

# Risikanalyt Kv. Jungmannen

Kalmar kommun



Uppdragsgivare: LW Fastigheter  
Kontaktperson: Michael Lindebring  
Uppdragsnummer: 503044  
Datum: 2020-04-21  
Senast reviderad: 2021-11-18  
Handläggare: Lars Magnusson  
Kvalitetsgranskare: Rosie Kvål

## Dokumentinformation

Handläggare:



Lars Magnusson

Kvalitetsgranskare:



Rosie Kvål

## Revideringar

Rev	Rev avser	Sign	Kontr	Datum
1	Justeringar efter samråd	LMN	RKL	2021-03-26
2	Justering	LMN	RKL	2021-10-13
3	Justering	LMN	RKL	2021-11-18

Senaste revidering är markerad i högermarginal. |

Process Safety Group Sweden AB  
Stationsgatan 5, Kalmar  
Tel: 040 - 47 18 80  
www.psgroup.se  
Org.Nr: 556858-7512

## Innehåll

<b>Sammanfattning</b>	<b>5</b>
<b>1 Inledning</b>	<b>7</b>
1.1 Uppdragsbeskrivning	7
1.2 Allmänt om riskhantering	7
1.3 Syfte och mål	7
1.4 Omfattning och avgränsningar	7
1.5 Tillgängligt underlag	8
1.6 Metodik	8
<b>2 Förutsättningar</b>	<b>10</b>
2.1 Områdesbeskrivning	10
2.2 Riskobjekt	12
<b>3 Riskhanteringsavstånd</b>	<b>13</b>
3.1 Steg 1. Jämförelse med schabloniserade riskhanteringsavstånd	15
3.2 Steg 2. Verksamhetsanpassade riskhanteringsavstånd	17
3.3 Scenarier att beakta i den fortsatta riskbedömningen	24
<b>4 Riskanalys</b>	<b>27</b>
4.1 Scenarier	27
4.2 Samhällsrisk och individrisk	27
4.3 Riskbedömning	28
4.4 Övriga risker	39
4.5 Resultat	43
4.6 Samhällsrisk och individrisk	44
<b>5 Överlagrad risk och dominoeffekter</b>	<b>45</b>
5.1 Överlagrad risk	45
5.2 Dominoeffekter	45
<b>6 Värdering av risk, osäkerheter och bedömning av åtgärdsbehov</b>	<b>52</b>
6.1 Värdering av risk	52
6.2 Osäkerheter	54
<b>7 Åtgärder</b>	<b>55</b>
7.1 Byggnadstekniska åtgärder	55
7.2 Beredskap	55
7.3 Information till allmänheten	55
<b>8 Risknivå efter åtgärder</b>	<b>56</b>
8.1 Riskmatris	56
8.2 Riskhanteringsavstånd	57
8.3 Samhällsrisk och individrisk	58
<b>9 Slutsats</b>	<b>59</b>
<b>10 Referenser</b>	<b>62</b>
<b>Bilaga 1 – Olyckor med ammoniumnitrat</b>	<b>65</b>
<b>Bilaga 2 – Spridning av nitrösa gaser</b>	<b>68</b>
<b>Bilaga 3 – Konsekvensberäkningar cisternbrand</b>	<b>79</b>
<b>Bilaga 4 - Vindros</b>	<b>87</b>
<b>Bilaga 5 – BLEVE</b>	<b>88</b>
<b>Bilaga 6 – Jämförelse med andra detaljplaner intill riskobjekt</b>	<b>90</b>

<b>Bilaga 7 – Fördröjd antändning gasol</b>	<b>93</b>
<b>Bilaga 8 – Känslighetsanalys</b>	<b>94</b>
<b>Bilaga 9 - Explosionsberäkningar</b>	

## Sammanfattning

PS Group har på uppdrag av LW Fastigheter upprättat en riskanalys för ny detaljplan för Kv. Jungmannen. Syftet med rapporten är att utgöra ett underlag för den fortsatta planprocessen i kommunen.

Fastigheten som ingår i detaljplanen är placerad i närheten av Tjärhovet som är ett område med flera verksamheter som hanterar farliga ämnen. Risker med denna hantering har utretts för att ge en bild av hur dessa påverkar planändringarna.

Följande riskobjekt finns på området eller i dess direkta närhet:

- Cisterner för brandfarlig vätska och ammoniaklösning
- Cistern för brandfarlig gas
- Upplag av brännbart material (flis, massaved etc.)
- Lagring och hantering av ammoniumnitrat (konstgödsel)
- Båtmack
- Farligtgoodsled

De händelser på Tjärhovet som utretts mer detaljerat är:

- Brand i cistern eller invallning som ger påverkan med brandgaser
- Explosion i konstgödsel
- Brand i konstgödsel
- Gasolutsläpp med fördröjd antändning

Scenarier som ger spridning av brandgaser eller brandgaser tillsammans med nitrösa gaser kommer att orsaka påverkan på ett stort område inom Kalmar tätort. Det är dock ett olycksförlopp som utvecklas över en längre tid vilket innebär att personer kommer ha möjlighet att sätta sig i säkerhet inomhus. Förhärskande (vanligaste) vindriktning är ut mot Kalmarsund. Allvarliga skador eller dödsfall förväntas ej vid dessa händelser.

Riskhanteringsavstånd enligt MSB (2017) sträcker sig inte till detaljplaneområdet. Scenarier som kan ge allvarlig skada eller dödsfall på personer i detaljplaneområdet har så låg sannolikhet att de inte är dimensionerande för riskhanteringsavståndet. Eftersom kraftig vind kan ge större påverkan vid spridning av nitrösa gaser, samt att en explosion på Tjärhovet kan ge stora konsekvenser har, trots att riskhanteringsavståndet inte når detaljplaneområdet, åtgärder föreslagits som minskar konsekvens av dessa scenarier. Även möjliga dominoeffekter med spridning av olycksscenarier mellan verksamheterna indikerar åtgärdsbehov.

### Åtgärder som rekommenderas är:

- **Ventilation:** Vid detektering av brandrök stängs ventilationssystemet av automatiskt. Alternativt sker omkoppling till reducerat friskluftintag. Ventilationsintag utförs i riktning från Tjärhovet/Barlastholmen.
- **Fönster:** Fönster i riktning mot Tjärhovet utförs laminerade för att begränsa splitterrisk i samband med explosion.

Ytterligare åtgärd som ökar säkerhetsnivån är att vid nybyggnation utföra byggnads stomme så att risk för byggnadskollaps till följd av explosion på Tjärhovet begränsas. Exempel är att utföra stomme så att den inte resulterar i fortskridande ras vid infallande tryck 64 kPa och impulstäthet 5,4 kPas, d.v.s. vid explosion i 300 ton ammoniumnitrat. Då detta kan påverka byggnadsmetod och möjlig utformning av byggnad bör en avvägning av nytta med åtgärden i förhållande till de begränsningar de innebär för byggnadskonstruktion utföras. Ett scenario med explosion av ammoniumnitrat är inte att betrakta som ett dimensionerande scenario och åtgärder för att begränsa konsekvenserna av scenariot bör därför endast vidtas om kostnaderna bedöms rimliga. Åtgärder för att erhålla en stomme som inte raseras vid explosion bör därför endast föreskrivas om goda förutsättningar finns att utföra sådan åtgärd. Exempelvis kan det vara befogat vid nybyggnation men inte vid en om- eller tillbyggnation på befintlig byggnad.

De dimensionerande scenarierna ger inte konsekvenser i form av allvarligt skadade eller dödsfall inom planområdet. Detta innebär att det finns expansionsmöjligheter för de kemikaliehanterande verksamheterna under förutsättning att det sker med ämnen/hantering som innebär motsvarande omgivningsrisker som i nuläget.

Byggnation enligt detaljplanens förslag innebär att fler personer befinner sig närmare riskkällan. De åtgärder som vidtas medför att risknivån för personerna inom detaljplaneområdet inte bedöms signifikant högre än för övriga personer på Kvarnholmen.

De riskreducerande åtgärder som föreslagits i denna analys innebär inte att risken för scenarier som kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall inom planområdet är eliminerad. Det finns olycksscenarier som kan ge stora konsekvenser för planområdet. Det föreligger även risk för dominopåverkan mellan verksamheter på Tjärhovet. Dessa händelser har dock tillräckligt låg sannolikhet för att de ska kunna betraktas som en tolerabel risk, vilket även bekräftas av resultatet av samhällsrisik och individriskberäkningar.

## **1** *Inledning*

### **1.1 Uppdragsbeskrivning**

PS Group har på uppdrag av LW Fastigheter upprättat en riskanalys i samband med ny detaljplan för Kv. Jungmannen, Kalmar kommun. Analysen är upprättad av civilingenjör i riskhantering/brandingenjör Lars Magnusson och kvalitetsgranskad av civilingenjör Rosie Kvål.

### **1.2 Allmänt om riskhantering**

Risk definieras av Kaplan och Garrick (1981) som en triplett vilken besvarar frågorna:

- Vad kan hända?
- Hur sannolikt är det?
- Om det inträffar, vad blir konsekvenserna?

Riskhantering innebär att en anläggning/process granskas för att identifiera de risker som finns i hanteringen och en värdering av dessa görs. Med ledning av resultatet föreslås vid behov riskreducerande åtgärder.

### **1.3 Syfte och mål**

Syftet med rapporten är att kunna lämna ett underlag för den fortsatta planprocessen i kommunen.

### **1.4 Omfattning och avgränsningar**

Riskanalysen innehåller en beskrivning av möjliga scenarier för sådana olyckor som skulle kunna medföra allvarliga skador på människor i det studerade detaljplaneområdet. Ingen hänsyn tas till skador på egendom, miljö eller personal inom industriområdet.

I utredningen har ingen hänsyn tagits till avsiktlig skadegörelse (sabotage).

Utförande av riskanalyser enligt detaljplaner i Kalmar kommun regleras i "Riskhanteringsmodell för nybyggnationer och etableringar i Kalmar kommun", Samhällsbyggnadsnämnden, Dnr 2006-102. Modellen bygger på riskvärdering enligt SRV (2002). I samband med denna detaljplan har även krav ställts på att utföra riskanalys enligt MSB (2017). I rapporten beskrivs hur riskhantering inom samhällsplanering kan ske genom att utgå från riskhanteringsavstånd.

Riskanalys för området precis intill det aktuella planområdet finns tidigare upprättad i samband med ny detaljplan för universitet på Ölandskajen/Barlastholmen, Riskanalys (2013). Denna, tillsammans med verksamheternas egna riskanalyser, används för att beskriva risknivån i området och dra slutsatser om lämpliga åtgärder. Vid behov utförs kompletterande konsekvensberäkningar.

## 1.5 Tillgängligt underlag

- Riskanalys för universitet, resecentrum, restauranger och hotell vid Ölandskajen/Barlastholmen, Kalmar kommun, 2013-05-13, Brand & Riskanalys.
- Idéskiss av Arkitektbolaget, 2017-03-01
- Säkerhetsrapport Circle K, 2016-05-31
- Riskutredning Nynas AB, 2015-10-30
- Riskanalys Stena Recycling AB, 2014-02-10
- Riskbedömning Sevesoklassad handelsgödsel och gasol, Swedish Agro, oktober 2016
- Riskbedömning farlig verksamhet, Swedish Agro, oktober 2016
- Säkerhetsrapport Brenntag Nordic, 2016-05-25
- Kommunens plan för räddningsinsats (Circle K, Brenntag Nordic, Stena Recycling, Nynas och Swedish Agro), Kalmar brandkår 2015-09-02
- Riskutredning Kalmar hamn, Fartygslossning oljehamnen, 2018-11-01.

## 1.6 Metodik

I denna riskanalys har en redovisning av risk gjorts utifrån tre olika metoder. I grunden är en metodik enligt MSB (2017) utförd. Sannolikhet och konsekvens för identifierade scenarier är beskrivet/beräknat. Riskhanteringsavstånd bygger på ett antal dimensionerande skadehändelser. Kriterier i beräkningarna är allvarligt skadade respektive dödsfall.

Traditionellt hanteras riskhantering i samband med detaljplaner genom att beräkna/uppskatta sannolikhet/frekvens för möjliga scenarier samt beräkna konsekvenser. Detta redovisas i form av samhällsrisk och/eller individrisk. Det är utifrån samhällsrisk och individrisk som det finns en praxis avseende vad som är en tolerabel risknivå, SRV (2002).

I metoderna används olika definitioner på gränsvärden för att utvärdera konsekvenser för personer som utsätts för skadligt ämne, tryckpåverkan eller värmestrålning. Enligt MSB (2017) används följande kriterier:

**Värmestrålning:** Livshotande skador kan uppstå om personer utsätts för utsätts för 10 kW/m<sup>2</sup> värmestrålning i 60 sekunder. Motsvarande kriterie för skada är 5 kW/m<sup>2</sup> om innebär 2:a gradens brännskada vid 60 sekunders påverkan.

**Tryck:** Tryckpåverkan antas ge dödsfall vid 94 kPa och skador vid 6 kPa.

**Giftig gas:** Toxisk exponering av gas antas orsaka skada vid AEGL-2 och dödsfall vid AEGL-3.

**Förklaring AEGL (Acute Exposure Guideline Levels):**

**AEGL 2:** AEGL-2 är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga

individer, kan få irreversibla eller andra allvarliga och långvariga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen.

**AEGL 3:** AEGL-3 är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer, kan drabbas av livshotande hälsoeffekter eller död.

Vid beräkning av samhällsrisk och individrisk används istället kriterier som är representativt för en genomsnittsperson. Detta för att risknivån ska baseras på ett medelvärde. För personer som utsätts för toxisk exponering används ett LC<sub>50</sub>-värde som innebär att 50 % av en utsatt population omkommer.

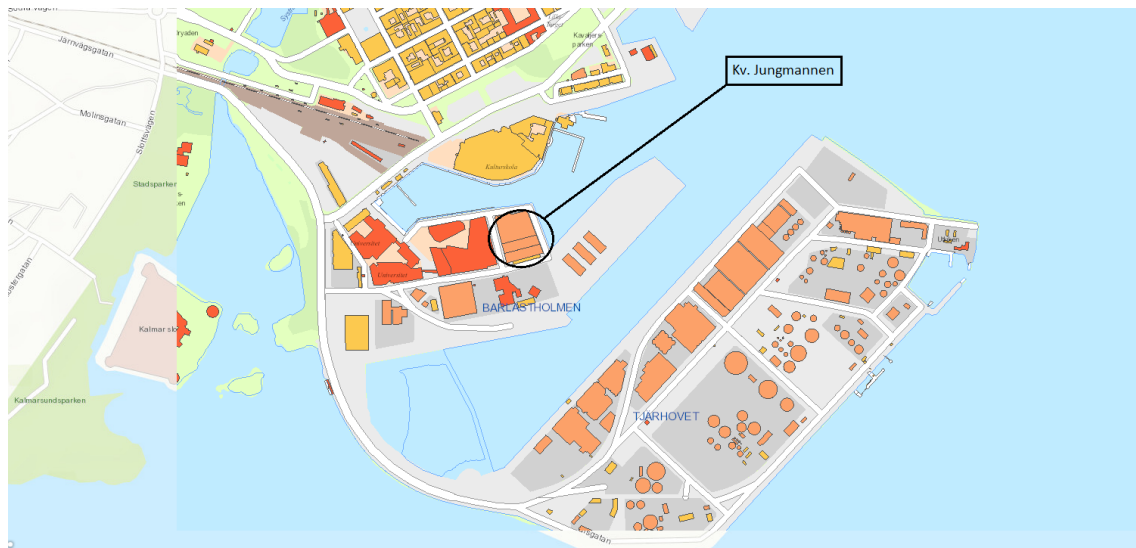
## 2 Förutsättningar

I detta kapitel anges de förutsättningar som ligger till grund för utredningen.

### 2.1 Områdesbeskrivning

Risikanalyser berör Kv. Jungmannen i närheten av Tjärhovet, Kalmar hamn och Tjärhovsgatan.

Fastigheten är markerad i figur nedan.



**Figur 2.1, Figuren visar en översiktbild av aktuell fastighet och dess närområde. Kartbild från samhällsbyggnadskontoret, Kalmar.**

På Kv. Jungmannen planeras för hotell, kontor och parkeringsgarage. Cirka 150 hotellrum samt 8000 m<sup>2</sup> kontorsyta. Detta innebär att det maximalt kan vistas cirka 800 personer i fastigheten.

Byggnadshöjd för kontor mellan 21 och 25 meter. Byggnadshöjd för hotell cirka 50 meter.

Avstånd mellan Kv. Jungmannen och Tjärhovet är cirka 220 meter. Avstånd till närmsta cistern för brandfarlig vätska är 360 meter. Avstånd till gasolcistern på Tjärhovet är 340 m. Avstånd till lagring av konstgödsel (ammoniumnitrat) är cirka 300 meter.

Avstånd mellan Tjärhovsgatan och fastigheten är 300 meter.



Figur 2.2, Kv. Jungmannen är beläget inom den röda cirkeln, direkt öster om Linnéuniversitetet. Illustration, Atrio Arkitekter.



Figur 2.3, Kv. Jungmannen till vänster i figuren. Illustration, Atrio Arkitekter.

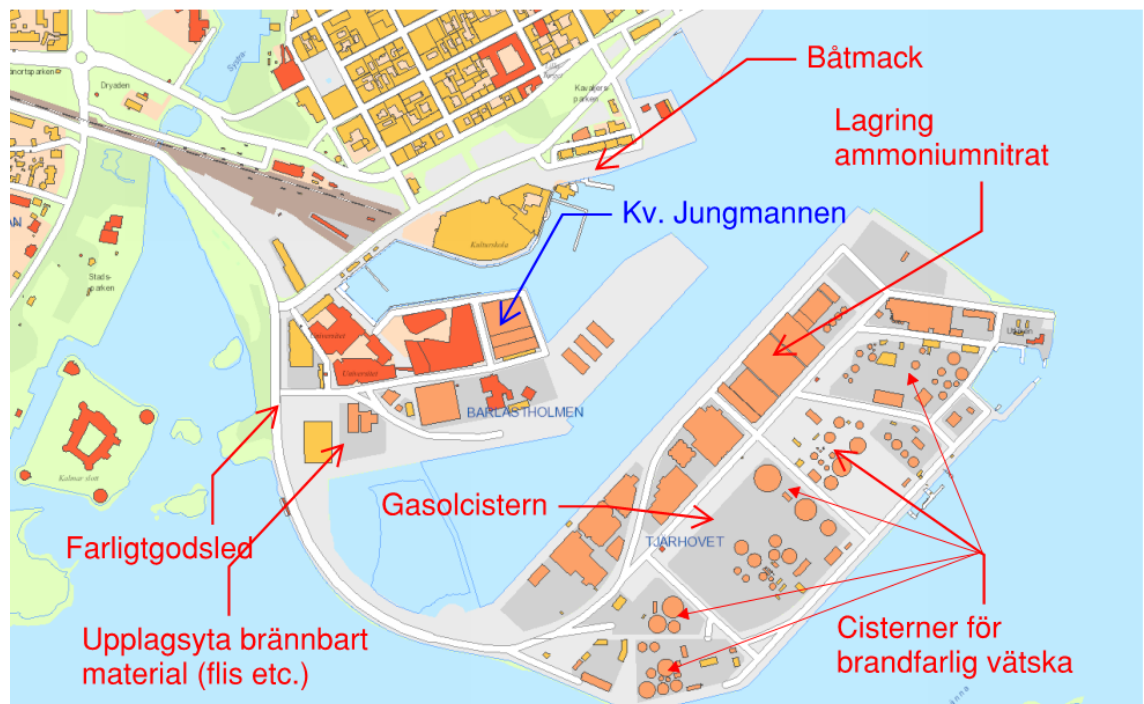
## 2.2 Riskobjekt

Hantering av farliga kemikalier är koncentrerad till Tjärhovet. Där finns bland annat ett flertal depåer med cisterner för brandfarlig vätska. Huvudsaklig verksamhet är att vätskor transporteras till depåerna via fartyg. Vätskorna mellanlagras i cisterner. Från dessa lastas godset på tankbilar för fortsatt transport på väg.

Följande riskobjekt finns på området eller i dess direkta närhet:

- Cisterner för brandfarlig vätska och ammoniaklösning
- Cistern för brandfarlig gas
- Upplag av brännbart material (flis, massaved etc.)
- Lagring och hantering av ammoniumnitrat (konstgödsel)
- Båtmack
- Farligtgodsled
- Kalmar hamn

Kalmar hamn har tillstånd att hantera 2 500 000 ton flytande petroleumprodukter och andra kemiska produkter inklusive flytande avfall.



Figur 2.4 Riskobjekt i närheten av Kv. Jungmannen. Kartbild från samhällsbyggnadskontoret, Kalmar.

### 3 Riskhanteringsavstånd

I MSB (2017) beskrivs en riskhanteringsmetodik som kan användas i samband med nya detaljplaner i närheten av storskalig kemikaliehantering.

I detta kapitel ges en beskrivning av denna metodik och riskbedömning enligt metodiken utförs.

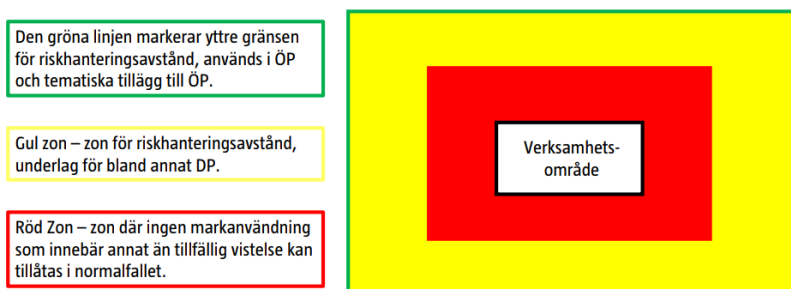
I MSB (2017) finns ett antal schablonavstånd redovisade som inledningsvis kan användas för att ge en uppfattning om de närliggande riskobjekten behöver beaktas eller ej. Dessa avstånd bygger på mycket konservativa bedömningar och beräkningar av de värsta scenarierna som skulle kunna uppstå vid hantering av en viss mängd av ett ämne. Dessa avstånd är främst avsedda för kommuners översiktsplanering vid placering av nya verksamheter med hantering av farliga ämnen.

Med begreppet riskhanteringsavstånd avses ett avstånd inom vilket en olycka kan orsaka dödsfall eller allvarlig skada på personer.

Analysen resulterar i ett antal zoner med olika risknivåer. Zonerna utgår från verksamhetsområdet, d.v.s. det område där hantering av farliga kemikalier sker. Detta är vanligtvis verksamhetens fastighet.

- Röd zon: Närmast kring verksamhetsområdet finns en zon där risken för dödsfall är så stor att det inte bör etableras någon annan verksamhet eller bebyggelse där människor vistas under längre tid.
- Gul zon: Kring den röda zonen finns ett område där risk för dödsfall eller allvarlig skada är så stor att den måste beaktas. I detta område bör inte verksamheter eller bebyggelse etableras om inte fördjupade analyser av risker och en bedömning av behov av riskreducerande åtgärder genomförs.

Utanför den gula zonen är risken låg.



**Figur 9.** Illustration över riskhanteringsavståndet och tänkt användning för brandfarliga gaser, brandfarliga vätskor och oxiderande ämnen. Den gröna linjen bygger på överslagsberäknad konsekvens för skada på människor och bortanför denna gräns kan etablering av annan verksamhet normalt vara möjlig. En planeringssituation inom den gula zonen innebär att man befinner sig inom riskhanteringsavståndet vilket kräver vidare analyser för att avgöra möjligheten för fortsatt planering. Den röda zonen är normalt olämplig att använda för markanvändning som innebär stadigvarande vistelse i området.

**Figur 3.1.** Denna bild är hämtad från MSB (2017) och förtydligar vad som menas med de olika riskhanteringsavstånden för brandfarliga gaser, brandfarliga vätskor och oxiderande ämnen.



**Figur 10.** Illustration som visar schabloniserade riskhanteringsavstånd som angetts som "större än", vilket illustreras med en sneidstreckad röd zon från fastighetsgräns. Det gäller för explosiva varor, giftiga gaser, giftiga ämnen och frätande ämnen. I dessa fall bör risken för dödsfall och skada beaktas till angivet riskhanteringsavstånd. För dessa planeringsfall är det särskilt relevant att ta fram ett verksamhetsanpassat riskhanteringsavstånd.

**Figur 3.2.** Denna bild är hämtad från MSB (2017) och förtydligar vad som menas med de olika riskhanteringsavstånden för explosiva varor, giftiga gaser, giftiga ämnen och frätande ämnen.

Utifrån de framtagna riskhanteringsavstånden görs en bedömning av om detaljplanens område är belägen inom rött eller gult område, alternativt utanför dessa områden.

Riskbedömningen utförs i tre steg som förklaras nedan.

**Steg 1. Jämförelse med schabloniserade riskhanteringsavstånd:** Detta steg görs främst som en övergripande kontroll av verkliga avstånd i förhållande till de schabloner som redovisas för riskhanteringsavstånd. Avstånden är tänkta att användas vid översiktsplanering. Eftersom det är befintliga verksamheter som hanterar farliga kemikalier bör istället verksamhetsanpassade riskhanteringsavstånd användas.

**Steg 2. Framtagande av verksamhetsanpassat och förmågeanpassat riskhanteringsavstånd:** I det verksamhetsanpassade riskhanteringsavståndet beaktas anläggningsspecifika parametrar såsom mängder, processer, koncentration, lagringssätt samt förutsättningar för utsläpp och eventuellt beaktande av skyddsbarriärer.

Förmågeanpassat riskhanteringsavstånd innebär ytterligare en nivå i form av anpassning till de lokala förhållandena. Här tar man även hänsyn till den förmåga och resurser som finns för räddningstjänsten eller verksamhetens egna resurser att bryta ett händelseförlopp.

Detta utförs genom att studera verksamhetsutövarnas riskanalyser enligt Lag om skydd mot olyckor, Lag om brandfarlig och explosiv vara samt Sevesolagstiftningen. Dessa riskanalyser resulterar sällan i ett riskhanteringsavstånd i den bemärkelsen som anges i denna vägledning, men utgör det bästa tillgängliga underlaget för att avgöra om de identifierade scenarierna kan ge påverkan (dödsfall eller allvarliga skador) på det studerade området. Studie görs även av kommunal plan för räddningsinsats och kommunalt handlingsprogram enligt LSO etc.

**Steg 3. Verifiering:** För de scenarier planområdet är inom riskhanteringsavståndet eller då riskhanteringsavståndet inte kan fastställas görs en mer detaljerad riskbedömning.

### 3.1 Steg 1. Jämförelse med schabloniserade riskhanteringsavstånd

En jämförelse med de redovisade riskhanteringsavstånden enligt MSB (2017) har utförts. Detta sammanfattas nedan.

#### 3.1.1 Brandfarlig vätska

De verksamheter som hanterar brandfarlig vätska i större omfattning är

- Circle K
- Brenntag Nordic
- Stena Recy
- Nynas

Den största cisternen för brandfarlig vätska med flampunkt under 30 °C, d.v.s. lättantändlig vätska, på Tjärhovet ligger på Circle K:s depå och innehåller bensen. Denna används som dimensionerande för avståndet.

Cisternvolym är 14112 m<sup>3</sup> bensen. Det motsvarar 10 584 000 kg = 10 584 ton (densitet 750 kg/m<sup>3</sup>).

Schabloniserat riskhanteringsavstånd: Volym: 7500 ton, avstånd: 500 - 2000 meter.

Schabloniserat riskhanteringsavstånd: Volym: 20 000 ton, avstånd: 750 - 2000 meter.

Verkligt avstånd: 370 meter

Slutsats: Det verkliga avståndet understiger därmed det schabloniserade riskhanteringsavståndet. Därmed utförs vidare utredning enligt steg 2, verksamhetsanpassat riskhanteringsavstånd.

#### 3.1.2 Brandfarlig gas

På Swedish Agro finns en cistern med gasol. Cisternen innehåller 38 ton gasol, d.v.s. 90 m<sup>3</sup>.

Schabloniserat riskhanteringsavstånd: Mängd 25 ton: 250 m för dödsfall och 500 m för skada.

Schabloniserat riskhanteringsavstånd: Mängd 50 ton: 250 meter för dödsfall och 750 meter för skada.

Verkligt avstånd: 350 meter

Slutsats: Det verkliga avståndet understiger därmed det schabloniserade riskhanteringsavståndet för skada. Därmed utförs vidare utredning enligt steg 2, verksamhetsanpassat riskhanteringsavstånd.

### 3.1.3 Oxiderande ämne

Det finns tillstånd för 2500 ton ammoniumnitrat på Swedish Agro.

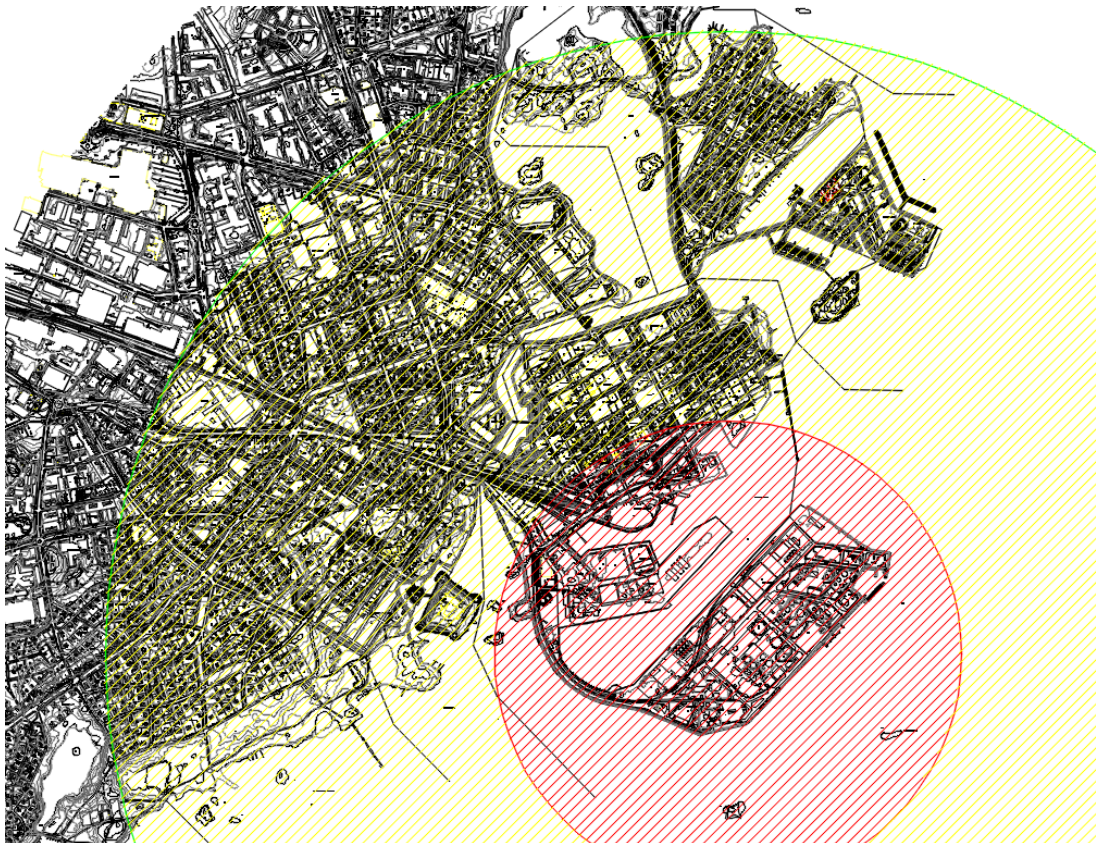
Schabloniserat riskhanteringsavstånd: Mängd: 350 ton, 250 m för dödsfall och 1000 m för skada.

Verkligt avstånd: 300 meter

Slutsats: Det förvaras således betydligt större mängder än vad schablonavståndet är beräknat för. Det verkliga avståndet understiger därmed det schabloniserade riskhanteringsavståndet för skada. Därmed utförs vidare utredning enligt steg 2, verksamhetsanpassat riskhanteringsavstånd.

### 3.1.4 Kartbild schabloniserade riskhanteringsavstånd

I figuren nedan visas de längsta schabloniserade riskhanteringsavstånd enligt ovan. Det röda området sträcker sig 750 meter från den största cisternen med brandfarlig vätska på Tjärhovet. Det gula området sträcker sig 2000 meter från samma cistern.



Figur 3.3. Schabloniserade riskhanteringsavstånd.

### 3.2 Steg 2. Verksamhetsanpassade riskhanteringsavstånd

I detta steg redovisas varje verksamhets risker och utförda riskbedömning. Riskbedömning utförs normalt genom att fastställa en sannolikhet och konsekvens för de riskscenarier som identifierats. Nedan redovisas den skala och kriterier som har använts i verksamheternas riskanalyser och som därför även används i denna riskanalys.

Kriterier för att uppskatta sannolikhet och konsekvens är hämtade från Kemikontorets publikation Riskhantering 3 (2001).

#### H = Konsekvenser för människors liv och hälsa

Konsekvensen för människors liv och hälsa delas in i fem allvarlighetssteg enligt nedan.

- |                  |  |
|------------------|--|
| 1. Små.          | Övergående, lindriga obehag.           |
| 2. Lindriga.     | Enstaka skadade, varaktiga obehag.     |
| 3. Stora.        | Enstaka svårt skadade, svåra obehag.   |
| 4. Mycket stora. | Enstaka dödsfall, flera svårt skadade. |
| 5. Katastrofala. | Flera dödsfall, 10-tals svårt skadade. |

#### S = Sannolikhet

Sannolikheten delas in i fem olika frekvenser enligt nedan.

- |                       |                              |
|-----------------------|------------------------------|
| 1. Liten sannolikhet. | Mindre än 1 gång per 1000 år |
| 2.                    | 1 gång per 100-1000 år       |
| 3. Sannolik.          | 1 gång per 10-100 år         |
| 4.                    | 1 gång per 1-10 år           |
| 5. Mycket sannolik.   | Mer än 1 gång per år         |

#### 3.2.1 Brandfarlig vätska

Studie av respektive anläggnings riskanalyser har utförts för att undersöka om de identifierade scenarierna kan ge konsekvensområden som påverkar det studerade planområdet med allvarliga skador eller dödsfall.

### 3.2.1.1 Circle K

I säkerhetsrapporten för Circle K finns beskrivning av de scenarier som kan orsaka allvarlig kemikalieolycka. Dessa är sammanställda nedan.

Scenario 1	
Beskrivning	Mycket stort utsläpp, BF-klass 1: I detta scenario sker ett utsläpp av bensin från cistern. Detta samlas upp i invallningen kring cisternen.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 1000 år.
Konsekvens	Konsekvens för människor är bedömd till 3, d.v.s. svåra obehag, enstaka skadade.
Slutsats	Därmed innebär detta scenario ingen stor risk för personer inom aktuellt planområde.
Scenario 2	
Beskrivning	Brand i cistern BF-klass 1: Utsläpp till invallningen. Leder till brand. Person i invallning skadas allvarligt.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 1000 år.
Konsekvens	Konsekvens är bedömd till 3, d.v.s. svåra obehag, enstaka svårt skadad. Omgivningen påverkas av giftiga rökgaser. De närboende varnas via radio och TV.
Slutsats	Scenariot innebär inte stor sannolikhet för allvarlig skada eller dödsfall för personer inom aktuellt planområde. Dock kan ett stort område utsättas för brandgaser.
Scenario 3	
Beskrivning	Explosion i BF-klass 1: Explosion till följd av överfyllning av cistern. Ett gasmoln sprids utanför depåområdet. Antänds av en bil som passerar.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 1000 år.
Konsekvens	<p>Konsekvens för skada på människa är 5 (10-tals svårt skadade samt dödsfall). Påverkan sker på personer på depåområdet samt i närområdet.</p> <p>Simulering av händelseförloppet är utförd med följande förutsättningar:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>○ Utrunnen bensinvoly: 50 m<sup>3</sup></li> <li>○ Gasmolnet antänds efter 6 minuter.</li> <li>○ Vindhastighet: 1 m/s.</li> </ul> <p>Beräkningen resulterar i ett område med gräns för allvarlig skada (tryckvåg över 3,5 psi) som sträcker sig 150 meter från invallningen.</p> <p>Område med tryckvåg som överskrider 1 psi sträcker sig upp till 210 meter. Detta används som gränsvärde för risk för att fönster spricker och kan ge skador i form av glassplitter.</p> <p>Moln med brännbar gas kan spridas med koncentration 60 % av LEL upp till 160 meter från invallningen. Spridning kan därmed ske till de intilliggande anläggningarna på Tjärhovet. Skada på människor på grund av tryckvåg inom en radie av 107 meter. Fönster kan krossas inom 208 meter. Tryck som orsakar byggnadskollaps (55 kPa) uppstår ej.</p> <p>Person i bil som antas antända gasmolnet omkommer och det finns risk för att ytterligare personer skadas livshotande av tryckvågen och eventuell efterföljande brand. Risk för brandspridning till övriga delar av Tjärhovet (dominoeffekter).</p> <p>I säkerhetsrapporten finns även en beskrivning av scenariot med olyckan som</p>

	inträffade i Buncefield 2005. Lärdom har tagits av den händelsen: <i>"En viktig skillnad mellan Buncefield och t.ex. Circle Ks terminaler är att i Buncefield saknades fysisk övervakning av pumpningen i form av ledningsvakt och lossningsledare. Efter denna olycka har myndigheter och intresseorganisationer agerat och bl.a. tagit fram rekommendationer för släckvattenhantering. SPBI har t.ex. tagit fram rekommendationen "God praxis för hantering av förorenat släckvatten på oljedepåer och energihamnar – Rekommendationer till medlemsföretagen och Svenskt OljehamnsForum"."</i>
Slutsats	Scenariot kan således orsaka stor skada på Tjärhovet. Påverkan mot de studerade planområdena är dock begränsad (ej dödsfall eller allvarligt skadade).
<b>Scenario 4</b>	
Beskrivning	Stort utsläpp, BF-klass 3: Slang brister vid lossning av diesel från fartyg.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 100 år.
Konsekvens	Konsekvens för personer är 3 på skalan, d.v.s. svåra obehag, enstaka svårt skadad.
Slutsats	Scenariot innebär inte allvarlig skada eller dödsfall för personer inom det studerade planområdet.
<b>Scenario 5</b>	
Beskrivning	Mycket stort utsläpp genom botten på klass 3-cistern: På grund av korrosionsskada på cistern rinner diesel ut. Förorening av mark och vatten.
Sannolikhet	Mer sällan än en gång på 1000 år.
Konsekvens	Konsekvens för personer är 3 på skalan, d.v.s. svåra obehag, enstaka svårt skadad.
Slutsats	Scenariot innebär inte allvarlig skada eller dödsfall för personer inom aktuellt planområde.
<b>Scenario 6</b>	
Beskrivning	Stort utsläpp från rörledning för klass 1-produkt: Rörbrott på grund av påkörning av ledning.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 100 år.
Konsekvens	Varaktiga obehag, enstaka skadad som kräver sjukvård.
Slutsats	Scenariot innebär inte allvarlig skada eller dödsfall för personer inom aktuellt planområde.
<b>Scenario 7</b>	
Beskrivning	Pöl- eller spraybrand vid rörledning för klass 1-produkt: Påkörning av ledning med bensin. Utsläpp av bensin i sprayform. Utsläppet antänds av het yta på fordonet.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 1000 år.
Konsekvens	Konsekvens för skada på människa är 5 (10-tals svårt skadade samt dödsfall). Chauffören i fordonet får livshotande brandskador.
Slutsats	Scenariot innebär inte allvarlig skada eller dödsfall för personer inom aktuellt planområde.

Scenario 8	
Beskrivning	Pöl- eller spraybrand vid VRU: Utsläpp från gasåtervinnings bensenpump. Utsläppet antänds av pumpen som har gått varm.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 1000 år
Konsekvens	Konsekvens för människor är 3, d.v.s. svåra obehag, enstaka svårt skadad.
Slutsats	Scenariot innebär inte allvarlig skada eller dödsfall för personer inom aktuellt planområde.
Scenario 9	
Beskrivning	Brand på bilutlastningsplats: Slangbrott leder till utsläpp av brandfarlig vätska på lossningsplats. Antändning sker.
Sannolikhet	Mindre än en gång på 1000 år.
Konsekvens	Konsekvens för personer är 2 på skalan, d.v.s. varaktiga obehag, enstaka skadad som kräver sjukvård.
Slutsats	Scenariot innebär inte allvarlig skada eller dödsfall för personer inom aktuellt planområde.

### 3.2.1.2 Nynas

Det finns inga scenarier som kan ge allvarlig kemikalieolycka avseende liv/hälsa. Vissa scenarier medför enstaka svårt skadade (konsekvensklass 3). Mycket stort utsläpp respektive brand i cistern beskrivs mer noggrant i riskanalysen.

**Mycket stort utsläpp:** Konsekvenser för personer på detaljplaneområdena är låg. Ej allvarliga skador eller dödsfall.

**Brand i cistern:** Risk för spridning av giftiga brandgaser mot omgivningen har identifierats. Detta kan påverka personer inom de studerade planområdena.

### 3.2.1.3 Brenntag Nordic AB

De scenarier som har bedömts kunna orsaka en allvarlig kemikalieolycka är listade nedan.

Scenario B8	
Beskrivning	<b>Brand i lager för IBC/fat:</b> Konsekvens för på personer är låg.
Slutsats	Därmed påverkas ej de studerade planområdena.
Scenario B9	
Beskrivning	<b>B9. Explosion i lager för IBC/fat:</b> Konsekvenser för människor berör endast personer inom anläggningen.
Slutsats	Därmed påverkas ej de studerade planområdet.
Scenario C11	
Beskrivning	Stort utsläpp av kemikalie utanför invallning (depå 6 & 7): Konsekvens för personer är låg.
Slutsats	Därmed påverkas ej de studerade planområdet.
Scenario C12	
Beskrivning	Stort utsläpp av kemikalie och brand utanför invallning (depå 6&7): Konsekvens för personer är låg.
Slutsats	Därmed påverkas ej de studerade planområdet.
Scenario D6 och C6	
Beskrivning	<b>Stort utsläpp (10-100 m<sup>3</sup>) och brand vid fyllning av cistern för klass 1-vätska (inom invallning):</b> Invallningsbrand som kan ge påverkan med spridning av brandgaser samt värmestrålning mot omgivningen. De studerade planområdet utsätts för brandgaser.  Om antändning inte sker direkt kan ett gasmoln spridas med vinden och antändas senare. Något konsekvensavstånd för detta finns inte redovisat. Värden som anges för Circle K kan dock användas som riktvärde eftersom de beräkningarna visar konsekvens för denna händelse vid en större cistern.
Slutsats	Påverkan mot de aktuella planområdena är därmed begränsad (ej dödfall eller allvarligt skadade).
Scenario G5	
Beskrivning	Brand i lager för alkylatbensindunkar: Konsekvens för personer är låg. Det kan dock bli påverkan i form av spridning av brandgaser.
Slutsats	Påverkan av brandgaser från brand kan påverka planområdet.
Scenario G6	
Beskrivning	Explosion i lager för alkylatbensindunkar: Konsekvens för personer utanför anläggningen är låg.
Slutsats	Därmed påverkas ej det studerade planområdet.

### 3.2.1.4 *Stena Rec*

De scenarier som kan orsaka allvarlig kemikalieolycka (konsekvensklass 4 eller 5) för liv/hälsa är redovisade nedan.

**Scenario 1.8:** Explosion vid klass 1-produkter inom invallning

**Scenario 3.6:** Hälsovådliga svavelhalter (över 10 ppm) i processhallen

**Scenario 7.4:** Brand (Pöl eller spraybrand) vid bilutlastningsplats inkl pumpar

**Scenario 7.5:** Explosion vid bilutlastningsplats inklusive pumpar

En bedömning av samtliga dessa scenariers påverkan på aktuellt detaljplaneområde utförs nedan.

Scenario 1.8	
Beskrivning	Explosion vid klass 1-produkter inom invallning: Gasmoln till följd av överspolning av cistern. Det saknas beräkningar av hur stora konsekvenserna kan bli vid detta scenario. Det är dock troligt att konsekvenserna inte blir större än vad som är redovisat för motsvarande scenario på Circle K:s depå. Beräkningarna och slutsatserna för Circle K kan därmed användas för att ge en uppfattning om konsekvensområde vid denna händelse.
Slutsats	Påverkan på planområdet är låg.
Scenario 3.6	
Beskrivning	Hälsovådliga svavelhalter (över 10 ppm) i processhallen: Detta scenario ger endast konsekvens för personer på depån.
Slutsats	Planområdet påverkas ej.
Scenario 7.4	
Beskrivning	Brand (Pöl eller spraybrand) vid bilutlastningsplats inkl pumpar: Personskador på utlastningsplats.
Slutsats	Påverkan mot aktuellt detaljplaneområde är liten till följd av detta scenario.
Scenario 7.5	
Beskrivning	Explosion vid bilutlastningsplats inklusive pumpar: Konsekvensberäkningar som visar på hur långt avstånd som personer kan påverkas saknas. En explosion bedöms dock inte ge större konsekvens än vad som är redovisat för scenariot med explosion på Circle K.
Slutsats	Påverkan mot det aktuella planområdet är därmed begränsad (ej dödsfall eller allvarligt skadade).

### 3.2.1.5 *Kalmar hamn*

I Kalmar hamns riskanalys finns ett flertal scenarier analyserade. De scenarier som ger störst påverkan på människors liv/hälsa är:

- Läckage från manifolder/slang med antändning
- Läckage från manifolder/slang med fördröjd antändning
- Kollision med annat fartyg i farleden
- Påkörning av ledning med efterföljande brand

- Läckage från avluftningar och brand

Samtliga nämnda scenarier ger en 3:a på konsekvensskalan för liv/hälsa, d.v.s. det innebär enstaka svårt skadade, svåra obehag. I dessa bedömningar ingår konsekvenser för såväl personal på plats som för personer utanför anläggningen.

Avstånd mellan fartygsslossning och aktuellt planområde är 600 meter. Detta avstånd är tillräckligt för att säkerställa att personer inom planområdet inte riskerar att skadas allvarligt eller omkomma till följd av de redovisade scenarierna.

### **3.2.1.6 Sammanställning brandfarlig vätska**

Utförd genomgång har resulterat i att påverkan mot det studerade planområdet kan ske i form av spridning av brandgaser vid en cisternbrand. Detta scenario analyseras vidare i steg 3.

### **3.2.2 Brandfarlig gas**

I Riskbedömning farlig verksamhet, 2016, Swedish Agro beskrivs risker med brännbar gas (gasol).

De scenarier som är riskbedömda är:

- Koppling på gasolcistern går sönder. Leder till brand och explosion.
- Koppling på gasolcistern går sönder. Leder till omfattande läckage
- Läckage vid lossning från tankbil.

I riskanalysen hänvisas till att normalt initialt riskavstånd för gasolläckage är 300 meter. Riskområde för gasolcisternen uppskattas till 100 meter. Inom detta avstånd kan brännskador uppstå. Denna konsekvens sträcker sig därmed inte in mot planområdet som är placerat cirka 350 meter ifrån gasolcisternen.

För att beskriva effekter av en av de värsta konsekvenser som kan uppstå för gasolcistern utförs beräkning av konsekvensavstånd vid BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion). BLEVE kan uppstå om en gasolcistern utsätts för värmepåverkan från en brand under en längre tid. En förutsättning för att scenariot ska kunna inträffa är att säkerhetsventilen inte fungerar. Då kan all gas frigöras samtidigt och blandas med luften och orsaka ett brinnande eldklot. Beräkningar är utförda i beräkningsprogrammet Aloha. Indata och resultat redovisas i Bilaga 5. Avstånd till risk för allvarliga skador ( $5 \text{ kW/m}^2$ ) blir 700 meter. Avstånd till livshotande konsekvenser ( $10 \text{ kW/m}^2$ ) blir 500 meter. Därmed når redovisade konsekvensavstånd till planområdet. Kriterierna för skada och risk för dödsfall enligt MSB (2017) grundar sig dock på exponering under 60 sekunder. Eldklotet varar endast 13 sekunder och därför är de nämnda kriterierna inte helt relevanta för händelsen. Sannolikhet för BLEVE är extremt låg. Åtgärder för att förhindra händelsen kan normalt anses vara hanterad i den tillståndsprocess som gäller för storskalig kemikaliehantering i Sverige, enligt MSB (2017). Därmed är BLEVE inte dimensionerande för riskhanteringsavståndet. Redovisning av konsekvensavståndet utförs ändå för att ge en bild av vilken konsekvens som uppstår om BLEVE inträffar.

Ytterligare ett scenario som skulle kunna ge långa riskavstånd från gasolcistern är läckage av gasol med fördröjd antändning. Det innebär att ett gasmoln sprids till omgivningen och blandas med luften. Om en tändkälla finns i anslutning till gasmolnet kan det antändas med en mycket snabb flamförbränning som följd. Detta scenario studeras mer detaljerat för att undersöka vilken påverkan det kan ge på planområdet.

### 3.2.3 Oxiderande ämne

Explosion	
Beskrivning	<p>Explosion i gödselterminal (Swedish Agro): Brand i kombination med att brännbart material tillförs genom olycka, exempelvis genom att lastbil kör in i byggnaden. Även terroristhandling kan orsaka detta. Scenariot innebär konsekvensklass 5 (flera dödsfall och många svårt skadade). Sannolikheten är mindre än en gång på 1000 år.</p> <p>Trycket som uppstår kan ge olika skada beroende på hur stor explosionen är. På avstånd 350 meter kan 34 kPa uppstå vid explosion som berör 300 ton ammoniumnitrat. Detta kan ge skador på trumhinna samt splittrade fönsterrutor som kan orsaka personskador. Vid explosion av en större mängd ammoniumnitrat kan konsekvenserna bli större på grund av byggnadsras.</p> <p>Explosion på grund av terroristhandling respektive en brand i kombination med att brännbart material tillförs exempelvis genom olycka där en lastbil kör in i byggnaden.</p> <p>Dessa scenarier bedöms ge konsekvenser i form av skador på trumhinnor och glassplitter till följd av krossade fönsterrutor. Detta gäller dimensionerande mängd explosion i en stapel (300 ton).</p> <p>För att förhindra detta scenario får inte ammoniumnitrat förvaras så att det kan utsättas för brand eller blandas med brännbara ämnen.</p>
Slutsats	Scenario med explosion utreds vidare i steg 3 eftersom påverkan kan ske på planområdet.
Brand	
Beskrivning	<p>Brand i gödsellagret (Swedish Agro): Scenario med brand i gödsellagret finns beskrivet i den upprättade riskanalysen, Miljöassistans (2016). Konsekvens för en omfattande brand bedöms som mycket stora (enstaka dödsfall, flera svårt skadade).</p> <p>Nitrösa gaser kan spridas till boende inne i Kalmar och personal på Tjärhovet och räddningspersonal.</p>
Slutsats	Scenario med brand utreds vidare i steg 3 eftersom påverkan kan ske på planområdet.

### 3.3 Scenarier att beakta i den fortsatta riskbedömningen

En heltäckande studie av samtliga farliga verksamheters riskanalyser resulterar i att de händelser som skulle kunna orsaka allvarliga skador eller dödsfall inom det studerade planområdet är:

- Brand i cistern eller invallning som ger påverkan med brandgaser
- Explosion i konstgödsel
- Brand konstgödsel
- Gasolutsläpp med fördröjd antändning

Dessa scenarier läggs in i riskanalysen och utreds mer i detalj. Till analysen läggs även övriga identifierade risker, d.v.s. de risker som ej härstammar från storskalig kemikaliehantering på Tjärhovet.

### 3.3.1 **Förmågeanpassat riskhanteringsavstånd**

Nedan redovisas en beskrivning av Kalmar Brandkårs resurser och de möjligheter som finns att begränsa en olycka som finns redovisat i den kommunala planen för räddningsinsats.

I denna plan beskrivs det system för insatsplanering som används av Kalmar brandkår. För varje farlig verksamhet finns en insatsplan som underlättar en insats av räddningstjänst.

Den särskilda förmåga som finns inom Kalmar Brandkår för att hantera komplicerade händelser:

- Vid insats med farliga ämnen ska Kalmar brandkår kunna:
  - o Insats med kemskyddsdräkt
  - o Täta läckage
  - o Enklare läktring
  - o Impaktering (återkondensering)
  - o Beslutsstöd
  - o Förstärkt mätutrustning
- Komplicerad räddning
- Komplicerad brandsläckning
- Räddningsdykning
- Räddning hög höjd
- Vattenenheter
- Djurlivräddning

Förstärkande personella resurser erhålls från grannkommuner. Ytterligare externa resurser som finns att tillgå är:

- Släckmedelscentralen (Malmö)
- Regional saneringscontainer (Högsby)
- Nationell förstärkningsresurs Kem (Perstorp)
- Räddningstjänsterna Kalmar län Resurs 110 slag (lastväxlarläp med 1000 m 110 mm slang, finns i Mönsterås.)
- Oljebekämpning (Karlskrona)
- Kustbevakningen
- Sjöräddningens miljöräddningssläp
- Stabsbuss 8080 (Oskarshamn)

Ledningsförmåga finns för händelser av rutinkaraktär samt en större händelse med dynamik eller i komplex miljö.

Det finns en stabsorganisation som innebär att man kan etablera ett operativt ledningsstöd till räddningsledaren. Handlingsberedskap finns för att starta upp en stab

men inte att kunna driva den en längre tid. I så fall krävs förstärkande/avlösande resurser från grannkommuner.

För att varna eller ge information till allmänheten i samband med olycka finns ett varningssystem (VMA = Viktigt Meddelande till Allmänheten).

Kalmar Brandkår genomför övningar för att säkerställa insatsplanernas funktion. Dessa övningar innefattar:

- Orienteringsövningar på objekten
- Insatsövningar
- Teoretiska genomgångar av alla insatsplaner
- Start av pumphuset på Tjärhovet
- Utläggning av länsar vid oljekajen på Tjärhovet
- Övningar tillsammans med Släckmedelscentralen

I planen beskrivs verksamhet, risker, räddningsinsats, samverkan, varning och information till allmänheten för respektive verksamhet.

Studie av kommunens plan för räddningsinsats visar att det finns en kommunal beredskap för att hantera flera olika typer av olyckor som kan inträffa. För de största händelserna krävs dock samverkan med närliggande kommuner och nationella resurser.

I kommunens handlingsprogram enligt Lag om skydd mot olyckor beskrivs kommunens mål och organisation för att förebygga bränder och olyckor som kan innebära räddningstjänst.

## 4 Riskanalys

I detta avsnitt identifieras vilka risker som finns vid verksamheternas hantering av brandfarlig vara eller farliga kemikalier. Det utförs en uppskattning och/eller beräkning av sannolikhet och konsekvens för de identifierade riskerna som kan påverka planområdet.

Riskbedömningen görs dels genom att beräkna riskhanteringsavstånd enligt MSB (2017) för de scenarier som skulle kunna påverka planområdet, dels beskrivning av hur respektive scenario bidrar till samhällsrisk och individrisk inom planområdet.

Scenarierna förs även in i en riskanalysmatris med kriterier enligt avsnitt 3.2. Riskmatrisen tjänar som ett underlag när man ska värdera och hantera riskerna. Matrisen har olika fält markerade med olika färger, där grönt fält betyder "låg risk", gult område betecknar "mellanrisk" och rött "hög risk".

### 4.1 Scenarier

Den storskaliga kemikaliehanteringen på Tjärhovet bidrar med följande scenarier som kan ge påverkan på detaljplaneområdet:

- Cisternbrand
- Brand i konstgödsel
- Explosion i konstgödsel
- Läckage av gasol med fördröjd antändning

För nämnda scenarier görs en riskbedömning av vilken påverkan de har för aktuell detaljplan.

Utöver nämnda scenarier beskrivs även risker med upplag av brännbart material på Barlastholmen, sjöbensinstation i områdets östra del samt transport av farligt gods på Tjärhovsgatan.

### 4.2 Samhällsrisk och individrisk

Risker avseende personsäkerhet presenteras och värderas i form av individrisk och samhällsrisk.

**Individrisk** är den risk som en enskild person utsätts för genom att vistas i närheten av en riskkälla. Individrisken redovisas som platsspecifik individrisk. Detta görs i form av individriskkonturer som visar frekvensen för att en fiktiv person på ett visst avstånd omkommer till följd av en exponering från den studerade riskkällan. Det som är relevant att beakta är individrisken inom aktuellt planområde. Därav beräknas endast risknivån för planområdet.

**Samhällsrisk** är den risk som en riskkälla utgör mot hela den omgivning som utsätts för risken. Frekvenser för olika händelser vägs samman med konsekvenserna av dessa. Detta redovisas sedan i ett F/N-diagram (frequency/number of fatality) där den kumulerade frekvensen plottas mot konsekvenser i ett logaritmerat diagram. Frekvenser uttrycks i förväntat antal olyckor per år ( $\text{år}^{-1}$ ) och konsekvenser i antal

omkomna, då dessa enheter ger en uppfattning om vilken risk samhället utsätts för till följd av en riskkällan.

Liksom individrisken beräknas samhällsrisken utifrån vissa förutsättningar och antaganden rörande bebyggelsestruktur, byggnadsutformning, topografi etc.

### **4.3 Riskbedömning**

#### **4.3.1 Cisternbrand (A1)**

Frekvens för cisternbrand som sprider brandgaser mot studerat detaljplaneområde blir  $8 \times 10^{-5}$  enligt Riskanalys (2013).

Frekvens för större cisternbrand är  $8 \times 10^{-6}$  enligt Riskanalys (2013).

Brandgaserna kommer dels att spridas uppåt på grund av den termiska stigkraften, dels följer gaserna med i vindriktningen.

Bränderna ger dock begränsad konsekvens eftersom koncentrationer av farliga ämnen i brandgaserna är låga.

Rekommenderat avstånd mellan stora cisterner för brandfarlig vätska klass 1 och exempelvis köpcenter, hotell, bostäder etc. är 50 meter enligt SÄIFS 2000:2. Detta avstånd uppfylls med god marginal.

#### **Riskhanteringsavstånd**

Konsekvensberäkningar utförs i Bilaga 3. I beräkningarna studeras spridning av brandgaser vid en stor cisternbrand. Beräkningarna resulterar i låg omgivningspåverkan. Koncentration av farliga ämnen är låg i brandgaserna. Riskhanteringsavstånd når därmed ej det studerade planområdet. För att undvika att personer andas in brandgaserna kommer dock uppmaning om att personer ska hålla sig inomhus med stängda fönster och dörrar bli en åtgärd som vidtas, alternativt utrymning av ett stort område. Detta för att undvika att ett stort antal personer utsätts för brandgaser även om de inte bedöms kunna orsaka allvarliga skador.

#### **Scenariots bidrag till samhällsrisk/individrisk inom planområdet**

Konsekvens av cisternbrand resulterar inte i dödsfall inom planområdet (se beräkningar i Bilaga 3). Detta scenario bidrar därmed ej till individ-/samhällsrisk inom planområdet.

#### **Riskbedömning**

Sannolikhet: Låg (1)

Konsekvens: Lindriga (2)

#### **4.3.2 Brand i gödsellagret (A2)**

Vid brand i gödsellager eller en brand som påverkar lagret kan gödslet sönderdelas och avge giftiga rödbruna ångor (nitrosa gaser) som kan spridas med brandröken.

För att undvika bränder finns restriktioner avseende hur ammoniumnitrat får lagras.

Det finns ett flertal åtgärder vidtagna för att minimera sannolikhet för att en brand ska uppstå som ger påverkan på ammoniumnitrat (konstgödsel). Ämnet förvaras avskilt från brännbart material. Även förekomst av tändkällor minimeras i ett lager för ammoniumnitrat.

Sannolikheten för brand kan antas vara mycket låg med hänsyn till det regelverk som finns avseende hantering av ammoniumnitrat, SÄIFS 1995:6. För att kvantifiera sannolikheten redovisas ett händelsetråd för de delhändelser som krävs för att resultera i sluthändelsen en brand som ger värmepåverkan mot ammoniumnitrat.

### **Händelsetråd**

Om en brand inträffar är omgivningspåverkan beroende av ett antal parametrar. Exempel på faktorer som är avgörande är mängd brännbart material, eventuell släckinsats av personal, släckinsats av räddningstjänst och hur personer i närområdet agerar. För att beskriva händelseförloppet används en händelseträds metodik. Det används i syfte att redovisa vilka faktorer som kan leda fram till det brandscenario som kan ge spridning av giftiga brandgaser till omgivande verksamheter.

Brand uppstår	<p>Enligt Tillander och Keski-Rahkonen är brandfrekvens för industri och lagerlokal cirka <math>5 \times 10^{-6}</math> per <math>m^2</math> för lokaler med area mellan 1000 och 10 000 <math>m^2</math>. Detta innebär en brandfrekvens på 0,02 bränder per år i aktuella lokaler där förvaring av handelsgödsel sker på Swedish agro. Enligt modell utvecklad av Rutstein (1979) blir brandfrekvensen 0,04 bränder per år.</p> <p>Ovan innebär att en brand kan förväntas en gång på mellan 25 och 50 år. Detta gäller i industrilokaler och lagerlokaler generellt. Lagring av konstgödsel är förknippad med mycket omfattande restriktioner avseende förvaring/förekomst av utrustning, fordon, brännbart material etc. som medför att brandfrekvensen bedöms vara lägre i aktuella lagerlokaler än en genomsnittlig lager/industrilokal. Därför väljs den lägre frekvensen för fortsatta beräkningar av brandfrekvens.</p> <p>Frekvens för antändning: 0,02 per år.</p>
Brännbart material	<p>För att brandens omfattning inte ska vara begränsad till initialbranden i/vid antändningskällan krävs att en större mängd brännbart material finns i närheten. Lokaler med förvaring av N34/handelsgödsel får inte innehålla brännbart material i någon betydande omfattning.</p> <p>För att en brand som kan ge betydande påverkan på konstgödslet krävs att interna rutiner brister så att exempelvis ett fordon eller stora mängder emballagematerial parkeras/placeras i hallen.</p> <p>Sannolikhet för att brännbart material ska förekomma i hallen bedöms vara mycket låg. En uppskattning görs att det kan förekomma 1 % av tiden. Det kan tolkas som att det under ett år finns tillräckligt med brännbart material i lokalen under tre till fyra dagar. Detta är en uppskattning behäftad med osäkerhet, men det bedöms inte troligt att sannolikheten är högre än så eftersom det inte är rimligt att regler avseende vad som får förekomma i lagerlokalen systematiskt åsidosätts av en verksamhetsutövare.</p>
<u>Släckinsats av personal</u>	<p>Automatiskt brandlarm finns i byggnaden. Det innebär att rökdetektorer kommer att aktiveras och ge ett larm i brandens inledningskedje, d.v.s. innan värmepåverkan mot konstgödslet sker. När verksamhet bedrivs finns även personal i lokalerna. Om en brand inträffar är en snabb släckinsats av</p>

närvarande personal ett möjligt händelseförlopp. Möjlighet att släcka en brand är beroende av hur stor branden är när släckförsöket påbörjas. Även personalens erfarenhet och utbildning spelar roll. En intern plan för räddningsinsats finns. Denna beskriver hur personal på verksamheten själva ska agera för att begränsa följderna av en olycka. Med hänsyn till ovan redovisade faktorer bedöms sannolikhet för att personal lyckas släcka branden innan den ger påverkan på konstgödslet vara minst 50 %.

Släckinsats av räddningstjänst

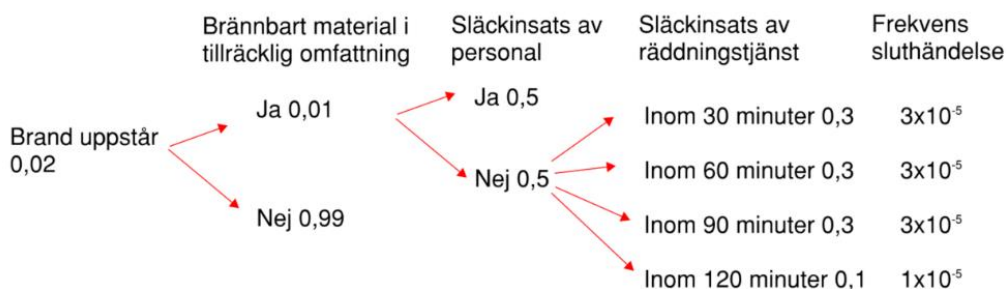
Lokalernas brandlarm ger ett tidigt larm till räddningstjänsten. Insattid för räddningstjänst är maximalt 10 minuter. Enligt MSB (2015)<sup>2</sup> tar räddningstjänstinsats vid brand i byggnad oftast under 1 timme. Vid brand i byggnad tar 30 % av insatserna högst 30 minuter, 30 % tar mellan 30 och 60 minuter och 85 % av alla insatser tar maximalt 2 timmar. Då branden, med hänsyn till det brännbara materialet i byggnaden, förväntas tillväxa relativt långsamt är möjligheten att räddningstjänst hinner släcka en brand innan det ger värmepåverkan mot ammoniumnitratet goda. Det finns även en insatsplan för verksamheten som kommer att effektivisera en insats om brand uppstår.

Sannolikhet för att åtgärd hinner vidtas innan branden påverkat ämnet med kraftig värme under 30, 60, 90 respektive 120 minuter sätts enligt nedan.

- 30 minuter: 30 %
- 60 minuter: 30 %
- 90 minuter: 30 %
- 120 minuter: 10 %

Frekvens för respektive sluthändelse

- 30 minuters brandpåverkan  $0,02 \times 0,01 \times 0,5 \times 0,3 = 3 \times 10^{-5}$
- 60 minuters brandpåverkan  $0,02 \times 0,01 \times 0,5 \times 0,3 = 3 \times 10^{-5}$
- 90 minuters brandpåverkan  $0,02 \times 0,01 \times 0,5 \times 0,3 = 3 \times 10^{-5}$
- 120 minuters brandpåverkan  $0,02 \times 0,01 \times 0,5 \times 0,1 = 1 \times 10^{-5}$



Figur 4.1 Händelsetråd.

Konsekvens av en brand kan bli omfattande i form av en komplicerad räddningstjänstinsats med evakuering av personer inom området alternativt uppmaning om att personer ska hålla sig inomhus med stängd ventilation. Det är ett förlopp som pågår en längre tid (timmar) och därmed finns tid till åtgärder i form av att sätta sig i säkerhet inomhus eller evakuering av berört område.

En brand uppstod i konstgödsel i Halmstad 2012. Information från denna redovisas nedan. Avspärningar utfördes då upp till 2 km från branden. Detta visar att stora områden kommer att behöva spärras av. Uppstår en liknande brand på Tjärhovet innebär det att hela centrala Kalmar kan komma att spärras av. I det sammanhanget är en förtätning av byggnation på aktuella fastigheter av begränsad betydelse, även om de kommer vara belägna närmast branden. Detta scenario visar på vikten av dels vidtagande av åtgärder i den verksamhet som förvarar ammoniumnitratet, dels samhällsberedskap i form av insatsplanering för att kunna hantera en sådan insats.

Konsekvensberäkningar utförs i Bilaga 2. I beräkningarna studeras spridning av niträsa gaser och brandgaser vid brand i gödsellagret. Spridning av skadliga koncentrationer kan ske mot planområdet vid vissa scenarier. Kraftig vind i riktning mot Kvarnholmen kommer att innebära ökad påverkan på området.

### **Riskhanteringsavstånd**

Utifrån beräkningar som är utförda i Bilaga 2 bedöms ett relevant riskhanteringsavstånd representeras av en brand som påverkar konstgödslet i två timmar. Vind väljs till 5 m/s, d.v.s. något högre än medelvinden (Bilaga 4) för att ge ett konservativt resultat. Riskhanteringsavstånd till risk för allvarlig skada blir 180 meter. Riskhanteringsavstånd till risk för dödsfall blir 150 meter. Det studerade detaljplaneområdet är inte beläget inom dessa avstånd.

Med hänsyn till att även lägre koncentration av skadliga ämnen kan orsaka obehag och mindre skador är det dock troligt att ett betydligt större område kommer att utgöra område där allmänheten kommer uppmanas stanna inomhus och ha stängd ventilation, fönster och dörrar. Alternativt kommer delar av staden utrymmas. Känslighetsanalysen visar också att högre vindhastighet kan innebära att detaljplaneområdet kan påverkas av koncentrationer som innebär risk för dödsfall eller allvarlig skada. Observera att kriteriet för när dödsfall kan inträffa inte är detsamma som används vid utvärdering av individ- och samhällsrisk nedan. Se förklaring till använda gränsvärden i avsnitt 1.6. Eftersom detta förlopp inte sker momentant, d.v.s. det är en brand som utvecklas över längre tid finns goda möjligheter för personer i området att sätta sig i säkerhet innan de kommer till skada. Känslighetsanalysen visar dock behov av åtgärder avseende ventilationssystem.

### **Brand i Oceanhamnen, Halmstad 2012**

År 2012 utbröt en brand i en lagerlokal i Halmstads hamn. Det fanns brister i brandcellsindelningen vilket försvårade släckinsatsen. Redan när räddningstjänsten anlände var en del av byggnaden övertänd<sup>6</sup>. Den största faran för allmänheten var spridning av niträsa gaser i brandröken. Brandorsaken har inte kunnat fastställas men branden har troligen startat i en lagerhall kring pallställ med förpackningsmaterial.

---

<sup>6</sup> Övertänd innebär att branden är så omfattande att allt brännbart i lokalen är involverat i branden. I det skedet kan räddningstjänsten inte göra någon invändig insats. Släckning är inte möjlig, istället får insatsen inriktas på att begränsa vidare spridning.

Räddningstjänsten insatsmöjligheter begränsades av att det fanns andra ämnen med explosiva egenskaper närvarande.

Inga allvarliga skador på allmänheten uppstod trots att branden var mycket omfattande i storlek och pågick en längre tid (ett par dygn).

### **Scenariots bidrag till samhällsrisk/individrisk inom planområdet**

Enligt beräkningar i Bilaga 2 kommer koncentrationen av nitrösa gaser inte överstiga 100 ppm inom planområdet. Detta gäller även den känslighetsanalys som studerar de värsta förhållandena för brand (värmepåverkan mot ammoniumnitratet i 2 timmar och mycket kraftig vind i riktning mot staden (10 m/s). Avstånd till där 100 ppm kan uppnås är cirka 300 meter. Avstånd mellan lagerlokalen och planområdet är 300 meter. LC<sub>50</sub> för kvävedioxid är 150 ppm vid exponering i 30 minuter och 367 ppm vid exponering i 5 minuter enligt HSE (2021).

LC<sub>1</sub>, d.v.s. den koncentration som innebär att 1 % av exponerade personer omkommer, är 65 ppm vid 30 minuters exponering. Denna koncentration kan nå till planområdet vid vissa scenarier enligt Bilaga 2. I samhällsriskberäkningen används detta kriterium för att beräkna antal omkomna. Personerna antas utsättas för gaserna i 30 minuter innan de sätter sig i säkerhet.

**Frekvens:** Händelsens frekvens förenklas till två fall, vid 60 minuters påverkan och 120 minuters påverkan. Till frekvensen för 60 minuters påverkan adderas hälften av frekvensen för 90 min påverkan. Övriga 50 % adderas till scenariot med 120 min påverkan. Detta innebär följande frekvenser för respektive scenario:

Värmepåverkan i 60 minuter:  $4,5 \times 10^{-5}$

Värmepåverkan i 120 min:  $2,5 \times 10^{-5}$

För att LC<sub>1</sub> ska nå 300 meter i marknivå krävs påverkan i 120 minuter samt vindhastighet 10 m/s enligt beräkningar i Bilaga 2. För att ta hänsyn till att vindförhållanden kan innebära att brandgaserna trycks ner beaktas även Känslighetsanalys nr 2 och scenario D. Detta är scenarier som kan innebära att denna koncentration uppstår vid det studerade avståndet, men högre upp i luften. För dessa scenarier krävs vindriktning mot planområdet samt vindhastighet minst 5 m/s. Genom att studera vindros (Bilaga 4) framgår att vindriktning mot planområdet i kombination med minst 5 m/s förekommer maximalt cirka 4 % av tiden. Det ger följande frekvens för dessa scenarier:  $2,5 \times 10^{-5} \times 0,04 = 1 \times 10^{-6}$ .

Personer inomhus kommer att utsättas för en betydligt lägre koncentration än personer utomhus. Antag att 10 % av personerna befinner sig utomhus. Det innebär att antal personer som skulle kunna omkomma är:  $800 \times 0,1 \times 0,01 = 1$  person. Observera att detta är konservativa beräkningar eftersom det är troligt att personer som utsätts för brandgaserna kommer att sätta sig i säkerhet snabbare än inom 30 minuter.

Scenariots frekvens och konsekvens förs in i samhällsriskberäkning nedan.

Scenariot ger ej bidrag till individrisk eftersom en genomsnittsperson inte förväntas omkomma vid detta scenario.

### Riskbedömning

**Sannolikhet:** Låg (1)\*

**Konsekvens:** Stora (3)

\*Observera att frekvensen är betydligt lägre än en gång på 1000 år. Beräkningar enligt ovan ger en frekvens för brand i storleksordningen en gång på 100 000 år.

#### 4.3.3 Explosion i ammoniumnitrat (A3, A4)

Under vissa omständigheter kan ammoniumnitrat detonera. Detta kräver dock en kombination av förorening, temperaturökning och inneslutning. Var för sig har inte dessa faktorer kunnat leda till detonation<sup>7</sup>.

För att förhindra ett scenario som leder till detonation vidtas, vid förvaring av ammoniumnitrat, åtgärder som förhindrar att förorening, temperaturökning och inneslutning ska kunna uppstå. Detta regleras i SÄIFS 1995:6.

Om en brand startar i förvaringslokalen för ammoniumnitrat och denna leder till värmepåverkan på ammoniumnitratet kan det börja sönderdelas. Eftersom ammoniumnitratet förvaras i stor lokal är dock inte tryckuppbyggnad trolig och därmed är troligaste följden istället ett mycket snabbt brandförlopp snarare än en explosion. Det är även liten sannolikhet för att ämnet ska vara förorenat eftersom det förvaras i stora säckar.

För att förhindra ett scenario som beskrivs ovan får det inte förekomma brännbart material i samma lokal som förvaring av ammoniumnitrat sker. Det finns även restriktioner avseende parkering av fordon etc.

Explosion med ammoniumnitrat är att betrakta som ett "worst case" scenario med hänsyn till de åtgärder som förvaring av ammoniumnitrat medför.

För att beskriva konsekvenserna med explosion i ammoniumnitrat har en explosionssimulering utförts med ett CFD-program. Denna redovisas i Bilaga 9. Beräkningar är utförda för explosioner med tre olika mängder ammoniumnitrat: 300, 1500 respektive 2500 ton. Ammoniumnitratet förutsätts blandas med diesel eller annan brännbar vätska. Konsekvenser redovisas för två olika väggkonstruktioner. Dels en betongvägg med tjocklek 200 mm, dels en förstärkt vägg med tjocklek 400 mm. Resultatet av beräkningarna är att det är möjligt att utföra en vägg med tjocklek 200 mm så att den motstår en explosion med 300 ton ammoniumnitrat. Det är möjligt att motstå en explosion med 2500 ton ammoniumnitrat med de förstärkta väggarna (400 mm bredd) med de antagna förutsättningarna i övrigt.

<sup>7</sup> Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 1995:6) om hantering av ammoniumnitrat

Ammoniumnitrat som används som konstgödsel har genomgått ett detonationstest<sup>8</sup> för att säkerställa att det är liten risk för att detonation ska kunna ske. Mot bakgrund av detta, samt att rekommenderat avstånd mellan högar med 300 ton ammoniumnitrat är 1 meter enligt SÄIFS 1995:6, används detta skyddsavstånd som ett rimligt värde för att undvika att en detonation sprids till intillstående stapel.

Byggnad med stomme av betong kan därmed antas stå kvar och ej raseras av en explosion beroende på utförande och hur stor mängd ammoniumnitrat som är inblandat i explosionen. Fönsterrutor kan dock spricka och orsaka skador på grund av flygande glassplitter om inte laminerade glas används. Den inträffade explosionen i West, Texas, visar att explosion av en relativt liten mängd (30 ton) ammoniumnitrat kunde ge stora byggnadsskador på flera hundra meters avstånd. Därav kan en stor explosion antas ge mycket stora konsekvenser. Mer information om denna, och andra inträffade olyckor med ammoniumnitrat, finns i Bilaga 1.

I Swedish Agros riskanalys, Miljöassistans (2013), redovisas riskavstånd till gränsvärden för skadade glasrutor och olika byggnadskonstruktioner vid explosion av 75 ton ammoniumnitrat. Avstånd till risk för ras av nyare betongbyggnader är 200 meter och splittrade fönsterrutor upp till 3 km från explosionen. Avstånd till gräns för när träbyggnader och äldre betongbyggnader kan rasa (20 kPa) är cirka 350 meter.

Med hänsyn till osäkerheterna enligt ovan görs riskbedömning för två olika explosioner. En mindre explosion och en stor explosion.

Efter att Riskanalys (2013)) upprättades har en mycket stor olycka inträffat med explosion av ammoniumnitrat i Texas. För att få en uppfattning om skillnader mellan den och aktuell hantering av ammoniumnitrat på Tjärhovet finns en beskrivning av den inträffade händelsen i Bilaga 1. Utifrån vad som framkommit i CSB (2013) har bland annat följande faktorer bidragit till händelsen:

- Brister i materialval i förvaringslokal
- Brister i brandcellsindelning
- Brister avseende samförvaring med brännbart material
- Brister i lagstiftning
- Brister i rekommendationer
- Brister i myndighetstillsyn
- Brister i insatsplanering
- Staden hade genom åren brett ut sig närmare anläggningen

Det krävs ett stort antal olycksamma kombinationer för att möjliggöra en liknande händelse på Tjärhovet i Kalmar. Det är så många faktorer att det är omöjligt att göra en relevant beräkning av sannolikhet för en sådan händelse. Exempel på vad som skiljer de två fallen är:

---

<sup>8</sup> Europaparlamentets och rådets förordning (EG) nr 2003/2003 av den 13 oktober 2003 om födselmedel.

- Förvaring på Tjärhovet sker endast i säckar, det sker ingen förvaring fritt i lokalen av det ammoniumnitrat som kan vara explosivt
- Interna riktlinjer enligt gällande lagstiftning
- Myndighetstillsyn
- Brandcellsindelning

Den 4 augusti 2020 inträffade en kraftig explosion i Libanons huvudstad Beirut. Libanons myndigheter uppgav att explosionen orsakades av 2 750 ton ammoniumnitrat som under sex års tid har förvarats i en lokal i hamnen, utan tillräckliga skyddsåtgärder. Över 200 personer omkom och flera tusen skadades. Det råder fortfarande oklarheter vad som orsakade olyckan. Olyckorna visar på att det är viktigt att hanteringen sker på ett korrekt sätt enligt gällande föreskrifter.

Under förutsättning att gällande regler följs är det extremt liten sannolikhet att en explosion ska inträffa i lagerlokalen. Sannolikheten är betydligt lägre än en gång på 1000 år.

Ett nyligen avgjort fall från Mark och miljööverdomstolen i mål nr M 6433-16, gällande Lantmännen i Lidköping, har ställt krav i form av åtgärder på väggar av brännbart material, rutiner för placering av emballagematerial, kompletterande brandcellsindelning och släcksystem på fordon som används i lokalen. Även sprinkler ställdes som krav i det aktuella fallet. Brandlarm fanns i byggnaden. Denna dom visar att det ställs krav på riskreducerande åtgärder i samband med nya tillstånd för förvaring av konstgödsel. I det aktuella fallet var det endast konstgödsel med ett så lågt kväveinnehåll att explosionsrisk ej förelåg. Sedan tidigare fanns även ett varningssystem för att varna allmänheten i samband med brand i anläggningen.

### **Riskhanteringsavstånd**

En explosion i gödningsmedel skulle kunna innebära dödsfall eller allvarliga skador för personer i byggnaderna i detaljplaneområdet. Med hänsyn till att det är så låg sannolikhet för detta scenario bedöms det inte lämpligt att använda detta scenario som underlag för riskhanteringsavstånd. En jämförelse kan göras med scenario BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) för en gasolcistern. Enligt MSB (2017) innebär tillämpning av svensk lagstiftning att scenariot med BLEVE teoretiskt inte kan inträffa. Därav är det inte dimensionerande för riskhanteringsavståndet. På motsvarande sätt finns regler i svensk lagstiftning som gör att en explosion i konstgödsel inte kan uppstå. Därav bör inte explosion i ammoniumnitrat betraktas som dimensionerande för riskhanteringsavstånd.

### **Scenariots bidrag till samhällsrisk/individrisk inom planområdet**

Explosion i ammoniumnitrat kräver att ett flertal faktorer samverkar. Förvaringen utformas för att eliminera risken för dessa samverkande faktorer. De explosioner som har inträffat i världen har inte skett under motsvarande förhållanden som ämnet hanteras i Sverige. Konsekvenser inom planområdet är beroende av

byggnadskonstruktion och mängd ammoniumnitrat som exploderar. Konsekvenserna blir låga för mindre explosioner om en robust byggnadskonstruktion väljs.

Nedan redovisas en beräkning av frekvens och konsekvens för scenarier med explosion.

### Antaganden

Konsekvenser till följd av en explosion varierar beroende på om personer befinner sig inomhus eller utomhus.

**Inomhus:** Sannolikheten för att omkomma inomhus är beroende av antalet våningsplan i byggnaden och ökar med ökande våningsantal. I konsekvensberäkningarna kommer det uppskattas grovt att ca 80 % av personer som vistas inom totalkollapsade byggnadsdelar omkommer. Inom byggnadsdelar som endast rasar lokalt antas ca 15 % omkomma.

**Utomhus:** En människa tål tryck relativt bra och riskerar i huvudsak att förolyckas p.g.a. kringflygande föremål eller att de trillar omkull av tryckvågen. Med avseende på tryck så går gränsen för dödliga skador vid, FOA (1998):

- 1 % omkomna      180 kPa
- 10 % omkomna    210 kPa
- 50 % omkomna    260 kPa
- 90 % omkomna    300 kPa
- 99 % omkomna    350 kPa

Hotellet antas vara utnyttjat till 50 %, vilket statistik enligt nedan bekräftar.

År ->	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
<b>Område</b>													
<b>Kalmar län</b>	41,1	45,6	42,7	41,3	41,9	43,5	47,6	50,1	50,3	49,7	50,7	51,5	39,7
<b>Riket</b>	50,3	48,2	50,0	50,8	50,1	50,3	51,7	55,3	58,0	58,3	58,4	58,3	34,1

Tabell 4.1 Kapacitetsnyttjande hotellrum (%). Kalmar 2008-2020<sup>9</sup>.

Två olika explosionsscenarioer studeras., dels ett med en stapel (300 ton), dels ett med flera staplar, (1500 ton).

<sup>9</sup>[https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START\\_NV\\_NV1701\\_NV1701A/NV1701T4Ar/table/tableViewLayout1/#](https://www.statistikdatabasen.scb.se/pxweb/sv/ssd/START_NV_NV1701_NV1701A/NV1701T4Ar/table/tableViewLayout1/#)

Scenario ->	300 ton	1500 ton
Inomhus/ Utomhus	Frekvens: $5 \times 10^{-7}$ per år (HSC)	Frekvens: $1 \times 10^{-8}$ per år. (HSC)
Antag 90 % inomhus.	Infallande tryck är tillräckligt lågt för att byggnadskollaps ej ska inträffa. Lokala ras i delar av byggnaden samt glassplitter till följd av att fönsterrutor spricker antas medföra att 15 % av personer i byggnaden antas omkomma.  Antal omkomna: $800 \times 0,9 \times 0,5 \times 0,15 = 54$ personer	Antag 80 % antas omkomma i halva byggnaden (del närmast explosionen), och 15 % i den andra halvan av byggnaden (längst ifrån explosionen).  Antal omkomna: $800 \times 0,9 \times 0,5 \times 0,5 \times 0,8 +$ $800 \times 0,9 \times 0,5 \times 0,5 \times 0,15 = 171$ personer
Antag 10 % utomhus	Trycket är så lågt att omkomna inte förväntas utomhus.	Cirka 100 kPa ger 10 % omkomna, d.v.s.  Antal omkomna: $800 \times 0,5 \times 0,1 \times 0,1 = 4$
Totalt antal omkomna inom planområdet:	54	175

**Tabell 4.2 Beräkning av antal omkomna.**

Frekvens och antal omkomna förs in i samhällsrisikberäkning nedan.

### Individrisk

Utomhus: Explosionerna når ej planområdet med påverkan som orsakar dödsfall för en genomsnittsperson.

Inomhus: Om man är inomhus i byggnaden antas att person omkommer vid explosion av 300 respektive 1500 ton. Det är ett konservativt antagande eftersom betydligt färre än hälften av personerna i byggnaden kan antas omkomma vid den mindre explosionen.

Frekvens för dödsfall blir  $5 \times 10^{-7} + 1 \times 10^{-8} = 5,1 \times 10^{-7}$ . Detta läggs till i individriskberäkning nedan.

### Riskbedömning

#### Liten explosion

**Sannolikhet:** Låg (1)  
**Konsekvens:** Mycket stora (4)

#### Stor explosion

**Sannolikhet:** Låg (1)  
**Konsekvens:** Katastrofala (5)

#### 4.3.4 Läckage av gasol – fördröjd antändning (A5)

Läckage av gasol bedöms ha störst sannolikhet att ske i samband med lossning. Gasol används som bränsle i en gaseldad panna. Uppskattad förbrukning är 700 ton per år och gasolcisternen har en volym på 90 m<sup>3</sup> vilket motsvarar 38 ton.

Detta innebär 700 ton/år /38 ton = 18,4 påfyllningar per år.

Enligt CPR 18E är frekvensen för slangbrott  $4 \times 10^{-6}$ . Antag att en lossning tar 1 timme. Frekvens för slangskada bedöms  $4 \times 10^{-6}$  /timme x 18,4 timmar =  $7,36 \times 10^{-5}$  per år, d.v.s. ett slangbrott per 13600 år.

Konsekvens beräknas i Bilaga 7. Scenariot resulterar i att avstånd till där allvarlig skada kan uppstå på grund av tryckpåverkan vid gasmolnsexplosion är 106 meter. Kriteriet för dödsfall på grund av högt tryck (94 kPa) uppnås ej.

Avstånd till undre brännbarhetsgränsen är 113 meter. Avstånd till 25 % av LEL är 220 meter. Avstånden gäller vid väderförhållanden som är gynnsamma för gasspridning, d.v.s. de förhållanden som ger längst konsekvensavstånd. Inom gasmolnet antas samtliga personer omkomma. För att erhålla ett avstånd till där personer kan utsättas för skada används information från Gexcon (2013). Där framgår att andra gradens brännskada kan förväntas på avstånd motsvarande cirka 3 gånger gasmolnets höjd. Gasmolnets höjd varierar mellan 2-3 meter. Mot bakgrund av detta används avstånd till LEL + 10 meter som dimensionerande för där risk för skada kan uppstå. Detta innebär att dimensionerande avstånd för dödsfall är 113 meter och skada är 123 meter.

#### Riskhanteringsavstånd

Riskhanteringsavstånd för allvarlig skada blir 123 meter och avstånd för dödsfall blir 113 meter (avstånd till undre brännbarhetsgränsen). Om en säkerhetsfaktor 4 läggs till, d.v.s. att koncentrationsnivån 25 % av LEL studeras, blir motsvarande avstånd 230 meter respektive 220 meter. Riskhanteringsavståndet når inte planområdet.

#### Scenariots bidrag till samhällsrisk/individrisk inom planområdet

Konsekvensberäkningarna (Bilaga 7) visar att avstånd till där dödsfall inträffar inte sträcker sig så långt som till planområdet. Detta scenario ger därmed inte bidrag till samhällsrisk eller individrisk inom planområdet.

#### Riskbedömning

<u>Sannolikhet:</u>	Låg (1)
<u>Konsekvens:</u>	Lindriga (2)

## 4.4 Övriga risker

### 4.4.1 Sjöbensinstation

Sjöbensinstation är placerad cirka 200 meter från Kv. Jungmannen. Avståndet uppfyller med god marginal rekommenderade skyddsavstånd mellan bensinstation och annan verksamhet enligt MSB (2015). Därav utreds detta inte mer detaljerat.

#### Riskhanteringsavstånd

För att förtydliga att avståndet är tillräckligt utan mer detaljerad analys har en beräkning utförts enligt USNRC<sup>10</sup>. En pölbrand med area 100 m<sup>2</sup> studeras. Större brand än så är inte rimligt att beakta vid sjömacken. Detta resulterar i infallande strålningsnivåer på 2,5 kW/m<sup>2</sup> på 32 meters avstånd. Därmed kommer riskhanteringsavståndet inte nå planområdet.

#### Scenariots bidrag till samhällsrisk/individrisk inom planområdet

Beräkning enligt ovan resulterar i att scenarier på sjöbensinstationen inte bidrar till samhällsrisk eller individrisk inom planområdet.

### 4.4.2 Upplag av brännbart material på Barlastholmen (A6)

En brand i upplag av brännbart material (flis/massaved etc.) kan ge en mycket stor brand med omfattande brandgasspridning. Om vindriktningen är mot Kvarnholmen kan stora delar av staden utsättas för skadliga brandgaser. Förhärskande vindriktning är dock syd och sydväst vilket innebär att brandgaserna troligen rör sig ut mot Kalmarsund.

En brand kan därmed innebära en omfattande insats i form av utrymning eller inrymning av personer i stora delar av centrala Kalmar.

För att minska denna risk kan åtgärder vidtas dels på planerade byggnationer, men det viktiga är att minimera sannolikhet för brand i respektive verksamhet. Även Brandkårens insatsberedskap är viktig med hänsyn till närhet mellan hamn och stadskärnan.

På byggnader rekommenderas åtgärder i form av riktning för ventilationsintag placeras riktade från Tjärhovet/Barlastholmen.

#### Scenariots bidrag till samhällsrisk/individrisk inom planområdet

Ej bidrag till samhällsrisk/individrisk. Dödsfall sker ej inom planområdet.

#### Riskbedömning

Sannolikhet: Låg (2)

Konsekvens: Lindriga (2)

---

<sup>10</sup> USNRC, Estimating radiant heat flux from fire to a target fuel at ground level, Version 1805.1,

#### 4.4.3 Transport av farligt gods på Tjärhovsgatan (A7)

Transport av farligt gods på Tjärhovsgatan kan innebära skador på personer i närområdet. Avstånd mellan Kv. Jungmannen och Tjärhovsgatan är 300 meter vilket är tillräckligt för att dimensionerande olycksscenarioer där inte ska orsaka allvarlig skada eller dödsfall för personer på aktuell fastighet.

Riskerna med transporter på Södra vägen (Tjärhovsgatan) har analyserats i Riskanalys (2010). Riskanalysen visar att individrisken i området är låg (mindre än  $10^{-7}$ ) på avstånd över 35 meter från väggkant.

Det finns även generella rekommendationer om krav på riskhänsyn vid nybyggnation intill transportleder för farligt gods. I rekommendationen Länsstyrelsen Stockholm (2016) finns riktlinjer för skyddsavstånd kring farligtgodsleder. Rekommenderade skyddsavstånd mellan väg och bostäder är 75 meter. Denna rekommendation uppfylls med god marginal.

Om en olycka uppstår på Tjärhovsgatan kan det innebära att närområdet behöver evakueras för att minimera konsekvenserna. Kv. Jungmannens placering ute på halvön innebär att evakuerande personer måste gå västerut i riktning mot Tjärhovsgatan innan de kan förflytta sig bort från olyckan. Eftersom denna evakuering kommer att behöva ske via passagen mellan turistbyrån och kajkanten har en beräkning av förflyttningstid utförts.

#### Beräkning av förflyttningstid

Vid en utrymning då det skett en olycka på Tjärhovsgatan kan en stor del av personerna antas behöva utrymma via passagen mellan Turistbyrån och kajkanten (se figur nedan). Denna passage är placerad 80 meter från Tjärhovsgatan. Personerna som rör sig till denna passage är skyddade mot olyckor på Tjärhovsgatan via byggnader (turistbyrå, universitet och restaurang). När de kommer förbi passagen kan de vika av bort från Tjärhovsgatan, d.v.s. österut.



Figur 5.1 Figuren visar den passage som kan komma att nyttjas av ett stort antal personer om en olycka uppstår på Tjärhovsgatan.

**Antal personer som kan behöva evakueras beräknas enligt följande:**

Universitet: Cirka 6000 personer på universitetet

Hotell (aktuell detaljplan): 800

Övriga verksamheter: Utöver detta finns vissa kontorsbyggnader/hamnkontor/byteater etc. varför ytterligare 200 personer adderas.

Detta resulterar i 7000 personer.

Avstånd från Kv. Jungmannen till punkten där stort antal personer ska passera är cirka 300 meter. Med en gånghastighet på 1,5 m/s (BBRAD 3) innebär det att det tar 200 sekunder för personerna att gå till denna punkt. Bredd på passage mellan turistbyrån och kaj är 20 meter. Tid för personer att passera genom denna passage:

Total förflyttningstid beräknas enligt följande (BBRAD 3):

$$t_{\text{förf}} = \frac{l}{v} + \frac{n}{b \cdot f}$$

Där

$t_{\text{förf}}$  = Förflyttningstid

$l$  = gångavstånd

$v$  = gånghastighet

$n$  = antal personer

$b$  = bredd

$f$  = personflöde genom passagen

$300/1,5 + 7000/(20 \cdot 1,2) = 490$  sekunder = ca 8 minuter.

Av denna tid är 3 minuter gångtid från den sämst belägna positionen. Denna gångtid kommer att ske samtidigt som personer närmare passagen redan påbörjat sin passage vilket gör att verklig förflyttningstid är kortare än 8 minuter.

Evakuering av Barlastholmen via den studerade passagen kan bli aktuellt om en olycka inträffar på Tjärhovsgatan. I detta sammanhang är inte en förflyttningstid på 8 minuter avgörande. Det bör även påpekas att avståndet från detaljplaneområdet till Tjärhovsgatan är 300 meter vilket är ett tillräckligt långt avstånd för att förhindra allvarlig skada eller dödsfall i samband med dimensionerande olycka på Tjärhovsgatan.

Vid olycka på Tjärhovet som innebär att evakuering av Barlastholmen är nödvändig behöver samtliga personer förflytta sig via Barlastholmens anslutning till Kvarnholmen. I samband med denna förflyttning kommer de att röra sig bort från riskkällan (Tjärhovet). Även om personerna är hänvisade till anslutningen mot Kvarnholmen, d.v.s. utrymning kan endast ske i en riktning, är inte passagens bredd avgörande för utrymningens hastighet. Detta eftersom bredden är cirka 100 meter.

### **Scenariots bidrag till samhällsrisk/individrisk inom planområdet**

De scenarier som ger längst konsekvensområde vid transport av farligt gods på väg är utsläpp av gasol med fördröjd antändning samt BLEVE, enligt Riskanalys (2013). Detta ger riskavstånd 257 meter respektive 250 meter. Eftersom avståndet till planområdet är 300 meter finns det inte scenarier på transportleden för farligt gods som ger påverkan i form av dödsfall inom planområdet. Därav bidrar inte transportleden till samhällsrisk eller individrisk för planområdet.

Med hänsyn till den smala passagen som personer ska passera i samband med evakuering av planområdet undersöks även risknivån vid den punkt där utrymmande personer ska passera. De scenarier som ger så stora konsekvensområden att det påverkar på 80 meters avstånd, d.v.s. vid den passage som personerna ska passera vid utrymning är:

- BLEVE (gasol)
- Jetflamma (gasol)
- Fördröjd antändning (gasol)

Detta är scenarier som har en mycket låg frekvens ( $10^{-9}$  per år, d.v.s. en gång på 1 000 000 000 år) enligt Riskanalys (2013). Frekvensen är en mycket låg och kan jämföras med kriterier för individrisk som drar gränsen för acceptabel risk vid  $10^{-7}$ . Motsvarande värde för samhällsrisk som normalt accepteras är för exempelvis 1000 omkomna vid frekvens  $10^{-7}$ . Kalmar kommuns kriterier följer det som beskrivs i SRV (2002). Dessa jämförelser visar att en frekvens på  $10^{-9}$  är så låg att den normalt tolereras i samband med samhällsplanering.

### **Riskbedömning**

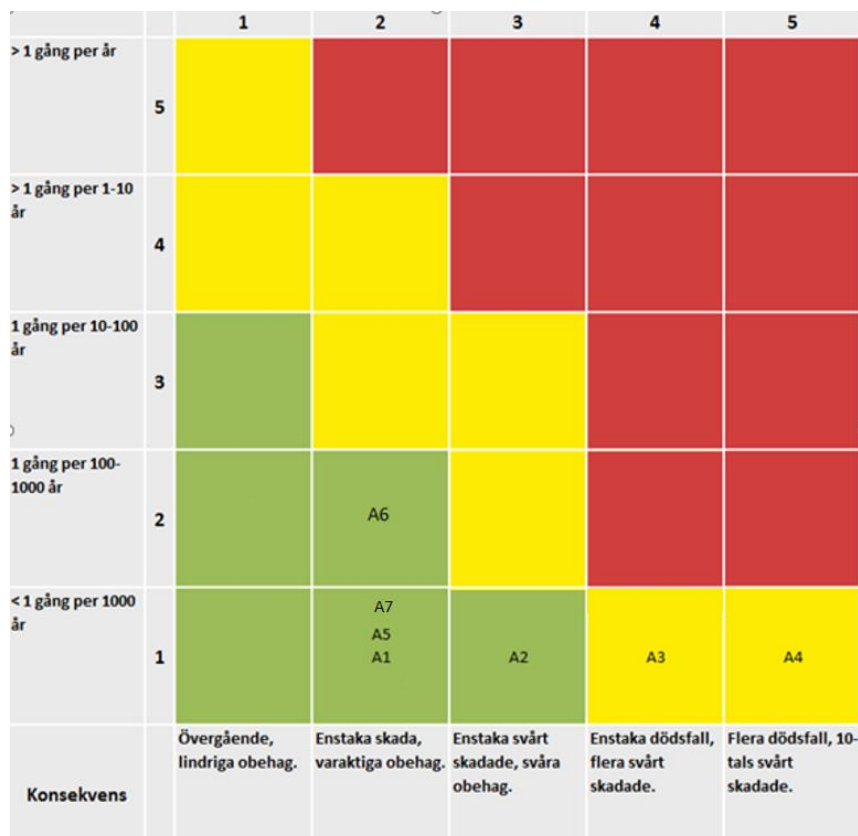
<u>Sannolikhet:</u>	Låg (1)
<u>Konsekvens:</u>	Lindriga (2)

## 4.5 Resultat

I tabell och figur nedan visas en sammanställning av riskbedömningen. Med konsekvens menas konsekvens för personer på det studerade detaljplaneområdet, Kv. Jungmannen.

Scenario	Beskrivning	S	K
A1	Cisternbrand	1	2
A2	Brand i gödningsmedel	1	3
A3	Liten explosion i ammoniumnitrat	1	4
A4	Stor explosion i ammoniumnitrat	1	5
A5	Läckage av gasol - fördröjd antändning	1	2
A6	Brand i upplag på Barlastholmen	2	2
A7	Olycka med farligt gods	1	2

Tabell 4.1 Sammanställning av riskbedömning.



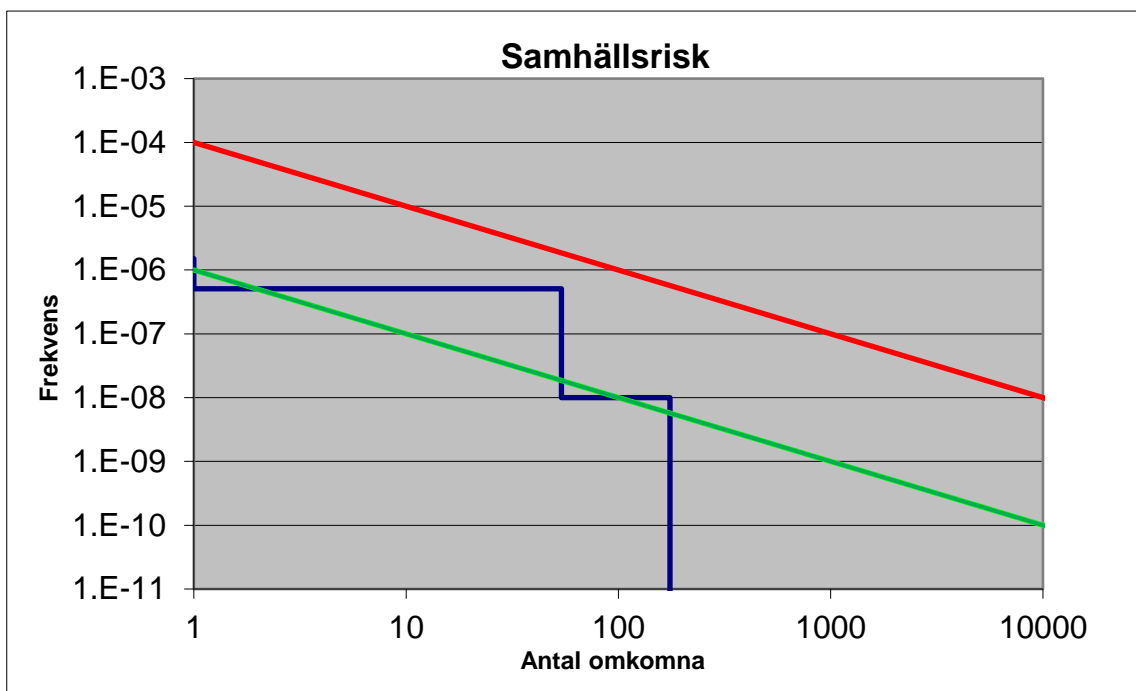
Figur 4.1 Riskmatrix.

De flesta scenarier har en sannolikhet understigande en gång på 1000 år. Det scenario som har högst konsekvens är scenario med stor explosion i ammoniumnitrat. Detta visar behov av åtgärder. Scenarier med explosion av ammoniumnitrat (A3 och A4) har dock en sannolikhet som är betydligt lägre än en gång på 1000 år vilket inte syns i

matrisen. Beräkning av frekvens för explosion i avsnitt 4.3.3. visar att frekvensen är  $5 \times 10^{-7}$ , d.v.s. en gång på 2 000 000 år. Detta visar att dessa scenarier inte är lämpliga att enbart utvärdera utifrån en grovriskanalysmetodik/riskmatris. Risker med mycket låg sannolikhet (frekvens) och stor konsekvens redovisas bättre i form av samhällsrisk och individrisk enligt nedan.

#### 4.6 Samhällsrisk och individrisk

Samhällsrisk redovisas i figur 4.2 nedan.



Figur 4.2 Samhällsrisk. Den blå linjen visar samhällsrisk för planområdet. Den röda linjen visar gränsen för hög risk, den gröna kurvan visar gränsen för låg risk.

Samhällsrisk är inom ALARP-området vilket innebär att åtgärder bör göras utifrån en kostnads/nyttobedömning. Se avsnitt 6.1.3 för förklaring av begreppet av ALARP.

Individrisken är  $5,1 \times 10^{-7}$ , d.v.s. inom ALARP-området.

## 5 Överlagrad risk och dominoeffekter

### 5.1 Överlagrad risk

Eftersom detaljplaneområdet utsätts för risker från flera olika riskkällor måste den överlagrade risken beaktas. Med detta menas en bedömning av om risknivån är acceptabel även med hänsyn till de adderade riskerna som området utsätts för.

Samtliga de scenarier som kan ge påverkan mot planområdet har en mycket låg sannolikhet för att inträffa. När riskbidraget från de olika verksamheterna adderas blir därför även överlagrade risken låg. Anledning till den låga sannolikheten för de identifierade scenarierna är att det finns åtgärder vidtagna för att förhindra dessa scenarier att uppstå. Detta beror dels på att regelverk som säkerställer erforderlig säkerhetsnivå i samband med hantering av farliga ämnen, dels eftersom avstånd mellan allmänheten och de farliga verksamheterna inte ändras i och med ändringen i detaljplanen. Det finns redan köpcenter, hotell, teater, kontor och högskola i närheten av aktuellt planområde. Detta måste verksamheterna med hantering av farliga kemikalier förhålla sig till i sina riskanalyser.

I beräkning av samhällsrisk och individrisk är den överlagrade risken beaktad.

### 5.2 Dominoeffekter

Dominoeffekt definieras som:

*"En händelsekedja där en primär olycka fortplantas till närliggande system eller verksamheter och därigenom orsakar en eller flera sekundära händelser vars effekter förvärrar de totala konsekvenserna av den ursprungliga olyckan."* enligt MSB (2015)<sup>3</sup>.

Dominoeffekter finns beskrivna i respektive farliga verksamhets säkerhetsrapport. De dominoeffekter som har identifierats beskrivs nedan. Dessa är kompletterade där det bedöms att ytterligare dominoeffekter kan vara aktuella.

#### 5.2.1 Circle K

Överfyllnad av cistern orsakar gasmoln som sprids utanför invallningen och kan antändas. Detta kan ge brandspridning till cisterner på Stena Recis anläggning. Händelsen kan även ge brandspridning till Swedish Agro, Nynas eller Brenntag Nordic beroende på vindriktning. Swedish Agros gasoltank förväntas stå emot tryckvågen.

Beräkningar visar att brännbar gasblandning kan spridas från cisternerna C101/C102 till Swedish Agro eller Nynas anläggning beroende på vindförhållanden. Från C112 kan spridning ske till Swedish Agros eller Brenntag Nordics anläggning.

I Circle K:s säkerhetsrapport har antagits att ammoniumnitratet på Swedish Agro har kväveinnehåll lägre än 28 % och därmed inte klassas som brandfarlig vara enligt SÄIFS 1995:6. Detta antagande stämmer inte eftersom Swedish Agro hanterar ammoniumnitrat med högre kväveinnehåll än 28 %. En gasmolnsexplosion på grund av överfyllning av en cistern skulle därmed kunna spridas till ammoniumnitratet och i

värsta fall skulle det eventuellt kunna orsaka en explosion i ammoniumnitratet. Sannolikheten för ett sådant scenario är dock mycket låg.

En strålningsberäkning är utförd för att klargöra om Swedish Agros gasolcistern kan påverkas med hög värmestrålning vid brand i C 101. Strålningsnivå 12,5 kW/m<sup>2</sup> uppnåddes cirka 55 meter från cisternmantel. Kritisk strålningsnivå når därmed inte gasolcisternen som är placerad cirka 65 meter ifrån cistern C101. Risken för att allvarlig kemikalieolycka i form av cisternbrand sprids från Circle K till Swedish Agros gasoltank bedöms därför som mycket liten.

Circle K kan påverkas av en olycka med ammoniumnitrat eller gasol på Swedish Agro. En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) är ett worst case scenario för gasolcisternen. Ett sådant scenario skulle kunna innebära stor påverkan på Circle K:s terminal och därmed orsaka en allvarlig kemikalieolycka på Circle K.

Vid brand i vissa cisterner på Stena Recycling kan cisterner på Circle K behöva kylas och vice versa. Avståndet är dock så stort att spridning av allvarlig kemikalieolycka i form av cisternbrand bedöms som osannolik.

Spridningsrisk till och från cisterner på Brenntag's depå respektive på Nynas depå är bedömd som mycket låg med hänsyn till att avstånden mellan klass 1-cisterner är 200 meter (Brenntag) och 90 meter (Nynas).

Vid större bränder och explosioner samt större produktutsläpp kan påverkan mellan verksamheterna ske. Sannolikheten för dominoeffekter är bedömd som mycket låg till osannolik i Circle K:s säkerhetsrapport.

#### 5.2.2 Brenntag Nordic

En stor brand på Brenntag (cistern eller lagerhall) kan påverka annan verksamhet på Tjärhovet genom brandspridning eller brandgasspridning. Brandrök kan påverka verksamheter och boende i stora delar av Kalmar.

Explosion i fyllningsanläggning för brandfarlig vätska kan påverka närliggande cisterner. Betongkonstruktion och tryckavlastande luckor kommer dock att minska konsekvensen. Brand i urealager kan ge uppkomst av nitrösa gaser som sprids till omgivningen.

Transport av kemikalier kan orsaka skada beroende på var olycka sker och vilket ämne som är inblandat.

Utsläpp av brandfarlig vätska som leder till spridning av antändbart gasmoln till omgivningen kan orsaka gasmolnexplosion. En sådan kan ge skador på andra cisterner i närliggande verksamheter på Tjärhovet med ytterligare utsläpp som följd.

Risk för dominoeffekter minskas genom skyddsavstånd mellan depåerna.

Dominoeffekter är identifierade för följande scenarier:

**Scenario: Stort kemikalieutsläpp med efterföljande brand av klass 1-produkt innanför invallning i samband med lossning från båt till depå 5, 6 eller 7.**

Sannolikhet är bedömd till mindre än en gång per 1000 år. Risk för dominoeffekter föreligger vid detta scenario. Avstånd till cisterner med brandfarlig vara på närliggande depå är långt (minst 60 meter) vilket innebär att det är liten risk för spridning mellan depåer.

**Scenario: Brand utanför invallning i samband med produktutsläpp, depå 5, 6, 7.**

Sannolikhet för brand vid klass 3-cistern utanför invallning är bedömd till mindre än en gång per 1000 år. Avstånd till cisterner med brandfarlig vara på närliggande depå är långt (minst 60 meter) vilket innebär att det är liten risk för spridning mellan depåer.

**Scenario: Explosion i fyllningslokal, Alkylatbensin**

Sannolikhet är bedömd till en gång på mer än 1000 år. Kan innebära enstaka dödsfall/flera svårt skadade. Avstånd till andra verksamheter med omfattande hantering av farliga kemikalier är minst 160 meter vilket bedöms tillräckligt för att spridning ej ska kunna ske mellan verksamheterna.

I Brenntags säkerhetsrapport har antagits att ammoniumnitratet på Swedish Agro har kväveinnehåll lägre än 28 % och därmed inte klassas som brandfarlig vara enligt SÄIFS 1995:6. Detta antagande stämmer inte eftersom Swedish Agro hanterar ammoniumnitrat med högre kväveinnehåll än 28 %. En gasmolnsexplosion på grund av överfyllning av en cistern skulle därmed kunna spridas till ammoniumnitratet och i värsta fall skulle det eventuellt kunna orsaka en explosion i ammoniumnitratet. Avstånd mellan närmsta klass 1-cistern och lagerlokal med ammoniumnitrat hos Swedish agro är cirka 50 meter. Sannolikheten för ett sådant scenario är dock mycket låg.

Från Stena recycling kan dominoeffekter uppstå vid brand eller explosion. Gasmolnsexplosion bedöms dock mycket osannolik.

Explosion på Swedish Agro kan spridas till Brenntag Nordic och där orsaka allvarlig kemikalieolycka.

### 5.2.3 **Stena Recycling**

Vid explosion i samband med lagring eller hantering av ammoniumnitrat finns en risk för spridning av allvarlig kemikalieolycka till Stena Recyclings anläggning.

Överfyllning av stor klass 1-cistern på Statoils depå kan ge ett gasmoln som om det antänds kan innebära brandspridning till Stena Recyclings anläggning.

Brand och explosion kan orsaka dominoeffekter på närliggande verksamheter. Gasmolnsexplosion är ett osannolikt scenario, men skulle kunna leda till flera bränder och utsläpp.

I Stena Recyclings säkerhetsrapport har antagits att ammoniumnitratet på Swedish Agro har kväveinnehåll lägre än 28 % och därmed inte klassas som brandfarlig vara enligt SÄIFS 1995:6. Detta antagande stämmer inte eftersom Swedish Agro hanterar ammoniumnitrat med högre kväveinnehåll än 28 %. En gasmolnsexplosion på grund av

överfyllning av en cistern skulle därmed kunna spridas till ammoniumnitratet och i värsta fall skulle det eventuellt kunna orsaka en explosion i ammoniumnitratet. Avstånd mellan närmsta klass 1-cistern och lagerlokal med ammoniumnitrat hos Swedish agro är cirka 90 meter. Sannolikheten för ett sådant scenario är dock mycket låg.

En explosion i ammoniumnitratet kan innebära spridning av allvarlig kemikalieolycka till Stena recyclings depå.

Brandspridning till/från Brenntags depå skulle kunna orsaka spridning av allvarlig kemikalieolycka. Avstånden är dock så långa att brandspridningsrisken betraktas som låg.

#### 5.2.4 **Nynas**

I samband med överfyllning av största cisternen på Circle K:s depå kan ett antändbart gasmoln bildas och spridas till omgivningen. Spridning bedöms dock främst kunna ske till Stena Recyclings anläggning som är placerad närmare Circle K.

Påverkan från Swedish Agro beskrivs endast översiktligt. Någon möjlig dominoeffekt identifieras inte. I rapporten (Midroc, Nynas) antas dock endast ammoniumnitrat med kvävehalt lägre än 28 % hanteras, d.v.s. sådan ammoniumnitrat som inte klassas som brandfarlig vara. Men det stämmer inte med den hantering som sker, eftersom även ammoniumnitrat med högre kvävehalt förekommer. Om en explosion uppstår på Swedish Agro kommer det att ge påverkan på Nynas depå. Detta kan ske i form av utsläpp av brandfarlig vätska/brand.

Nynas depå är placerad längst sydväst på Tjärhovet med långa avstånd till övriga sevesoverksamheter. Avstånd till Swedish Agros gasolcistern är cirka 90 meter och avstånd till cisterner på Circle K:s depå är cirka 90 meter. Dominoeffekter är möjliga endast vid scenarier med mycket låg sannolikhet, som BLEVE, utsläpp av gasol med fördröjd antändning (gasmolnsexplosion) eller gasmolnsexplosion vid utsläpp av brandfarlig vätska i samband med överpumpning vid cisternfyllning.

#### 5.2.5 **Swedish Agro**

En explosion i lager för konstgödsel kan ge påverkan på intilliggande verksamheter i form av höga tryck, ras och splitter från byggnader. Detta kan därmed innebära dominoeffekter på närliggande sevesoverksamheter, d.v.s. spridning av allvarlig kemikalieolycka kan ske mellan verksamheter. Spridningen kan innebära utsläpp av brandfarlig vätska eller antändning av vätska i cistern. Risk att en omfattande brand på Swedish Agro sprids till omgivande företag är dock begränsad eftersom gator och omgivningar med oanvänd mark som skiljer företagen åt är breda.

Olycka med gasol kan spridas och påverka intilliggande verksamheter. Detta beskrivs dock inte mer ingående i riskbedömningen.

Vid stort utsläpp av gasol som antänds respektive vid BLEVE finns risk för påverkan på lager med ammoniumnitrat samt även på intilliggande Sevesoverksamheter, d.v.s. dominoeffekter kan uppstå. Brandspridning kan ske till lagerlokal med ammoniumnitrat och cisterner med brandfarlig vätska. Beskriven påverkan gäller de

allra mest omfattande scenarierna, som även har väldigt låg sannolikhet att inträffa. Flera förebyggande åtgärder vidtas för att säkerställa säker hantering av gasol.

Brand i båt lastad med ammoniumnitrat kan, om den leder till en explosion, innebära påverkan på byggnader/cisterner på intilliggande Seveso-verksamheter.

Transport av brandfarlig vätska i tankbil kan vid en olycka som innebär att den brandfarliga vätskan läcker ut och antänds innebära risk för brandpåverkan mot gasolcistern.

Överspolning av en cistern som ger spridning av ett gasmoln som antänds kan ge påverkan på Swedish Agros anläggning. Detta är dock ett scenario med mycket låg sannolikhet.

Transporter av brandfarlig vätska sker till/från Brenntag på vägen utanför Swedish Agros lager med ammoniumnitrat. En olycka som innebär att brandfarlig vätska läcker ut och antänds direkt eller rinner in i lokal med ammoniumnitrat och sedan antänds eller blandas med konstgödsel skulle kunna innebära att en allvarlig kemikalieolycka uppstår. Asfalten lutar bort från lagerbyggnad och ner från vägen, så lågpunkten är placerad mellan väg och lagerbyggnad. Där finns dagvattenbrunnar som vätskan kommer att läcka ner i. Därmed minskar risk för brandspridning och inläckage av vätska i byggnad vid ett utsläpp.

Kalmar hamn utför lossning och lastning av gods över kaj. Det rör sig om dels farligt gods, exempelvis N34, samt annat gods (massaved, flis etc.). Denna hantering sker vid Tjärhovsplan i närheten av Swedish Agros lagerlokaler för ammoniumnitrat.

Fartygsslossning av brandfarlig vätska till cisterner sker vid oljehamnsplan på Tjärhovets östra sida (250 meter från Swedish Agros verksamhet). Detta är tillräckligt långt för att olycksscenarioer där inte ska kunna spridas till Swedish Agro.

Påverkan mot Swedish Agros lagerlokal med ammoniumnitrat kan ske om brand uppstår i brännbart material upplagt på kaj intill lagerlokal. Brand som uppstår i fordon utanför lagerlokal (exempelvis lastbil som kör timmer eller tankbil som kör vätska) kan innebära brandspridningsrisk till lagerlokal för ammoniumnitrat.

Vid lossning av ammoniumnitrat från fartyg kan påverkan ske om en olycka skulle inträffa i samband med lossning. En brand eller explosion kan spridas till lagerlokal med ammoniumnitrat. Lossning sker enligt särskilda rutiner som säkerställer att riskfyllda situationer ej kan uppstå (övervakning, säkerhetsavstånd, ordning, avspärrning etc.)

#### 5.2.6 **Slutsats dominoeffekter**

Det finns scenarier som innebär att spridning av allvarlig kemikalieolycka kan ske mellan verksamheterna. Ett bra grundskydd finns dock eftersom depåerna är separerade med vägar som ger ett skyddsavstånd vilket minskar sannolikheten för att en olycka vid en verksamhet ska påverka intilliggande verksamhet. Vid mer omfattande scenarier kan dock spridning mellan verksamheterna ske.

För att hantera dessa risker bedrivs ett kontinuerligt säkerhetsarbete vid respektive verksamhet. Detta arbete säkerställer att sannolikhet för så stora händelser att spridning mellan verksamheterna kan ske minimeras. Verksamheterna som hanterar farliga ämnen har krav på sig att samarbeta och utbyta information för att identifiera scenarier som kan spridas mellan dem.

Påverkan på - >	Circle K	Brenntag Nordic	Stena Recycling	Nynas	Swedish Agro	Transport farligt gods
Olycka vid						
Circle K	-	Risk för påverkan	Risk för påverkan	Risk för påverkan	Risk för påverkan	Ej påverkan
Brenntag Nordic	Ej påverkan	-	Risk för påverkan	Ej påverkan	Risk för påverkan	Ej påverkan
Stena Recycling	Risk för påverkan	Risk för påverkan	-	Ej påverkan	Risk för påverkan	Ej påverkan
Nynas	Ej påverkan	Ej påverkan	Ej påverkan	-	Ej påverkan	Ej påverkan
Swedish Agro	Risk för påverkan	Risk för påverkan	Risk för påverkan	Risk för påverkan	-	Ej påverkan
Transport farligt gods	Ej påverkan	Ej påverkan	Ej påverkan	Ej påverkan	Risk för påverkan	-

Tabell 5.1 Sammanställning dominoeffekter.

I tabell 5.1 ovan är möjlig påverkan mellan verksamheterna förtydligad.

De mest omfattande scenarierna som är beskrivna av verksamheterna är sannolikhetsbedömda med den lägsta sannolikheten på skala 1-5, vilket innebär att det kan förväntas ske mindre än en gång på 1000 år. Detta är i sammanhanget en mycket grov klassificering när risker för tredje man studeras i samband med ett detaljplaneärende. Acceptabel individrisk är  $10^{-7}$  och samhällsrisk vid exempelvis 10 omkomna är  $10^{-7}$  och 100 omkomna  $10^{-8}$ , d.v.s. storleksordningen en gång på 10 miljoner år ( $10^{-7}$ ). Det är problematiskt att göra beräkningar av dessa frekvenser för händelser på en verksamhet utan tillgång till tillförlitlig data och detaljerad information om verksamheten. En beräkning utförs dock för scenario med brand som ger värmepåverkan mot ammoniumnitratet som i värsta fall skulle kunna leda till en explosion (se avsnitt 4.3.3). Det är rimligt att anta att de beskrivna händelserna som skulle kunna orsaka dominoeffekter har en sannolikhet som är i samma storleksordning som den framräknade frekvensen, d.v.s. närmare  $10^{-7}$  (en gång på 10 000 000 år) än en gång på 1000 år.

Händelserna som skulle kunna innebära dominoeffekter är därmed scenarier som har mycket låg sannolikhet. De identifierade scenarierna indikerar dock att det finns scenarier som skulle kunna ge mycket stora konsekvenser för omgivningen. Största påverkan mot planområdet skulle vara en explosion i ammoniumnitrat. Även BLEVE kan ge påverkan mot planområdet.

Dominoeffekter innebär att spridning kan ske mellan verksamheterna och förvärra situationen, d.v.s. konsekvenserna av olyckorna kan bli större tillsammans än var för

sig. Den totala påverkan mot planområdet bedöms dock inte bli större än vad konsekvensberäkningar i denna rapport redovisar eftersom beräkningar är utförda med konservativa antaganden.

Oavsett om dessa scenarier uppstår ensamt eller som en följd av dominopåverkan mellan Sevesoverksamhet betraktas sannolikheten för scenarierna så låg att det inte är rimligt att vidta åtgärder för minimera konsekvenserna av händelserna. Det finns flera säkerhetsbarriärer (organisatoriska och tekniska) för att förhindra att dessa scenarier uppstår.

Vissa säkerhetshöjande åtgärder kan dock vara rimliga att vidta, varför åtgärdsförslag ges i kapitel 7.

De farliga verksamheternas lokalisering i förhållande till varandra och i förhållande till personer i centrala Kalmar (Barlastholmen, Kvarnholmen m.m.) innebär krav på samverkan mellan verksamheter för att minimera riskerna. Detta regleras i Lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor, dvs Sevesolagstiftningen. Där anges följande:

*”13 § I säkerhetsarbetet ska verksamhetsutövaren, utöver förhållandena vid den egna verksamheten, även ta hänsyn till andra faktorer i omgivningen som kan påverka säkerheten. Närheten till annan verksamhet som omfattas av lagen ska särskilt beaktas.”*

*”Vid utredningen av om det finns faktorer som avses i första stycket ska verksamhetsutövaren samråda med statliga och kommunala myndigheter, organisationer och enskilda som kan ha intresse i saken. Om det behövs för utredningen, får verksamhetsutövaren begära hjälp från tillsynsmyndigheten enligt 21 §.”*

*”Dessa faktorer och åtgärder ska redovisas i anmälan och i säkerhetsrapporten.”*

*”Regeringen eller den myndighet som regeringen bestämmer får meddela föreskrifter om hur samråd enligt andra stycket ska ske och om undantag från samråds-skyldigheten. Lag (2015:233).”*

*”13 a § Om utredningen enligt 13 § visar att två eller flera verksamheter kan påverka varandra ska de berörda verksamhetsutövarna utbyta lämplig information för att kunna beakta arten och omfattningen av den sammanlagda faran för en allvarlig kemikalieolycka i sina handlingsprogram, säkerhetsledningssystem, säkerhetsrapporter och interna planer för räddningsinsatser.*

*De verksamhetsutövare som omfattas av första stycket ska gemensamt ta fram informationen och lämna den till den kommun eller de kommuner där verksamheterna ligger. Lag (2015:233).”*

## 6 Värdering av risk, osäkerheter och bedömning av åtgärdsbehov

### 6.1 Värdering av risk

Värdering av risknivån utförs utifrån resultatet av grovriskanalys (riskmatrix), riskhanteringsavstånd samt samhällsrisk/individrisk.

#### 6.1.1 Grovriskanalys

De scenarier som är placerade i röd eller gul del av riskmatrisen behöver åtgärdas eller bedömas noggrannare. Inga scenarier är placerade i den röda delen av riskmatrisen.

Scenarier i den gula delen av riskmatrisen kan behöva åtgärdas eller utredas noggrannare. Behov av åtgärd är dock lägre än scenarier i det röda området.

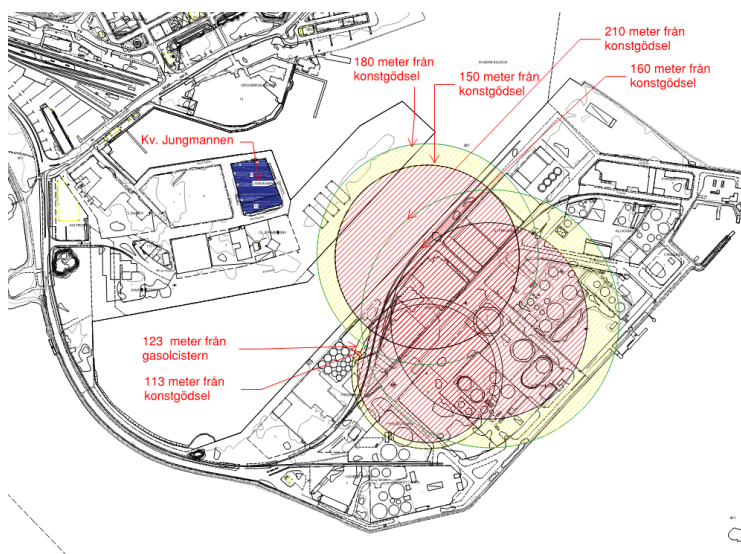
Risker i grönt område kan anses vara små.

Scenario med explosion av ammoniumnitrat har högst risk enligt matrisen. Det bör dock påpekas att sannolikheten för detta scenario är betydligt lägre än en gång på 1000 år, vilket är den lägsta sannolikhetsklass som matrisen redovisar. Dessa scenarier med stor konsekvens, men väldigt liten sannolikhet, presenteras/riskvärderas bättre i form av samhällsrisk och individrisk. Se nedan.

Riskenivån är tolerabel eftersom de scenarier som ger hög konsekvens för planområdet (explosion ammoniumnitrat) inte är dimensionerande eftersom deras sannolikhet är för låg, se avsnitt 4.3.3. Konsekvenser inom planområdet är beroende av byggnadskonstruktion och mängd ammoniumnitrat som exploderar. Konsekvenserna blir låga för mindre explosioner om en robust byggnadskonstruktion väljs.

#### 6.1.2 Riskhanteringsavstånd

Framtagna riskhanteringsavstånd visar att dessa inte når planområdet, kv. Jungmannen. Risknivån i planområdet kan därmed betraktas som låg.



Figur 6.1 Riskhanteringsavstånd.

### 6.1.3 Samhällsrisk och individrisk

För att avgöra om de beräknade risknivåerna är acceptabla eller inte så jämförs de mot angivna acceptanskriterier.

Vilken risknivå som kan betraktas som acceptabel är inte entydigt specificerat eller uttryckt i någon idag gällande lagstiftning. I publikationen SRV (2002) ges förslag på riskkriterier för individrisk och samhällsrisk vilka rekommenderas av Kalmar kommun och som därför används i denna analys.

Riskkriterier	Individrisk	Samhällsrisk för en väg-/järnvägssträcka på 1 km
Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras	$10^{-5}$	$F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
Övre gräns för områden där risker kan anses vara små	$10^{-7}$	$F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Tabell 6.1. Riskkriterier.

Kriterierna anges i form av en övre och en undre gräns. Risker över den övre gränsen anses som oacceptabla medan risker under den nedre gränsen bedöms som acceptabla.

Området mellan kriterierna benämns ALARP (As Low As Reasonably Practicable). I detta område ska man sträva efter att med rimliga medel sänka riskerna, d.v.s. att kostnaderna för åtgärderna ska vara rimliga i förhållande till den riskreducerande effekt som erhålls. För att bedöma rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder bör man därför även beakta begreppet tolerabel risk:

1. Till att börja med är det viktigt att beakta att omfattningen av riskreducerande åtgärder normalt är beroende av den planerade verksamheten, d.v.s. acceptansnivån varierar något mellan olika verksamheter. De undre av kriteriegränserna nyttjas vanligtvis för bebyggelse där påverkan från externa risker (t.ex. förknippade med transport av farligt gods etc.) ska vara låg. Detta gäller exempelvis för bostäder, hotell och svårutrymda lokaler (sjukhus, skolor och personintensiva lokaler etc.). Jämfört med bostäder bedöms ofta påverkan av externa risker vara något mer tolerabla för t.ex. kontors- och vissa typer av restaurang- och butiksverksamheter. Orsaken till detta är främst att dessa typer av verksamheter innebär att personer normalt är vakna, samt att verksamheterna huvudsakligen nyttjas dagtid. För bebyggelse och utrymmen som inte innebär stadigvarande vistelse, t.ex. parkeringsplatser samt gång- och cykelstråk, accepteras normalt en risknivå som överstiger angivna riskkriterier.

2. Rimligheten i att vidta riskreducerande åtgärder beror även inom vilken del av ALARP som risknivån ligger. Risker inom övre delarna av ALARP bör enbart tolereras om det bedöms vara praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. För risker i de lägre delarna av ALARP bör kraven på riskreduktion inte vara lika hårda, men möjliga åtgärder ska dock fortfarande beaktas. I de flesta fall anses risknivån vara acceptabel även om den hamnar inom ALARP-området, förutsatt att de åtgärder som bedöms vara rimliga ur ett kostnads-/nyttoperspektiv vidtas.

Samhällsriskerna och individriskerna är inom ALARP-området vilket indikerar att vissa åtgärder kan vara rimliga att vidta i samband med byggnation. Åtgärdsförslag redovisas i nästa kapitel.

## 6.2 Osäkerheter

I en riskanalys finns alltid osäkerheter. Osäkerheter byggs in i analysen till följd av exempelvis antaganden vid modelleringar, val av representativt frekvensmaterial, utförda bedömningar och antaganden m.m. För att möjliggöra beslutsfattande med riskanalysen som underlag är det därför viktigt att belysa vilka osäkerheter som finns och hur de kan påverka resultatet. Vid behov utförs känslighetsanalyser.

Bedömningar och antaganden i denna analys utförs på den "säkra sidan" för att inte underskatta riskerna. Om riskerna kan anses vara låga även vid en bedömning på den säkra sidan erfordras ingen mer detaljerad utredning av osäkerheter.

Det finns osäkerheter i val av dimensionerande skadehändelse i detta fall. En explosion i ammoniumnitrat ger större konsekvenser ju mer ammoniumnitrat som är inblandat i explosionen. Om man antar ett scenario med en mycket stor mängd ammoniumnitrat minskar dock sannolikheten för scenariot.

I Bilaga 8 redovisas en känslighetsanalys där en avsevärd ökning av frekvens för explosion respektive antal omkomna i byggnad till följd av explosion. Beräkningarna visar att samhällsriskerna ligger inom ALARP-området om inga åtgärder vidtas. Sker byggnation och föreslagna åtgärder vidtas är risknivån främst inom området låg risk. Till mycket liten del är den inom nedre delen av ALARP-området. Individriskerna blir  $10^{-6}$ , d.v.s. inom ALARP-området utan åtgärder och  $2 \times 10^{-8}$  vid byggnation med åtgärder. Känslighetsanalyserna visar att utförda beräkningsantaganden inte är avgörande för den beräknade risknivån. Risknivån kan även utifrån utförda känslighetsanalyser betraktas som acceptabel vid utförande av föreslagna åtgärder.

## 7 Åtgärder

För att begränsa risknivån i samband med genomförande av detaljplanen föreslås ett antal åtgärder vidtas.

### 7.1 Byggnadstekniska åtgärder

Åtgärder som rekommenderas är:

- **Ventilation:** Vid detektering av brandrök stängs ventilationssystemet av automatiskt. Alternativt sker omkoppling till reducerat friskluftintag. Ventilationsintag utförs i riktning från Tjärhovet/Barlastholmen.
- **Fönster:** Fönster i riktning mot Tjärhovet utförs laminerade för att begränsa splittrisk i samband med explosion.

Ytterligare åtgärd som ökar säkerhetsnivån är att vid nybyggnation utföra byggnads stomme så att risk för byggnadskollaps till följd av explosion på Tjärhovet begränsas. Exempel är att utföra stomme så att den inte resulterar i fortskridande ras vid infallande tryck 64 kPa och impulstäthet 5,4 kPas, d.v.s. vid explosion i 300 ton ammoniumnitrat enligt Bilaga 7. Då detta kan påverka byggnadsmetod och möjlig utformning av byggnad bör en avvägning av nytta med åtgärden i förhållande till de begränsningar de innebär för byggnadskonstruktion utföras. Ett scenario med explosion av ammoniumnitrat är inte att betrakta som ett dimensionerande scenario och åtgärder för att begränsa konsekvenserna av scenariot bör därför endast vidtas om kostnaderna bedöms rimliga. Åtgärder för att erhålla en stomme som inte raseras vid explosion bör därför endast föreskrivas om goda förutsättningar finns att utföra sådan åtgärd. Exempelvis kan det vara befogat vid nybyggnation men inte vid en om- eller tillbyggnation på befintlig byggnad.

### 7.2 Beredskap

Räddningstjänstens beredskap och insatsplaneringen är av stor vikt för att kunna hantera en insats på Tjärhovet. Övningar sker med Släckmedelscentralen (SMC) som har tillgång till storskalig skumsläckningsutrustning. De verksamheter som hanterar stor mängd farliga ämnen (Sevesoverksamheter) har krav på sig att bidra med resurser och information för att hantera en räddnings- eller släckinsats i en intern plan för räddningsinsats.

### 7.3 Information till allmänheten

På kommunens hemsida finns information om hur allmänheten ska agera vid brand på Tjärhovet. Signalen viktigt meddelande till allmänheten används för att ge information om att personer ska gå inomhus och stänga fönster och dörrar samt lyssna på radio för att få information om händelsen.

## 8 Risknivå efter åtgärder

Riskenivå efter åtgärder redovisas i riskmatris, i form av riskhanteringsavstånd och i form av ny beräkning av samhällsrisik och individrisk.

De åtgärder som antagits är ventilation (avstängning/omkoppling, laminerade fönster samt stomme av 200 mm betong.

### 8.1 Riskmatris

I riskmatris nedan ges en bild av risknivån efter vidtagande av föreslagna åtgärder. Matrisen visar att risknivån sänks genom att konsekvens för scenario med explosion med ammoniumnitrat sänks i och med de föreslagna åtgärderna. Förändringen syftar på nybyggnation enligt detaljplan. En stor explosion kan, med hänsyn till befintliga byggnader utan föreslaget skydd, fortfarande orsaka flera dödsfall (5 på skalan).

		1	2	3	4	5
> 1 gång per år	5					
> 1 gång per 1-10 år	4					
1 gång per 10-100 år	3					
1 gång per 100-1000 år	2		A6			
< 1 gång per 1000 år	1		A7 A5 A1	A2 A3	A4	
Konsekvens		Övergående, lindriga obehag.	Enstaka skada, varaktiga obehag.	Enstaka svårt skadade, svåra obehag.	Enstaka dödsfall, flera svårt skadade.	Flera dödsfall, 10-tals svårt skadade.

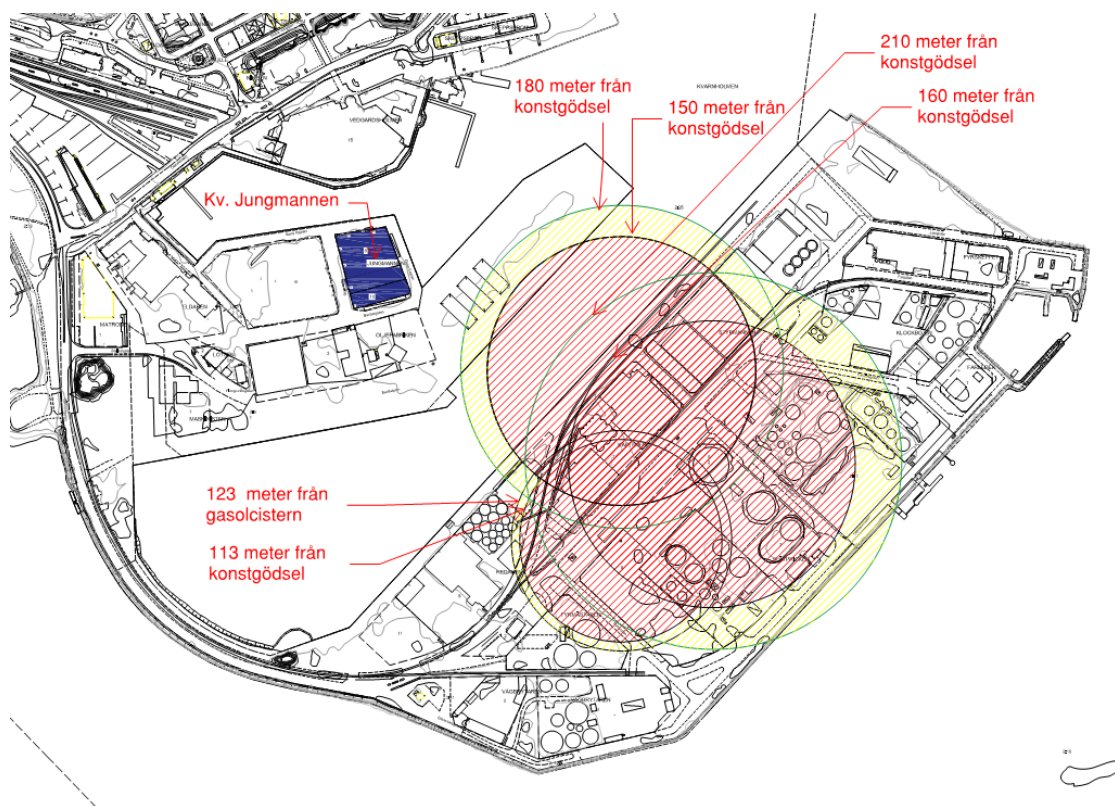
Figur 8.1 Riskmatris efter vidtagna åtgärder.

Scenario A4 är fortfarande placerat inom gult område. Detta ska dock inte tolkas som att risken är så hög att ytterligare åtgärder krävs utöver de som föreslås i kapitel 7. Sannolikheten för scenariot är betydligt lägre än en gång på 1000 år med hänsyn till hur ammoniumnitratet förvaras, d.v.s. scenariot hade hamnat längre ner på

sannolikhetsaxeln om matrisen hade omfattat händelser med lägre sannolikhet. Lutningen på acceptanskriterierna innebär att scenario A4 i sådant fall hade hamnat inom grönt område, d.v.s. acceptabelt.

## 8.2 Riskhanteringsavstånd

I figuren nedan visas de verksamhetsanpassade riskhanteringsavstånden. Det röda området som når närmast planområdet (Kv. Jungmannen) sträcker sig 150 meter från hantering av konstgödsel. Det gula området som når närmast planområdet når 180 meter från hantering av konstgödsel.



Figur 8.2 Verksamhetsanpassade riskhanteringsavstånd.

### 8.3 Samhällsrisk och individrisk

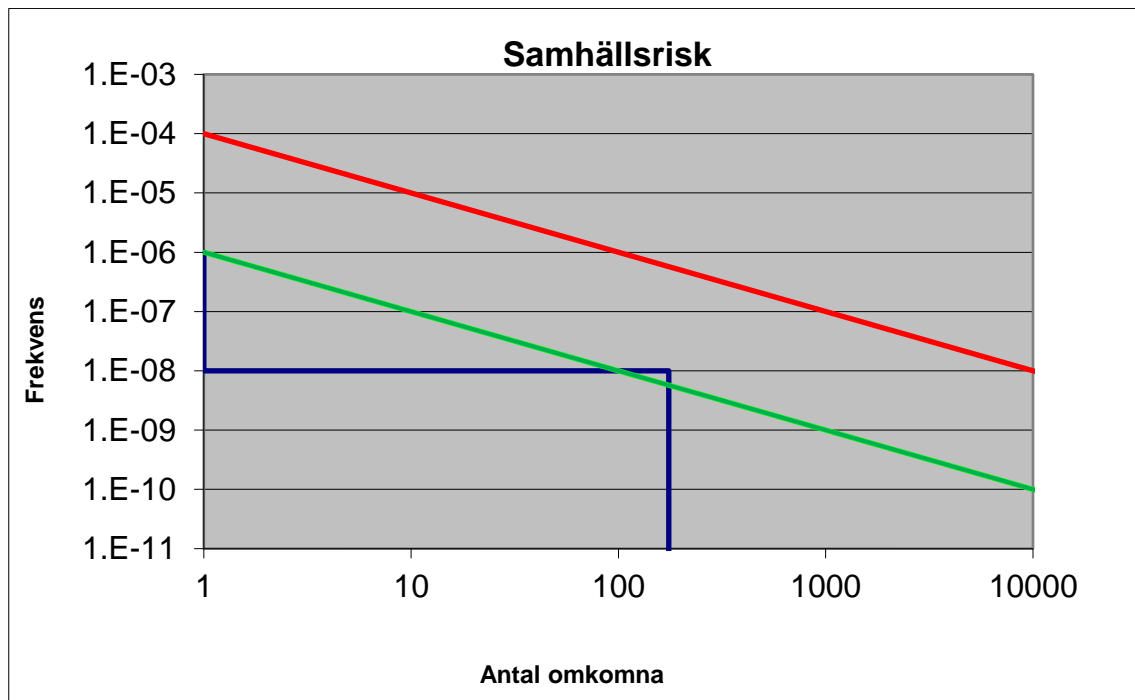
Beräkning av samhällsrisk efter åtgärder utförs enligt nedan.

#### 8.3.1 Samhällsrisk

Samhällsrisk beräknas enligt tabell 8.1 nedan.

Inomhus/ utomhus	300 ton Frekvens: $5 \times 10^{-7}$ per år (HSE).	1500 ton Frekvens: $1 \times 10^{-8}$ per år (HSE)
Antag 90 % inomhus.	Med åtgärd att fönster utförs med laminerade glas antas inga personer omkomma.  Antal omkomna: 0	Ingen justering av antal omkomna, eftersom byggnadsras fortfarande förväntas.  Antal omkomna: 171
Antag 10 % utomhus	Antal omkomna: 0	Antal omkomna: 4
Totalt antal omkomna inom planområdet:	0	175

Tabell 8.1 Beräkning av samhällsrisk efter vidtagna åtgärder.



Figur 8.3 Samhällsrisk efter vidtagna åtgärder.

Figur 8.3 visar att risknivån sänks avsevärt till följd av de föreslagna åtgärderna. Risknivån är till mycket stor del lägre än vad som betraktas som låg risk (den gröna linjen). Till liten del är risknivån över den gröna linjen, d.v.s. inom ALARP-området. Risknivån är dock inte så hög att ytterligare åtgärder är motiverade.

### 8.3.2 Individrisk

Efter åtgärd antas explosion med 300 ton inte orsaka dödsfall för personer i byggnaden. Vid den större explosionen (1500 ton) antas fortfarande dödsfall ske för person i byggnad. Det innebär att individrisken blir  $1 \times 10^{-8}$ , d.v.s. betydligt lägre än  $1 \times 10^{-7}$  som är gränsen för låg risk. Individrisken inom planområdet är därmed låg efter att föreslagna åtgärder vidtagits.

## 9 Slutsats

Risikanalyser har resulterat i att ett antal åtgärder är lämpliga att vidta för att sänka risknivån i samband med byggnation i närheten av Tjärhovet/Barlastholmen.

Åtgärderna bidrar till att minska konsekvenserna av identifierade olycksscenarioer. De olycksscenarioer som ger påverkan på detaljplaneområdet är brandpåverkan på konstgödsel och explosion i konstgödsel. Åtgärdsförslagen innebär minimering av påverkan från giftiga ämnen i brandgaser för personer som befinner sig inomhus samt att byggnader ges större motståndskraft vid explosion. Sannolikhet för de identifierade scenarierna minimeras genom ett aktivt säkerhetsarbete på respektive riskobjekt.

I denna analys har risknivån beskrivits med tre olika metoder för att ta hänsyn till de olika rekommendationer och den praxis som finns för redovisning och värdering av risk. Nedan dras slutsatser utifrån respektive metod.

**Grovrisikanalys:** Grovriskanalysen visar att det finns scenarier som placeras i mellanområdet där ytterligare analys erfordras för att värdera åtgärdsbehov. Det gäller scenarier med explosion av ammoniumnitrat. Detta är scenarier som har en så låg sannolikhet att de inte ryms inom riskmatrisens område. Sannolikheten för händelsen är så låg på grund av hur förvaringen av ammoniumnitratet sker.

**Riskhanteringsavstånd:** I analysen har riskhanteringsavstånd för dimensionerande skadehändelser beräknats. Resultatet innebär att riskhanteringsavstånden inte når planområdet.

**Samhällsrisk och individrisk:** Samhällsrisken är efter vidtagande av föreslagna åtgärder i samband med byggnation låg. Till mycket liten del tangerar risknivån ALARP-området, men risken betraktas så låg att ytterligare åtgärder inte anses motiverat.

För att sänka risknivån ytterligare skulle det erfordras åtgärder på byggnadsstomme för att göra den mer motståndskraftig mot stora explosioner. Detta anses dock inte motiverat eftersom lagerlokal som är utförd enligt gällande lagstiftning och där hantering av ämnet utförs enligt särskilda säkerhetsrutiner innebär mycket liten sannolikhet för att en explosion ska inträffa. I de föreskrifter som verksamheter som hanterar ammoniumnitrat, SÄIFS 1995:6, ska följa fokuseras på åtgärder för att förhindra att en explosion uppstår. Det förutsätts därmed inte att en explosion ska uppstå vid bedömning av lämpliga skyddsavstånd etc. Därav är explosion i ammoniumnitrathaltigt gödningsmedel inte ett dimensionerande scenario. Åtgärder för att erhålla en stomme som inte raseras vid explosion bör därför endast föreskrivas

om goda förutsättningar finns att utföra sådan åtgärd. Exempelvis kan det vara befogat vid nybyggnation men inte vid en om- eller tillbyggnation på befintlig byggnad.

Scenarier som ger spridning av brandgaser eller brandgaser tillsammans med nitrösa gaser kommer att orsaka påverkan på ett stort område inom Kalmar tätort. Det är dock ett olycksförlopp som utvecklas över en längre tid vilket innebär att personer kommer ha möjlighet att sätta sig i säkerhet inomhus. Förhärskande (vanligaste) vindriktning är ut mot Kalmarsund. Allvarliga skador eller dödsfall förväntas ej vid dessa händelser.

Med hänsyn till de farliga verksamheternas placering samt befintlig lagstiftning redan i dagsläget innebär det att respektive verksamhet måste arbeta aktivt för att förhindra sådana olyckor. Med hänsyn till Kalmar centrums placering innebär det att kommun och räddningstjänst måste arbeta för att säkerställa resurser att hantera ett olycksscenario oavsett om de detaljplaneförändringar som nu planeras genomförs eller ej.

Riskhanteringsavstånd enligt MSB (2017) sträcker sig inte till detaljplaneområdet. Scenarier som kan ge allvarlig skada eller dödsfall för personer i detaljplaneområdet har så låg sannolikhet att de inte är dimensionerande för riskhanteringsavståndet. Eftersom kraftig vind kan ge större påverkan vid spridning av nitrösa gaser, samt att en explosion på Tjärhovet kan ge stora konsekvenser har, trots att riskhanteringsavståndet inte når detaljplaneområdet, åtgärder föreslagits som minskar konsekvens av dessa scenarier. Även möjliga dominoeffekter med spridning av olycksscenarier mellan verksamheterna indikerar åtgärdsbehov.

I Bilaga 6 redovisas en jämförelse med andra detaljplaner i närheten av liknande riskobjekt. Förhållandena är sällan direkt jämförbara eftersom det kan skilja sig åt avseende hanterade ämnen, mängder, avstånd och även verksamheter inom skyddsobjektet, d.v.s. det område som ska bebyggas. Exemplet ger dock en bild av vilka åtgärder som är möjliga och vilka risknivåer som accepterats vid andra detaljplaner.

De dimensionerande scenarierna ger inte konsekvenser i form av allvarligt skadade eller dödsfall inom planområdet. Detta innebär att det finns expansionsmöjligheter för de kemikaliehanterande verksamheterna under förutsättning att det sker med ämnen/hantering som innebär motsvarande omgivningsrisker som i nuläget.

Byggnation enligt detaljplanens förslag innebär att fler personer befinner sig närmare riskkällan. Riskområdet blir dock så stort att tillkommande personer i detaljplaneområdet har en begränsad påverkan i sammanhanget. De åtgärder som vidtas medför att risknivån för personerna inom detaljplaneområdet inte bedöms signifikant högre än för övriga personer på Kvarnholmen.

De riskreducerande åtgärder som föreslagits i denna analys innebär inte att risken för scenarier som kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall inom planområdet är eliminerad. Det finns olycksscenarier som kan ge stora konsekvenser för planområdet. Det föreligger även risk för dominopåverkan mellan verksamheter på Tjärhovet. Dessa händelser har dock tillräckligt låg sannolikhet för att de ska kunna betraktas som en

tolerabel risk, vilket även bekräftas av resultatet av samhällsrisk och individriskberäkningar.

## 10 Referenser

- BBRAD 3 Boverkets allmänna råd om analytisk dimensionering av byggnaders brandkydd, BFS 2011:27.
- CPR 18E Guidelines for quantitative risk assessment, Purple book, CPR18E, dr PAM Uijt de Haag, dr BJM Ale, RVIM.
- FOA (1998) Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – metoder för bedömning av risker, FOA, 1998.
- FOI (2009) Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI 2009-04-20.
- Gexcon (2013) Modelling of consequences of several releases of gaseous, liquified and liquid flammabla substances, Gexcon, 2013-11-27.
- HSE (2021) [https://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid\\_circs/technical\\_osd/spc\\_tech\\_osd\\_30/spctecosd30.pdf](https://www.hse.gov.uk/foi/internalops/hid_circs/technical_osd/spc_tech_osd_30/spctecosd30.pdf) 2021-10-14.
- HSC Explosion Based LUP Siting Policy for Ammonium Nitrate Sites, A paper by Dr. Peter Harper and Mr Dave Adams.
- Kaplan (1981) On the Quantitative Definition of Risk, *Risk Analysis*, Vol. 1, Nr. 1, ss 11-27. , Kaplan S. & Garrick, J.
- MSB (2015) Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, Mars 2015.
- MSB (2015)<sup>2</sup> Räddningstjänst i siffror 2014, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2015.
- MSB (2015)<sup>3</sup> Studie – Helhetsbild av risk inom industriparken, Del 1 – Dominoeffekter och kumulativ risk, MSB 2015, MSB832.
- MSB (2017) Samhällsplanering och riskhantering i anslutning till storskalig kemikaliehantering, MSB, 2017.
- Miljöassistans (2013) Riskbedömning Sevesoklassad handelsgödsel och gasol, December 2013, Miljöassistans.
- Riskantering 3 (2001) Riskhantering 3 - Tekniska riskanalysmetoder, Kemikontoret, 2001
- SRV (2002) Värdering av risk, Statens räddningsverk 2002.
- Riskanalys (2013): Riskanalys för universitet, resecentrum, restauranger och hotell vid Ölandskajen/Barlastholmen, Kalmar kommun, 2013-05-13, Brand & Riskanalys.

Risikanalys (2010)	Risikanalys av farligtgoodsled i Kalmar, 2010-05-07, Lars Magnusson, Brand & Riskanalys.
Yara	Safety Aspects, Your guide to safe storage, handling and use of technical grade ammonium nitrate, Yara
CSB (2013)	U.S. CHEMICAL SAFETY AND HAZARD INVESTIGATION BOARD, WEST FERTILIZER COMPANY FIRE AND EXPLOSION REPORT 2013-02-I-TX
Rutstein (1979)	Rutstein, R. The Estimation of the Fire Hazard in Different Occupancies, Fire Surveyor vol.8 no.2.
SÄIFS 2000:2	Sprängämnesinspektionens föreskrifter (SÄIFS 2000:2) om hantering av brandfarliga vätskor med ändringar i SÄIFS 2000:5
Shah et. Al.	The Fertilizer Society, Safety of Ammonium Nitrate Fertilisers, KD Shah et. Al. ICE Chemicals and Polymers LTd, Wilton.
Särdqvist (1993)	Initial Fires, Lund 1993.
Tillander och Keski-Rahkonen	The ignition Frequency of Structural Fires in Finland 1996-99, K Tillander och O Keski-Rahkonen, VTT Buildings and Transport, Finland.
Länsstyrelsen Stockholm (2016)	Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods, Fakta 2016:4, 2016-04-11.
EFMA (2007)	Guidance for the Storage, Handling and Transportation of Solid Mineral Fertilizers, EFMA, 2007
EPA (2018)	<a href="https://www.epa.gov/aegl/carbon-monoxide-results-aegl-program">https://www.epa.gov/aegl/carbon-monoxide-results-aegl-program</a> <a href="https://www.epa.gov/aegl/benzene-results-aegl-program">https://www.epa.gov/aegl/benzene-results-aegl-program</a>
<b>Beräkningsprogram</b> ALOFT-FT v 3.1	NIST, (2011), ALOFT-FT(TM) A Large Outdoor Fire Smoke Plume Trajectory Model - Flat Terrain NIST Special Publication 924, National Institute of Standards and Technology



## **Bilaga 1 – Olyckor med ammoniumnitrat**

Ammoniumnitratets explosionsrisk betraktas som mycket låg under förutsättning att det hanteras på rätt sätt. Det har dock inträffat olyckor genom åren. Dessa har lett fram till regler och rekommendationer för säker hantering. Så sent som 2013 inträffade en mycket stor explosion i Texas, USA, som innebar förändringar i regler och rekommendationer. Vid den händelsen sammanföll ett flertal faktorer som hade gått fel och ledde till att händelsen kunde ske.

Nedan visas en sammanställning av olika olyckor med ammoniumnitrat.

### **Olycka i Cherokee, 1973**

En brand uppstod i en lagerbyggnad på ett företag som producerade ammoniumnitrat. Det fanns 14 000 ton ammoniumnitrat i byggnaden, men endast några få ton exploderade. Explosionen antas ha skett under en lastmaskin som var parkerad på en yta där ammoniumnitrat fanns på golvet. Explosionen startade troligen av att en av lastmaskinens komponenter exploderade. Troligen kontaminerades ammoniumnitrat av brännbar vätska från lastmaskinen före explosionen. Explosionen inträffade 25 minuter efter branden upptäcktes. Spridning skedde inte till de stora högarna med ammoniumnitrat som fanns i lokalen.

### **Olycka i West, Texas 2013**

En explosion med ammoniumnitrat inträffade 2013 West Fertilizer Company:s anläggning i Texas, USA. Utredning av händelsen har utförts av U.S. Chemical Safety And Hazard Investigation Board.

Händelsen startade med en brand och efter cirka 20 minuter skedde en kraftig explosion.

Det fanns cirka 40-60 ton ammoniumnitrat på anläggningen och cirka 30 ton detonerade. Ämnet förvarades löst lagrat.

Explosionen orsakade stor skada på omgivningen. Byggnader som raserades inkluderade bland annat en skola på avståndet 155 meter från explosionen, ytterligare en skola 380 meter från explosionen. I ett flerbostadshus med 2 våningar på 135 meters avstånd dog två personer.

Totalt omkom tolv räddningsarbetare och tre personer från allmänheten. 260 personer skadades.

Orsak till explosionen har inte kunnat fastställas men ett antal teorier om hur händelsen kunde ske redovisas i rapporten.

I detta fall var det ett stort antal faktorer som sammanföll och möjliggjorde denna olycka. Några faktorer som var troliga bidragande orsaker till explosionen var:

- Byggnadsmaterial i byggnadskonstruktion och förvaringsfack utgjordes av brännbart material.
- Brandlarm och sprinkler fanns ej

- Det saknades brandteknisk avskiljning mellan lagring av ammoniumnitrat och annat brännbart material.
- Myndighetstillsyn av anläggningen var bristfällig.
- Det fanns även brister i lagstiftning och rekommendationer avseende ammoniumnitrat. Ammoniumnitrat var exempelvis inte med i en lista på mycket riskfyllda kemikalier i 29 CFR 1910.119.
- WFC löd under US Environmental Protection Agency (EPA) regler för riskhantering på grund av tankar med ammoniak, men inte på grund av lagring av ammoniumnitrat. Därmed ägnades mer fokus på risker med ammoniak än med ammoniumnitrat. Ammoniumnitrat är inte med på EPA:s Risk Management Programs lista över kemikalier så WFC var inte enligt lagstiftning ålagda att vidta säkerhetsåtgärder för ammoniumnitrat på samma sätt som för ammoniak.
- Brandkåren hade inte någon insatsplanering eller insatsträning på anläggningen för händelser med ammoniumnitrat eftersom det inte fanns något sådant regulatoriskt krav.

Exempel på hur riktlinjer har förändrats sedan händelsen är:

- NFPA ger ut riktlinjer för utformning av bland annat brandskydd. Dessa riktlinjer innebar tidigare att avskärmningar i lagerlokal för ammoniumnitrat löst lagrat fick vara utförda av brännbart material under förutsättning att det var skyddat mot impregnering av ammoniumnitrat. Denna impregnering förhindrade dock inte en brand. Den nya versionen av NFPA 400 (2016 års utgåva) förbjuder användning av brännbart material i all byggnadskonstruktion och lageravskärmningar.

### **Cory's Warehouse incident (1982)**

En brand i ett lager med trä möbler, träkol och förpackat ammoniumnitrat orsakade deflagration men inte detonation (deflagration är en långsammare förbränning än en detonation). Flera små explosioner inträffade men dessa tros ha skett på grund av reaktion mellan natriumnitrat och träkol. Över 1000 personer evakuerades och det tog 6 timmar att få kontroll på branden.

### **East Texas Ag Supply Incident (2014)**

Ett lager för ammoniumnitrat i Athens, Texas, började brinna. Lagret var i närheten av staden. Området evakuerades. Ingen explosion inträffade. Väggarna var av murverk men förvaringsfacken samt taket var av trä.

## **Beirut (2020)**

Den 4 augusti 2020 inträffade en kraftig explosion i Libanons huvudstad Beirut. Libanons myndigheter uppgav att explosionen orsakades av 2 750 ton ammoniumnitrat som under sex års tid har förvarats i en lokal i hamnen, utan tillräckliga skyddsåtgärder. Över 200 personer omkom och flera tusen skadades. Det råder fortfarande oklarheter vad som orsakade olyckan.

## **Bilaga 2 – Spridning av nitrosa gaser**

I denna bilaga redovisas konsekvensberäkningar för att beskriva omgivningspåverkan till följd av en brand i konstgödsel eller en brand som innebär värmepåverkan på konstgödsel.

### **B2.1 Antaganden**

Sönderdelningszonen antas starta med en kvadratmeter stor yta på en hög med ammoniumnitrat. Zonen sprids in i högen med en halvsfärisk spridning.

Initialt har sfären en radie på 1 meter.

Maximal spridning av sönderdelningszonen är 1 m/timme enligt Shah et. Al.

#### NO<sub>x</sub>-produktion efter en timme

Efter 1 timme med spridning i alla riktningar är zonen en halvsfär med radie 2 meter.

Volym halvsfär:  $((4 \times \pi \times 2^3) / 3) \times 0,5 = 16,8 \text{ m}^3$

Massa:  $16,8 \text{ m}^3 \times 1725 \text{ kg/m}^3 = 28902 \text{ kg}$ .

Enligt EFMA (2007) är max 10 % av de avgående gaserna NO<sub>x</sub>. D.v.s. 2890 kg

Källstyrka per sekund blir därmed: 0,8 kg/s

#### NO<sub>x</sub>-produktion efter två timmar

Efter 2 timmar med spridning i alla riktningar är zonen en halvsfär med radie 3 meter.

Volym halvsfär:  $((4 \times \pi \times 3^3) / 3) \times 0,5 = 56,5 \text{ m}^3$

Massa:  $56,5 \text{ m}^3 \times 1725 \text{ kg/m}^3 = 97546 \text{ kg}$ .

10 % av de avgående gaserna NO<sub>x</sub>. D.v.s. 9755 kg

Källstyrka per sekund blir därmed: 2,7 kg/s

Konservativt konstant produktion av NO<sub>x</sub> till 2,7 kg/s i de beräkningar som utförs för att se konsekvens efter 2 timmars sönderdelning.

## B2.2 Indata till förbränningsmodellering

Den dimensionerande brand som används i riskbedömningen är en brand med effektutveckling 15 MW. Det kan vara en brand i träpallar, lastmaskin eller plastemballage. Med hänsyn till att brännbart material inte ska förekomma i samband med lagring av ammoniumnitrat är det en stor brandeffekt.

Energiinnehåll trä:	20 kJ/g
Effektutveckling:	15 MW
Förbränningshastighet:	$15000 \text{ kJ/s} / (20 \text{ kJ/g}) = 750 \text{ g/s}$

Andel NO<sub>x</sub> som bildas per kg förbränt bränsle:

$$0,8 \text{ kg/s} / 0,750 \text{ kg/s} = 1,07 \text{ kg/kg} = 1070 \text{ g/kg}$$

Det bildas därmed 1070 g NO<sub>x</sub> per förbränt kg trä.

Motsvarande beräkningar för att erhålla indata för produktion av 2,7 kg/s (efter 2 timmars brand) ger:

$$2,7 \text{ kg/s} / 0,750 \text{ kg/s} = 3,6 \text{ kg/kg} = 3600 \text{ g/kg}$$

För att översätta branden till en brand i trä och anpassa brandarean till vad som är möjligt att modellera i beräkningsprogrammet görs följande justering:

Brand i lastpallar ger enligt Särdaqvist (1993) effektutveckling 2,4 MW/m<sup>2</sup>. Vid höjd på hög 1,22 meter.

Eftersom minsta brandarean är 25 m<sup>2</sup> i programmet måste detta värde justeras.

$$15 \text{ MW} / 25 \text{ m}^2 = 0,6 \text{ MW/m}^2$$

$$\text{Förbränningshastighet: } 0,6 \text{ MW/m}^2 / 20 \text{ MJ/kg} = 0,03 \text{ kg/m}^2\text{s}$$

$$0,03 \text{ g/m}^2\text{s} \times 25 \text{ m}^2 = 0,75 \text{ kg/s.}$$

$$0,75 \text{ kg/s} \times 1070 \text{ g/kg} = 0,8 \text{ kg/s källstyrka NO}_x$$

## B2.3 Väderförhållanden

Beräkningar utförs för normala väderförhållanden (vindhastighet 3 m/s och stabilitetsklass D). Även kraftigare vind studeras (vindhastighet 5 m/s, stabilitetsklass D). Detta är väderförhållanden som är vanligt förekommande och som ger en lång spridning av brandgaser. Vid lägre vindhastigheter kommer brandgaserna i större utsträckning att spridas rakt upp i luften med mindre omgivningspåverkan som följd. Högre vindhastighet kan ge större påverkan, detta analyseras i en känslighetsanalys.

## B2.4 Undersökta koncentrationsnivåer

För att beskriva konsekvenserna av scenariot på ett nyanserat sätt väljs tre olika koncentrationsnivåer. De värden som studeras i utdata från spridningsberäkningarna är koncentrationer som kan orsaka dödsfall, koncentrationer som kan orsaka allvarliga skador och lägre koncentration som kan ge obehag.

Personer som utsätts för koncentration 100 ppm kan omkomma (LC 50-värde).

Lämpliga riktvärden för samhällsplanering och insatsplanering varierar. I MSB (2017) anges riktvärden för allvarligt skadade och dödsfall. I MSB (2016) anges riktvärden för avspärrningar vid insatsplanering.

Riktvärde för område som bör spärras av i samband med insatsplanering är enligt MSB (2016) det område inom vilket koncentration kan uppnå till IDLH, AEGL-3 eller 1 % skada på 30 minuter. IDLH-värde är 20 ppm och AEGL- 3 värde är 20 ppm. Värde för 1 % skada på 30 minuter har inte gått att finna för kvävedioxid.

5 ppm är KTV för kvävedioxid enligt AFS. Korttidsgränsvärde är ett hygieniskt gränsvärde för exponering under en referensperiod av 15 minuter.

Vid bedömning av personers påverkan från gaser kan även AEGL-2-värdet (Acute Exposure Guideline Levels) som enligt MSB (2017) är lämpligt kriterium för när personer kan skadas allvarligt. Som kriterium för dödsfall används AEGL-3.

Sammanfattning av riktvärden för exponering:

<b>Ämne: Kvävedioxid</b>	
<b>Typ av gränsvärde</b>	<b>Koncentration</b>
KTV	5 ppm
AEGL-2 (60 minuter)	12 ppm
AEGL-3 (60 minuter)	20 ppm
IDLH	20 ppm

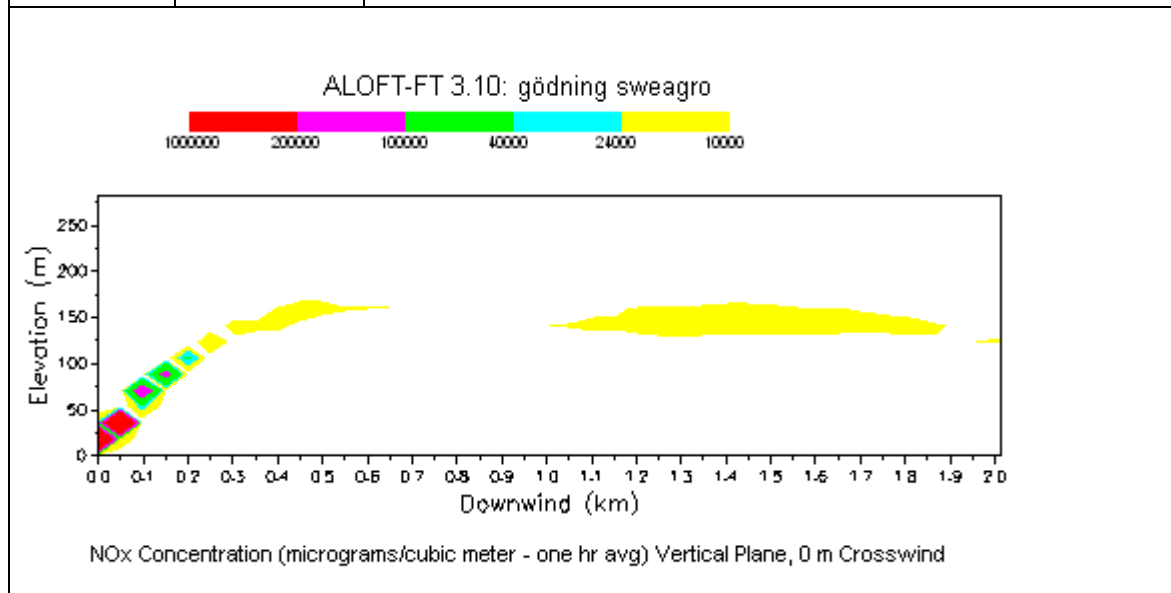
Utdata i programmet ges i mikrogram/m<sup>3</sup>. Nedan översätts ppm till mikrogram/m<sup>3</sup> för att underlätta avläsning i figurerna.

- 100 ppm motsvarar 200 000 mikrogram/m<sup>3</sup>
- 20 ppm motsvarar 40 000 mikrogram/m<sup>3</sup>
- 12 ppm motsvarar 24 000 mikrogram/m<sup>3</sup>
- 5 ppm motsvarar 10 000 mikrogram/m<sup>3</sup>

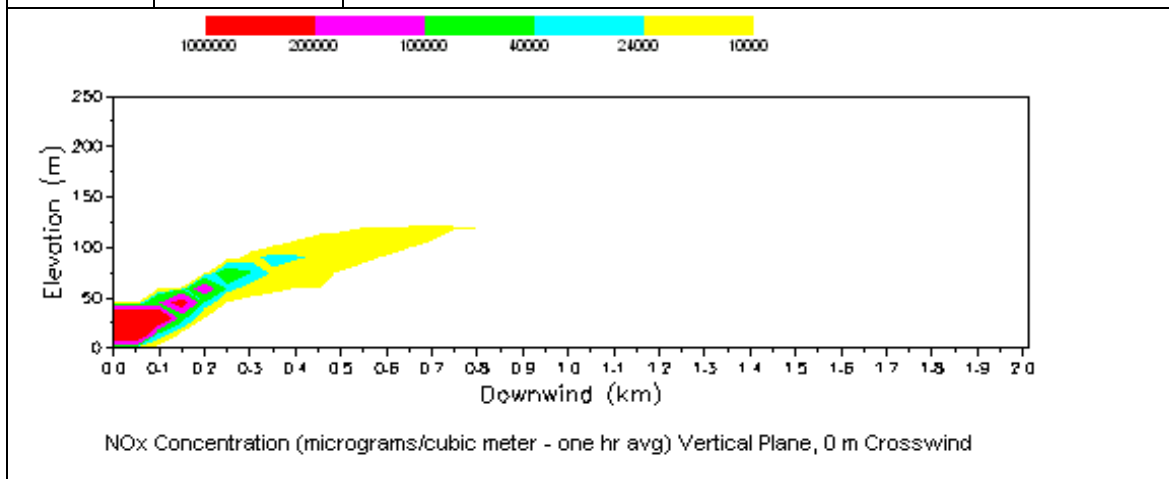
## B2.5 Resultat

### Källstyrka 0,8 kg/s (60 minuters påverkan)

Scenario A	Källstyrka	0,8 kg/s
	Vindhastighet	3 m/s
	Kommentar	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 100 meter från utsläppet på hög höjd. Under 25 meters höjd uppnås koncentrationen endast inom cirka 100 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås på avstånd upp till 200 meter högt upp i luften. Under 25 meters höjd uppstår koncentrationen på avstånd upp till 100 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 200 m på hög höjd (ca 100 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 100 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm uppnås på avstånd upp till 1900 meter högt upp i luften. Under 25 meters höjd uppstår koncentrationen på avstånd upp till 100 meter.</p>

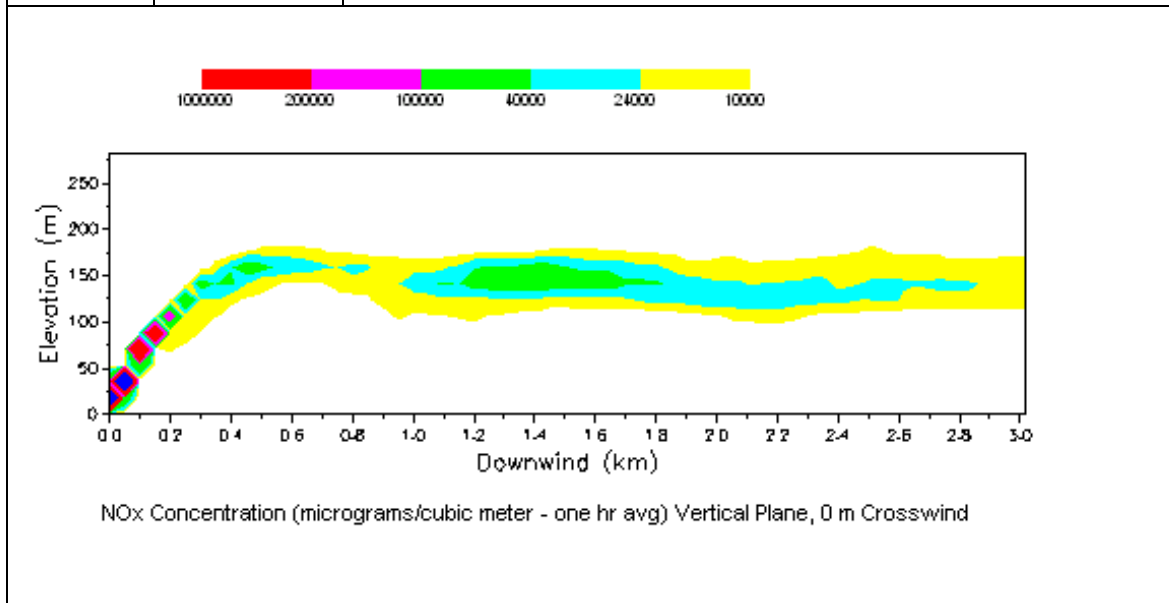


<b>Scenario B</b>	<b>Källstyrka</b>	0,8 kg/s
	<b>Vindhastighet</b>	5 m/s
	<b>Kommentar</b>	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 200 meter från utsläppet på hög höjd. Under 25 meters höjd uppnås koncentrationen endast inom cirka 100 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 300 meter på hög höjd (ca 80 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 100 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 400 m på hög höjd (ca 100 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 150 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm uppnås på avstånd upp till 800 meter högt upp i luften. Under 25 meters höjd uppstår koncentrationen på avstånd upp till 150 meter.</p>

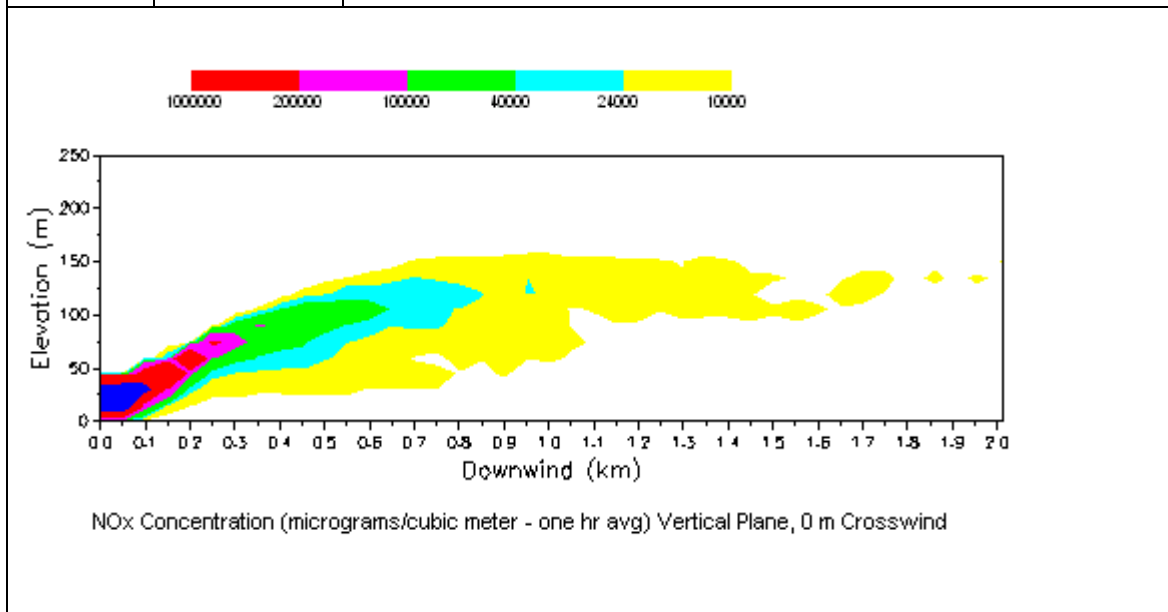


### Källstyrka 2,7 kg/s (120 minuters påverkan)

<b>Scenario C</b>	<b>Källstyrka</b>	2,7 kg/s
	<b>Vindhastighet</b>	3 m/s
	<b>Kommentar</b>	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 200 meter från utsläppet på hög höjd. Under 25 meters höjd uppnås koncentrationen endast inom cirka 100 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överstigande 1,8 km på hög höjd (ca 150 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 100 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överstigande 2,9 km på hög höjd (ca 120 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 100 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm uppnås på avstånd över 3 km högt upp i luften. Under 25 meters höjd underskrids koncentrationen på avstånd över 100 meter.</p>



<b>Scenario D</b>	<b>Källstyrka:</b>	2,7 kg/s
	<b>Vindhastighet</b>	5 m/s
	<b>Kommentar</b>	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 300 meter från utsläppet på hög höjd. Under 25 meters höjd uppnås koncentrationen endast inom cirka 150 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 600 m på hög höjd (ca 100 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 150 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 950 m på hög höjd (ca 120 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 180 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm uppnås på avstånd upp till 2 km högt upp i luften. Under 25 meters höjd underskrids koncentrationen på avstånd över 750 meter.</p>



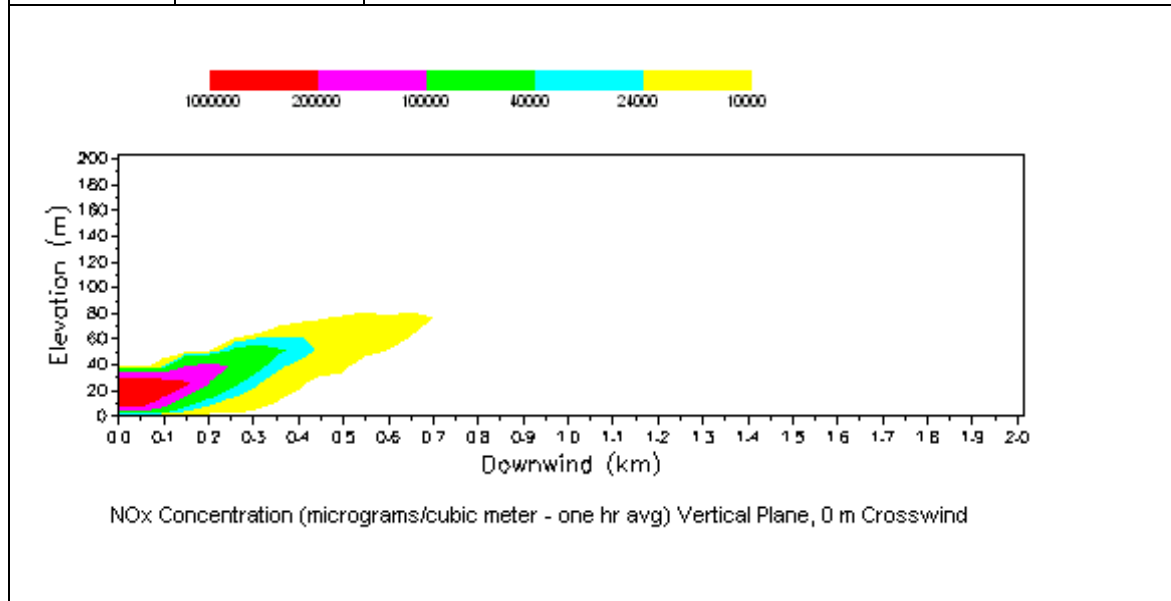
Slutsats scenario A-D: Avstånd till plats där AEGL-3 värdet (20 ppm) i marknivå underskrids är som längst 150 meter. På högre höjder kan denna koncentration uppnås på avstånd upp till 1,8 km.

Skada, d.v.s. AEGL-2 värde (12 ppm), kan uppstå på avstånd upp till 180 meter i marknivå.

Känslighetsanalys 1

I denna känslighetsanalys undersöks effekt av en högre vindhastighet.

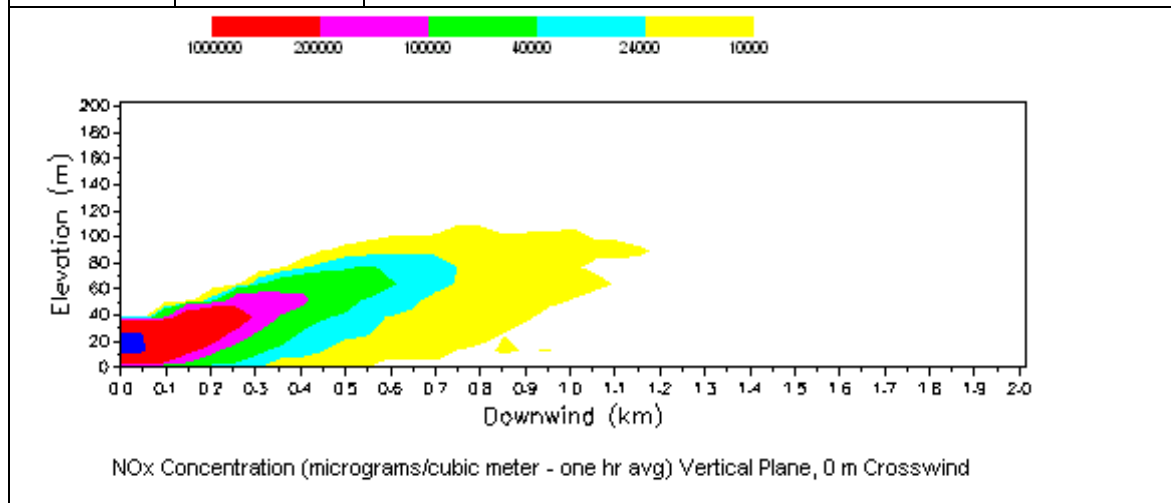
<b>Känslighets- analys 1</b>	<b>Källstyrka</b>	0,8 kg/s
	<b>Vindhastighet</b>	8 m/s
	<b>Kommentar</b>	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 150 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 350 m på hög höjd (ca 60 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 250 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 420 m på hög höjd (ca 60 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 300 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm uppnås på avstånd upp till 700 m högt upp i luften (80 meters höjd). Under 25 meters höjd underskrids koncentrationen på avstånd över 450 meter.</p>



### Känslighetsanalys 2

I denna känslighetsanalys undersöks effekt av en högre vindhastighet i kombination med hög produktion av kvävedioxid.

<b>Känslighets- analys 2</b>	<b>Källstyrka</b>	2,7 kg/s
	<b>Vindhastighet</b>	8 m/s
	<b>Kommentar</b>	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 300 meter från utsläppet på hög höjd. Under 25 meters höjd uppnås koncentrationen inom cirka 230 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 600 m på hög höjd (ca 60 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 400 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 750 m på hög höjd (ca 80 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 550 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm uppnås på avstånd upp till 1,2 km högt upp i luften. Under 25 meters höjd underskrids koncentrationen på avstånd över 950 meter.</p>

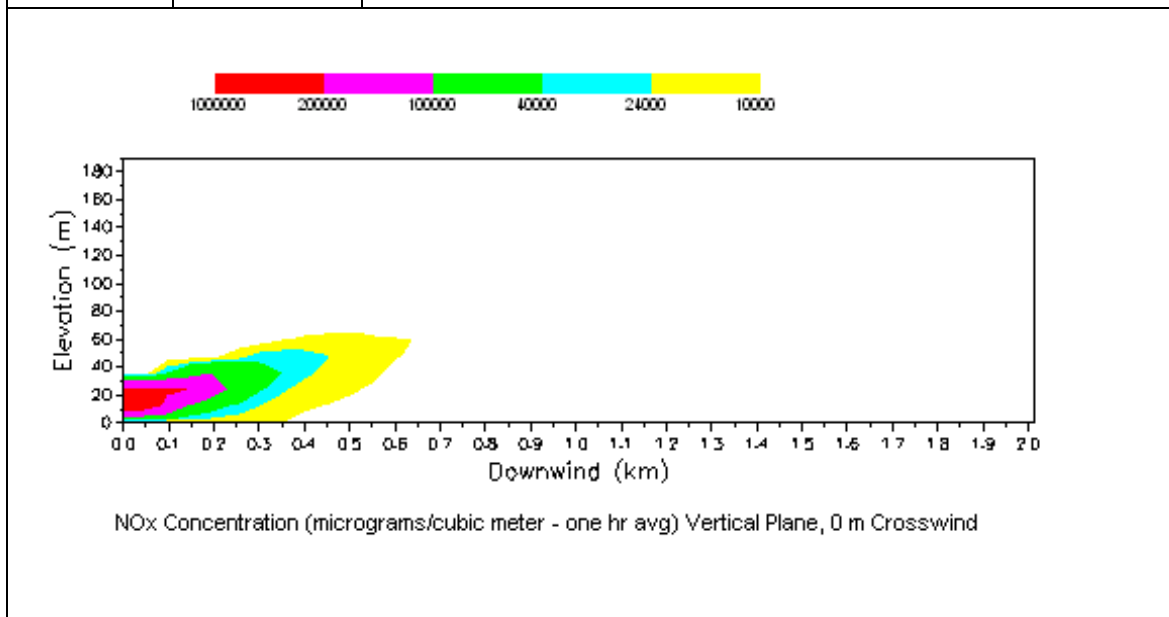


### Känslighetsanalys 3

I denna känslighetsanalys undersöks effekt av vindhastighet 10 m/s.

<b>Känslighets- analys 1</b>	<b>Källstyrka</b>	0,8 kg/s
	<b>Vindhastighet</b>	10 m/s
	<b>Kommentar</b>	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 150 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 350 m på hög höjd (ca 40 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd</p>

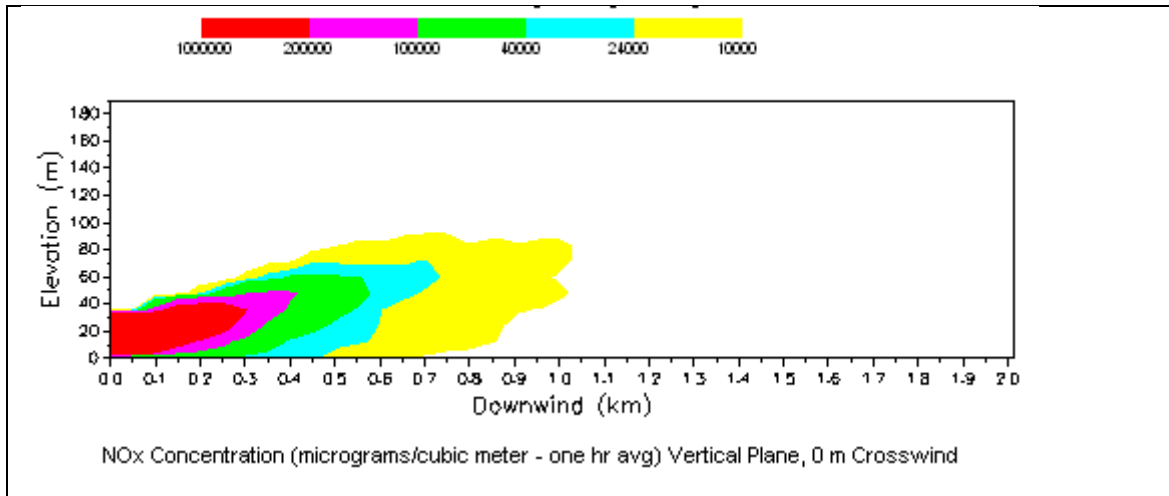
	<p>överstigande 300 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 420 m på hög höjd (ca 40 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 350 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm (10 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås på avstånd upp till 850 m högt upp i luften (50 meters höjd). Under 25 meters höjd underskrids koncentrationen på avstånd över 500 meter.</p>
--	---



#### Känslighetsanalys 4

I denna känslighetsanalys undersöks effekt av en hög vindhastighet i kombination med hög produktion av kvävedioxid.

<b>Känslighets- analys 2</b>	<b>Källstyrka</b>	2,7 kg/s
	<b>Vindhastighet</b>	10 m/s
	<b>Kommentar</b>	<p>Koncentration 100 ppm (200 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås ej på avstånd överstigande 300 meter från utsläppet.</p> <p>Koncentration 20 ppm (40 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 600 m på hög höjd (ca 50 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 500 meter.</p> <p>Koncentration 12 ppm (24 000 microgram/m<sup>3</sup>) underskrids på avstånd överskridande 750 m på hög höjd (ca 60 meters höjd). Koncentrationen underskrids på låga höjder (under 25 meters höjd) på avstånd överstigande 600 meter.</p> <p>Koncentration 5 ppm (10 000 microgram/m<sup>3</sup>) uppnås på avstånd upp till 1 km högt upp i luften. Under 25 meters höjd underskrids koncentrationen på avstånd över 900 meter.</p>



#### Slutsats känslighetsanalyser:

I känslighetsanalys 1 (NOx-produktion i 1 timme och vindhastighet 8 m/s) blir avstånd till plats där AEGL-3 värdet (20 ppm) i marknivå underskrids är som längst 250 meter.

Skada, d.v.s. AEGL-2 värde (12 ppm), kan uppstå på avstånd upp till 300 meter.

I känslighetsanalys 2 (NOx-produktion i 2 timmar och vindhastighet 8 m/s) blir avstånd till plats där AEGL-3 värdet (20 ppm) i marknivå underskrids är som längst 400 meter.

Skada, d.v.s. AEGL-2 värde (12 ppm), kan uppstå på avstånd upp till 550 meter.

I känslighetsanalys 3 (NOx-produktion i 1 timme och vindhastighet 10 m/s) blir avstånd till plats där AEGL-3 värdet (20 ppm) i marknivå underskrids som längst 300 meter.

Skada, d.v.s. AEGL-2 värde (12 ppm), kan uppstå på avstånd upp till 350 meter.

I känslighetsanalys 4 med värsta förhållanden (NOx-produktion i 2 timmar och vindhastighet 10 m/s) blir avstånd till plats där AEGL-3 värdet (20 ppm) i marknivå underskrids som längst 500 meter.

Skada, d.v.s. AEGL-2 värde (12 ppm), kan uppstå på avstånd upp till 600 meter.

## **Bilaga 3 – Konsekvensberäkningar cisternbrand**

I denna bilaga redovisas konsekvensberäkningar för att beskriva omgivningspåverkan till följd av en cisternbrand i största cisternen för brandfarlig vätska med flampunkt under 30 C på Tjärhovet.

### **B3.1 Förutsättningar**

Största cisternen med brandfarlig vätska med flampunkt under 30°C är belägen på Statoils depå. Cisternen innehåller bensen.

Cisternen har diametern 39 meter. Brinnande area är därmed 1200 m<sup>2</sup>.

### **B3.2 Metod och riktvärden**

Analys av cisternbrands påverkan har gjorts med avseende på spridning av brandgaser (brandrök). Beräkningar för brandgasspridning har genomförts med mjukvaran ALOFT-FT v 3.1. Mjukvaran syftar särskilt till att beräkna spridning av brandgaser vid pölbränder i kolväten.

Vid bedömning av personers påverkan från brandgaser används AEGL-2-värdet (Acute Exposure Guideline Levels) som enligt MSB (2017) är lämpligt kriterie för när personer kan skadas allvarligt. Som kriterium för dödsfall används AEGL-3.

AEGL-2 är den luftburna koncentrationen av ett ämne över vilken man beräknat att den allmänna befolkningen, inklusive känsliga individer, kan få irreversibla eller andra allvarliga och långvariga hälsoeffekter eller en nedsatt förmåga att fly från exponeringen. De värden på AEGL-2 som används som gränsvärden i denna analys är 83 ppm (103 mg/m<sup>3</sup>) för kolmonoxid vid 60 minuters exponering och 800 ppm (2600 mg/m<sup>3</sup>) för bensen vid 60 minuters exponering EPA (2018). Dessa ämnen antas kunna vara representativa för brandgaser.

Motsvarande värden på AEGL-3 vid 60 minuters exponering är 330 ppm för kolmonoxid vid 60 minuters exponering och 4000 ppm för bensen [10].

Även förekomst av partiklar studeras. AEGL-2 för partiklar finns inte redovisat på samma sätt som för specifika ämnen. Därför görs istället en redovisning av nivågränsvärde (NGV) enligt AFS. NGV är hygieniskt gränsvärde för exponering under en arbetsdag. För partiklar PM 10 är värdet 5 mg/m<sup>3</sup>.

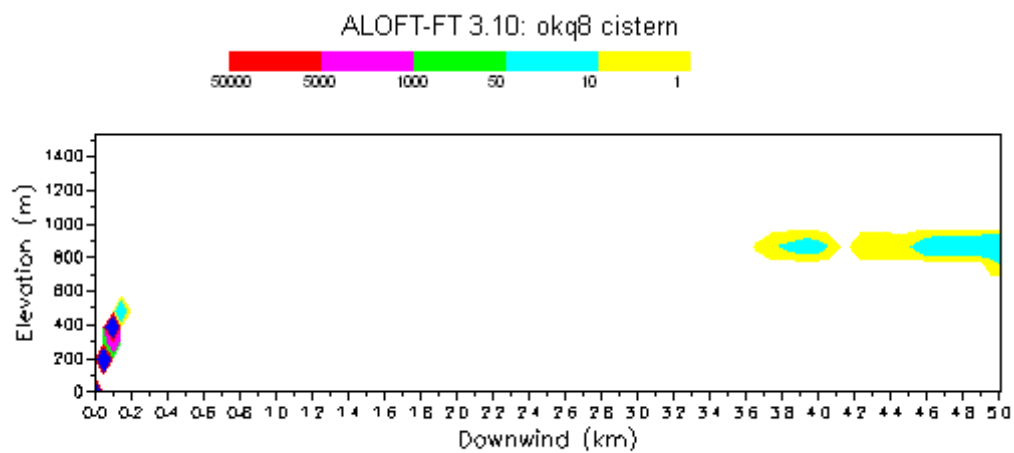
### **B3.3 Väderförhållanden**

Beräkningar utförs för normala väderförhållanden (vindhastighet 3 m/s och stabilitetsklass D). Även kraftigare vind studeras (vindhastighet 5 m/s respektive 10 m/s, stabilitetsklass D).



## Partiklar

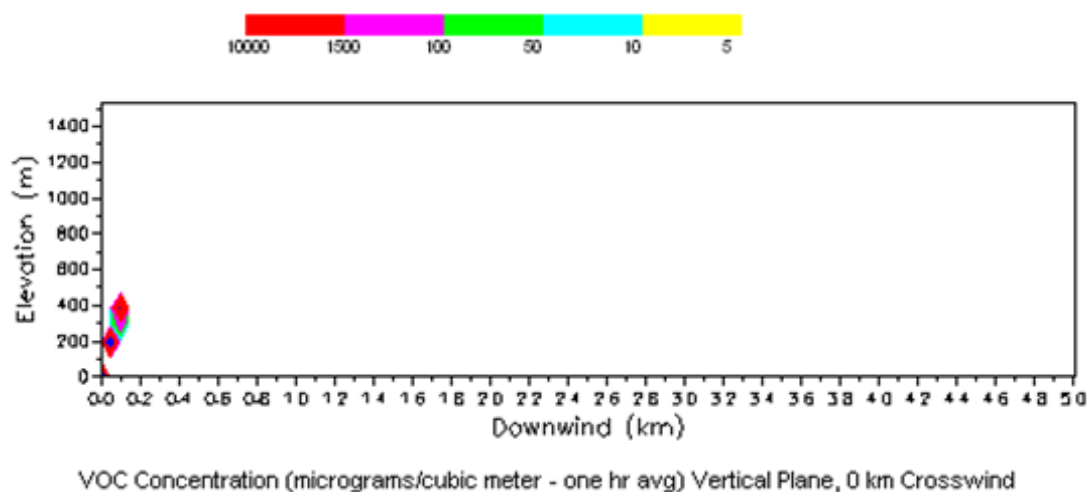
Partiklar: Figuren visar att koncentration av partiklar är mycket låg i omgivningen. NGV underskrids på avstånd över 100 meter från cisternen. Eftersom brandgaserna är varma stiger de rakt upp mot skyn från cisternbranden. Koncentrationer över NGV uppnås som Figur B3.2 visar endast på hög höjd (totalt till hundratals meter). När brandgaserna når tillräckligt hög höjd kyls de av och späs ut i den omgivande luften innan de kommer ner till marknivån och riskerar att påverka omgivande bebyggelse. Då är dock koncentrationen av farliga ämnen låg i brandgaserna.



**Figur B3.2. Koncentration av partiklar vid cisternbrand.**

## VOC

Figuren visar att koncentration av flyktiga kolväten är mycket låg i omgivningen. AEGL-2-värdet uppnås ej.



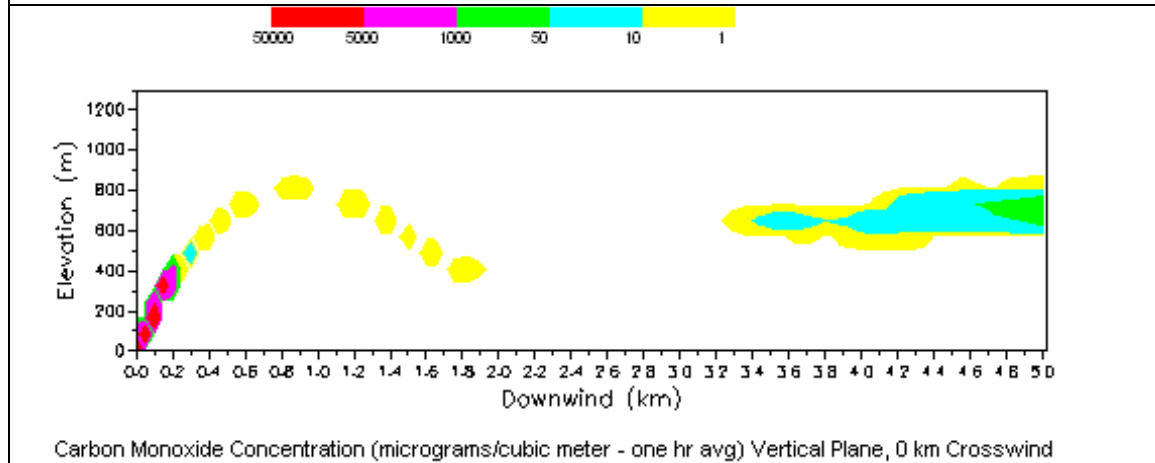
**Figur B3.3. Koncentration av flyktiga kolväten vid cisternbrand.**

Sammanfattningsvis kan det konstateras att beräkningarna visar att farliga koncentrationer av kolmonoxid, bensen och partiklar ej uppnås så att omgivningen påverkas.

**Vindhastighet 5 m/s**

**Kolmonoxid**

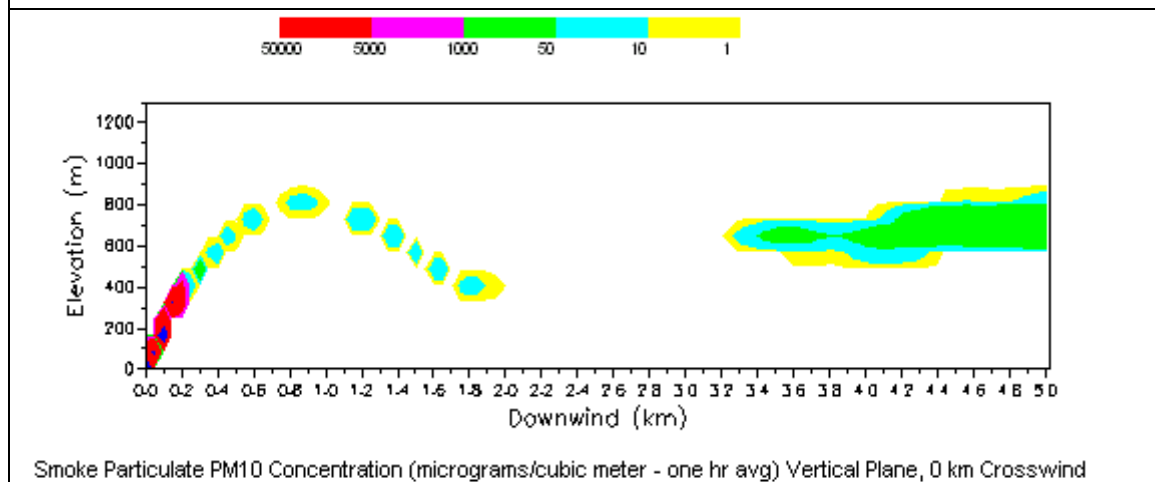
Figuren visar att koncentration av kolmonoxid är mycket låg i omgivningen. AEGL-2-värdet uppnås ej.



**Figur B3.4. Koncentration av kolmonoxid vid cisternbrand.**

**Partiklar**

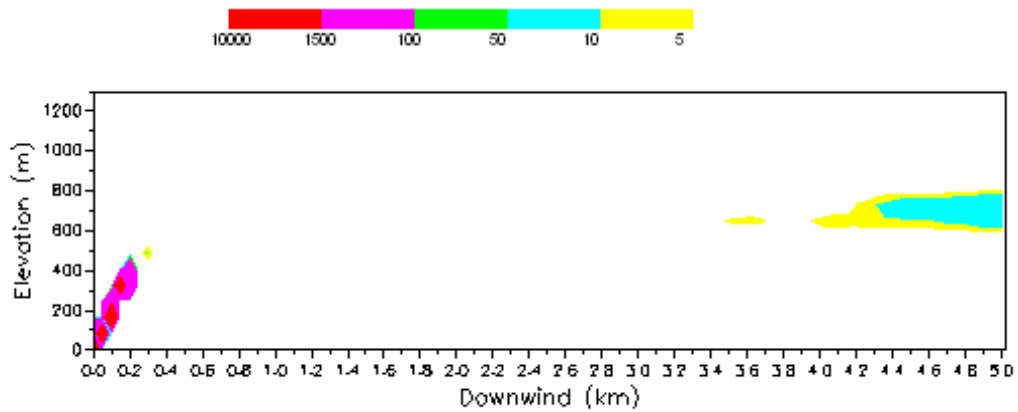
Partiklar: Figuren visar att koncentration av partiklar är mycket låg i omgivningen. NGV underskrids på avstånd över 100 meter från cisternen. Eftersom brandgaserna är varma stiger de rakt upp mot skyn från cisternbranden. Koncentrationer över NGV uppnås som Figur B3.5 visar endast på hög höjd (tiotals till hundratals meter). När brandgaserna når tillräckligt hög höjd kyls de av och spås ut i den omgivande luften innan de kommer ner till marknivån och riskerar att påverka omgivande bebyggelse. Då är dock koncentrationen av farliga ämnen låg i brandgaserna.



**Figur B3.5. Koncentration av partiklar vid cisternbrand.**

## VOC

Figuren visar att koncentration av flyktiga kolväten är mycket låg i omgivningen. AEGL-2-värdet uppnås ej.

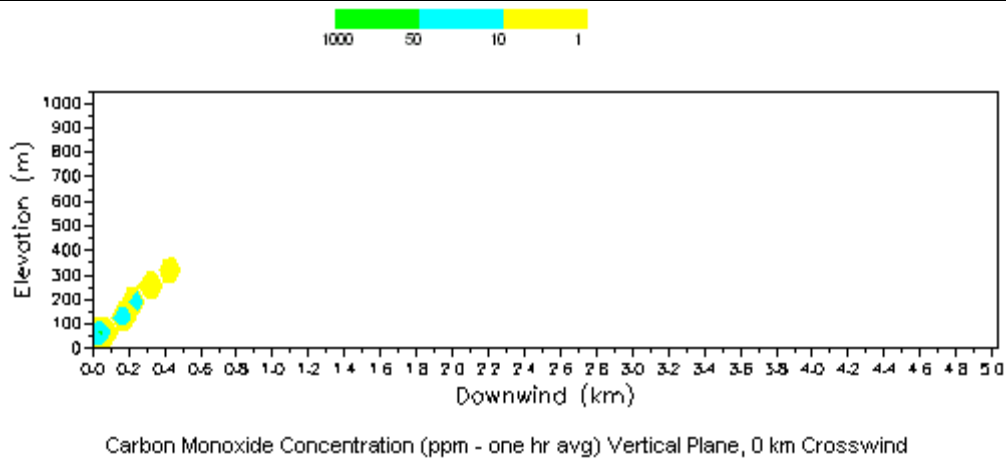


**Figur B3.6** Koncentration av flyktiga kolväten vid cisternbrand.

**Vindhastighet 10 m/s**

**Kolmonoxid**

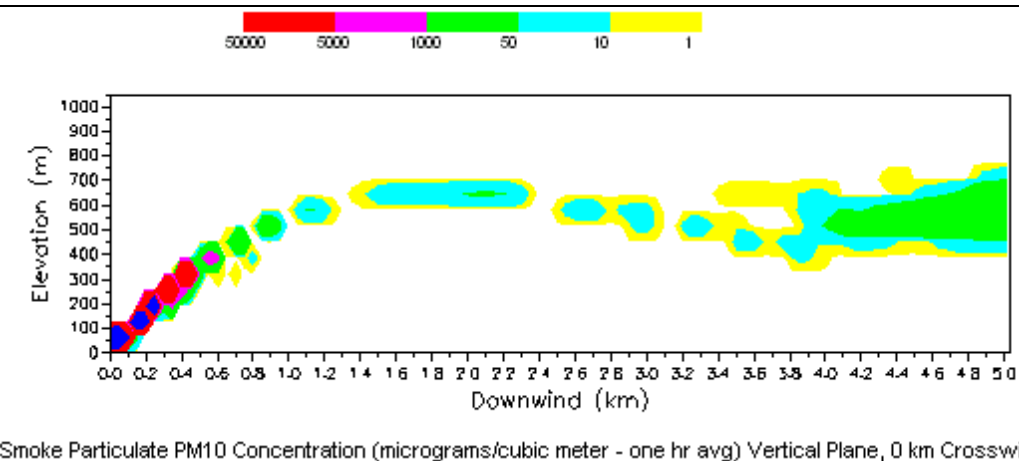
Figuren visar att koncentration av kolmonoxid är mycket låg i omgivningen. AEGL-2-värdet uppnås ej.



**Figur B3.7. Koncentration av kolmonoxid vid cisternbrand.**

**Partiklar**

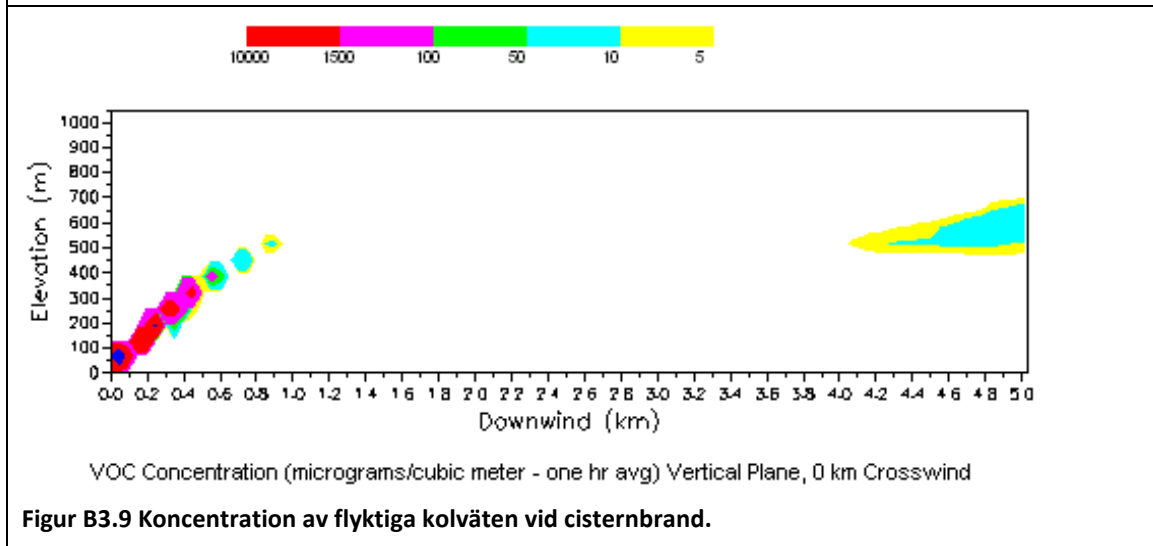
Partiklar: Figuren visar att koncentration av partiklar är mycket låg i omgivningen. NGV underskrids på avstånd över 100 meter från cisternen. Eftersom brandgaserna är varma stiger de rakt upp mot skyn från cisternbranden. Koncentrationer över NGV uppnås som Figur B3.8 visar endast på hög höjd (totalt till hundratals meter). När brandgaserna når tillräckligt hög höjd kyls de av och späds ut i den omgivande luften.



**Figur B3.8. Koncentration av partiklar vid cisternbrand.**

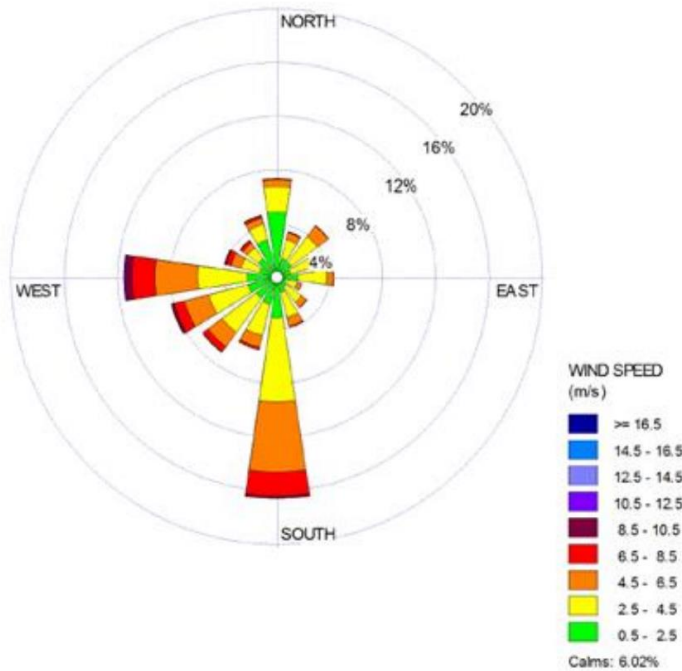
**VOC**

Figuren visar att koncentration av flyktiga kolväten är mycket låg i omgivningen. AEGL-2-värdet uppnås ej.

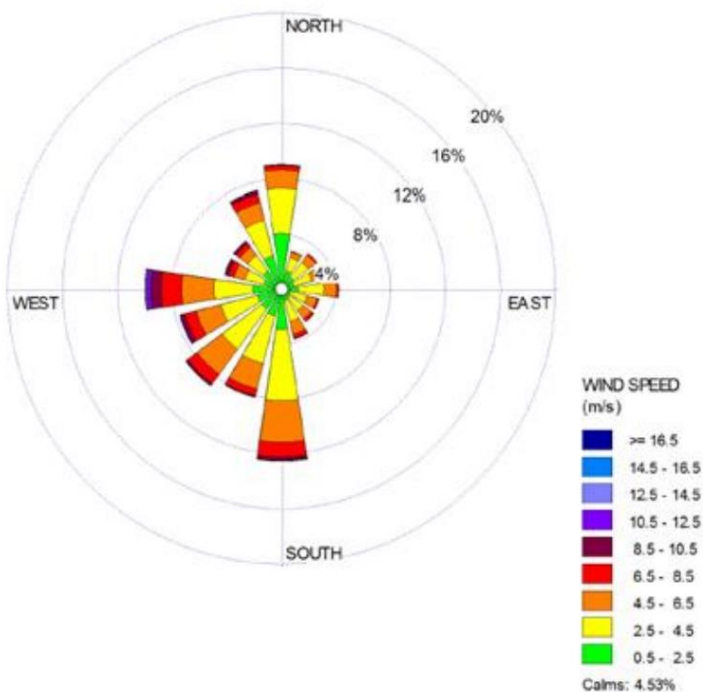


Sammanfattningsvis kan det konstateras att beräkningarna visar att farliga koncentrationer av kolmonoxid, bensen och partiklar ej uppnås så att omgivningen påverkas.

## Bilaga 4 - Vindros



Figur B.2.1 Vindros Kalmar flygplats. April-september, 2002-2016. Medelvindhastighet 3,44 m/s.



Figur B.2.2 Vindros Kalmar flygplats. Oktober - mars, 2002-2016. Medelvindhastighet 3,79 m/s.

## Bilaga 5 – BLEVE

### Indata

#### CHEMICAL DATA:

Chemical Name: PROPANE

CAS Number: 74-98-6                      Molecular Weight: 44.10 g/mol

AEGL-1 (60 min): 5500 ppm    AEGL-2 (60 min): 17000 ppm    AEGL-3 (60 min): 33000 ppm

IDLH: 2100 ppm    LEL: 21000 ppm    UEL: 95000 ppm

Ambient Boiling Point: -42.0° C

Vapor Pressure at Ambient Temperature: greater than 1 atm

Ambient Saturation Concentration: 1,000,000 ppm or 100.0%

#### ATMOSPHERIC DATA: (MANUAL INPUT OF DATA)

Wind: 2.24 miles/hour from e at 10 meters

Ground Roughness: open country      Cloud Cover: 5 tenths

Air Temperature: 10° F                      Stability Class: B

No Inversion Height                      Relative Humidity: 50%

#### SOURCE STRENGTH:

BLEVE of flammable liquid in horizontal cylindrical tank

Tank Diameter: 2.8 meters              Tank Length: 15 meters

Tank Volume: 92.4 cubic meters

Tank contains liquid

Internal Storage Temperature: 10° C

Chemical Mass in Tank: 38000 kilograms

Tank is 79% full

Percentage of Tank Mass in Fireball: 100%

Fireball Diameter: 195 meters              Burn Duration: 13 seconds

### Resultat

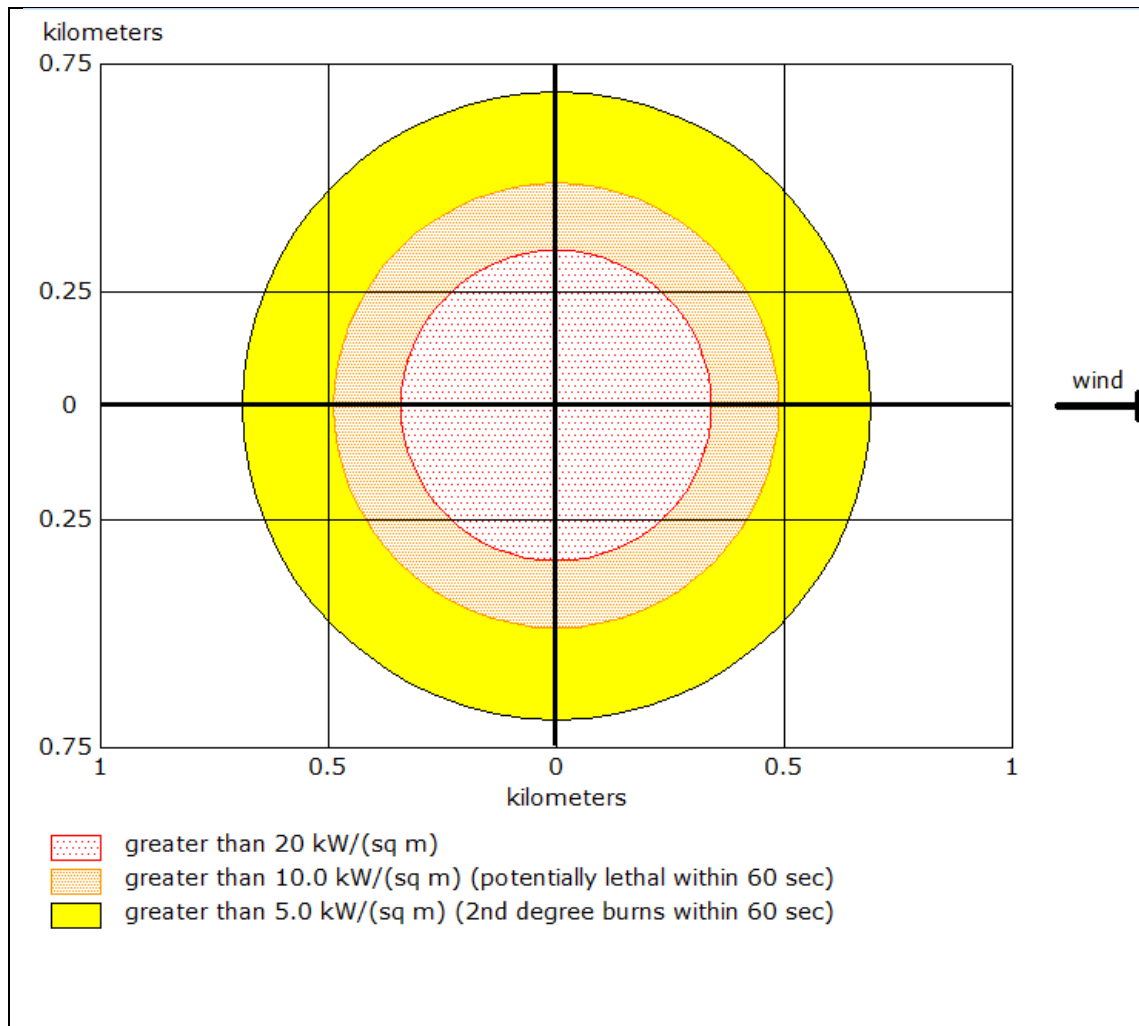
#### THREAT ZONE:

Threat Modeled: Thermal radiation from fireball

Red : 341 meters --- (20 kW/(sq m))

Orange: 488 meters --- (10.0 kW/(sq m) = potentially lethal within 60 sec)

Yellow: 689 meters --- (5.0 kW/(sq m) = 2nd degree burns within 60 sec)



## Bilaga 6 – Jämförelse med andra detaljplaner intill riskobjekt

I denna bilaga redovisas hur etableringar vid andra detaljplaner intill riskobjekt har hanterats. Syftet med detta underlag är att ge beslutsfattare en inblick i hur riskfrågor kan hanteras och vilka åtgärder som kan vara aktuella.

De redovisade detaljplanerna/riskanalyserna är inte direkt jämförbara med aktuellt fall, men kan ändå utgöra relevant bakgrundsinformation.

<b>Rapport:</b>	Riskutredning avseende människors hälsa, Detaljplan Kolkajen, Dnr 2013-01629 tillhörande samrådshandling maj 2016. Risktec Projektledning 2016-03-20
<b>Riskobjekt:</b>	Cisterner med brandfarlig vätska
<b>Skyddsobjekt:</b>	Lägenheter
<b>Ur analysen:</b>	Åtgärd: Förse de två byggnaderna närmast Lidingövägen med högt sittande friskluftsintag samt att friskluftsintagen utförs med detektor för brandgas som vid larm automatiskt stänger av ventilationssystemet. En sådan åtgärd medför ett effektivt skydd mot brandgasspridning in i byggnaden via ventilationssystemet för övriga identifierade brandrisker i närområdet.
<b>Kommentar:</b>	Detta är en åtgärd som är möjlig även i aktuellt projekt i Kalmar.
<b>Ur analysen</b>	”Avståndet från verksamheten till närmsta bebyggelse inom studerad detaljplan kommer uppgå till ca 300 meter. Bedömningen är att detta utgör ett betryggande avstånd för att säkerställa att tredje man inte påverkas vid olycka såsom större cisternbrand eller explosionsscenarier såsom BLEVE i samband med LNG-hantering. Risken för olycka involverande transporter av LNG till verksamheter hanteras i nästa avsnitt.”
<b>Kommentar:</b>	I riskanalysen konstaterades att avstånd 300 m mellan cistern för brandfarlig vätska och studerad detaljplan var tillräckligt. I aktuellt fall i Kalmar är avstånd mellan cisterner och hotell/boende cirka 360 m. Detta kan därmed utgöra stöd för att skadepåverkan även i detta fall är försumbar med hänsyn till avståndet.

<b>Rapport:</b>	Översiktlig riskutredning avseende utbyggnad av Norra Djurgårdsstaden, Risktec Projektledning, 2016-11-21.
<b>Riskobjekt:</b>	Cistern med brandfarlig vätska.
<b>Skyddsobjekt:</b>	"Norra Djurgårdsstaden sträcker sig från Husarviken i norr, över hamnområdet, till Loudden i söder och är ett av Europas mest omfattande stadsutvecklingsområden. Minst 12 000 nya bostäder och 35 000 nya arbetsplatser planeras, som ska kombineras med en modern hamn och annan strategisk infrastruktur som Spårväg City."
<b>Ur analysen</b>	<p>"Vid en storbrand utgörs främst påverkan på omgivningen av att stora mängder giftiga brandgaser kan sprida sig över delar av tänkta utbyggnadsområden. Spridningsberäkningar avseende en större cisternbrand utförda i [15] påvisar att förhöjda halter i närområdet kan förväntas begränsas inom ca 100 meter från brandplatsen. Är det en ogynnsam väderlek kan plymen med brandgaser nå marken på betydligt längre avstånd, &gt;1 km. Framförallt är brandgaserna irriterande och besvärande för andningsorganen men kan vid långvarig exponering vara livshotande. Med avseende på det stora energiinnehållet som återfinns i de större cisternerna kan en fullt utvecklad cisternbrand förväntas pågå i över ett dygn om ingen tillfredställande släckinsats utförs."</p> <p>"Vid larm om sådan storbrand kommer Brandförsvaret i ett tidigt skede informera allmänheten genom ett VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) att stänga eventuella fönster och hålla sig inomhus i syfte att förhindra brandgaser att ta sig in i byggnader. Det bör även noteras att Fortums Värms släckstrategier som bygger på inertering av kvävgas, eller skumpåföring ger Brandförsvaret goda möjligheter att kunna genomföra en effektiv släckinsats. Att en eller flera personer skulle omkomma utanför verksamheten till följd av en storbrand är inte troligt, utan snarare riskerar människor i omgivningen att utsättas för obehag. "</p>
<b>Kommentar:</b>	Begränsade konsekvenser. Samma typ av åtgärder som föreslagits i Kalmar anges här. Meddelande till allmänheten (VMA) för att gå inomhus och stänga fönster.

<b>Rapport:</b>	Riskbedömning för planprogram. Butängen och Johannisborg, Norrköping, Samhällsplanering i anslutning till Sevesoverksamheter. 2017-05-04, upprättad av WSP Sverige AB.
<b>Riskobjekt:</b>	Ammoniumnitrat (växtnäring) förvaras i närheten av planområdet (350 meters avstånd). Total mängd 35 000 ton kan förvaras.
<b>Skyddsobjekt:</b>	"Planförslaget förväntas skapa plats för drygt 6 000 boende och lika många arbetsplatser. Den absoluta merparten av de nya bostäder och verksamheter som planprogrammet omfattar kommer ligga i anslutning till resecentrumet och väster om Johannisborg. Ytan av det delområde i planförslaget som ligger väster om Johannisborg uppskattas grovt till 0,6 km <sup>2</sup> vilket genererar en persontäthet på drygt 20 000 per km <sup>2</sup> . Den gamla slottsruinen Johannisborg kommer omvandlas till en park- och rekreationsområde. Persontätheten inom detta område uppskattas i medeltal över året uppgå till 3 050 per km <sup>2</sup> under dagtid och 1 525 per km <sup>2</sup> under nattetid"
<b>Ur analys:</b>	"Hanteringen av ammoniumnitrat inom Yara:s terminal ger upphov till en individrisk som i sydlig riktning (mot planområde) ligger inom oacceptabla nivåer upp till 40 meter och inom ALARP (förhöjda nivåer) upp till 320 meter. Individrisken utgår från det sydligaste tältlagret med ammoniumnitrat inom nuvarande verksamhetsområde. "
<b>Kommentar:</b>	Individrisken är låg på avstånd 320 m från lagret med ammoniumnitrat. Detta avstånd är ungefär detsamma som i Kalmar.  Den typ av ammoniumnitrat som hanteras är dock bara NS27, d.v.s. inte N34. Därmed föreligger inte risken för explosion i detaljplanen i Norrköping.

## Bilaga 7 – Fördröjd antändning gasol

Slangbrott vid lossning av tankbil motsvarande slangens area, kontinuerligt utsläpp. Omedelbar antändning, fördröjd antändning och ingen antändning studeras.

Slangen är 1 ¼ tum, vilket innebär en diameter på 32 mm. Trailern innehåller maximalt 33 ton gasol och är 22 meter lång. Temperaturen i tanken kan variera mellan 3–15°C. I beräkningarna antas tanken ha samma temperatur som omgivningen.

Resultatet till tryckpåverkan redovisas i tabell B7.1 och avstånd till antändbar koncentration i tabell B7.2.

Kriterier väljs enligt MSB (2017) vilket innebär att gräns för allvarlig skada sätts till 6 kPa och 94 kPa för dödsfall. Motsvarande värmestrålningsnivåer är 5 kW/m<sup>2</sup> respektive 10 kW/m<sup>2</sup>. För gasmolnexplosion (fördröjd antändning) studeras avstånd till undre brännbarhetsgränsen respektive 25 % av undre brännbarhetsgränsen. Inom gasmolnet som är inom brännbarhetsområdet antas dödsfall inträffa.

Scenario	Väderförhållanden och antändningsförhållanden	Avstånd till respektive tryckpåverkan (m)	
		6 kPa	94 kPa
2 C	5 m/s, 15°C, Stab klass D Fördröjd antändning	41	- Överskrids ej
2 D	2 m/s, 5°C, Stab klass F Fördröjd antändning	106	- Överskrids ej

Tabell B7.1. Avstånd till kritisk tryckpåverkan.

Scenario	Väderförhållanden och antändningsförhållanden	Avstånd till respektive koncentration (m)	
		25% LEL	100% LEL
2 E	5 m/s, 15°C, Stab klass D Ingen antändning	103	45
2 F	2 m/s, 5°C, Stab klass F Ingen antändning	220	113

Tabell B7.2. Avstånd till kritiska koncentrationsnivåer.

Beräkningarna visar att det vid slangbrott och ingen antändning kan bli riskområden med antändbar (100% LEL) koncentration på mellan 45–110 meter beroende på väderförhållanden. Avstånden till 25% LEL ligger mellan 100–220 meter.

Avstånd till tryckpåverkan som kan innebära skada på personer vid fördröjd antändning är mellan 40–110 meter beroende på väderförhållanden.

## Bilaga 8 – Känslighetsanalys

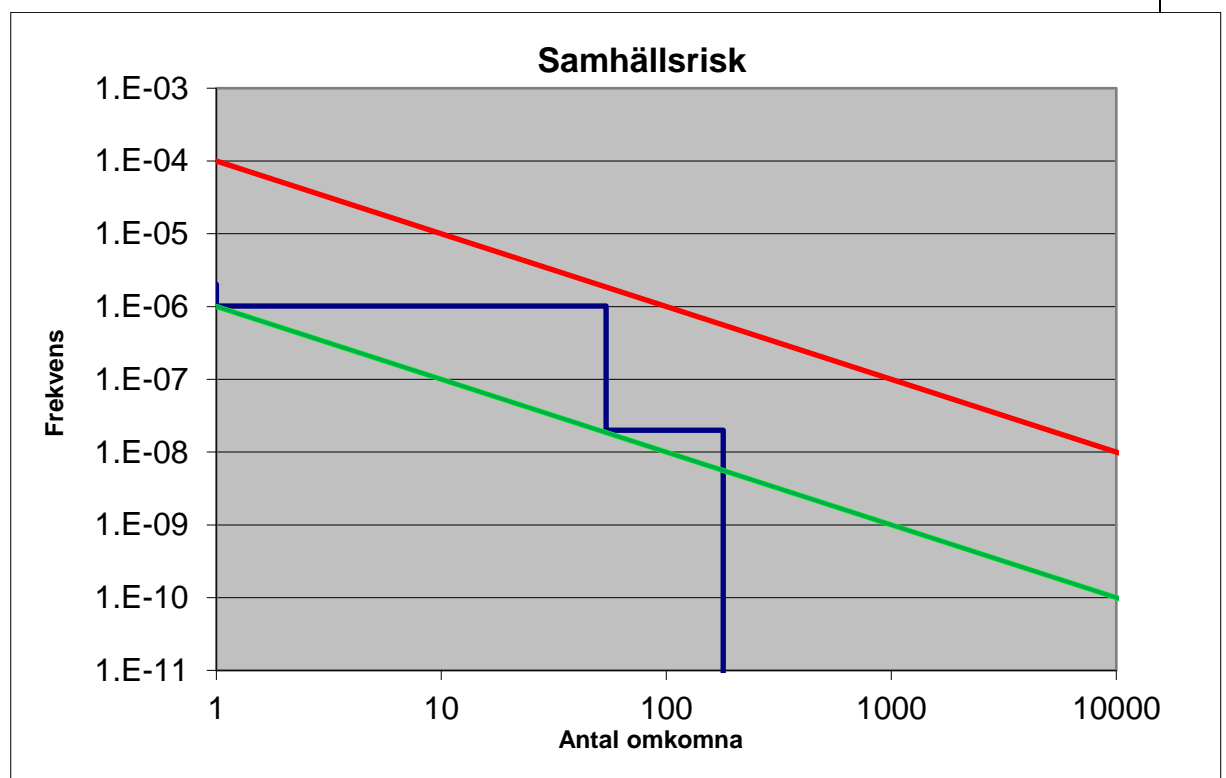
För att undersöka osäkra antagandens påverkan på resultatet utförs känslighetsanalyser. I känslighetsanalys 1 studeras risknivå om frekvensen för explosion är dubbelt så hög mot vad som i de ursprungliga beräkningarna.

I känslighetsanalys 2 antas dubbelt så många personer omkomma till följd av explosion än vad som antagits i de ursprungliga beräkningarna.

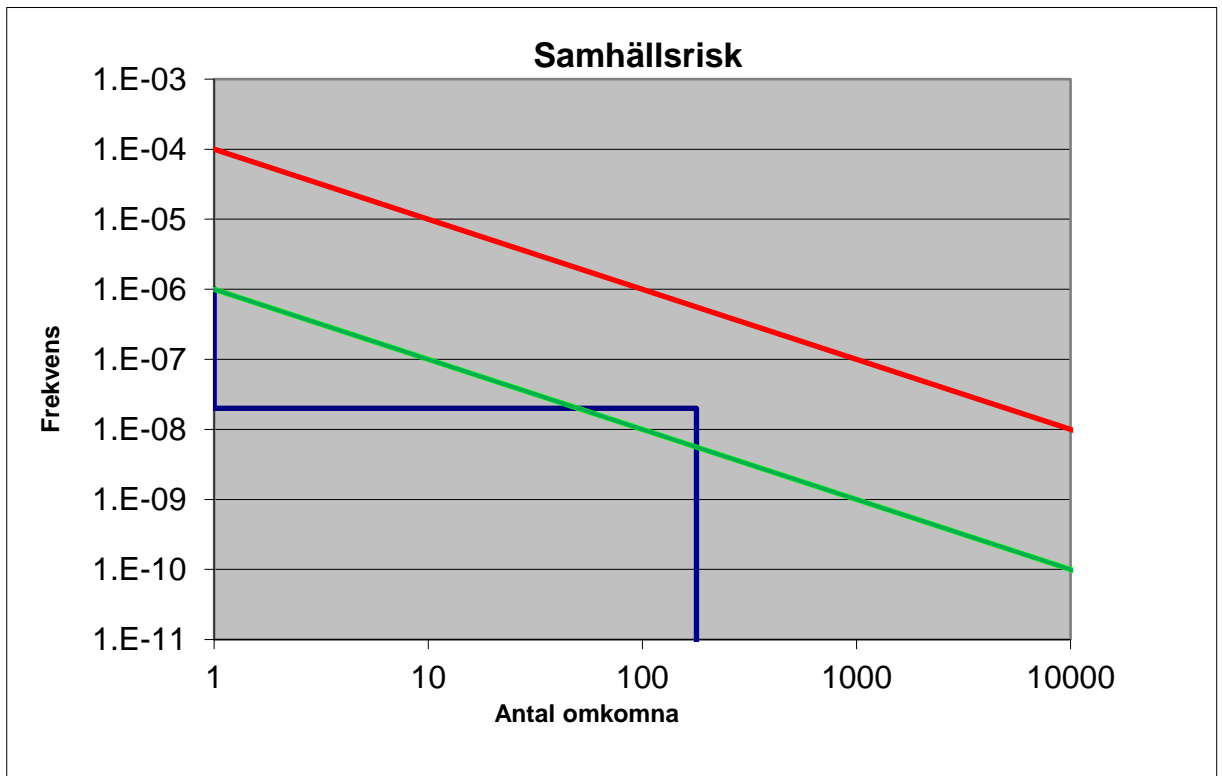
### Känslighetsanalys 1

Om frekvens för explosion är dubbelt så hög som tidigare antagits blir samhällsrisk och individrisk enligt nedan.

#### Samhällsrisk



Figur B.8.1 Samhällsrisk enligt känslighetsanalys 1 vid byggnation utan åtgärder.



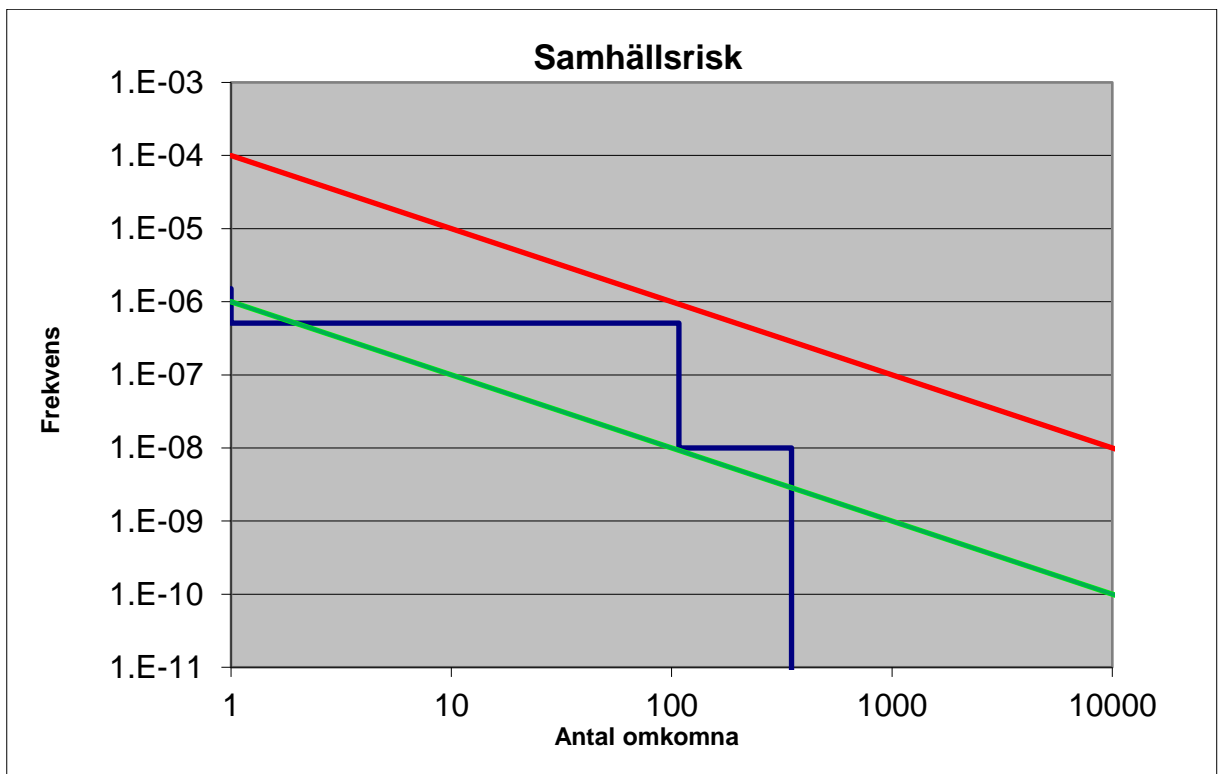
Figur B.8.2 Samhällsrisk enligt känslighetsanalys 1 vid byggnation med åtgärder.

### Individrisk

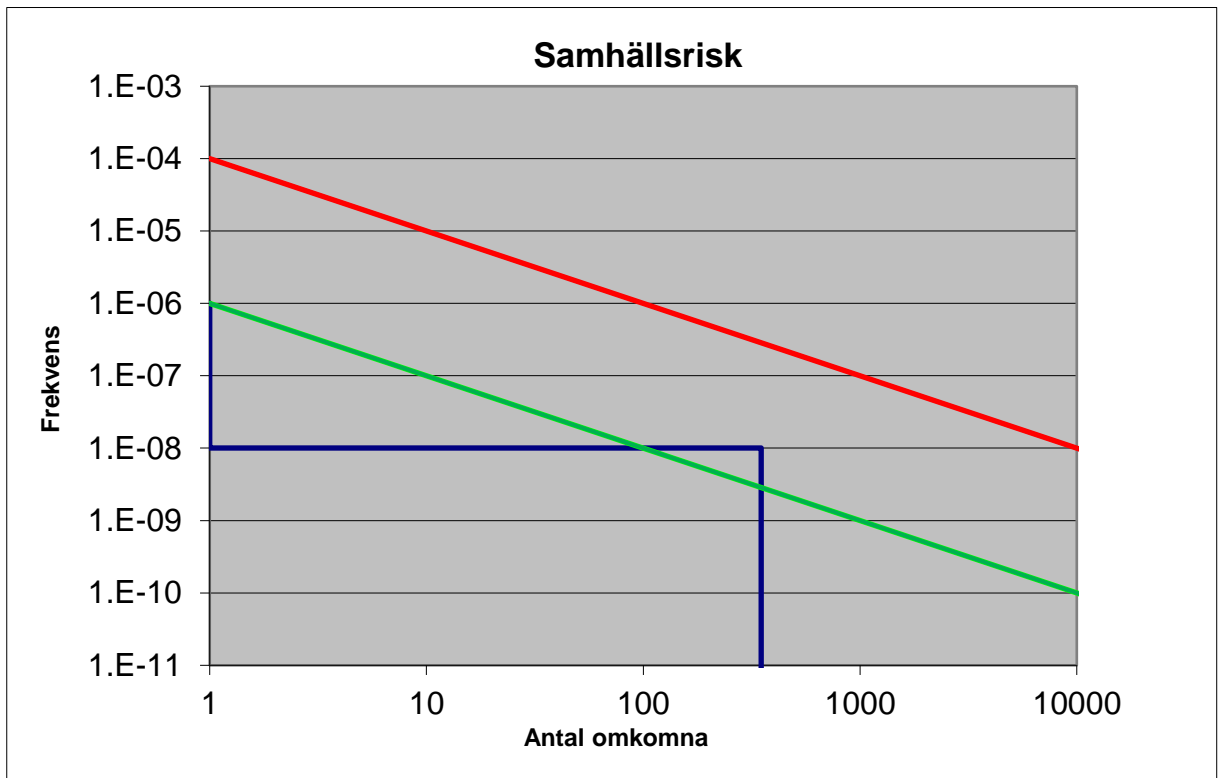
Individrisken blir  $1,02 \times 10^{-6}$  vid känslighetsanalys 1 om åtgärder inte vidtas. Om åtgärder vidtas är individrisken  $2 \times 10^{-8}$ .

## Känslighetsanalys 2

Om antal omkomna vid explosion blir dubbelt så många blir samhällsrisk enligt nedan.



Figur B.8.3 Samhällsrisk enligt känslighetsanalys 2 vid byggnation utan åtgärder.



Figur B.8.4 Samhällsrisk enligt känslighetsanalys 2 vid byggnation med åtgärder.

**Uppdragsnamn**

Explosionsberäkningar konstgödsel

**Uppdragsgivare**

LW Fastigheter och P&amp;E Fastigheter

**Uppdragsnummer**

503044

**Datum**

2021-03-09

**Handläggare**

Linus Lundin

**Egenkontroll**

LLN 2021-03-04

**Internkontroll**

JSM 2021-03-05

## Explosionsberäkningar konstgödsel

Brandskyddslaget AB har fått i uppdrag av LW Fastigheter och P&E Fastigheter att ta fram dimensionerande förutsättningar för konstruktioner i närheten av Kalmar Hamn med hänsyn till dynamisk belastning från en explosion. Detta har gjorts genom att simulera ett explosionsförlopp baserat på olika mängder ammoniumnitrat (ANFO) i en lagerbyggnad i hamnen. Skadekurva för olika betongväggar har tagits fram med hjälp av dynamisk analys via numeriska beräkningar.

Beräkningar har inte tagit hänsyn till eventuellt positiv eller negativ påverkan från normalkrafter väggelementen utsätts för. Skadekurvorna bör ses som ett riktmärke när dimensionering av byggnaden genomförs för att minska risken för fortskridande ras i händelse av en explosion. Beräkningar har genomförts likt fritt upplagt element och inte för en hel byggnad.

Vid beräkning av påverkan på konstruktioner från explosionslast avgör följande faktorer vilken resulterande last som erhålls:

- Mängd och typ av sprängämne (explosionskällans energimängd)
- Avstånd mellan explosionscentrum och studerad punkt
- Mottagande elements uppbyggnad.

I beräkningarna har brott där brottkriterium är tillåten plastisk deformation i väggen. Plastisk deformation baseras på skriften *Bebyggelsens motståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning* utgiven av Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap (MSB, 2012).

### Beräkningsförutsättningar

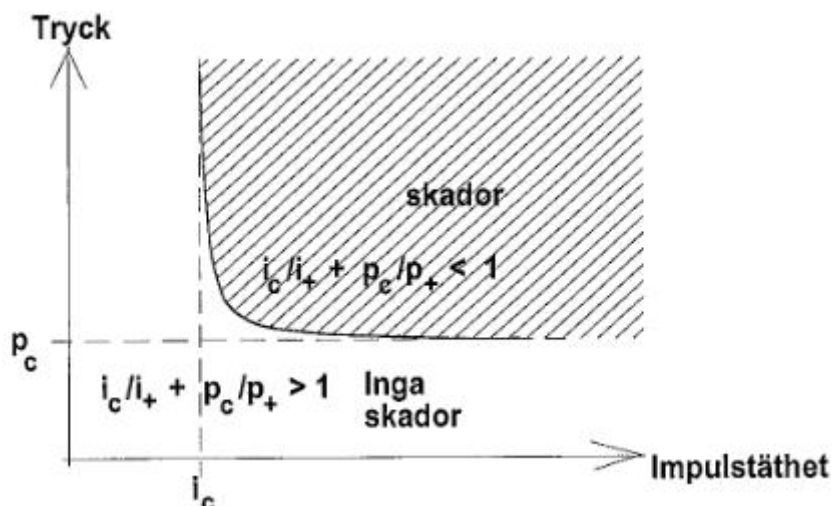
Explosionsberäkningar har gjorts med simuleringsverktyget blastFoam. BlastFoam är en påbyggnad på den generella flödesberäkningskoden openFoam som är specialiserat på beräkning av explosionsförlopp. Ur programmet kan övertryck och impulstäthet vid mottagande konstruktionselement tas fram för fortsatta konsekvensberäkningar.

I beräkningarna antogs mängden sprängmedel utgöras av 300, 1500 respektive 2500 ton ANFO. Avståndet till mottagande konstruktionselement var 377 – 428 m.

Konsekvensberäkningarna följer den metodik som anges i FOA:s kurskompendium *Konsekvenser vid explosioner* (FOA, 1999). Risken för att byggnadsdelar eller hela byggnader rasar till följd av en explosion beror på huruvida explosionens maximala övertryck ( $P_+$ ) och impulstäthet ( $I_+$ ) överstiger en byggnadsdels karaktäristiska tryck ( $P_C$ ) och impuls ( $I_C$ ). För att byggnadsdelen ej ska rasa så ska följande ekvation uppfyllas:

$$I_C / I_+ + P_C / P_+ \geq 1$$

Utifrån ekvationen ovan kan man ta fram en skadekurva för en specifik vägg, se Figur 1, som redovisar vid vilket tryck-impulstäthetssamband en byggnadsdel rasar eller ej.



Figur 1: Skadekurva som funktion av impulstäthet och tryck

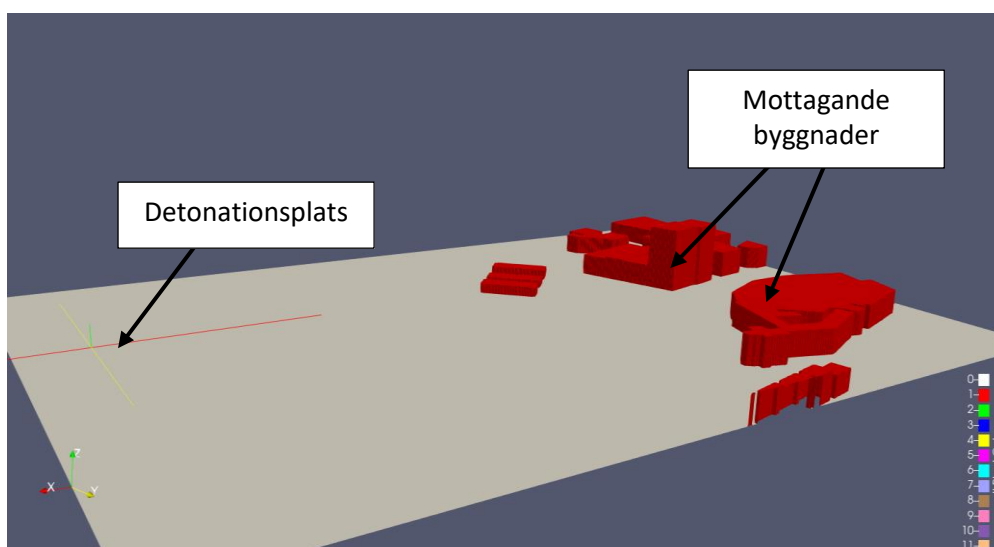
Beräkningar av karaktäristiska tryck och impulstäthet för betongkonstruktioner genomförs genom att kontrollera betongelementets maximala inre arbete och jämföra detta med det yttre arbete som uppstår i elementet till följd av impulslasten.

För beräkning av betongväggens karaktäristiska tryck och impuls antas följande

- Betongkvalité C30/37
- Armeringsklass C
- Spännvidd: 3,5 m
- Fritt upplagd
- Väggupbyggnad
  - Normal-vägg: 0,2 m tjock, mekanisk armeringsandel 0,0965
  - Förstärkt-vägg: 0,4 m tjock, mekanisk armeringsandel 0,0985

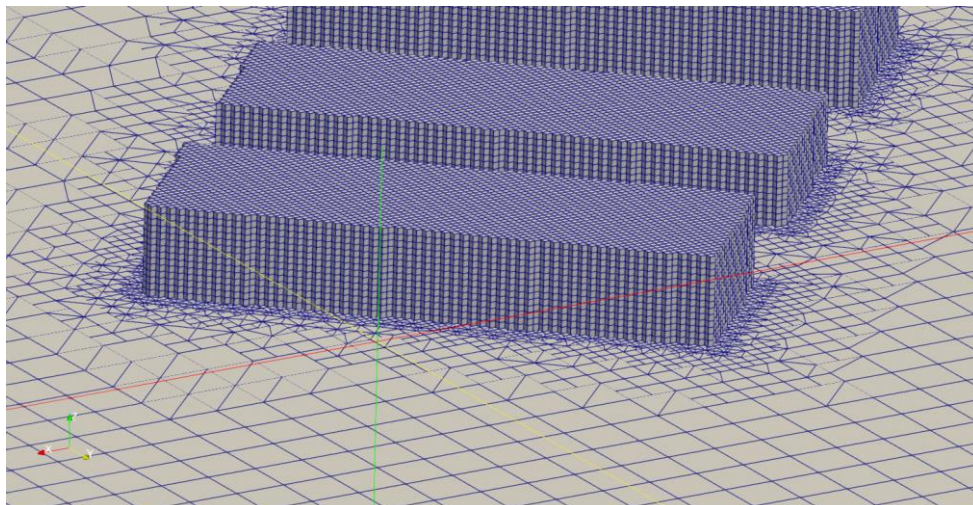
### Beräkning av explosion

Beräkningsdomänen för explosionen byggdes upp i Blender för att sedan importeras till blastFoam som stl-fil, se Figur 2.



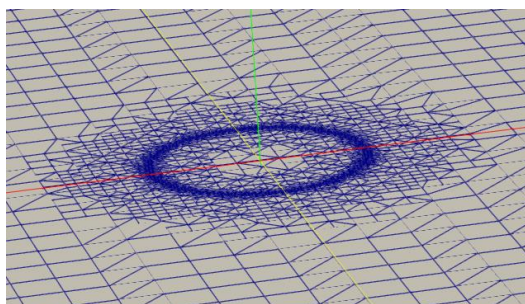
Figur 2 Modellens uppbyggnad i blastFoam.

I grunden skapar sedan blastFoam ett grundmesh av rektangulära volymer men med lokal anpassning av meshen för att ta hänsyn till byggnader och andra hinder som inte passar direkt in i de volymer som ansätts som grund, se Figur 3.



Figur 3 Meshen anpassas initialt för att kompensera för byggnader som inte passar in i grundmeshen.

För att säkerställa precision i beräkningarna vid övertrycksfronten används adaptive mesh refinement (AMR) ett inbyggt verktyg som dynamiskt förfinar meshen där behov uppstår, se Figur 4.

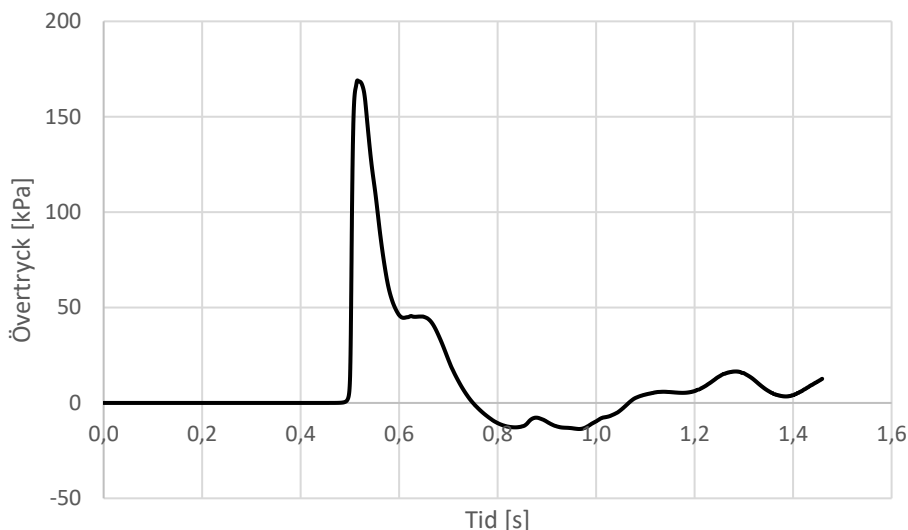


Figur 4 Meshen förfinas automatiskt där behov uppstår för att klara av beräkningarna på bästa sätt. Här visas förfining vid tryckfronten i beräkningarnas tidigaste fas.

## Resultat

Resultaterande övertryck och impulstäthet

I Figur 5 redovisas ett exempel på övertryck för en position mitt för den mottagande byggnaden som är placerad närmast detonationsplatsen efter en explosion med 1500 ton ANFO.

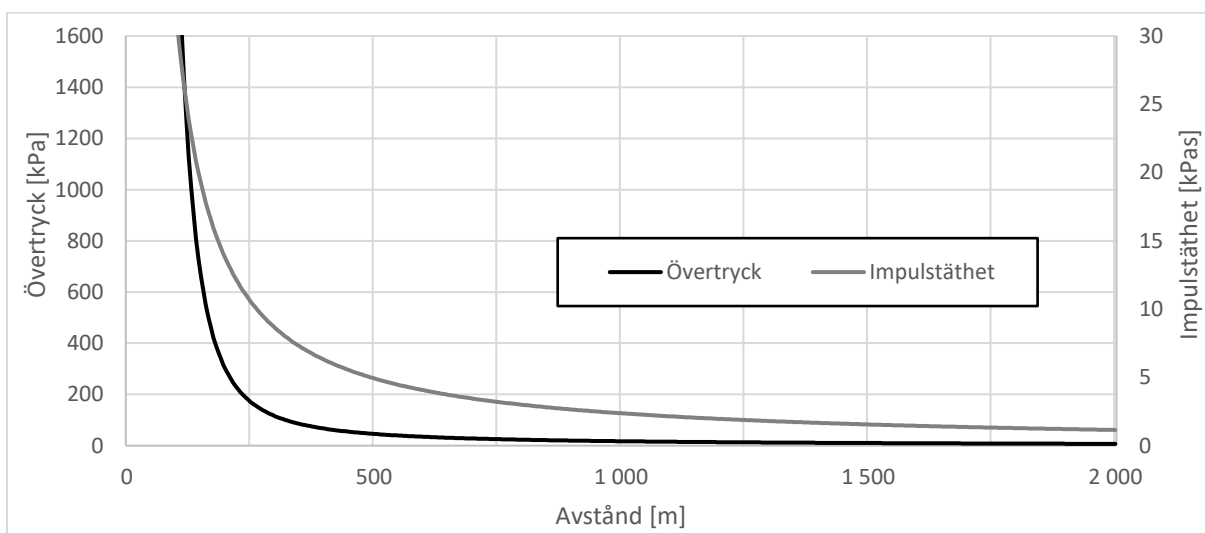


Figur 5 Övertryck mitt på vägg för mottagande byggnad närmast detonationsplatsen efter en explosion med 1500 ton ANFO.

Jämförelse med handberäkningar baserat på Kingery-Bulmash (K-B) visar på rimligheten i beräknade värden med en tendens att ge något lägre övertryck i de mer avancerade beräkningarna.

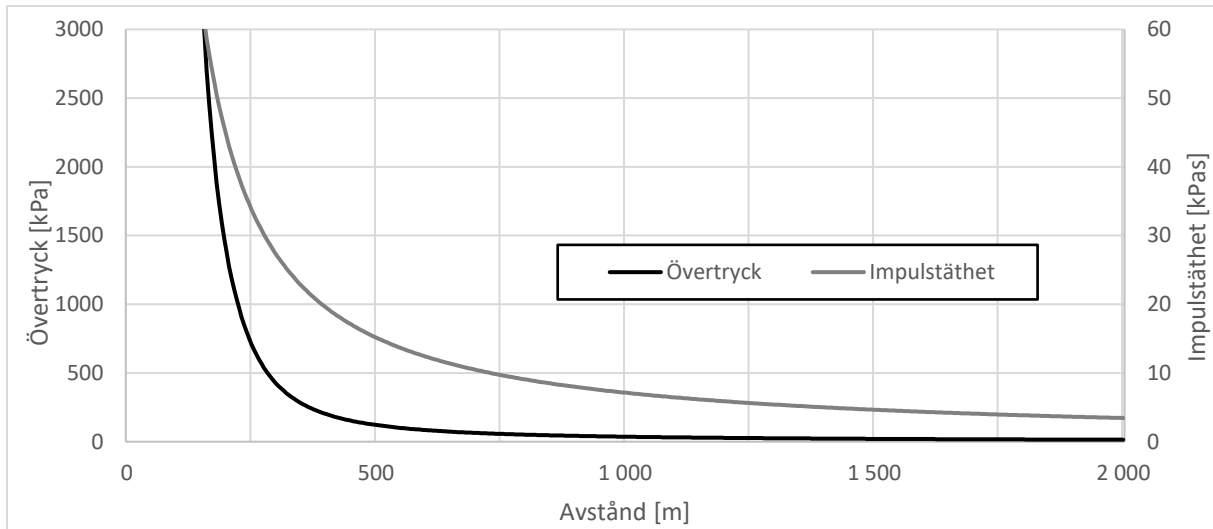
Mängd ANFO [ton]	Avstånd [m]	Övertryck [kPa]	Impulstäthet [kPas]	Övertryck K-B [kPa]
300	377 – 428	40–64	4,1–5,4	59 – 75
1500	377 – 428	123–204	11,9–16,0	170 – 203
2500	377 – 428	191–363	16,9–24,0	262 – 364

I Figur 6 redovisas övertryck och impulstäthet med funktion av avståndet för 300 ton ANFO explosion, handräknat med K-B.



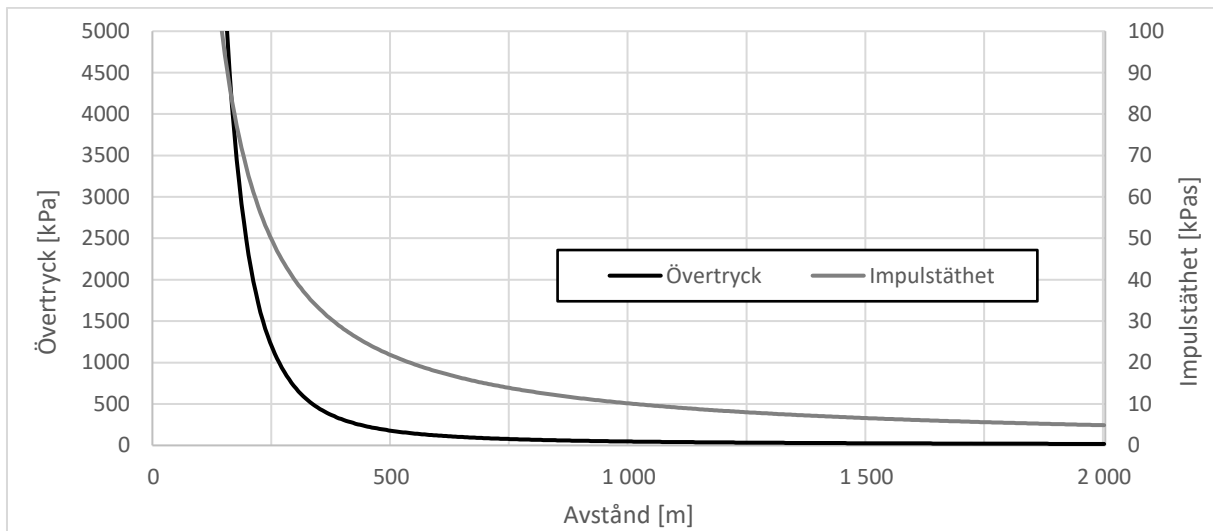
Figur 6: Övertryck och impulstäthet för olika avstånd från 300 ton ANFO explosion

I Figur 7 redovisas övertryck och impulstäthet med funktion av avståndet för 1500 ton ANFO explosion, handräknat med K-B.



Figur 7: Övertryck och impulstäthet för olika avstånd från 1500 ton ANFO explosion

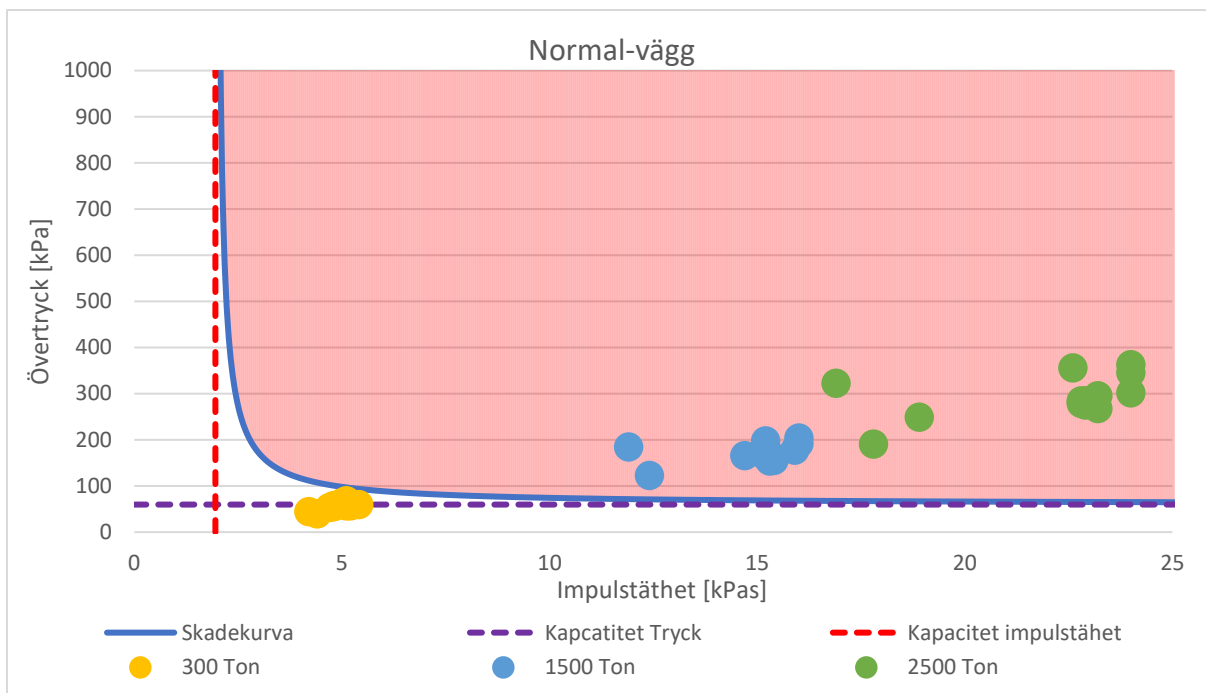
I Figur 8 redovisas övertryck och impulstät med funktion av avståndet för 2500 ton ANFO explosion, handräknat med K-B.



Figur 8: Övertryck och impulstäthet för olika avstånd från 2500 ton ANFO explosion

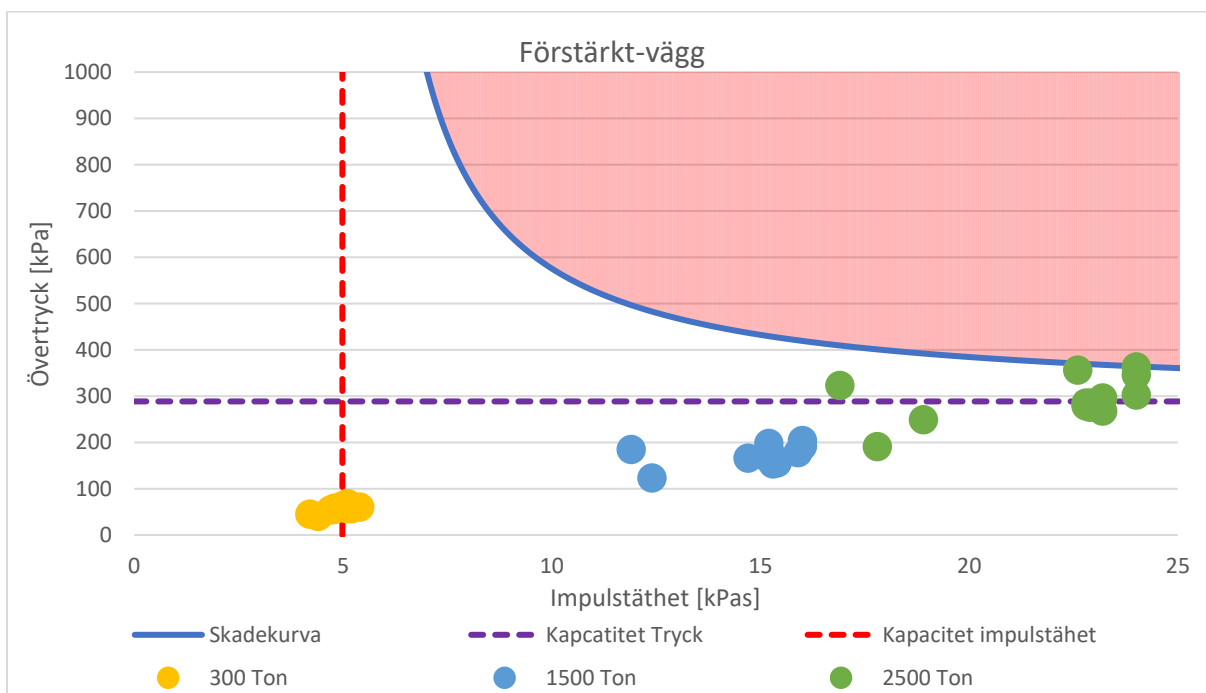
Resultat från konsekvensberäkningen

I Figur 9 redovisas resultatet för övertrycket och impulstätheten för de mottagande mätpunkterna som är placerade på 377–428 m avstånd från detonationsplatsen. Befinner sig mätpunkterna inom det röda området så klarar inte väggen lasten den utsätts för. Skadekurvan är framtagen för en normal vägg.



Figur 9: Skadekurva för betongvägg med tjocklek 0,2 m

I Figur 10 redovisas resultatet för övertrycket och impulstätheten för de mottagande mätpunkterna som är placerade på 377–428 m avstånd från detonationsplatsen. Befinner sig mätpunkterna inom det röda området så klarar inte väggen lasten den utsätts för. Skadekurvan är framtagen för en förstärkt vägg.



Figur 10: Skadekurva för betongvägg med tjocklek 0,4 m. Samtliga mätpunkter befinner sig utanför det röda området (även de gröna längst till höger som ser ut att vara delvis i det röda området).

## Analys

Det kan med jämna mellanrum förvaras stora mängder Ammoniumnitrat i Kalmar hamn. Denna är dock av sådan kvalitet att en explosion inte bedöms som trolig. Normalt ställs därför inga krav på skydd mot explosionslaster till följd av lagring av ammoniumnitrat.

En normalvägg av betong ses som en robust konstruktion vilket också visar sig med beräkningarna. Detta kan ses som en rimlig referenssäkerhet i jämförelse med andra byggnadsmaterial varför 300 ton ammoniumnitrat kan ses som en rimlig explosionslast att ta hänsyn till beroende på byggnadstekniska förutsättningar i övrigt.

## Slutsats

För att undvika risk för stora skador och eventuella fortskridande ras i samband med explosion i hamnen kan dimensionering ske med beaktning av lasterna som kan uppstå från en explosion av 300 ton ammoniumnitrat. Att den faktiska uppbyggnaden och kapaciteten hos ett väggelement klarar detta ska säkerställas av en konstruktör i samband med projektering.

## Referenser

FOA. (1999). Rickard Forsén 1999-09-03, bearbatat Stefan Olsson 2001-09-16. Konsekvenser vid explosioner - kompendium framtaget i bandband med FOAs kurs explosivaämneskunskap. Försvarets forskningsanstalt (FOA).

MSB. (2012). Bebyggelsens moståndsförmåga mot extrem dynamisk belastning. Del 3: Kapacitet hos byggnader. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.