 6.3.1 Beräkning

För att räkna ut sannolikheterna för olika händelser används händelsetråd där sannolikheterna för olika händelser och följdhändelser resulterar i en frekvens för en avslutande händelse för en given händelse. Nedan redovisas ett exempel där den inledande händelsen är ett litet läckage i gasfas.

##### Händelse 1

##### Litet utsläpp i gasfas

orsak	Antal
Läcka vid lossning	2,8
Överfyllning	1,4
Läckage ventiler	1,4
Läckage tryckmätare	1,4
Påkörning	0,7
säkerhetsventil	2,8
fläns/packning	1,4
ospec	11,2
Antal händelser	23,1
antal år	11
antal anläggningar	1700
Sannolikhet för händelsen	1,24E-03



Figur 2. Sannolikhetsträd för läckage och antändning av gasol i samband med lagring/lossning litet utsläpp i gasfas.

## 6.4 Identifierade representativa scenarier

Mot bakgrund av de statistiska data och sannolikhetsberäkningar som redovisas ovan har följande scenarier bedömts vara representativa:

	Skadehändelse	Sannolikhet	Frekvens
Scenario 1	Flamma vid litet utsläpp gas	1,23E-05	1 gång/88621 år
Scenario 2	Flamma vid stort utsläpp gas	4,94E-05	1 gång/20235 år
Scenario 3	Flamma litet läckage vätska	1,90E-05	1 gång/52521 år
Scenario 4	Flamma stort läckage vätska	2,30E-05	1 gång/43555 år
Scenario 5	Fördröjd gasmolnsexpl vid litet utsläpp gas	4,30E-07	1 gång/2326664 år
Scenario 6	Fördröjd gasmolnsexpl vid stort utsläpp gas	2,25E-06	1 gång/443655 år
Scenario 7	Fördröjd gasmolnsexpl vid litet utsläpp vätska	7,11E-07	1 gång/1406074 år
Scenario 8	Fördröjd gasmolnsexpl vid stort utsläpp vätska	4,96E-06	1 gång/201775 år
Scenario 9	BLEVE pga flampåverkad tank	2,06E-06	1 gång/485908 år

Tabell 3. Identifierade representativa scenarier. Vid bedömning av representativa scenarier har hänsyn tagits till aktuella händelsefrekvenser.

Vid bedömning av sannolikheter har klassindelning enligt nedan tillämpats.

Klass	Frekvens
1. Mycket osannolik	< 1 gång/100000 år
2.	< 1 gång/10000 år
3. Osannolik	< 1 gång/1000 år
4.	1 gång/100-1000 år
5. Sannolik	1 gång/10-100 år
6.	1 gång/1-10 år
7. Mycket sannolik	1 gång/år eller oftare

Tabell 4. Sannolikhetsklasser som har använts vid bedömning av sannolikheter. Denna klassindelning innebär att samtliga de scenarier som studeras i denna riskutredning tillhör klass 1 d.v.s. de är att betrakta som mycket osannolika.

## 7 Konsekvensberäkningar

### 7.1 Beräkningsmodeller

Beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol med resulterande antändning har utförts m.h.a. mjukvaran GASOL version 2.5. Indatafiler kan erhållas från undertecknad

### 7.2 Konsekvenser för människa

Vid bedömning av konsekvenser för människa vid strålningspåverkan har följande gränsvärden beaktats:

- 6,4 kW/m<sup>2</sup> – Denna strålningsintensitet ger smärta på bar hud efter 8 sekunder samt andra gradens brännskador efter 20 sekunder.
- 16 kW/m<sup>2</sup> – Denna strålningsintensitet ger svåra brännskador, tredje gradens brännskador, efter 5 sekunder.

Vid bedömning av konsekvenser för människa har klassindelning enligt nedan tillämpats.

Klass	Beskrivning
1. Små	Övergående lindriga obehag
2. Mer påtagliga	Enstaka skadade (andra gradens brännskador)
3. Omfattande	Enstaka svårt skadade (tredje gradens brännskador) och/eller flera lindrigt skadade (andra gradens brännskador)
4. Mycket omfattande	Enstaka dödsfall eller flera svårt skadade (tredje gradens brännskador)
5. Katastrofala	Flera döda och svårt skadade

Tabell 5. Konsekvensklasser som har använts vid bedömning av konsekvenser.

### 7.3 Konsekvenser för egendom

Behandlas ej i denna riskutredning.

### 7.4 Konsekvenser för miljö

Behandlas ej i denna riskutredning.

## 7.5 Scenarier som har beräknats

	Skadehändelse	Beräkning i programmet Gasol
Scenario 1	Flamma vid litet utsläpp gas	Flänsläckage 10 mm hål, beräkning 1 Hål i tank 10 mm, beräkning 2g
Scenario 2	Flamma vid stort utsläpp gas	Hål i tank 50 mm, beräkning 3g
Scenario 3	Flamma litet läckage vätska	Hål i tank 10 mm, beräkning 2v Rörläckage 1 mm, beräkning 5 Rörläckage 5 mm, beräkning 6
Scenario 4	Flamma stort läckage vätska	Hål i tank 50 mm, beräkning 3v
Scenario 5	Förbröjd gasmolnsexpl vid litet utsläpp gas	Flänsläckage 10 mm hål Hål i tank 10 mm, beräkning 2g
Scenario 6	Förbröjd gasmolnsexpl vid stort utsläpp gas	Hål i tank 50 mm, beräkning 3g
Scenario 7	Förbröjd gasmolnsexpl vid litet utsläpp vätska	Hål i tank 10 mm, beräkning 2v Rörläckage 1 mm, beräkning 5 Rörläckage 5 mm, beräkning 6
Scenario 8	Förbröjd gasmolnsexpl vid stort utsläpp vätska	Hål i tank 50 mm, beräkning 3v
Scenario 9	BLEVE pga flampåverkad tank	BLEVE, beräkning 8

Tabell 6. Sammanställning av genomförda beräkningar..

Känslighetsanalys har genomförts med beräkningar för blandade utsläpp gas-vätska.

## 7.6 Resultat av beräkningar

Beräkningar har genomförts vars indata och resultat redovisas i bilaga 1 respektive bilaga 2. I detta kapitel redovisas de scenarier som gett den värsta konsekvensen inom sin kategori. De kategorier av utsläpp som redovisas är Litet utsläpp i gasfas, stort utsläpp i gasfas, litet utsläpp i vätskefas och stort utsläpp i vätskefas.

I beräkningarna har inte vindriktningen beaktats vilket innebär att vindriktningen har bedömts ogynnsam i samtliga fall, d.v.s. de beräknade konsekvenserna har bedömts vara lika sannolika inom hela det potentiella skadeområdet. Detta är ett mycket konservativt antagande som säkerställer att de potentiella konsekvenserna för det aktuella planområdet ej underskattas. I figurerna nedan redovisas det områden där konsekvensen är en fyra, dvs enstaka dödsfall eller flertalet svårt skadade, 3e gradens brännskador. Teckenförklaring redovisas i anslutning till figuren.

### 7.6.1 Scenario Jetflamma

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA Litet utsläpp av gasol</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	7,1 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	9,1 m
2:a gradens brännskador	11,1 m
1:a första gradens brännskador	14,1 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	4.0 m
2:a gradens brännskador	6.0 m
1:a första gradens brännskador	9.0 m

Tabell 7. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario jetflamma vid litet utsläpp i gasfas.

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA Stort utsläpp gasfas</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	23,2m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	25,2 m
2:a gradens brännskador	27,2 m
1:a första gradens brännskador	31,2 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	6.0 m
2:a gradens brännskador	8.0 m
1:a första gradens brännskador	15.0 m

Tabell 8. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario jetflamma vid stort utsläpp i gasfas.

UTDATA FRÅN Litet utsläpp av gasol, vätskefas 10 mm hål i tanken	
<i>Utsläppet samlas i en pöl som antänds</i>	
Flammans höjd	10 m
Avst. från pölens centrum i vindriktningen i: 3:e gradens brännskador 2:e gradens brännskador	20,37 m 24,37 m
Avst. från pölens centrum mot vindriktningen: 5.0 kW/m <sup>2</sup> från pölens centrum 2.5 kW/m <sup>2</sup> mot vindriktningen från pölens centrum	8,37 m 12,37 m

Tabell 9. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario jetflamma vid litet utsläpp i vätskefas.



- Scenario 1  
Litet utsläpp gasfas
- Scenario 2  
Stort utsläpp gasfas
- Scenario 3  
Litet utsläpp vätskefas
- Scenario 4  
Stort utsläpp vätskefas

Figur 3. Skadeområde vid scenariot jetflamma vid förvaringstanken.



Scenario 1  
Litet  
utsläpp  
gasfas

Scenario 2  
Stort utsläpp  
gasfas

Scenario 3  
Litet utsläpp  
vätskefas

Scenario 4  
Stort  
utsläpp  
vätskefas

Figur 4. Skadeområde vid scenariot jetflamma vid lossningsplatsen.

7.6.2 Scenario Gasmolnsexplosion

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning vid litet utsläpp i gasfas</b>	
<i>Om utsläppet ej antänds direkt kommer det resultera i en gasmolnsexplosion</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	11 m
2:a gradens brännskador	11 m
1:a första gradens brännskador	11 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	0,2 m
2:a gradens brännskador	0,2 m
1:a första gradens brännskador	0,2 m

Tabell 10. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid litet utsläpp i gasfas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning Stort utsläpp i gasfas</b>	
<i>Om utsläppet inte antänds direkt kommer det att resultera i en gasmolnsexplosion</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	60,0 m
2:a gradens brännskador	62,0 m
1:a första gradens brännskador	68,0 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	39 m
2:a gradens brännskador	39 m
1:a första gradens brännskador	41 m

Tabell 11. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid stort utsl. i gasfas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning litet utsläpp i vätskefas</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i gasmolnsantändning</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	37 m
2:a gradens brännskador	37 m
1:a första gradens brännskador	37 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	9,5 m
2:a gradens brännskador	9,5 m
1:a första gradens brännskador	9,5 m

Tabell 12. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid litet utsl. i vätskefas.

<b>UTDATA FRÅN Stort utsläpp av gasol, vätskefas 50 mm hål i tanken</b>	
<i>Om utsläppet inte antänds direkt kommer det att resultera i en gasmoln<span>antändning</span></i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	385 m
2:a gradens brännskador	416 m
1:a första gradens brännskador	500 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	340 m
2:a gradens brännskador	340 m
1:a första gradens brännskador	334 m

Tabell 13. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid stort utsl. i vätskefas.



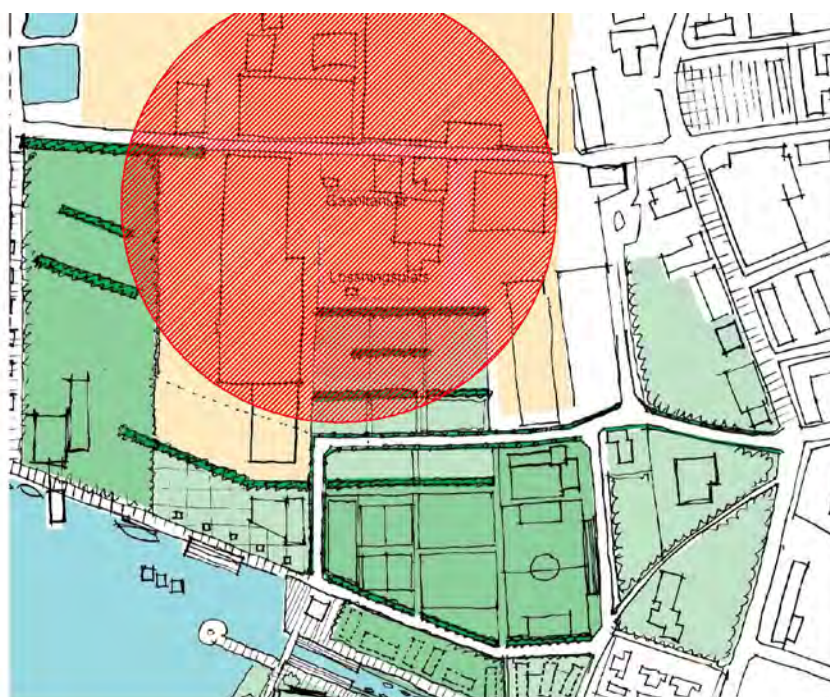
Figur 5. Skadeområde vid antändning av gasmoln vid olika utsläppscenarier vid lossningsplatsen.

7.6.3 Scenarion BLEVE

Beräkning 7 – BLEVE

UTDATA FRÅN BLEVE	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en BLEVE</i>	
Varaktighet	10,9 s
Höjd över marken	162 m
Avst. för:	
3:e gradens brännskador	182 m
2:a gradens brännskador	279 m
1:a första gradens brännskador	479 m

Tabell 14. Resultat av beräkningar m.a.p. BLEVE.



Figur 6. Skadeområde vid BLEVE av största tanken vid lagringsplatsen.

## 8 Riskbedömning

### 8.1 Sannolikhetsbedömning

Vid bedömning av sannolikheter har klassindelning enligt nedanstående tabell tillämpats.

Klass	Frekvens
1. Mycket osannolik	< 1 gång/100000 år
2.	< 1 gång/10000 år
3. Osannolik	< 1 gång/1000 år
4.	1 gång/100-1000 år
5. Sannolik	1 gång/10-100 år
6.	1 gång/1-10 år
7. Mycket sannolik	1 gång/år eller oftare

Tabell 15. Sannolikhetsklasser som har använts vid bedömning av sannolikheter.

Scenario	Benämning	Sannolikhet	Frekvens	Sannolikhetsklass
Scenario 1	Jetflamma vid litet utsläpp gas	1,23E-05	1 gång/88621 år	2
Scenario 2	Jetflamma vid stort utsläpp gas	4,94E-05	1 gång/20235 år	2
Scenario 3	Jetflamma vid litet utsläpp vätska	1,90E-05	1 gång/52521 år	2
Scenario 4	Jetflamma vid stort utsläpp vätska	2,30E-05	1 gång/43555 år	2
Scenario 5	Fördröjd gasmolnexplosion vid litet utsläpp i gasfas	4,30E-07	1 gång/2326664 år	1
Scenario 6	Fördröjd gasmolnexplosion vid stort utsläpp i gasfas	2,25E-06	1 gång/443655 år	1
Scenario 7	Fördröjd gasmolnexplosion vid litet utsläpp i vätskefas	7,11E-07	1 gång/1406074 år	1
Scenario 8	Fördröjd gasmolnexplosion vid tankhaveri/ stort utsläpp i vätskefas.	4,96E-06	1 gång/201775 år	1
Scenario 9	BLEVE	2,06E-06	1 gång/485908 år	1

Tabell 16. Indelning av studerade scenarier i sannolikhetsklasser.

## 8.2 Konsekvensbedömning

Konsekvenserna gäller för hela planområdet. Det är dock endast inom vissa delar av planområdet som skadorna inträffar. Områden som drabbas redovisas i figurerna i kap 7.6. Vid bedömning av konsekvenser har klassindelning enligt nedanstående tabell tillämpats.

Klass	Beskrivning
1. Små	Övergående lindriga obehag
2. Mer påtagliga	Enstaka skadade
3. Omfattande	Enstaka svårt skadade och/eller flera lindrigt skadade
4. Mycket omfattande	Enstaka dödsfall eller flera svårt skadade
5. Katastrofala	Flera döda och svårt skadade

Tabell 17. Konsekvensklasser som har använts vid bedömning av konsekvenser.

Scenario	Benämning	Konsekvensklass	
		Lossningsplats	Lagringsplats
Scenario 1	Jetflamma vid litet utsläpp gas	1	1
Scenario 2	Jetflamma vid stort utsläpp gas	2	1
Scenario 3	Jetflamma vid litet utsläpp vätska	3	1
Scenario 4	Jetflamma vid stort utsläpp vätska	5	2
Scenario 5	Fördröjd gasmolnexplosion vid litet utsläpp i gasfas	2	1
Scenario 6	Fördröjd gasmolnexplosion vid stort utsläpp i gasfas	4	1
Scenario 7	Fördröjd gasmolnexplosion vid litet utsläpp i vätskefas	4	1
Scenario 8	Fördröjd gasmolnexplosion vid tankhaveri/ stort utsläpp i vätskefas.	5	5
Scenario 9	BLEVE	5	5

Tabell 18. Indelning av studerade scenarier i konsekvensklasser.

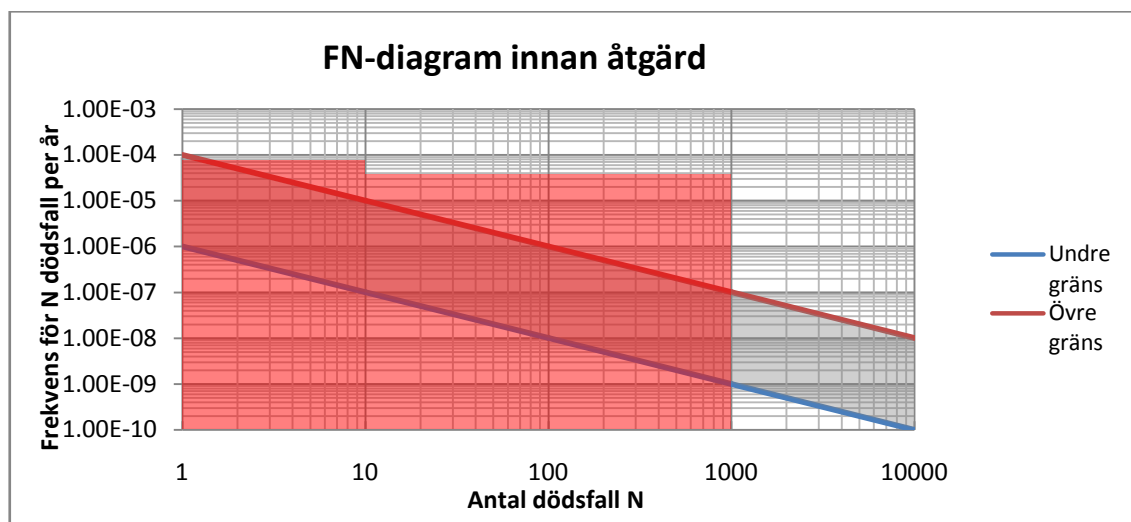
### 8.3 Resulteraende risk

För att kunna konkretisera och visualisera risken kan denna redovisas som en samhällsrisk där den beräknade risken redovisas gentemot den acceptabla samhällsrisk. I diagrammet finns två fördefinierade linjer där den övre linjen beskriver den maximalt accepterade risken och den nedre linjen beskriver den gräns där åtgärder ej är nödvändiga. Området mellan de båda linjerna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger inom ALARP ska reduceras så långt det är praktiskt möjligt och ekonomiskt försvarbart. En risk som hamnar över den övre linjen betraktas som oacceptabel och en risk som hamnar under den lägre linjen betraktas som acceptabel. Observera dock att formella riktlinjer för vad som är att betrakta som acceptabel risk saknas. De kriterier som redovisas i de följande är förslag enligt SRV:s rapport P21-182/97 och används endast som referens vid bedömning av aktuella risker för planområdet.

Riskenivå	Föreslagna kriterier		
Max tolerabel individrisk	10 <sup>-5</sup> per år		
Acceptabel individrisk (utan ytterligare åtgärder)	10 <sup>-7</sup> per år		
Samhällsrisk	N=1	N=10	N=100
▪ Övre gräns för "gråzon" – ALARP	10 <sup>-4</sup> per år	10 <sup>-5</sup> per år	10 <sup>-6</sup> per år
▪ Undre gräns för "gråzon" – ALARP	10 <sup>-6</sup> per år	10 <sup>-7</sup> per år	10 <sup>-8</sup> per år

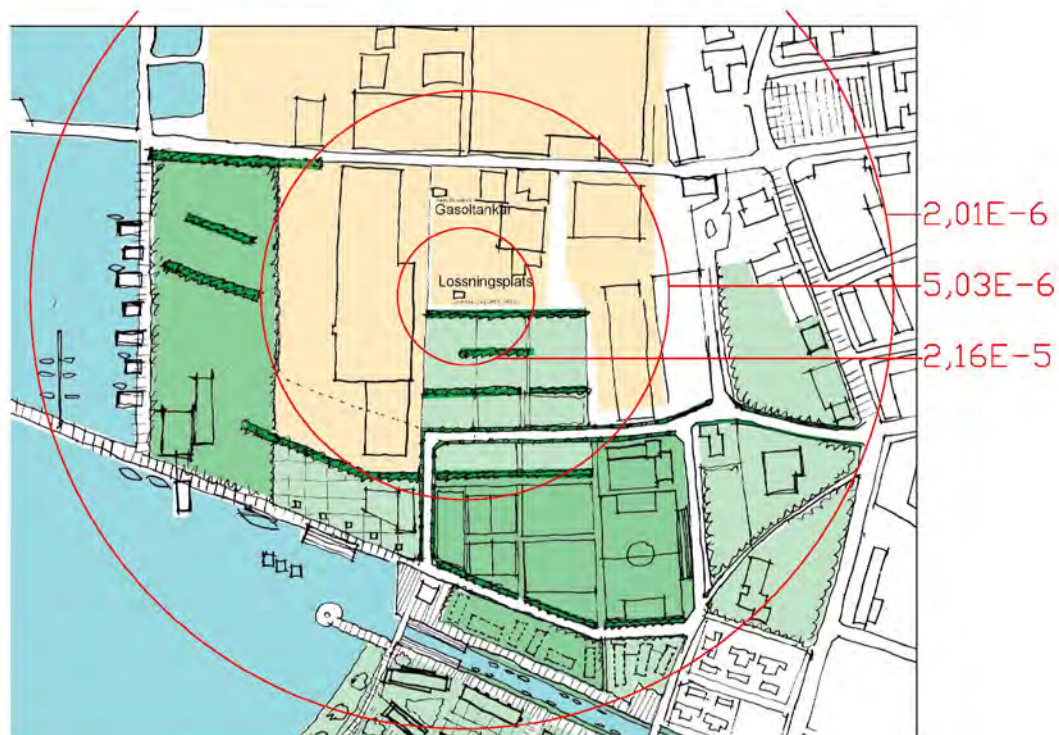
Tabell 19. Föreslagna kriterier för acceptabel individ- respektive samhällsrisk, enligt SRV:s rapport P21-182/97, där N anger antal omkomna. Kriterier enligt ovan har utgjort referens vid bedömning av aktuella risker för planområdet. Med gråzon avses området mellan den övre och den undre linjen i figuren nedan. Detta område kallas ofta för ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Detta innebär att risker som ligger inom detta område ska reduceras så långt det är praktiskt genomförbart och ekonomiskt försvarbart.

Resultaten av beräkningarna av riskerna inom det föreslagna planområdet med avseende på den befintliga gasolanläggningen visar att samhällsrisk ligger inom eller strax över det s.k. ALARP-området. Med anledning av detta bör åtgärder vidtas för att reducera risken till acceptabla nivåer så långt det är praktiskt möjligt och ekonomiskt försvarbart.



Figur 7. FN-diagram visande undre respektive övre gräns för samhällsrisk som, under vidtagande av rimliga riskreducerande åtgärder, är att betrakta som acceptabel enligt SRV:s rapport P21-182/97. Detta område kallas ofta för ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Detta innebär att risker som ligger inom detta område ska reduceras så långt det är praktiskt genomförbart och ekonomiskt försvarbart. Risker som ligger över den övre gränsen är inte acceptabla. Det rödmarkerade området i FN-diagrammet anger inom vilket område de studerade scenarierna hamnar. Vid bedömning av skadeutfall i form av antal döda motsvarar enstaka dödsfall (konsekvensklass 4) maximalt 10 dödsfall och flera dödsfall (konsekvensklass 5) maximalt 1000 dödsfall. Enligt FN-diagrammet hamnar således de scenarier som studeras i denna riskutredning ovan det s.k. ALARP-området.

8.3.1 Individrisk



Figur 8. Individriskkontur m.a.p tredjegradens brännskador.

8.3.2 Riskmatris

		Sannolikhet →						
		1	2	3	4	5	6	7
Konsekvens↑	5	8, 9	4					
	4	6, 7	2, 3					
	3							
	2	5	1					
	1							

Riskmatris 1. Resultat av riskbedömning Matrisen visar det mest konservativa fallet med olycka vid lossningsplatsen. Grönmarkerade rutor anger de kombinationer av sannolikhet och konsekvens som är att betrakta som acceptabla. Resultaten visar att samtliga scenarier utom scenario 2 och 4 ligger inom det rödmarkerade området.

## 9 Riskreducerande åtgärder

### 9.1 Förslag till riskreducerande åtgärder

Den resulterande risk som redovisas i kapitel 8.3 är att betrakta som oacceptabel dels för de människor som vistas utomhus och dels för boende och besökare till verksamheter inom eller i anslutning till planområdet. Med anledning av detta har en mängd olika riskreducerande åtgärder tagits fram. Vidare så har en studie av vilka riskreducerande åtgärder som sänker risken till en acceptabel nivå genomförts.

De olika riskreducerande åtgärder som bedöms vara möjliga i samband i detta fall redovisas nedan. I följande kapitel redovisas vilka kombinationer som ger den mest optimala riskreduceringen avseende sänkt risk och ekonomisk kostnad.

Riskreducerande åtgärd	Hur minskar åtgärden risken
1. Lossningsplatsen flyttas till en plats i närheten av lagringstankarna, ca 100 m från den planerade idrottshallen.	Denna åtgärd eliminerar risken för personskador vid små läckage.
2. All utrustning som innehåller gasolprodukter skyddas med påkörningsskydd i form av, avbärrarcken som i klass H2 enligt VV94-S2 minst två meter från anläggningsdel (tank och rör) som innehåller gasol.	Denna åtgärd minskar sannolikheten för ett flertal scenarier men framförallt risken för en stor gasolnsexplosion.
3. Förvaringstankar och biluppställningsplatsen vid lossningsplatsen ska kunna kylas med hjälp av portabla vattenkanoner som manövreras av räddningstjänsten. Vattenkanonerna ska ge minst 3000 l/min vilket även ställer krav på att erforderlig vattenmängd kan erhållas genom det kommunala vattenledningsnätet eller liknande.	Denna åtgärd minskar sannolikheten för ett flertal scenarier men framförallt risken för BLEVE.
4. Tidsanpassad lossning, dvs. lossning sker vid tidpunkter då det inte pågår verksamhet i idrottshallen	Denna åtgärd minskar personbelastningen vid de tidpunkter när sannolikheten för gasolnsexplosion och BLEVE är som störst
5. Området närmast anläggningen som är angivet av IFÖs verksamhet på tre sidor bibehålls obebyggt alternativt förses med en byggnad som är utförd i obrännbar konstruktion i brandteknisk klass REI 60 på väggar och tak med obrännbara utvändiga ytskikt. Utrymning ska endast kunna ske söderut, 100 m från lossningsplatsen. Oskyddad parkering kan accepteras 70 meter från lossningsplatsen.	Denna åtgärd minskar risken eftersom det då normalt inte vistas personer inom ett potentiellt skadeområde alternativt att de personer som vistas inom ett potentiellt skadeområde är skyddade inom en byggnad.
6. Gasoltankarna flyttas till en annan plats och gasen leds via markledning till IFÖ.	Denna åtgärd innebär att sannolikheten för de olycksscenarier som kan ge upphov till mycket omfattande eller katastrofala konsekvenser reduceras till ett minimum.

Tabell 20. Förslag till riskreducerande åtgärder.

## 9.2 Optimering av val av riskreducerande åtgärder

När den nya idrottshallen tas i bruk kan en av de stora olyckorna, gasmolnsexplosion vid tankhaveri och BLEVE, resultera i ca 1000 omkomna. För att risken då ska anses som acceptabel får sannolikheten för händelsen inte vara högre än  $1,0 \text{ E-7}$  enligt SRV:s rapport P21-182/97.

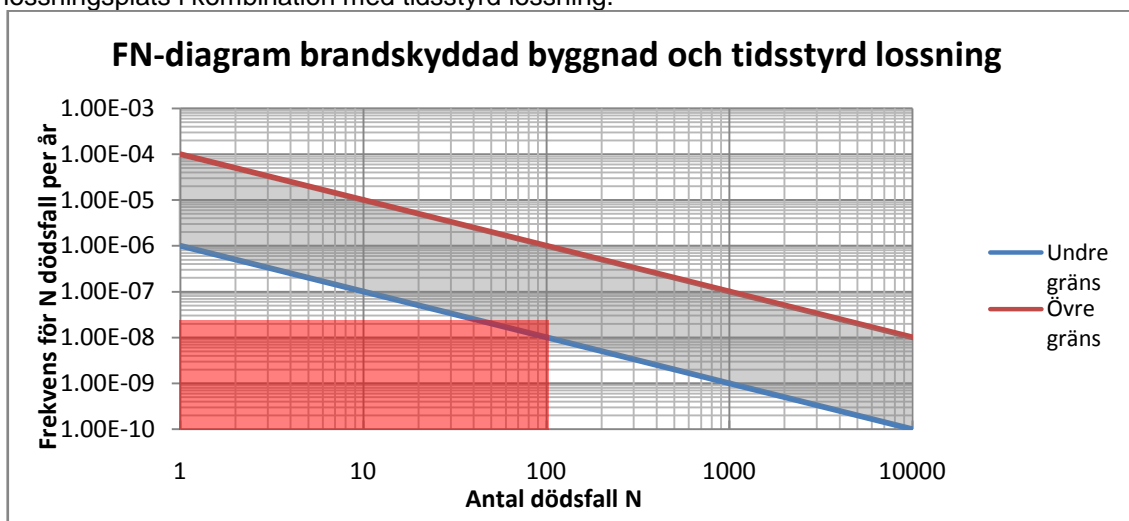
Vid studier av hur de olika åtgärderna påverkar risken har inga åtgärds kombinationer reducerat sannolikheten till nivån  $1,0 \text{ E-7}$ . Som mest har sannolikheten sänkts till  $5,15 \text{ E-7}$  med åtgärderna flyttning av lossningsplats, skydd mot påkörning och kylning av cisterner och lossningsplats. För att risken ska kunna betraktas som acceptabel, under beaktande av ALARP-begreppet, måste antalet personer som kan exponeras för eventuell gasmolnsexplosion eller BLEVE begränsas. Det kan ske genom att antingen tidsstyra lossningen till tider när det inte vistas så mycket personer i idrottsanläggningen alternativt utföra anläggningen i enlighet med åtgärd 5 enligt kapitel 9.1.

Det finns även ett alternativ som reducerar risken till ett minimum och det är att flytta cisternerna till en annan plats som är bättre ur risksynpunkt och sedan leda gasen via markförlagd ledning till IFÖs anläggning.

Således finns två olika kombinationsmöjligheter för att uppnå en risknivå som kan anses vara acceptabel enligt de acceptanskriterier som har tillämpats i denna riskutredning.

### Alternativ 1.

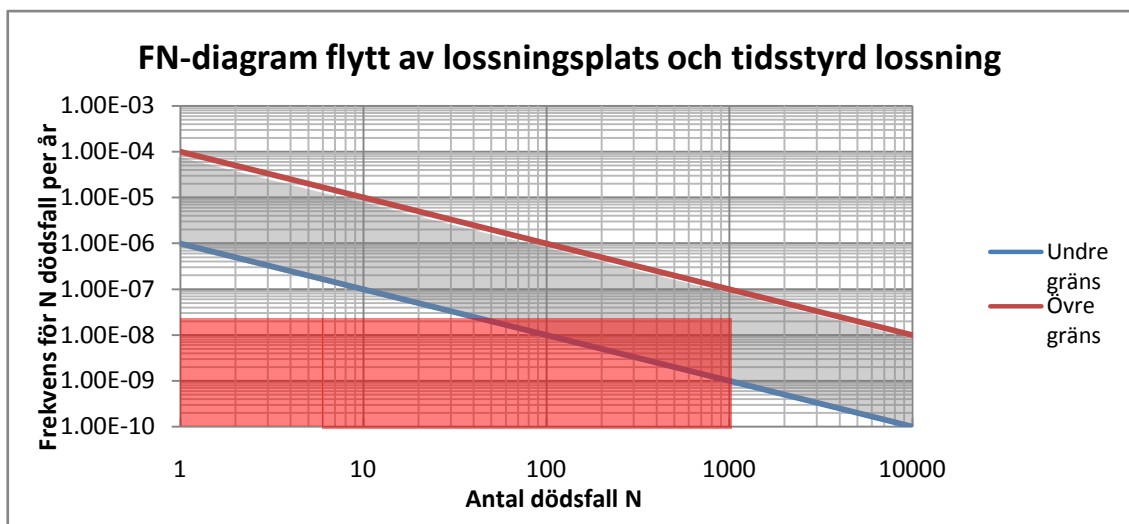
Flytt av lossningsplats, skydd mot påkörning av cisternerna samt kylning av cisterner och lossningsplats i kombination med tidsstyrd lossning.



Figur 9. Det rödmarkerade området i FN-diagrammet anger inom vilket område de studerade scenarierna hamnar efter åtgärder i form av Påkörningsskydd, kylning av gasolcisterner/uppställningsplats för tankbil och en brandskyddad byggnad med utrymning 100 m från lossningsplatsen och parkering minst 70 meter från lossningsplatsen. Vid bedömning av skadeutfall i form av antal döda motsvarar enstaka dödsfall (konsekvensklass 4) maximalt 10 dödsfall och flera dödsfall (konsekvensklass 5) maximalt 100 dödsfall. Enligt FN-diagrammet hamnar således de scenarier som studeras i denna riskutredning inom det s.k. ALARP-området..

**Alternativ 2**

Flytt av lossningsplats, skydd mot påkörning av cisternerna samt kylning av cisterner och lossningsplats i kombination med brandskyddad byggnad.



Figur 10. Det rödmarkerade området i FN-diagrammet anger inom vilket område de studerade scenarierna hamnar efter åtgärder i form av Påkörningsskydd och kylning av gasolcisterner/uppställningsplats för tankbil och en samlokalisering av lossningsplats och förvaring vid förvaringstankarna (flytt av lossningsplatsen). Vid bedömning av skadeutfall i form av antal döda motsvarar enstaka dödsfall (konsekvensklass 4) maximalt 10 dödsfall och flera dödsfall (konsekvensklass 5) maximalt 100 dödsfall. Enligt FN-diagrammet hamnar således de scenarier som studeras i denna riskutredning inom det s.k. ALARP-området.

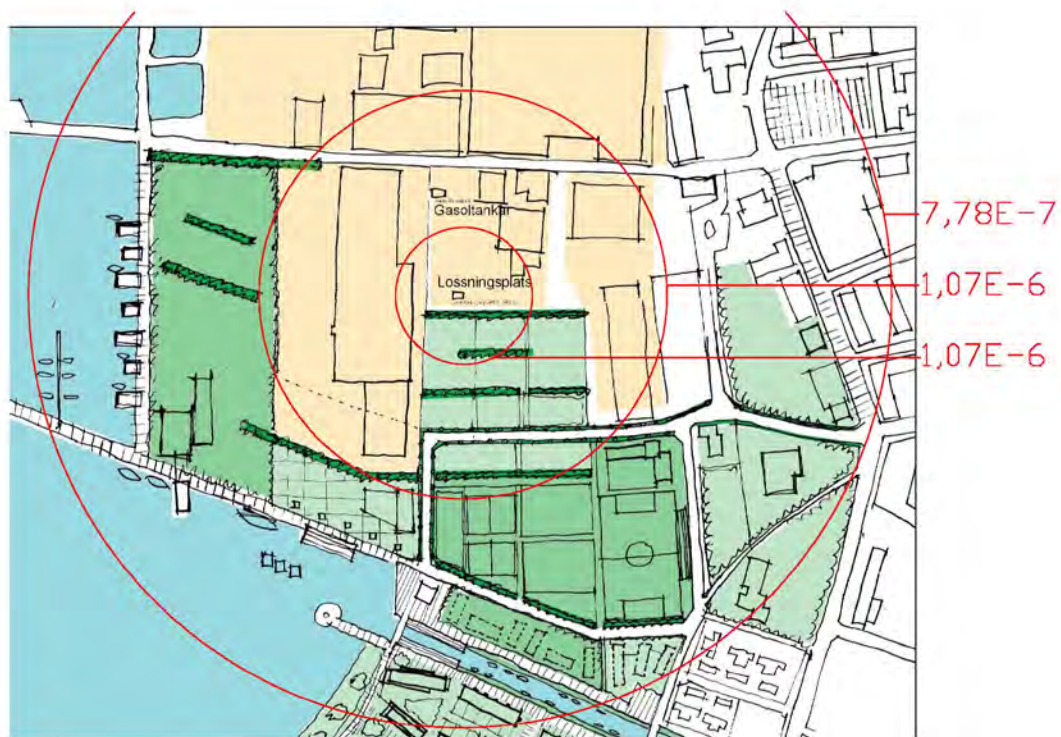
### 9.3 Riskmatris efter vidtagna riskreducerande åtgärder

I båda kombinationerna av riskreducerande åtgärder sänks samtliga risker till acceptabla nivåer förutom fallen med fördröjd gasmolnsexplosion och BLEVE. Vilket redovisas nedan.

		Sannolikhet →						
		1	2	3	4	5	6	7
Konsekvens →	5							
	4	8, 9						
	3							
	2	6, 7	1, 2, 3, 4					
	1	5						

Riskmatris 2. Resultat av riskbedömning efter det att någon av de två kombinationerna av riskreducerande åtgärder enligt kapitel 9.1 vidtagits. De riskreducerande åtgärder som föreslås i kapitel 9 medför att konsekvenserna för scenario 4, 6 och 7 reduceras från mycket omfattande eller katastrofala (konsekvensklass 4 och 5) till mer påtagliga (konsekvensklass 2). De föreslagna riskreducerande åtgärderna innebär en reduktion av konsekvenserna för scenarier 8 och 9. Dock är konsekvenserna fortfarande att betrakta som allvarliga. Vidare har scenario 8 och 9 bedömts tillhöra sannolikhetsklass 1. De föreslagna riskreducerande åtgärderna medför dock en reduktion av sannolikheterna för dessa scenarierna. Observera att denna reduktion inte framgår av riskmatrisen.

## 9.4 Individrisk efter vidtagna riskreducerande åtgärder



Figur 11. Individriskkontur m.a.p. tredje gradens brännskador efter vidtagna åtgärder.

## 10 Osäkerhetsanalys

Risکانالyser av den typ som redovisas i denna rapport är generellt behäftade med stora osäkerheter. Detta ska främst tillskrivas stora osäkerheter i det statistiska underlaget men även osäkerheter vid val av indata för de beräkningsmodeller som använts samt inbyggda osäkerheter i beräkningsmodellerna som sådana. I det följande redovisas en kvalitativ analys av de osäkerheter som är aktuella för de beräkningar som redovisas i denna rapport samt hur dessa osäkerheter har behandlats.

Typ av osäkerhet	Hur är osäkerheten behandlad i risکانالysen
De indata som använts för beräkning av sannolikheter baseras på tillgängligt statistiskt underlag samt litteratur där sannolikheter för antändning vid gasutsläpp har studerats. Det statistiska underlaget utgörs av statistik insamlad av Svenska Gasföreningen och bygger på rapporter från anslutna företag.	Antalet händelser är begränsade och några av de händelser där konsekvensberäkningar har genomförts finns inte med i det statistiska underlaget. I de fallen, som främst utgörs av stora utsläpp har sannolikheten ansatts konservativt till ca 1 stort utsläpp på tre år i Sverige.
Det statistiska underlaget är i vissa fall bristfälligt vad gäller angivet läckagetyp och storlek. Vid framtagandet av frekvenser för olika typer av utsläpp har därför kvalificerade bedömningar gjorts.	För de utsläpp som inte varit utförligt beskrivna i det statistiska underlaget har bedömningar varit nödvändiga. Dessa bedömningar av utsläppens storlek och typ har bedömts konservativt.
Vid konsekvensberäkningarna ansätts en mängd parametrar. Tex vindhastighet, terrängens topografi, väder, temperatur.	Vid beräkningarna har de parametrar som ger de mest konservativa resultaten använts. Vidare har inte den förhärskande vindriktningen använts som en parameter vid beräkningarna. Detta innebär att vindriktningen har bedömts ogynnsam i samtliga fall, d.v.s. de beräknade konsekvenserna har bedömts vara lika sannolika inom hela det potentiella skadeområdet.

Tabell 21. Kvalitativ analys av de osäkerheter som är aktuella för de beräkningar som redovisas i denna rapport samt hur dessa osäkerheter har behandlats.

## 11 Känslighetsanalys

För att studera om resultaten är rimliga och hur de påverkas av den osäkerhet som finns i en riskanalys har känslighetsanalys genomförts. I känslighetsanalysen studeras hur resultatet påverkas om frekvensen för utsläpp som är stora dubblas respektive halveras. Vidare studeras hur en förändrad sannolikhet för antändning av ett utsläpp påverkar risken. Detta studeras både för befintlig anläggning utan riskreducerande åtgärder och efter föreslagna åtgärder.

### 11.1 Befintlig anläggning

För att studera hur utsläppets storlek påverkar resultatet har beräkningar gjorts för endast små utsläpp och endast stora utsläpp, vilket redovisas nedan.

BLEVE			Gasmolsexplosion		
Halverat antal stora utsläpp	Enligt statistik	Dubblerat antal stora utsläpp	Halverat antal stora utsläpp	Enligt statistik	Dubblerat antal stora utsläpp
1,02E-06	1,47E-06	1,92E-06	1,77E-06	3,54E-06	5,36E-06

Tabell 22. Påverkan av frekvensen för BLEVE och gasmolnsexplosion m.a.p. utsläppens storlek.

100 döda		
Halverat antal stora utsläpp	Enligt statistik	Dubblerat antal stora utsläpp
2,79E-06	5,01E-06	7,23E-06

Tabell 23. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p. utsläppens storlek.

För att studera hur sannolikheten för antändning av utsläppet påverkar resultatet har beräkningar gjorts för dubblad respektive halverad sannolikhet för antändning, vilket redovisas nedan

BLEVE			Gasmolsexplosion		
Halverad sannolikhet för antändning	Enligt statistik	Dubblerad sannolikhet för antändning	Halverad sannolikhet för antändning	Enligt statistik	Dubblerad sannolikhet för antändning
7,36E-07	1,47E-06	1,85E-06	1,77E-06	3,54E-06	6,46E-06

Tabell 24. Påverkan av frekvensen för BLEVE och gasmolnsexplosion m.a.p. utsläppens storlek.

100 döda		
Halverad sannolikhet för antändning	Enligt statistik	Dubblerad sannolikhet för antändning
2,58E-06	5,01E-06	9,39E-06

Tabell 25. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p. utsläppens storlek.

## 11.2 Efter åtgärder

För att studera hur utsläppets storlek påverkar risken för 100 döda har beräkningar gjorts för endast små utsläpp och endast stora utsläpp, vilket redovisas nedan.

100 döda		
Halverat antal stora utsläpp	Enligt statistik	Dubblat antal stora utsläpp
5,15E-07	5,15E-07	1,43E-06

Tabell 26. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p utsläppens storlek.

För att studera hur sannolikheten för antändning av utsläppet påverkar risken för 100 döda har beräkningar gjorts för dubblat respektive halverat sannolikhet för antändning, vilket redovisas nedan.

100 döda		
Halverad sannolikhet för antändning	Enligt statistik	Dubblat sannolikhet för antändning
5,05E-07	5,15E-07	1,8E-06

Tabell 27. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p utsläppens storlek.

## 11.3 Resultat av känslighetsanalys

Känslighetsanalysen visar att riskerna med anläggningen som den ser ut idag inte blir acceptabla även om antalet stora utsläpp halveras eller om sannolikheten för antändning halveras. Detta visar att de föreslagna riskreducerande åtgärderna är att betrakta som rimliga under beaktande av ALARP-begreppet.

När den resulterande risken efter åtgärder studeras utifrån parametrarna i känslighetsanalysen kan noteras att både i fallet med ökat antal stora utsläpp och i fallet med ökad risk för antändning hamnar den sammanvägda samhällsrisk över gränsvärdet på  $1,0E-06$ . Detta visar att samhällsrisk för planområdet ligger nära gränsen för den acceptabla men riskanalysen visar att föreslagna lösningar sänker risken och därmed är den acceptabel. Det ska även beaktas att där osäkerhet råder angående utsläppens storlek och typ där det krävs kvalificerade bedömningar har dessa gjorts utifrån ett konservativt perspektiv vilket innebär att den verkliga risken bedöms som lägre än den beräknade.

## 12 Sammanfattande diskussion med slutsatser och förslag på åtgärder

En gasolanläggning av den typ som finns vid IFÖs anläggning i Bromölla kan vid en olycka ge stora konsekvenser på personer som vistas i närheten. Det värsta scenariot ger tredje gradens brännskador och enstaka omkomna upp till 300 m från förvaringstankarna.

När de olika konsekvenserna sorteras ut och kopplas till en sannolikhet visar det sig att det finns ett antal scenarier som ligger utanför det acceptabla området vid nuvarande utförande. Efter åtgärderna påkörningsskydd, kylning av tankar samt tidsstyrd lossning alternativt ej använd yta sjunker samhällsrisken till acceptabla nivåer om idrottshallen endast används av ett hundratal personer samtidigt. Dock visar känslighetsanalysen att anläggningen ligger över gränsen för att inte vara acceptabel ur risksynpunkt i fallet med att idrottshallen används av fler än ett hundratal personer samtidigt.

Individerisken för en enskild person som vistas inom området dygnet runt ligger i storleksordningen  $1,00E-6$  vilket ligger under det riktvärde som SRV (numera MSB) rekommenderar,  $1,00E-5$ .

Samhällsrisken ligger betydligt över de av Räddningsverket definierade gränsvärdena innan åtgärder vidtas. Efter det att åtgärder vidtagits har samhällsrisken sjunkit till acceptabla nivåer så länge idrottshallen används till färre än ett hundratal personer. Observera dock att de potentiella konsekvenserna av scenarierna 8 och 9 är att betrakta som mycket allvarliga även efter det att riskreducerande åtgärder har vidtagits.

De åtgärder som krävs för att risken ska anses acceptabel vid en anläggning som är dimensionerad för fler än ett par hundra personer är:

- Flyttning av lossningsplatsen till minst 70 meter från idrottshallen.
- Påkörningsskydd i form av, avbärräckan som i klass H2 enligt VV94-S2 minst två meter från anläggningsdel (tank och rör) som innehåller gasol.
- Kylning av tankar i form av vattensprinkler med torrör som kopplas till räddningstjänstens pumputrustning.
- Tidsstyrd lossning dvs lossning sker vid tidpunkter då det endast förväntas vistas ett fåtal personer inom planområdet. Denna tidkan vara lämpligtvis vara under förmiddagear då boende är vakna och personalen som sköter lossningen kan arbeta i dagsljus. Denna åtgärd minskar personrisken eftersom lossningen som är förknippad med de största riskerna sker när det inte är hög personbelastning i idrottshallen.

Ett alternativ till åtgärderna ovan är att dagens gasolhantering med lagring och lossning ersätts med en nedgrävd gasledning med lagring på en ur risksynpunkt bättre plats.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att den resulterande risken, under förutsättning att de riskreducerande åtgärder som föreslås i denna riskutredning vidtas alternativt att gashantering flyttas från området och matning sker med nedgrävd ledning, är att betrakta som acceptabel.

Detta innebär att den årliga individrisken för samtliga scenarier är lägre än den av SRV rekommenderade ( $1 \cdot 10^{-5}$ ). Notera att de potentiella konsekvenserna av scenarierna 8 och 9 är att betrakta som mycket allvarliga även efter det att riskreducerande åtgärder har vidtagits. Sannolikheten för dessa scenarier är dock mycket låg. Vid bedömning av det tillskott till den totala risken som en specifik skadehändelse representerar är det mycket viktigt att ha i åtanke att den samlade risken relaterad till dödsfall till följd av naturkatastrofer normalt uppskattas till i storleksordningen  $10^{-6}$ . Händelsefrekvensen för scenario 8 och 9 har bedömts vara i storleksordningen till  $10^{-7}$  till  $10^{-6}$ . Individrisken förknippad med dessa scenarier är således lägre än individrisken förknippad med naturkatastrofer.

## 13 Tabellförteckning

Tabell 1. Tillämpad analysmetodik.....	3
Tabell 2. Sannolikheter för antändning av gasol vid utsläpp beroende på utsläppets storlek. ....	7
Tabell 3. Identifierade representativa scenarier. Vid bedömning av representativa scenarier har hänsyn tagits till aktuella händelsefrekvenser.....	9
Tabell 4. Sannolikhetsklasser som har använts vid bedömning av sannolikheter. Denna klassindelning innebär att samtliga de scenarier som studeras i denna riskutredning tillhör klass 1 d.v.s. de är att betrakta som mycket osannolika.....	9
Tabell 5. Konsekvensklasser som har använts vid bedömning av konsekvenser.....	10
Tabell 6. Sammanställning av genomförda beräkningar.....	11
Tabell 7. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario jetflamma vid litet utsläpp i gasfas.....	12
Tabell 8. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario jetflamma vid stort utsläpp i gasfas.....	12
Tabell 9. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario jetflamma vid litet utsläpp i vätskefas.....	13
Tabell 10. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid litet utsläpp i gasfas.....	15
Tabell 11. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid stort utsl. i gasfas.....	15
Tabell 12. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid litet utsl. i vätskefas.....	15
Tabell 13. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol scenario gasmolnsexpl. vid stort utsl. i vätskefas.....	16
Tabell 14. Resultat av beräkningar m.a.p. BLEVE.....	17
Tabell 15. Sannolikhetsklasser som har använts vid bedömning av sannolikheter.....	18
Tabell 16. Indelning av studerade scenarier i sannolikhetsklasser.....	18
Tabell 17. Konsekvensklasser som har använts vid bedömning av konsekvenser.....	19
Tabell 18. Indelning av studerade scenarier i konsekvensklasser.....	19
Tabell 19. Föreslagna kriterier för acceptabel individ- respektive samhällsrisk, enligt SRV:s rapport P21-182/97, där N anger antal omkomna. Kriterier enligt ovan har utgjort referens vid bedömning av aktuella risker för planområdet. Med gråzon avses området mellan den övre och den undre linjen i Figur nedan. Detta område kallas ofta för ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Detta innebär att risker som ligger inom detta område ska reduceras så långt det är praktiskt genomförbart och ekonomiskt försvarbart.....	20
Tabell 20. Förslag till riskreducerande åtgärder.....	24
Tabell 21. Kvalitativ analys av de osäkerheter som är aktuella för de beräkningar som redovisas i denna rapport samt hur dessa osäkerheter har behandlats.....	29
Tabell 22. Påverkan av frekvensen för BLEVE och gasmolnsexplosion m.a.p. utsläppens storlek.....	30
Tabell 23. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p utsläppens storlek.....	30
Tabell 24. Påverkan av frekvensen för BLEVE och gasmolnsexplosion m.a.p utsläppens storlek.....	30
Tabell 25. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p utsläppens storlek.....	30
Tabell 26. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p utsläppens storlek.....	31
Tabell 27. Påverkan av frekvensen för 100 döda m.a.p utsläppens storlek.....	31
Tabell 28. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid flänsläckage.....	49
Tabell 29. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid flänsläckage.....	49
Tabell 30. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid hål i tanken, 10 mm, i gasfas. .	49
Tabell 31. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid hål i tanken, 10 mm, i gasfas. .	50
Tabell 32. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp blandas fas.....	50

Tabell 33. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp blandad fas.....	50
Tabell 34. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp vätskefas.....	51
Tabell 35. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp vätskefas.....	51
Tabell 36. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp vätskefas.....	52
Tabell 37. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp vätskefas.....	52
Tabell 38. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i blandad fas.....	53
Tabell 39. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i blandad fas.....	53
Tabell 40. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i vätskefas.....	54
Tabell 41. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i vätskefas.....	54
Tabell 42. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.....	55
Tabell 43. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.....	55
Tabell 44. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.....	56
Tabell 45. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.....	56
Tabell 46. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.....	57
Tabell 47. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.....	57
Tabell 48. Resultat av beräkningar m.a.p. BLEVE.....	57

## 14 Figurförteckning

Figur 1. Skiss visande planområde Iföstrand, grönmarkerade ytor utgör förslag på planområde.	4
Figur 2. Sannolikhetsträd för läckage och antändning av gasol i samband med lagring/lossning litet utsläpp i gasfas.	8
Figur 3. Skadeområde vid scenariot jetflamma vid förvaringstanken.	13
Figur 4. Skadeområde vid scenariot jetflamma vid lossningsplatsen.	14
Figur 5. Skadeområde vid antändning av gasmoln vid olika utsläppsscenarioer vid lossningsplatsen.	16
Figur 6. Skadeområde vid BLEVE av största tanken vid lagringsplatsen.	17
Figur 7. FN-diagram visande undre respektive övre gräns för samhällsrisk som, under vidtagande av rimliga riskreducerande åtgärder, är att betrakta som acceptabel enligt SRV:s rapport P21-182/97. Detta område kallas ofta för ALARP (As Low As Reasonably Practicable). Detta innebär att risker som ligger inom detta område ska reduceras så långt det är praktiskt genomförbart och ekonomiskt försvarbart. Risker som ligger över den övre gränsen är inte acceptabla. Det rödmarkerade området i FN-diagrammet anger inom vilket område de studerade scenarierna hamnar. Vid bedömning av skadeutfall i form av antal döda motsvarar enstaka dödsfall (konsekvensklass 4) maximalt 10 dödsfall och flera dödsfall (konsekvensklass 5) maximalt 1000 dödsfall. Enligt FN-diagrammet hamnar således de scenarier som studeras i denna riskutredning ovan det s.k. ALARP-området.	21
Figur 8. Individriskkontur m.a.p. tredje gradens brännskador.	22
Figur 9. Det rödmarkerade området i FN-diagrammet anger inom vilket område de studerade scenarierna hamnar efter åtgärder i form av Påkörningsskydd, kylning av gasolcisterner/uppställningsplats för tankbil och en brandskyddad byggnad med utrymning 100 m från lossningsplatsen och parkering minst 70 meter från lossningsplatsen. Vid bedömning av skadeutfall i form av antal döda motsvarar enstaka dödsfall (konsekvensklass 4) maximalt 10 dödsfall och flera dödsfall (konsekvensklass 5) maximalt 100 dödsfall. Enligt FN-diagrammet hamnar således de scenarier som studeras i denna riskutredning inom det s.k. ALARP-området.	25
Figur 10. Det rödmarkerade området i FN-diagrammet anger inom vilket område de studerade scenarierna hamnar efter åtgärder i form av Påkörningsskydd och kylning av gasolcisterner/uppställningsplats för tankbil och en samlokalisering av lossningsplats och förvaring vid förvaringstankarna (flytt av lossningsplatsen). Vid bedömning av skadeutfall i form av antal döda motsvarar enstaka dödsfall (konsekvensklass 4) maximalt 10 dödsfall och flera dödsfall (konsekvensklass 5) maximalt 100 dödsfall. Enligt FN-diagrammet hamnar således de scenarier som studeras i denna riskutredning inom det s.k. ALARP-området.	26
Figur 11. Individriskkontur m.a.p. tredje gradens brännskador efter vidtagna åtgärder.	28
Riskmatris 1. Resultat av riskbedömning Matrisen visar det mest konservativa fallet med olycka vid lossningsplatsen. Grönmarkerade rutor anger de kombinationer av sannolikhet och konsekvens som är att betrakta som acceptabla. Resultaten visar att samtliga scenarier utom scenario 2 och 4 ligger inom det rödmarkerade området.	23
Riskmatris 2. Resultat av riskbedömning efter det att någon av de två kombinationerna av riskreducerande åtgärder enligt kapitel 9.1 vidtagits. De riskreducerande åtgärder som föreslås i kapitel 9 medför att konsekvenserna för scenario 4, 6 och 7 reduceras från mycket omfattande eller katastrofala (konsekvensklass 4 och 5) till mer påtagliga (konsekvensklass 2). De föreslagna riskreducerande åtgärderna innebär en reduktion av konsekvenserna för scenarier 8 och 9. Dock är konsekvenserna fortfarande att betrakta som allvarliga. Vidare har scenario 8 och 9 bedömts tillhöra sannolikhetsklass 1. De föreslagna riskreducerande åtgärderna medför dock en reduktion av sannolikheterna för dessa scenarierna. Observera att denna reduktion inte framgår av riskmatrisen.	27

## 15 Referenser

- **Väg- och transportforskningsinstitutet:** Vägtransporter med farligt gods – Farligt gods i vägtrafikolyckor, VTI Rapport 387:3, 1994.
- **Väg- och transportforskningsinstitutet:** Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transporter av farligt gods på väg och järnväg, VTI Rapport 387:4, 1994
- **Statens räddningsverk:** Värdering av risk – rapport P21-182/97, 1997.
- **Försvarets Forskningsanstalt:** Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker 3:e reviderade upplagan, 1998.
- **Andersson, B:** Introduktion till konsekvensberäkningar – Några förenklade typfall, Lund, 1992.

## **16 Bilaga 1 – Indata för beräkning i Gasol**

**Beräkning 1 Litet utsläpp av gasol, flänsläckage 10mm hål**

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål på rör/rörbrott/ventilläckage

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 10 mm

Hålets area : 0,00008 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 1500 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Utsläppt massa blir 900,54 kg

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50 %

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

**Beräkning 2g – Litet utsläpp av gasol i gasfas, 10mm hål i tanken**

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank i gasfasen

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 3,0 m

Längd : 15,0 m

Fyllnadsgrad : 80 %

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 10 mm

Hålets area : 0,00008 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 24834 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 43380,17 kg gasol  
men utsläppt massa blir 1710,00 kg  
eftersom utsläppet varar 24833,77 s

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

**Beräkning 2bl – Litet utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 10 mm hål i tanken**

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 3,0 m

Längd : 15,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 10 mm

Hålets area : 0,00008 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 24834 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 43380,17 kg gasol  
men utsläppt massa blir 14909,25 kg  
eftersom utsläppet varar 24833,77 s

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

**Beräkning 2v – Litet utsläpp av gasol, vätskefas 10 mm hål i tanken**

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank i vätskefas

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 3,0 m

Längd : 15,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 10 mm

Hålets area : 0,00008 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 24834 s

VÄTSKEPÖL:

Ingen invallning

Utsläppets varaktighet ändras till 24833,77 s  
eftersom massan i tanken endast är 43380,33 kg

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

**Beräkning 3g – Stort utsläpp av gasol, gasfas 50 mm hål i tanken**

INDATA

## LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C  
Kondensationstryck : 6,29 bar  
Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank i gasfasen

Cd-värde : 0,83

## TANKEN:

Form : cylindrisk  
Diameter : 3,0 m  
Längd : 15,0 m  
Fyllnadsgrad : 80%

## HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 50 mm  
Hålets area : 0,00196 m<sup>2</sup>  
Utsläppstid : 993 s

## OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej  
Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 43380,17 kg gasol  
men utsläppt massa blir 1710,00 kg  
eftersom utsläppet varar 993,35 s

## VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg  
Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%  
Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd  
Dag, mulet.

**Beräkning 3bl – Stort utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 50 mm hål i tanken**

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank nära vätskeytan

Cd-värde : 0,83

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 3,0 m

Längd : 15,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 50 mm

Hålets area : 0,00196 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 993 s

OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Tanken innehåller 43380,17 kg gasol  
men utsläppt massa blir 14909,25 kg  
eftersom utsläppet varar 993,35 s

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

**Beräkning 3v – Stort utsläpp av gasol, vätskefas 50 mm hål i tanken**

INDATA

**LAGRING:**

Lagringstemperatur : 15,0 °C  
 Kondensationstryck : 6,29 bar  
 Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål i tank i vätskefas

Cd-värde : 0,83

**TANKEN:**

Form : cylindrisk  
 Diameter : 3,0 m  
 Längd : 15,0 m  
 Fyllnadsgrad : 80%

**HÅLETS STORLEK:**

Hålets diameter : 50 mm  
 Hålets area : 0,00196 m<sup>2</sup>  
 Utsläppstid : 993 s

**VÄTSKEPÖL:**

Ingen invallning

Utsläppets varaktighet ändras till 993,35 s  
 eftersom massan i tanken endast är 43380,17 kg

**VÄDER:**

Luftrycket är 760 mmHg  
 Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%  
 Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd  
 Dag, mulet.

**Beräkning 5 – Rörläckage i vätskefas 1 mm hål**

INDATA

## LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål på rör/rörbrott/ventilläckage

## HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 1 mm

Hålets area : 0,00000 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 86400 s

## OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Utsläppt massa blir 518,71 kg

## VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

**Beräkning 6 – Rörläckage i vätskefas 5 mm hål**

INDATA

## LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål på rör/rörbrott/ventilläckage

## HÅLETS STORLEK:

Hålets diameter : 5 mm

Hålets area : 0,00002 m<sup>2</sup>

Utsläppstid : 86400 s

## OMGIVNING:

Vägg o dyl. nära : Nej

Uppsamling : Nej

Utsläppt massa blir 12967,82 kg

## VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

**Beräkning 7 – Rörläckage i vätskefas 10 mm hål****LAGRING:**

Lagringstemperatur : 15,0 °C  
Kondensationstryck : 6,29 bar  
Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Hål på rör/rörbrott/ventilläckage

**HÅLETS STORLEK:**

Hålets diameter : 10 mm  
Hålets area : 0,00008 m<sup>2</sup>  
Utsläppstid : 86400 s

**OMGIVNING:**

Vägg o dyl. nära : Nej  
Uppsamling : Nej

Utsläppt massa blir 51871,26 kg

**VÄDER:**

Luftrycket är 760 mmHg  
Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%  
Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd  
Dag, mulet.

**Beräkning 7 – BLEVE**

INDATA

LAGRING:

Lagringstemperatur : 15,0 °C

Kondensationstryck : 6,29 bar

Lagringstryck : 7,00 bar

Gasolen är kondenserad.

UTSLÄPPSTYP : Cd=

TANKEN:

Form : cylindrisk

Diameter : 3,0 m

Längd : 15,0 m

Fyllnadsgrad : 80%

TANKDATA:

Tankens vikt tom : 4000 kg

Designtryck : 7 bar

Bristningstryck : 2901324 bar

VÄDER:

Luftrycket är 760 mmHg

Temperaturen är 15 °C med en relativ luftfuktighet på 50%

Det blåste 3 m/s på 2 m's höjd

Dag, mulet.

## 17 Bilaga 2 – Utdata för beräkning i Gasol

### Beräkning 1 Litet utsläpp av gasol, flänsläckage 10mm hål

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	7,1 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	9,1 m
2:a gradens brännskador	11,1 m
1:a första gradens brännskador	14,1 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	4.0 m
2:a gradens brännskador	6.0 m
1:a första gradens brännskador	9.0 m

Tabell 28. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid flänsläckage.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet ej antänds direkt kommer det resultera i en gasmolnexplosion</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	11,1 m
2:a gradens brännskador	11,1 m
1:a första gradens brännskador	13,1 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	4,8 m
2:a gradens brännskador	4,8 m
1:a första gradens brännskador	4,8 m

Tabell 29. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid flänsläckage.

### Beräkning 2g – Litet utsläpp av gasol i gasfas, 10mm hål i tanken

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	4,6 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	5,6 m
2:a gradens brännskador	5,6 m
1:a första gradens brännskador	6,6 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	2,0 m
2:a gradens brännskador	2,5 m
1:a första gradens brännskador	3,00 m

Tabell 30. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid hål i tanken, 10 mm, i gasfas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet ej antänds direkt kommer det resultera i en gasmolnsexplosion</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	11 m
2:a gradens brännskador	11 m
1:a första gradens brännskador	11 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	0,2 m
2:a gradens brännskador	0,2 m
1:a första gradens brännskador	0,2 m

Tabell 31. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av gasol vid hål i tanken, 10 mm, i gasfas.

**Beräkning 2bl – Litet utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 10 mm hål i tanken**

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammas längd	7,1 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	9,1 m
2:a gradens brännskador	11,1 m
1:a första gradens brännskador	14,1 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	4.0 m
2:a gradens brännskador	6.0 m
1:a första gradens brännskador	9.0 m

Tabell 32. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp blandas fas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet ej antänds direkt kommer det resultera i en gasmolnsexplosion</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	37 m
2:a gradens brännskador	37 m
1:a första gradens brännskador	37 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	9 m
2:a gradens brännskador	9 m
1:a första gradens brännskador	9 m

Tabell 33. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp blandas fas.

**Beräkning 2v – Litet utsläpp av gasol, vätskefas 10 mm hål i tanken**

<b>UTDATA FRÅN Litet utsläpp av gasol, vätskefas 10 mm hål i tanken</b>	
<i>Utsläppet samlas i en pöl som antänds</i>	
Flammans höjd	10 m
Avst. från pölens centrum i vindriktningen i: 5.0 kW/m <sup>2</sup> i vindriktningen från pölens centrum 2.5 kW/m <sup>2</sup> i vindriktningen från pölens centrum	20,37 m 24,37 m
Avst. från pölens centrum mot vindriktningen: 5.0 kW/m <sup>2</sup> från pölens centrum 2.5 kW/m <sup>2</sup> mot vindriktningen från pölens centrum	8,37 m 12,37 m

Tabell 34. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp vätskefas.

<b>UTDATA FRÅN Litet utsläpp av gasol, vätskefas 10 mm hål i tanken</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till: 3:e gradens brännskador 2:a gradens brännskador 1:a första gradens brännskador	61 m 64 m 70 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till: 3:e gradens brännskador 2:a gradens brännskador 1:a första gradens brännskador	51 m 51 m 51 m

Tabell 35. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp vätskefas.

**Beräkning 3g – Stort utsläpp av gasol, gasfas 50 mm hål i tanken**

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	23,2m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	25,2 m
2:a gradens brännskador	27,2 m
1:a första gradens brännskador	31,2 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	6.0 m
2:a gradens brännskador	8.0 m
1:a första gradens brännskador	15.0 m

Tabell 36. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp vätskefas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet inte antänds direkt kommer det att resultera i en gasmolnsexplosion</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	60,0 m
2:a gradens brännskador	62,0 m
1:a första gradens brännskador	68,0 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	39 m
2:a gradens brännskador	39 m
1:a första gradens brännskador	41 m

Tabell 37. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp vätskefas.

**Beräkning 3bl – Stort utsläpp av gasol, blandad gas/vätska 50 mm hål i tanken**

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	35,3 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	46,3 m
2:a gradens brännskador	52,3 m
1:a första gradens brännskador	67,3 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	20.0 m
2:a gradens brännskador	28.0 m
1:a första gradens brännskador	45.0 m

Tabell 38. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i blandad fas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet inte antänds direkt kommer det att resultera i gasmolnsantändning</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	334 m
2:a gradens brännskador	334 m
1:a första gradens brännskador	338 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	55 m
2:a gradens brännskador	85 m
1:a första gradens brännskador	106 m

Tabell 39. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i blandad fas.

**Beräkning 3v – Stort utsläpp av gasol, vätskefas 50 mm hål i tanken**

<b>UTDATA FRÅN Stort utsläpp av gasol, vätskefas 50 mm hål i tanken</b>	
<i>Utsläppet samlas i en pöl som antänds</i>	
Flammans höjd	29,13 m
Avst. från pölens centrum i vindriktningen i: 5.0 kW/m <sup>2</sup> i vindriktningen från pölens centrum 2.5 kW/m <sup>2</sup> i vindriktningen från pölens centrum	46,85 m 56,85 m
Avst. från pölens centrum mot vindriktningen: 5.0 kW/m <sup>2</sup> från pölens centrum 2.5 kW/m <sup>2</sup> mot vindriktningen från pölens centrum	15,85 m 22,85 m

Tabell 40. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i vätskefas.

<b>UTDATA FRÅN Stort utsläpp av gasol, vätskefas 50 mm hål i tanken</b>	
<i>Om utsläppet inte antänds direkt kommer det att resultera i en gasmolnsantändning</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till: 3:e gradens brännskador 2:a gradens brännskador 1:a första gradens brännskador	385 m 416 m 500 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till: 3:e gradens brännskador 2:a gradens brännskador 1:a första gradens brännskador	340 m 340 m 334 m

Tabell 41. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av stort utsläpp i vätskefas.

**Beräkning 5 – Rörläckage i vätskefas 1 mm hål**

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	0,7 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	1,7 m
2:a gradens brännskador	1,7 m
1:a första gradens brännskador	2,7 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	1,0 m
2:a gradens brännskador	0 m
1:a första gradens brännskador	0 m

Tabell 42. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i gasmolnsantändning</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	5,2 m
2:a gradens brännskador	5,2 m
1:a första gradens brännskador	5,2 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	0 m
2:a gradens brännskador	0 m
1:a första gradens brännskador	0 m

Tabell 43. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.

**Beräkning 6 – Rörläckage i vätskefas 5 mm hål**

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	3,5 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	5,5 m
2:a gradens brännskador	5,5 m
1:a första gradens brännskador	7,5 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	2,0 m
2:a gradens brännskador	3,0 m
1:a första gradens brännskador	5,0 m

Tabell 44. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i gasmolnsantändning</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	11,1 m
2:a gradens brännskador	11,1 m
1:a första gradens brännskador	13,1 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	4,8 m
2:a gradens brännskador	4,8 m
1:a första gradens brännskador	4,8 m

Tabell 45. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.

**Beräkning 7 – Rörläckage i vätskefas 10 mm hål**

<b>UTDATA FRÅN JETFLAMMA</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en jetflamma</i>	
Jetflammans längd	7,1 m
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	9,1 m
2:a gradens brännskador	11,1 m
1:a första gradens brännskador	14,1 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	4,0 m
2:a gradens brännskador	6,0 m
1:a första gradens brännskador	9,0 m

Tabell 46. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.

<b>UTDATA FRÅN gasmolns antändning</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i gasmolnsantändning</i>	
Avst. från utsläppspunkten i jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	37 m
2:a gradens brännskador	37 m
1:a första gradens brännskador	37 m
Avst. från utsläppspunkten vinkelrätt mot jetriktningen till:	
3:e gradens brännskador	9,5 m
2:a gradens brännskador	9,5 m
1:a första gradens brännskador	9,5 m

Tabell 47. Resultat av beräkningar m.a.p. utsläpp av litet utsläpp i vätskefas.

**Beräkning 7 – BLEVE**

<b>UTDATA FRÅN BLEVE</b>	
<i>Om utsläppet antänds direkt kommer det att resultera i en BLEVE</i>	
Varaktighet	10,9 s
Höjd över marken	162 m
Avst. för:	
3:e gradens brännskador	182 m
2:a gradens brännskador	279 m
1:a första gradens brännskador	479 m

Tabell 48. Resultat av beräkningar m.a.p. BLEVE.