

Risakanalys

Upprättad 2013-02-14

Senast justerad 2013-05-13



Risakanalys för universitet, resecentrum, restauranger och hotell vid Ölandskajen/Barlastholmen Kalmar kommun

Förstudie till detaljplan

Kalmar | Norra Långgatan 1 | Tel: 0480-100 92

Växjö | Kronobergsgatan 4 | Tel: 0470-777 992

Postadress: Box 144 | 391 21 Kalmar

BRAND & RISKANALYS

Område:	Ölandskajen och Barlastholmen, Kalmar kommun
Projekt:	Risikanalys i samband med planerad nybyggnation av universitet, resecentrum, restauranger och hotell.
Uppdragsgivare:	Eva-Lena Larsdotter Mark & planeringsenheten Kalmar kommun
Upprättad av:	Brand & Riskanalys AB Box 144 391 21 KALMAR lars@brandrisk.se
	 Lars Magnusson Brandingenjör Civilingenjör Riskhantering
Kontrollerad av:	 Magnus Widlind Brandingenjör Civilingenjör Riskhantering
	 Andreas Lennquist Brandingenjör Civilingenjör Riskhantering

Justeringar			
	Avser	Datum	Signatur
A	Justeringar i samband med upprättande av MKB	2013-05-13	LM
B			
C			

Senaste justeringen är markerad med streck i högermarginalen.

Sammanfattning

I samband med nybyggnation av universitet, restauranger, resecentrum och hotell vid Ölandskajen/Barlastholmen skall en riskanalys utföras för att klargöra eventuella åtgärder till följd av närhet till Södra vägen och Tjärhovet.

Denna sammanfattning har gjorts omfattande för att innehålla större delar av relevant information i analysen.

S.1 Syfte och mål

Syfte med denna riskanalys är att redovisa risknivå och ge förslag på åtgärder vid byggnation av universitet, resecentrum, hotell och restauranger på området kring Ölandskajen/Barlastholmen.

Riskobjekt i form av transport av farligt gods på Södra vägen och järnväg samt hantering av farliga ämnen på Tjärhovet skall beaktas.

S.2 Metod

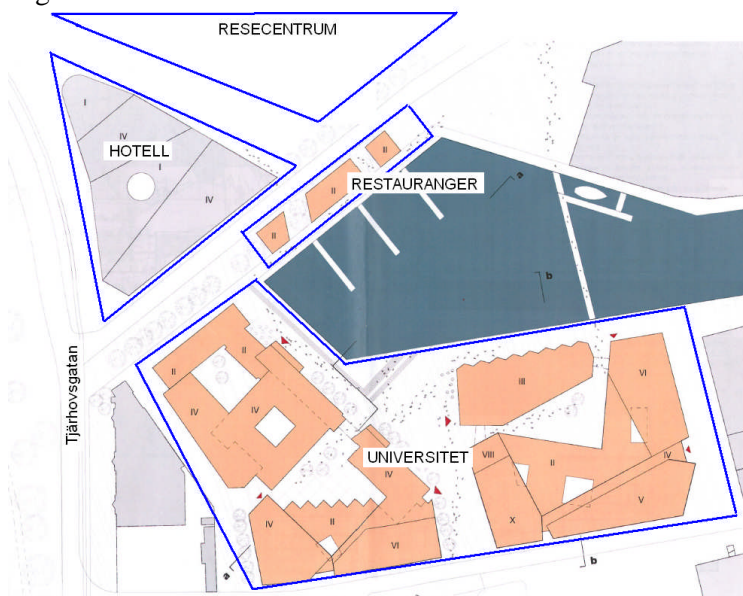
För att riskanalysen skall fungera som ett bra beslutsunderlag har tre olika fall beaktats. Detta för att tydliggöra planerad etablerings, samt utförda åtgärders, påverkan på risknivån.

Nedan redovisas en sammanställning av vilka fall som beaktas.

- Nuläge
- Efter byggnation utan åtgärder
- Efter byggnation med åtgärder

S.3 Beskrivning av område

Området som analysen berör är beläget vid Ölandskajen i centrala Kalmar. Figur S.1 visar en idéskiss över hur aktuellt område kan komma att nyttjas. Riskanalysen utförs dock i ett mycket tidigt skede och slutgiltig utformning är osäker. Idéskissen innebär placering av universitetsbyggnad som närmast cirka 35 meter från Tjärhovsgatan och hotell cirka 20 meter från Tjärhovsgatan/Södra vägen.



Figur S.1. En översiktsbild av hur planerat område kan komma att utformas. Bilden är tagen från Linnéuniversitetet och Kalmar Stad – En studie av Ölandshamnen, Malmström Edström Arkitekter/Jais arkitekter – augusti 2012.

S.4 Riskobjekt

De risker som beaktas i denna analys är transport av farligt gods på Södra vägen och järnvägen samt hantering av farliga ämnen på Tjärhovet.

S.5 Acceptabel risk

För att kunna fatta beslut avseende om en risknivå som erhålls till följd av ett riskobjekt är rimlig eller ej måste det fastställas vilken risknivå som skall anses vara acceptabel. Kriterier för acceptabel risk baseras på normal risk att dö av naturliga dödsorsaker. För att risken skall anses vara acceptabel får inte riskbidraget till följd av det analyserade riskobjektet (transportled för farligt gods respektive hantering av farliga ämnen på Tjärhovet) ge ett betydande riskbidrag till den risknivå samma personer utsätts för normalt.

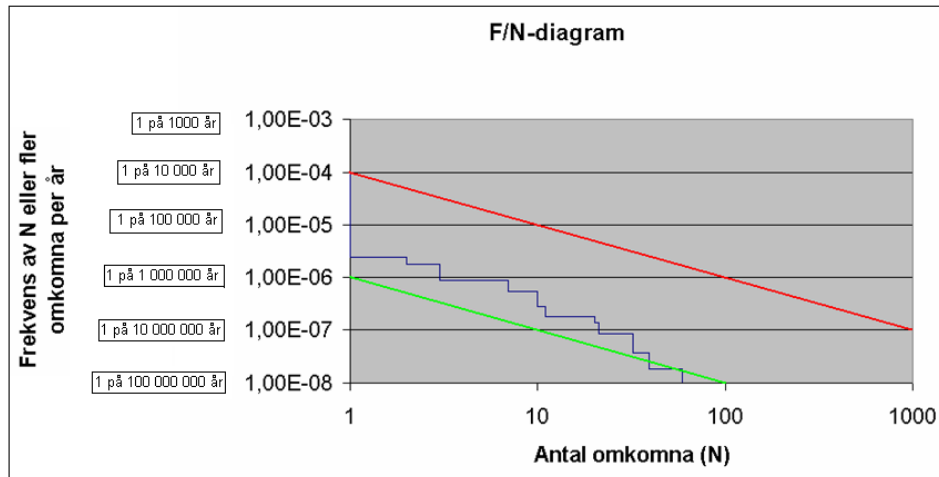
För att kunna relatera ett riskmått till vad det innebär i praktiken kan en jämförelse med andra risker göras. Nedan följer en jämförelse med den normala risken att dö för personer i Sverige. Risk att dö per år varierar under en persons livstid. Enligt IPS (2001) är risken att dö som lägst i åldern sju till åtta år. Då är dödsrisken cirka 10^{-4} per år. För yngre och äldre personer är risken högre.

Dödlighet genom olyckshändelser är cirka 10^{-4} per år (en gång på 10 000 år). Som exempel kan nämnas att risk att omkomma till följd av naturolycka är 10^{-6} per år (en gång på 1 000 000 år). Risk att träffas av blixten och omkomma är 10^{-7} per år (en gång på 10 000 000 år). Risk att omkomma i trafiken 10^{-5} per år (en gång på 100 000 år), (SRV 1997).

Gränsen för där risken anses låg, d.v.s. dödsfallsrisk 10^{-7} per år, är satt så att acceptabel risknivå skall vara lägre än den risknivå som motsvaras av naturolyckor. Detta innebär att en individs totala risknivå inte påverkas signifikant. Gräns för där risken anses vara hög är satt till 10^{-5} per år, vilket är en tiondel av den naturliga dödsfallsrisken för de personer i samhället som har lägst risk att dö per år.

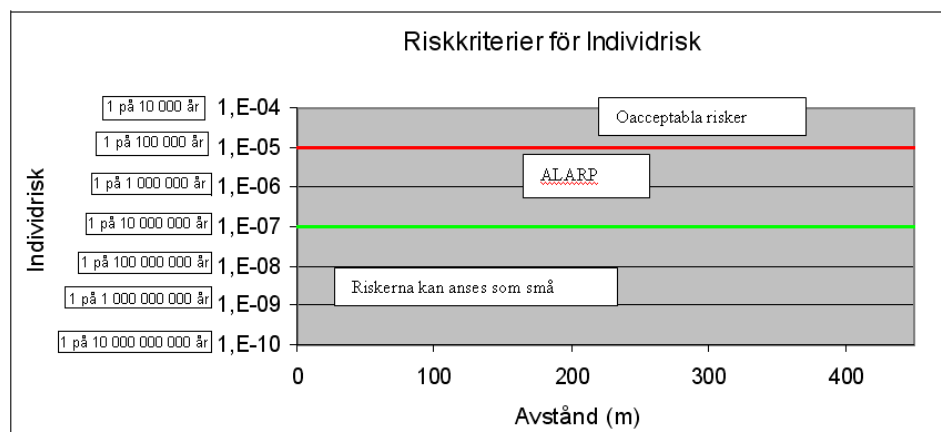
Kalmar kommun har enligt ”Riskhanteringsmodell för nybyggnationer och etableringar i Kalmar kommun”, Kalmar Brandkår, tagit beslut på att acceptabel risk skall värderas utifrån kriterier enligt nedan.

Figur S2 redovisar exempel på ett F/N-diagram (sammällsrisk). Ovanför den röda linjen är riskerna oacceptabelt stora. Det innebär exempelvis att frekvensen för 10 eller fler omkomna inte får vara större än 10^{-5} (en på 100 000 år). Mellan den gröna och röda linjen är det så kallade ALARP-området. ALARP står för ”As Low As Reasonably Practicable” vilket ska tolkas som att om riskerna ligger inom detta område bör skäligen åtgärder vidtas för att sänka riskerna. Om riskerna befinner sig under den gröna linjen kan de anses vara små och acceptabla.



Figur S.2. Figuren visar exempel på ett F/N-diagram där frekvensen per år för ett visst antal omkomna redovisas. Den röda linjen ligger på frekvensen (F) 10^{-5} för 10 omkomna (N). Det ska tolkas så att frekvensen för 10 eller fler omkomna är 10^{-5} . Frekvensen 10^{-5} innebär att det sker en gång på 100 000 år. I detta fallet innebär det således 10 eller fler dödsfall på 100 000 år.

Figur S.3 visar hur individrisk redovisas. Individrisk definieras som risken att dö för en person som står på en given plats under ett års tid. Individrisken minskar med avståndet från riskkällan. I Davidsson (2002) föreslås följande kriterier för individrisk: en övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är 10^{-5} (en på 100 000 år) per år och en övre gräns för område där risker kan anses små är 10^{-7} (en på 10 000 000 år). Risker mellan dessa två frekvenser ligger inom ALARP-området (se ovan).



Figur S.3. Figuren visar hur individrisken presenteras. Y-axeln visar den årliga frekvensen att omkomma på ett visst avstånd från riskkällan, som visas på x-axeln.

S.6 Resultat

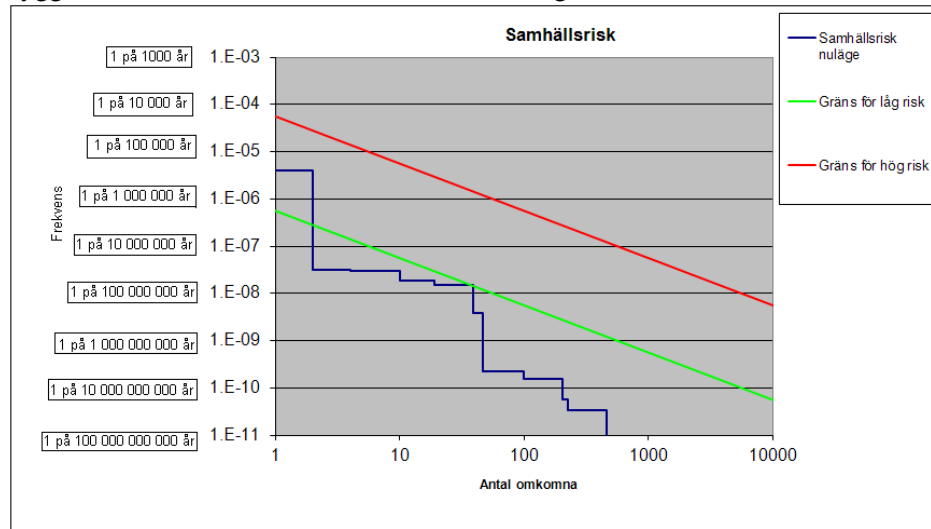
Riskenivå till följd av transport av farligt gods redovisas i form av samhälls- och individrisk. Risknivå till följd av verksamheter på Tjärhovet redovisas kvalitativt.

S.6.1 Farligt gods på Södra vägen och järnväg

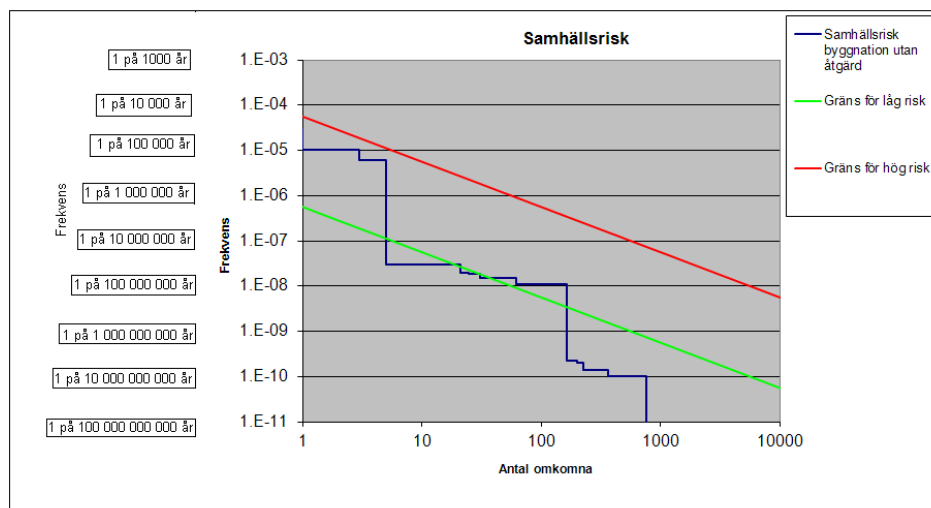
I detta avsnitt redovisas resultat av analys avseende transport av farligt gods. Risk presenteras i form av individ- och samhällsrisk (dessa riskmått definieras ovan).

Samhällsrisk

I figur S.4 redovisas risknivån i nuläget. Figur S.5 visar risknivå om byggnationer utförs utan att riskreducerande åtgärder vidtas.



Figur S.4. Figuren visar samhällsrisk i området nu, d.v.s. om inga byggnationer eller säkerhetshöjande åtgärder vidtas.

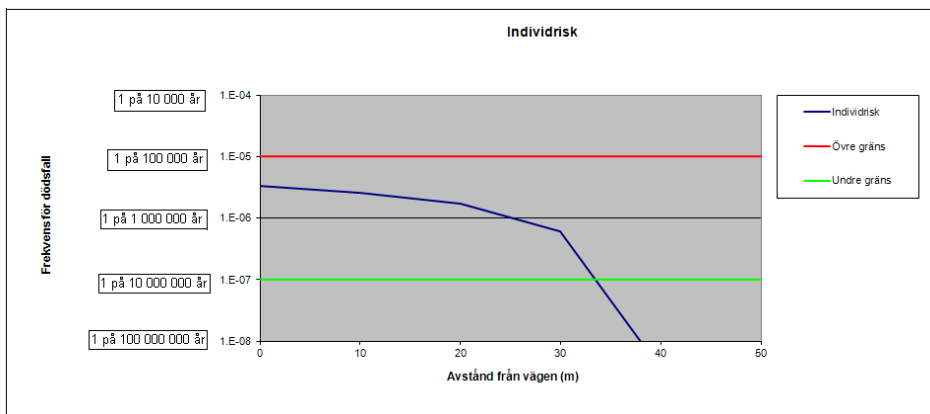


Figur S.5. Figuren visar samhällsrisk i området om planerade byggnationer utförs utan att säkerhetshöjande åtgärder vidtas.

Riskenivån är inom ALARP-området främst till följd av den risk brandfarlig vätska bidrar med.

Individrisk

I figur S.6 redovisas individrisk för aktuellt område om inga åtgärder vidtas. Närmast vägen ligger individrisknivån inom ALARP-området, men den sjunker snabbt på längre avstånd från vägkanten. På avstånd längre än 33 meter från vägkanten är individrisknivån under det undre gränsvärdet. Anledning är den risk som transport av brandfarlig vätska medför, eftersom brandfarlig vätska står för störst andel farligt gods på aktuell vägsträcka.



Figur S.6. Figuren visar individrisk nuläge på olika avstånd från riskkällan.

S.6.2 Verksamheter på Tjärhovet

Riskanalys har resulterat i att brandgaser kan spridas mot Barlastholmen/Ölandskajen vid ogynnsamma väderförhållanden. Koncentration av sotpartiklar och giftiga partiklar i brandgaserna i marknivå är låg. Högre upp i luften är koncentration av partiklar och giftiga ämnen högre. Dessa kan, beroende på väderförhållanden, röra sig neråt och påverka personer i marknivå. Om gödningsmedel blir inblandat i en brand kan giftiga nitrösa gaser medföra ökad påverkan på utsatta personer.

Vid gynnsamma förhållanden för brandgasspridning kan koncentrationer som överstiger arbetsmiljöverkets riktlinjer för den luft som arbetstagare får utsättas för uppstå. Detta värde har valts som referensvärde i och med att personer som befinner sig utomhus kan komma att påverkas av denna koncentration under en lång tid. Gränsvärdet är dock valt mycket konservativt eftersom dödsfall till följd av koncentrationen inte är att förvänta, samt att personer kommer att söka sig i säkerhet inomhus eller förflytta sig bort från området och därmed blir tiden personer utsätts för brandgaserna begränsad. Särskilt känsliga personer kan påverkas i större utsträckning.

Frekvens för denna typ av olycka är beräknad till mellan 8×10^{-5} till 8×10^{-6} bränder per år. Enligt riktlinjer som skall användas vid beslutsfattande angående etablering intill riskobjekt i Kalmar kommun kan bedömning göras att händelser som kan orsaka fler än ett dödsfall inte får ske med en frekvens överstigande 1×10^{-4} . Område med acceptabel risk under vissa förutsättningar sträcker sig mellan 1×10^{-6} och 1×10^{-4} för fler än 1 omkommen person enligt samhällsriskkurvan. Individrisken skall ej överstiga 1×10^{-5} . Riktlinjerna angående acceptabel risk anger inga rekommendationer avseende olika grad av skada för personer som inte omkommer. Därav uppstår problem med gällande riktlinjer vid bedömning av om risken skall anses vara acceptabel eller ej. Resultatet innebär dock följande:

1. Det är mycket liten sannolikhet för en stor cisternbrand på Tjärhovet som skall påverka personer på Barlastholmen/Ölandskajen med giftiga gaser. Det ställs höga krav på verksamheter som hanterar stora mängder brandfarliga vätskor i cisterner. Endast en större cisternbrand har inträffat i Sverige under den tid som olja och bensin använts i vårt samhälle. Den branden inträffade i Nynäshamn 1956.
2. Om en cisternbrand inträffar är det troligast att brandgaserna sprids upp i luften på grund av den termiska stigkraften som finns i gaserna. Det krävs en relativt hög vindstyrka för att gaserna skall spridas med vinden i marknivå istället för huvudsakligen uppåt.
3. Om en brand inträffar som medför att stora mängder brandgaser sprids in mot Kvarnholmen/Barlastholmen kan personer komma till skada. Det

finns dock goda möjligheter för personer att sätta sig i säkerhet inomhus. Brandgaser syns och känns tydligt och människor som utsätts för höga koncentrationer kommer att söka sig bort från området eller in i byggnad. Koncentrationen av ämnen och partiklar i brandgaserna är betydligt lägre inomhus än utomhus.

Eftersom scenarierna med cisternbrand på Tjärhovet inte ger konsekvenser i form av dödsfall på Barlastholmen/Ölandskajen ger dessa scenarier inget bidrag till samhälls- och individrisken enligt använd definition. Dess riskbidrag måste dock beaktas på grund av att det kan medföra påverkan på ett stort område.

Brand med gödningsmedel inblandat kan medföra att nitroösa gaser sprids in mot aktuellt område och andra delar av staden. Sannolikhet för denna händelse är dock mycket låg. Möjliga riskscenarier som är redovisade skall beaktas i samband med beslut angående nybyggnation och utförande av åtgärder.

Explosion med ammoniumnitrat kan ge påverkan i form av krossade fönsterrutor inom aktuellt område. Detta kan medföra skador på personer inomhus. Med hänsyn till att endast mindre skador i området kan förväntas, samt att metoder för beräkning av frekvens av denna händelsetyp saknas, är detta ej med i redovisad samhällsrisk/individrisk. Frekvens för dessa explosioner kan dock förutsättas vara mycket låg eftersom det är många delhändelser som måste sammanfalla för att orsaka en explosion.

S.7 Åtgärdsförslag

I detta kapitel redovisas åtgärdsförslag för att reducera risknivån i samband med planerade byggnationer.

Utöver åtgärder enligt nedan är det även lämpligt att huvudentréer till byggnationer i stor utsträckning placeras i riktning från Södra vägen/Tjärhovsgatan respektive Tjärhovet.

Innan slutgiltigt beslut avseende erforderliga åtgärder bör en kostnads/nyttoanalys utföras.

S.7.1 Farligt gods på Södra vägen

Samhällsrisk är inom ALARP-området i nuläget utan byggnation. Vid byggnation utan att vidta åtgärder ökar risknivån. Individrisk ligger inom ALARP-området inom 33 meter från väg. Därav redovisas åtgärdsförslag som skall vidtas för att möjliggöra planerade nybyggnationer och samtidigt uppnå en acceptabel risknivå enligt "Riskhanteringsmodell för nybyggnationer och etableringar i Kalmar kommun", Kalmar Brandkår. Förslag på åtgärder rekommenderas enligt nedan för att underlätta för slutgiltig beslutsfattare.

Åtgärderna är inriktade på att reducera risk för olycka vid transport av brandfarlig vätska eftersom dessa transporter utgör dimensionerande riskscenario.

De verksamheter som är planerade i området skiljer sig beträffande personantal, lokalkännedom och vakenhet varför åtgärderna som presenteras för respektive verksamhet är olika.

Åtgärd i form av hastighetssänkning till 30 km/h är en förutsättning i samtliga fall beskrivna enligt nedan.

Generellt

Det bör förtydligas att det är svårt att begränsa risknivån för personer som befinner sig utomhus i vägens närhet. Denna problematik föreligger redan i nuläget. För att reducera risknivån utförs område närmast vägen så att det inte inbjuder till stadigvarande vistelse utomhus. Exempel på utförande är att placera planteringar, träd, buskar etc. närmast vägen och placera parkbänkar och dylikt som medför mer stadigvarande vistelse längre från vägen. Detta rekommenderas eftersom nybyggnationer inom området samt en eventuell ny broförbindelse med stadsparken medför att ett större antal personer kan förväntas vistas och röra sig inom området. En väl genomtänkt utformning av området närmast vägen kan även bidra till en sänkt hastighet, vilket medför en reducerad risknivå för trafikanter och personer i omgivningen. Hastigheten på vägen sänks till 30 km/h i aktuellt område. Exempel på utformning för att på lämpligt sätt styra var personer vistas ges i *Transporter av farligt gods – Handbok för kommunernas planering, Sveriges kommuner och landsting 2012*.

Universitet, resecentrum, restauranger

Vid byggnation av universitet, resecentrum och restauranger med ett avstånd av minst 30 meter från väg, d.v.s. enligt gällande förslag, utförs åtgärder i form av utformning av väg och dess närområde enligt ovan för att styra personer till lämpliga områden på ett naturligt sätt. Särskild omsorg bör läggas på trafikplanering av vägövergångar och liknande. Utöver detta skall fönster utföras laminerade för att begränsa splitterrisk i samband med en eventuell explosion.

Hotell

Vid byggnation av hotell minst 30 meter från väg utförs åtgärder enligt 8.1.1. samt skall fönster utföras laminerade för att begränsa splitterrisk i samband med en eventuell explosion.

Vid byggnation av hotell mellan 15-30 meter från väg skall, utöver åtgärder enligt ovan, även följande åtgärder vidtas:

- Fasad/takfot/tak etc får inte utföras med brännbart material. Fasad inom 30 meter från väg utförs i brandteknisk klass EI 60. Eventuella fönster inom angivet område skall utföras i brandteknisk klass EI 60 och får ej vara lätt öppningsbara (fönstren får endast vara öppningsbara med nyckel/verktyg). Lägre klass på fönster kan eventuellt godtas efter särskild utredning. En särskild utredning kan även resultera i olika brandteknisk klass på olika våningsplan. Beroende på utformning av hotell kan sprinkler krävas för erforderlig personsäkerhet. Luftning i takfot får ej förekomma.
- Riktning varifrån tilluft tas får ej vara mot Tjärhovsgatan/Södra vägen
- Manuell avstängning av ventilationssystemet skall vara möjlig, alternativt skall ventilationssystemet utföras så att återcirkulation/friskluftsflöde kan regleras på ett enkelt sätt.
- Placering av utrymningsvägar i riktning från vägen. Återinrymning skall vara möjligt för eventuella utrymningsvägar i riktning mot vägen. I den mån utrymning mot vägen erfordras skall aktuella risker beaktas.

Om hotell skall byggas inom 15 meter från väg skall, utöver ovanstående, även följande åtgärder vidtas:

- Avkörningsskydd skall uppföras för att tjäna två syften. Dels för att förhindra att tunga fordon kör av vägen och orsakar skador på personer och byggnader, dels att förhindra ett utsläpp av brandfarlig vätska sker långt från väggkant. Genom uppförandet av avkörningsskydd uppnås största möjliga avstånd mellan eventuellt läckage och fastighet. Avkörningsskydd skall

vara dimensionerat att motstå kollision av tunga fordon. Vid projektering av avkörningsskydd bör nedanstående faktorer beaktas.

- Skyddet hindrar fordonet från att köra av vägen
- Skyddet minskar risk att fordonet välter
- Skyddet minskar risk att hål uppstår i tank

Lämplig utformning av avkörningsskydd skall utredas i senare skede av sakkunnig inom trafikplanering.

Alternativa åtgärder

Alternativ till brandklassad fasad kan vara ett skyddsavstånd i kombination med åtgärd på/intill väg som begränsar värmestrålningpåverkan mot fasad vid pölbrand, så att brandspridning ej sker till hotell samt att utrymning kan ske på ett säkert sätt. Utförande skall godkännas av Samhällsbyggnadskontoret i Kalmar och Kalmar Brandkår.

S.7.2 Farligt gods på järnväg

Om begränsat nyttjande av järnvägen för farligt gods skall beaktas (lika nuläget) krävs inga särskilda åtgärder på grund av närhet mellan byggnad och järnväg. Detta med hänsyn till mycket låg sannolikhet för olycka. Viktig förutsättning är den låga hastigheten (10 km/h).

Om utökat nyttjande av järnvägen skall beaktas kan åtgärder erfordras. Detta kan exempelvis vara fallet om det bedöms rimligt att stora delar av det gods som transporteras på vägen, eller annat farligt gods, kommer att transporteras på järnvägen i framtiden. Vid beslut angående vilka eventuella framtida förändringar som skall hanteras i samband med aktuell detaljplan bör följande faktorer beaktas:

- Järnvägsspåret är ett industrispår med mycket låg hastighet (max 10 km/h). Den låga hastigheten medför att sannolikhet för olycka är mycket låg, även vid ett utökat nyttjande av järnvägen.
- Vid bedömning avseende framtida transportbehov är det problematiskt att utföra antaganden om vilken typ av gods som kan vara aktuellt.
- För att möjliggöra förändrat nyttjande av järnvägen kan investeringar i form av elektrifiering och åtgärder vid plankorsning vara nödvändiga.

Vid beslut avseende rimliga förändringar att beakta enligt ovan bör dialog föras mellan representanter från Kalmar kommun och Kalmar hamn.

Om betydande förändringar avseende järnvägstransport skall beaktas kan åtgärder avseende skyddsavstånd och brandklassad fasad erfordras. Dessa beskrivs nedan. Åtgärdsrekommendationerna kan justeras efter beslut angående vilka förändringar avseende järnväg som bör beaktas.

Om utökat nyttjande av järnväg för farligt godstransport skall beaktas skall ett skyddsavstånd på minst 15 meter hållas mellan järnvägsspår och byggnad erfordras.

Vid byggnation av hotell mellan 15-30 meter från järnväg skall följande åtgärder vidtas:

- Fasad/takfot/tak etc får inte utföras med brännbart material. Fasad inom 30 meter från järnväg utförs i brandteknisk klass EI 60. Eventuella fönster inom angivet område skall utföras i brandteknisk klass EI 60 och får ej vara lätt öppningsbara (endast öppningsbara med nyckel/verktyg). Lägre klass på fönster kan eventuellt godtas efter särskild utredning. En särskild

utredning kan även resultera i olika brandteknisk klass på olika våningsplan. Beroende på utformning av hotell kan sprinkler krävas för erforderlig personsäkerhet. Luftning i takfot får ej förekomma.

- Riktning varifrån tilluft tas får ej vara mot järnvägen
- Manuell avstängning av ventilationssystemet skall vara möjlig, alternativt skall ventilationssystemet utföras så att återcirkulation/friskluftsflöde kan regleras på ett enkelt sätt.
- Placering av utrymningsvägar i riktning från järnvägen. I den mån utrymning mot vägen erfordras skall aktuella risker beaktas. Återinrymning skall vara möjligt för eventuella utrymningsvägar i riktning mot vägen.

S.7.3 Verksamheter på Tjärhovet

Utifrån analysens resultat föreslås ett antal åtgärder vid byggnation. Personer som befinner sig inomhus påverkas i begränsad omfattning av brandgaser från en brand på Tjärhovet. Personer utomhus påverkas av nivåer som inte förväntas leda till dödsfall, men vid ogynnsamma väderförhållanden kommer känsliga personer som befinner sig utomhus att kunna skadas vid inandning av brandrök. Riskreducerande åtgärder enligt nedan föreslås.

Beredskap

Räddningstjänst är medveten om riskerna med brand på Tjärhovet och övningar sker regelbundet med Släckmedelscentralen. Plan för räddningsinsats finns. Det är viktigt att handlingsplaner finns för hantering av brand och olycka där farliga ämnen på Tjärhovet är inblandade.

Information

På Kalmar kommuns hemsida finns information om hur allmänheten skall bete sig vid en brand på Tjärhovet. Signalen Viktigt meddelande till allmänheten (VMA) informerar om att personer skall gå inomhus och stänga fönster och dörrar samt lyssna på radio för vidare information.

Avstängning av ventilationsintag

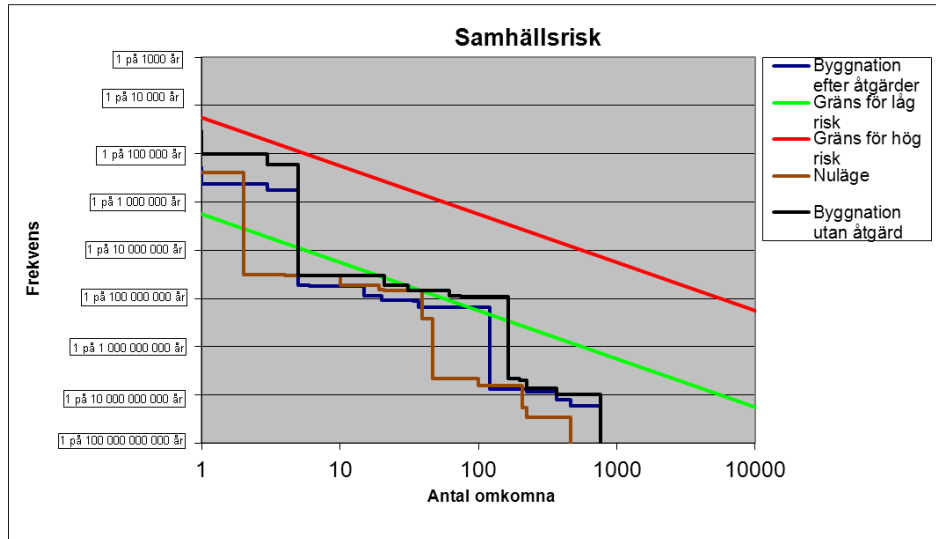
Vid detektering av brandrök stängs ventilationssystem av automatiskt, alternativt omkoppling till reducerat friskluftsintag.

Fönster

Fönster utförs laminerade för att begränsa splittrisk i samband med en explosion.

S.8 Risknivå om åtgärder vidtas

Nedan redovisas risknivån efter utförande av rekommenderade åtgärder. Figuren visar en jämförelse av de fall som undersökts.

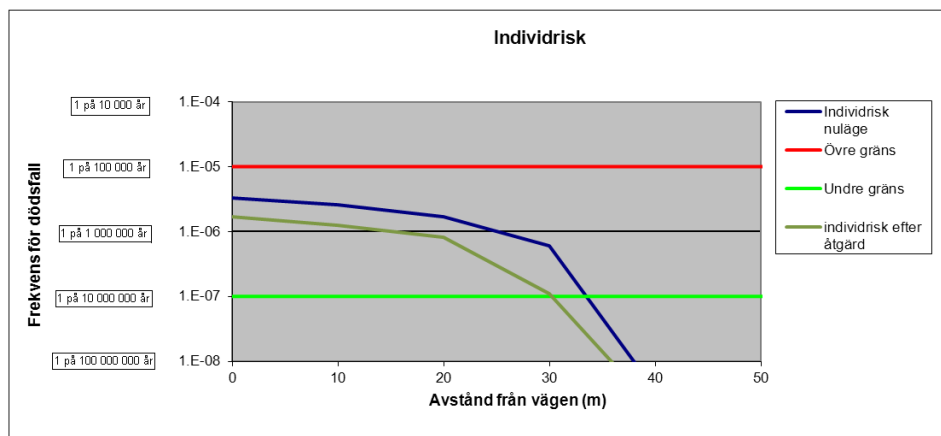


Figur S.7. Figuren visar en sammanställning av risknivån vid de tre studerade fallen.

Jämförelsen visar att samhällsrisiknivån till följd av transporter av farligt gods är lägre om byggnation utförs och åtgärder vidtas, än risknivån i nuläget. Eftersom detta är svårt att utläsa av kurvorna beräknas även det förväntade antalet döda per år till följd av farligtgodsolycka. Denna siffra erhålls genom först multiplicera frekvens och antal döda för varje studerat scenario och sedan addera dessa siffror. Resultatet blir följande:

- Förväntat antal döda per år nuläge $3,37 \times 10^{-5}$
- Förväntat antal döda per år efter byggnation och åtgärder $1,5 \times 10^{-5}$

Jämförelsen visar att förväntat antal döda per år till följd av transporter är färre om byggnation i kombination med riskreducerande åtgärder utförs än nuläget. Det är dock viktigt att beakta att detta är en teoretisk siffra för att mäta risken. Efter planerad byggnation ökar konsekvensen vid en olycka (eftersom antalet drabbade personer är större än innan byggnation). Frekvensen minskar dock till följd av utförda åtgärder. Risknivån till följd av verksamheter på Tjärhovet blir dock högre efter byggnation än innan byggnation.



Figur S.8. Figuren visar en sammanställning av risknivån i nuläget och efter byggnation med åtgärder.

Individrisken minskar till följd av åtgärderna.

S.9 Slutsats

Riskanalys har resulterat i att risknivån i området är i övre delen av ALARP-området. Åtgärdsförslag har därför utarbetats. Innan slutgiltigt beslut avseende erforderliga åtgärder bör en kostnads/nyttoanalys utföras.

S.9.1 Farligt gods på Södra vägen

Riskanalysen har resulterat i att risknivån i området är i övre delen av ALARP-området. Åtgärdsförslag har därför utarbetats. Dessa skall slutgiltigt fastställas av beslutsfattare.

För att risknivån ska anses vara acceptabel krävs att kriterierna för acceptabel samhälls- och individrisk uppfylls.

Samhällsrisknivån ligger utan åtgärder i ALARP-områdets övre del. Åtgärder bör vidtas för att möjliggöra planerade byggnationer.

Individrisknivån är inom ALARP-området inom 33 meter från väggkant om inga åtgärder vidtas. Individrisknivån är låg på avstånd längre än 33 meter från väggkant.

Under förutsättning att redovisade åtgärder vidtas erhålls en samhällsrisknivå som inte överstiger gränsen för oacceptabelt hög risk. Risknivån ligger till begränsad del inom ALARP-området, men till största del under gränsen för låg risk. Vid en jämförelse med risknivå i nuläget blir risknivån, på grund av transport av farligt gods, lägre om byggnation i kombination med åtgärder utförs.

Anledning till att risknivån placeras inom ALARP-området är scenarierna med brandfarlig vätska. Med hänsyn till detta är det vid beslut angående byggnation och krav på åtgärder viktigt att beakta att personer inomhus på ett tillförlitligt sätt kan skyddas mot denna typ av händelser (skyddsavstånd/brandklassad fasad) samt att främst personer i vägens direkta närhet drabbas. Genom att lägga stor vikt på utformning av väg och dess närområde kan risknivån reduceras ytterligare.

Under förutsättning att redovisade åtgärder vidtas erhålls en individrisknivå inom ALARP-området till 30 meter från väggkant. På längre avstånd från väggkant är risknivån låg. Mellan 20 och 30 meter från väggkant är risknivån i ALARP-områdets nedre del.

S.9.2 Farligt gods på järnväg

Järnväg ger ett begränsat tillskott till risknivån i området. Detta på grund av den begränsade användningen av järnvägen för transport av farligt gods.

Om begränsat nyttjande av järnvägen för farligt gods skall beaktas (lika nuläget) krävs inga särskilda åtgärder på grund av närhet mellan byggnad och järnväg till följd av farligtgodstransport. Detta med hänsyn till mycket låg sannolikhet för olycka. Viktig förutsättning är den låga hastigheten (10 km/h).

Vid beslut angående vilka eventuella framtida förändringar som bör hanteras i samband med aktuell detaljplan bör följande faktorer beaktas:

- Järnvägsspåret är ett industrispår med mycket låg hastighet (max 10 km/h). Den låga hastigheten medför att sannolikhet för olycka är mycket låg, även vid ett utökat nyttjande av järnvägen.

- Vid bedömning avseende framtida transportbehov är det problematiskt att utföra antaganden om vilken typ av gods som kan vara aktuellt.
- För att möjliggöra förändrat nyttjande av järnvägen kan investeringar i form av elektrifiering och åtgärder vid plankorsning vara nödvändiga.

Vid beslut avseende rimliga förändringar att beakta enligt ovan bör dialog föras mellan kommun och hamn.

Åtgärdsrekommendationerna kan justeras efter beslut angående vilka förändringar avseende järnväg som bör beaktas.

S.9.3 Verksamheter på Tjärhovet

En stor cisternbrand kan i värsta fall pågå under lång tid vilket innebär att personerna kommer att påverkas av brandgaserna under lång tid. Räddningstjänst kommer att uppmana personer i området att hålla sig inomhus alternativt utrymma området. Lämpliga åtgärder bedöms utifrån information om vindstyrka, vindriktning, brandens omfattning och beräknad tid för släckning. Påverkan på personer som befinner sig inomhus kommer att vara mycket liten och den metod som bedöms vara mest effektiv för att förhindra att personer utsätts för röken är att de håller sig inomhus och stänger fönster och dörrar samt stänger av ventilationen.

Rimlighetsprincipen beaktas kontinuerligt för verksamheter som kan innebära fara för personer i dess omgivning i och med krav på skäliga åtgärder utifrån Lag (2003:778) om skydd mot olyckor. Detta gäller befintliga verksamheter och nya verksamheter. Enligt lagstiftningen ställs krav på att säkerhetshöjande åtgärder skall vidtas om de är kostnadsmässigt rimliga.

Proportionalitetsprincipen kan beaktas genom en bedömning av vilka fördelar verksamheterna skapar i förhållande till de risker som skapas. I detta fall utgörs fördelarna exempelvis av arbetstillfällen och att hamnen blir attraktiv och användbar. Vidare finns fördelar för Kalmar som stad att kunna exploatera och växa på attraktiva centralt placerade områden.

Det är ofrånkomligt att personerna som befinner sig på aktuellt område drabbas i högre grad av riskerna verksamheterna medför än personer i andra delar av staden. Detta utan att de har en direkt större nytta av verksamheten. Fördelningsprincipen kan dock anses beaktad i och med att de risker som avses inte är oproportionerligt stora.

Undvikande av katastrofer uppfylls genom erforderliga skyddsavstånd mellan depåer med cisterner på Tjärhovet. Sannolikhet för ett katastrofscenario bedöms vara mycket låg.

Riskanalys har resulterat i att risknivån för personer på Ölandskajen/Barlastholmen är begränsad till följd av verksamheten på Tjärhovet. En omfattande brand på Tjärhovet kan medföra påverkan på stora delar av Kvarnholmen och övriga Kalmar. Etablering av universitet enligt föreslagen placering ger ett bidrag till stadens totala risknivå till följd av verksamheten på Tjärhovet. Med hänsyn till låg sannolikhet för dessa händelser är dock risknivån acceptabel enligt använda riskkriterier.

S.9.4 Sammanfattande bedömning

Riskanalys redovisar risknivåer som på grund av transport av farligt gods medför krav på åtgärder. Utifrån riskkriterier som Kalmar kommun fastställt

erhålls en acceptabel risksituation i samband med planerade byggnationer. Förutsättning är att åtgärder vidtas.

För att underlätta tolkningen av riskanalysens resultat kan en jämförelse med risken att dö av mer naturliga eller normala orsaker än en farligtgoodsolycka göras. Risk att omkomma till följd av naturolycka är 10^{-6} per år. Risk att bli träffad av blixten är 10^{-7} per år. Gränsen för där risken anses låg, d.v.s. dödsfallsrisk 10^{-7} per år är satt så att acceptabel risknivå skall vara lägre än den risknivå som motsvaras av naturolyckor. Detta innebär att en individs totala risknivå inte påverkas signifikant. Gräns för där risken anses vara hög är satt till 10^{-5} per år, vilket är en tiondel av den naturliga dödsfallsrisken för de personer i samhället som har lägst risk att dö per år.

Resonemang enligt ovan innebär att efter åtgärder är individrisknivån, på grund av farligtgodstransport, i vägens direkta närhet lika stor som risk att dö till följd av en naturolycka. På avståndet 30 meter från väggkant är risknivån 10 gånger lägre än risk att dö till följd av en naturolycka. På detta avstånd är det lika stor risk att dö på grund av ett blixtnedslag som på grund av en olycka med farligt gods. Ytterligare en jämförelse är att det 30 meter från väggkant är 1000 gånger lägre risk att dö till följd av en olycka med farligt gods än den normala risken för dödsfall för en normal person. Denna jämförelse innebär därmed att riskbidraget till följd av transporter av farligt gods är acceptabelt.

Risken till följd av verksamhet på Tjärhovet hanteras lämpligen genom säker hantering av förekommande ämnen samt god beredskap för Räddningstjänst att kunna hantera en uppkommen olycka. En omfattande brand eller annan olycka på Tjärhovet kommer att kunna påverka ett stort antal personer oavsett om planerade byggnationer utförs eller ej.

Innan slutgiltigt beslut avseende vilka åtgärder som skall vidtas bör en utredning avseende kostnad/nytta för respektive åtgärd utföras.

Beräkningar är utförda med konservativt angreppssätt för att inte underskatta risknivån. Förslag på åtgärder är framarbetade för att bidra till en långsiktigt hållbar risksituation på området trots närhet till farligtgoodsled och Tjärhovet. Detta är nödvändigt för att uppnå en säkerhetsnivå för invånare som bibehålls över tid samt möjliggörande av fortsatt verksamhet på Tjärhovet.

Riskanalys redovisar risknivå och åtgärdsförslag som Brand & Riskanalys anser lämpliga för att begränsa risknivån. Detta utgör underlag för beslutsfattare/remissinstanser (Länstyrelse/Kommun/Räddningstjänst) vid beslut angående nyttjande av aktuellt område.

Innehållsförteckning

Sammanfattning	3
Innehållsförteckning	16
1 Inledning	17
2 Områdesbeskrivning	21
3 Riskhanteringsprocessen	22
4 Acceptabel risk	25
5 Riskidentifiering	27
6 Analys	34
7 Resultat	45
8 Åtgärdsförslag	49
9 Risknivå om föreslagna åtgärder vidtas	52
10 Osäkerheter	53
11 Slutsats	54
12 Källförteckning	59
<i>Bilaga 1 - Frekvens för farligtgoodsolycka</i>	61
<i>Bilaga 2 – LC50 för ammoniak</i>	68
<i>Bilaga 3 – Väderförhållanden</i>	69
<i>Bilaga 4 - Persontäthet</i>	70
<i>Bilaga 5– Antal farligtgodstransporter på väg</i>	73
<i>Bilaga 6 - Strålningsnivå från flamma</i>	75
<i>Bilaga 7– Farligt gods på järnväg</i>	78
<i>Bilaga 8– Explosion ammoniumnitrat</i>	79

1 Inledning

I samband med nybyggnation av universitet, restauranger, resecentrum och hotell vid Ölandskajen/Barlastholmen skall en riskanalys utföras för att klargöra eventuella åtgärder till följd av närhet till Södra vägen och Tjärhovet.

Nedan ges en sammanställning av utförda riskanalyser som tidigare upprättats och som delvis används som underlag i detta projekt.

Riskanalys Ölandskajen, Kalmar kommun, daterad 2010-03-28. Analysen klargör risknivå och erforderliga åtgärder i samband med byggnation av universitet, resecentrum, parkeringshus och hotell vid och i närheten av Ölandskajen i Kalmar. Nämnad riskanalys beaktar risknivå till följd av närhet till farligtgoodsled (Södra vägen).

Riskanalys av farligtgoodsled i Kalmar, daterad 2010-05-07. Analysen var en uppdatering avseende hela Södra vägen.

Riskanalys Tjärhovets påverkan mot Kvarnholmen, Kalmar kommun, daterad 2011-06-30. Denna analys utfördes i samband med fördjupad översiktsplan för Kvarnholmen, för att belysa risknivå på Kvarnholmen till följd av verksamheten på Tjärhovet.

1.1 Problembeskrivning

Nybyggnation i närhet av farligtgoodsled och område med omfattande hantering av farliga ämnen medför att risknivån måste beaktas. För att klargöra riskbilden och eventuella åtgärder som bör vidtas utförs en riskanalys.

Traditionell riskhänsyn vid samhällsplanering innebär att fasta avståndsregler används för att säkerställa att acceptabla risknivåer, med avseende på personsäkerhet, uppfylls vid nyetablering intill riskobjekt. Problem med generella avståndsregler är flera eftersom de inte tar hänsyn till vilken reell risk som föreligger. Ett generellt skyddsavstånd kan därför medföra mycket stor säkerhetsmarginal eller en falsk säkerhet, eftersom den reella risken inte är värderad eller bedömd. Därav utförs en objektsspecifik riskanalys som beaktar de faktorer som är relevanta i aktuellt fall.

1.2 Syfte och mål

Syfte med denna riskanalys är att redovisa risknivå och ge förslag på åtgärder vid byggnation av universitet, resecentrum, hotell och restauranger på området kring Ölandskajen/Barlastholmen.

Riskobjekt i form av transport av farligt gods på Södra vägen och järnväg samt hantering av farliga ämnen på Tjärhovet skall beaktas.

1.3 Avgränsningar

Endast oförutsedda händelser som kan leda till att ämnen med toxiska eller brandfarliga egenskaper kommer ut och innebär fara för utomstående människors hälsa kommer att beaktas. Ingen hänsyn tas till miljöpåverkan eller egendomsskada till följd av olycka. Ingen hänsyn tas till trafikolyckor som inte innebär utsläpp av farligt gods, d.v.s. den generella trafiksäkerheten i området.

Konsekvenser av utsläpp kommer i aktuell riskanalys att begränsas till tryckkondenserande gaser, giftig frätande vätska, brännbara vätskor och oxiderande ämne, eftersom de kan ge upphov till de största konsekvenserna för människors hälsa och säkerhet.

Beräknat antal förväntade olyckor med farligt gods per år bygger på en metod framtagen av Statens räddningsverk. Utvärdering eller analys av denna metod har ej genomförts. Metod finns beskriven i SRV (1996).

Risker till följd av transport av farligt gods på järnväg beaktas i analysen.

Rapporten beaktar ej sällsynta naturfenomen eller oförutsedda händelser som t.ex. jordbävning, sabotage och medveten oaktsamhet.

1.4 Metod

Ingångsparametrar avseende personantal, lokalareor, avstånd till riskkälla och ändringar i transport av farligt gods är viktiga förutsättningar för analysen. Dessa faktorer skiljer sig från tidigare upprättade handlingar.

Uppdaterad information om personantal och lokalarea erhålls från Linnéuniversitetet. Tidigare utförda antaganden gällande personantal vid resecentrum uppdateras med hänsyn till tillgänglig information (spårutredning m.m.). Hotell med 150 hotellrum förutsätts.

Förändringar avseende transport av farligt gods på Södra vägen beaktas. I utredningen förutsätts att verksamheterna nyttjar respektive tillståndsmängd fullt ut. Även transport av farligt gods på järnväg beaktas i analysen.

Underlag för utformning av universitetsområde utgörs av Linnéuniversitetet och Kalmar Stad - En studie av Ölandshamnen, september 2012.

För att riskanalysen skall fungera som ett bra beslutsunderlag har tre olika fall beaktats. Detta för att tydliggöra planerad etablerings, samt utförda åtgärders, påverkan på risknivån. Detta utförande bidrar till att en risknivån efter utförande av planerade byggnationer kan jämföras dels med vedertagna beslutskriterier, dels med nuläget.

Riskanalys medför att vissa antaganden måste utföras, vilket medför att osäkerheter förs in i analysen. Genom att utföra en jämförelse med risknivå i nuläget reduceras vissa av osäkerheterna, eftersom samma antaganden utförs i båda fallen, förutom de antaganden som har med förändringen att göra.

Nedan redovisas en sammanställning av vilka fall som beaktas.

- **Nuläge** I denna analys redovisas beräkning av risknivån i nuläget.
- **Efter byggnation utan åtgärder** I denna analys redovisas beräkning av risknivå om planerade byggnationer utförs utan att några åtgärder vidtas.
- **Efter byggnation med åtgärder** I denna analys redovisas beräkning av risknivå om planerade byggnationer utförs samt att vissa åtgärder vidtas.

Den riskanalysmetodik som används innehåller följande moment:

Definiera och avgränsa systemet:

Detta moment definierar vad som innefattas i det system som ska analyseras. Inledningsvis ges en beskrivning av området med geografiskt läge och omgivningar m.m.

Identifiering av risker:

Viktig information om eventuella riskkällor erhålls genom att kartlägga vilka transporter av farliga ämnen som förekommer längs aktuell vägsträcka.

Grovanalys:

En grovanalys genomförs genom att studera de kemikalier som transporteras på aktuell vägsträcka. Utifrån grovanalysen väljs ett antal ämnen ut som utvärderas med en kvantitativ riskanalys där sannolikhet och konsekvens bedöms/beräknas för de identifierade scenarierna.

Kvantitativ analys:

I en kvantitativ analys beräknas frekvens för respektive scenario och de konsekvenser som uppstår. För att kunna beräkna konsekvenser av ett eventuellt utsläpp behövs information om bland annat koncentrationen av gas på olika avstånd från utsläppskällan.

Riskberäkning multiplicerar frekvens med konsekvens och leder till ett riskmått. Risken presenteras i form av samhälls- och individrisk (se kapitel 4.1 och 4.2). Efter att riskerna beräknats utarbetas vid behov åtgärdsförslag för att minska riskerna. Utifrån dessa moment skapas en bra grund för beslutsfattande där riskanalysen fungerar som en del av kommunens beslutsunderlag.

En kvantitativ analys är utförd med hänsyn till aktuella riskkällor och skyddsavstånd. Enligt kommunens vägledning för hantering av risk skall denna typ av riskanalys utföras. Det är också den metod som rekommenderas enligt Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, upprättad av Länsstyrelsen i Skåne län.

1.4.1 Datorprogram som används

För att så effektivt som möjligt kunna beräkna riskavstånd och sannolikheter har ett antal olika datorprogram använts i aktuell riskanalys.

”Gasol” är ett datorprogram som ingår i Räddningsverkets informationsbank, RIB. Programmet simulerar olika scenarier med utsläpp av gasol från tankar och rör och beskriver koncentrationer och spridning i luft. Samtliga olycksscenarier som kan uppstå vid en olycka med gasol kan simuleras i programmet, varvid avstånd till brännbarhetsgränser och olika grader av brännskada ges som resultat.

Aloha 5.4.1.2 används för beräkningar av spridning av ammoniakgas som avgår från en vätskepöl. Programmet är utvecklat av Office of Emergency Management, EPA, och Emergency Response Division, NOAA. För mer information om programmet hänvisas till Användarmanualen, daterad februari 2007.

För beräkning av brandgasspridning från cisternbrand har två olika simuleringsprogram använts, ALOFT och FDS 5. Anledningen till att använda två olika modeller är att det finns svårigheter i att modellera brandgasers transport utomhus eftersom det är ett stort antal parametrar som påverkar hur spridning sker. I och med att två beräkningsprogram används blir underlaget bättre för att avgöra koncentration av brandgaser på olika avstånd från branden.

Därmed erhålls ett bättre underlag för bedömning av de konsekvenser som kan uppstå.

ALOFT-FT är en rökplymsberäkningsmodell för personatorer. Programmet används för att simulera brandgasspridning utomhus. Väderförhållanden som påverkar spridningen beaktas. För mer information om programmet hänvisas till <http://fire.nist.gov/aloft/>.

Det andra beräkningsprogrammet är FDS 5. Fire Dynamics Simulator 5 (FDS 5) är en Computational Fluid Dynamics-modell (CFD-modell), även kallat fältmodell. Programmet är utvecklat av National Institute of Standards & Technology för brand- och rökspridningsberäkningar. Som många övriga CFD-modeller och tvåzonsmodeller sker beräkningarna deterministiskt, det vill säga att kända fysikaliska och kemiska samband används.

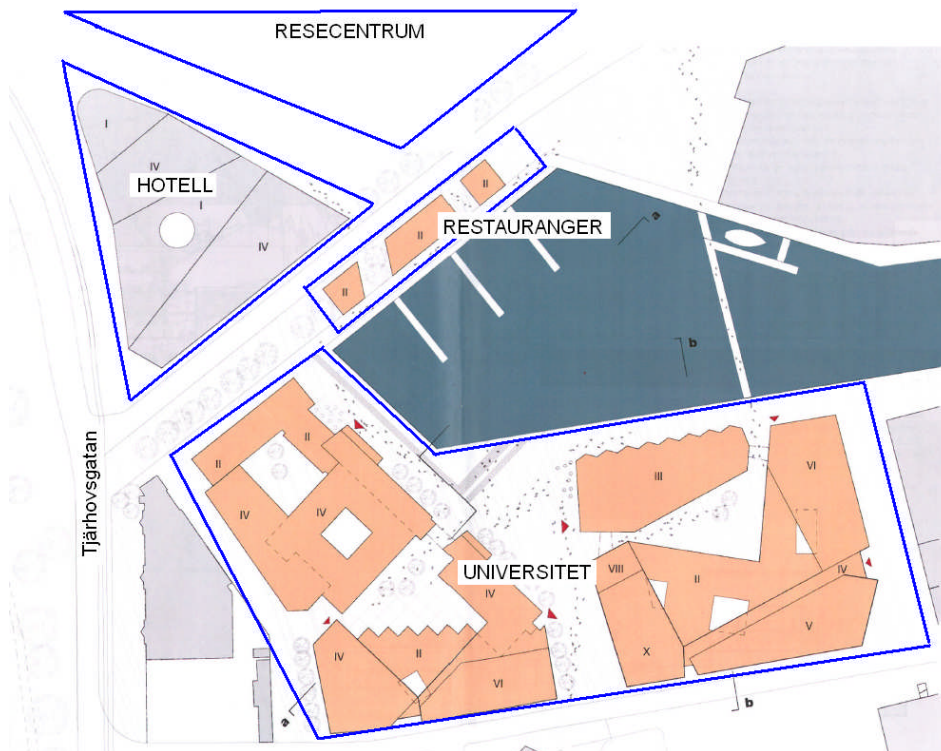
CFD-modeller delar in geometrin som ska simuleras i mindre kontrollvolymmer. Kontinuitetsekvationerna för massa, energi, rörelsemängd och grundämnens bevarande som en funktion över tiden beräknas för dessa kontrollvolymmer och är grundade på bland annat Navier-Stokes ekvationer. Dessa ekvationer utgörs av ett antal tredimensionella, icke linjära, tidsberoende, partiella differentialfunktioner som löses numeriskt. Programmet består av tre delar:

- En pre-processor som utgörs av en text editor
- En solver (FDS5) som utför beräkningarna
- En post-processor (Smokeview) som visualiserar resultaten

För en mer djupgående beskrivning av FDS5 hänvisas till FDS Technical Reference Guide (*Mc Grattan 2010*) och FDS User's Guide (*Mc Grattan 2010*).

2 Områdesbeskrivning

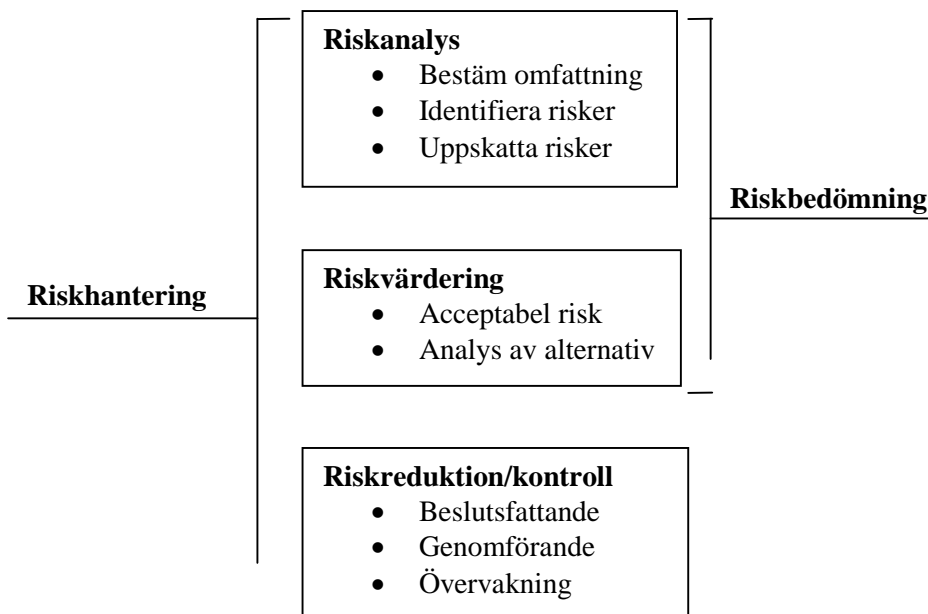
Området som analysen berör är beläget vid Ölandskajen i centrala Kalmar. Figur 2.1 visar en idéskiss över hur aktuellt område kan komma att nyttjas. Riskanalysen utförs dock i ett mycket tidigt skede och slutgiltig utformning är osäker. Idéskissen innebär placering av universitetsbyggnad som närmast cirka 35 meter från Tjärhovsgatan och hotell cirka 20 meter från Tjärhovsgatan.



Figur 2.1. En översiktsbild av hur planerat område kan komma att utformas. Bilden är tagen från Linnéuniversitetet och Kalmar Stad – En studie av Ölandshamnen, Malmström Edström Arkitekter/Jais arkitekter – augusti 2012.

3 Riskhanteringsprocessen

Med begreppet risk menas i denna rapport en sammanvägning av sannolikhet och konsekvens för en händelse som leder till negativa konsekvenser. Riskhantering innebär således hantering av händelser som kan ge negativa konsekvenser. Det kontinuerliga arbetet som bedrivs för att hantera risker kallas riskhanteringsprocessen. Nedan beskrivs kortfattat denna process som också illustreras i figur 3.1. Därefter beskrivs de ingående delarna, med tyngdpunkt på riskanalysdelen.



Figur 3. Figuren visar riskhanteringsprocessens olika delar, IEC (1995).

3.1 Riskanalys

En riskanalys innebär en systematisk identifiering av olycksrisker och bedömning av risknivåer. Analysen genomförs genom beräkningar eller uppskattningar av konsekvenser och sannolikheter för identifierade risker, Davidsson (2003).

Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens kan utföras på många olika sätt i en riskanalys. Exempel på faktorer som påverkar vilken beräkningsmetod för risk som är lämplig är bl.a. syfte med analysen, analysens omfattning, tillgång till information och analysarbetets tidsåtgång.

En riskanalys kan antingen genomföras kvalitativt, kvantitativt eller genom en kombination av de båda metoderna. Att en analys är kvalitativ innebär att riskerna endast rangordnas, genom att ange om de är stora eller små. Kvantitativ analys innebär att riskerna beräknas. Semikvantitativ analys innebär en blandning mellan kvalitativ och kvantitativ metod.

3.1.1 Konsekvens

Beräkning av konsekvens är ett sätt att förutsäga följderna av en viss olycka, exempelvis vilka gaskoncentrationer som uppstår på ett givet avstånd från en utsläppskälla. I anslutning till detta görs en bedömning av vilka skador som kan uppstå, exempelvis skada på människa till följd av uppkommen koncentration.

3.1.2 Sannolikhet

Det finns olika metoder för att beräkna eller bedöma sannolikheten för att en händelse ska inträffa. Följande metoder är användbara, Davidsson (2003):

Empiriska skattningar.

Baseras på statistik över frekvenser för inträffade skadehändelser. Metoden är främst användbar för frekventa olycks kategorier, exempelvis bilrockar och bränder.

Logiska system:

När denna metod används kartläggs de orsaker som tillsammans eller var för sig kan leda till den händelse som analyseras. Sannolikheten för händelsen beräknas genom att kombinera sannolikhetsdata för varje ingående delhändelse.

Expertbedömninga:

Expertbedömningar är ofta den enda möjliga metoden på grund av brist på tillförlitlig data. Bedömningarna grundas på bedömarens erfarenheter varför kompetensen hos experten är av stor betydelse.

3.1.3 Osäkerheter

Risker är alltid förenade med osäkerheter. Därför är det i en riskanalys viktigt att, förutom beräkna eller bedöma konsekvens och sannolikhet, även beakta de osäkerheter som finns i analysen. Osäkerheter vid bestämning av sannolikhet beror bland annat på tillförlitlighet på olycksfrekvenser. Osäkerheter vid konsekvensberäkning beror till stor del på att verkligheten måste förenklas för att passa in i en beräkningsmodell. En förenkling innebär att information utelämnas för att göra en beräkning möjlig. Det är viktigt att i största möjliga utsträckning genomföra nödvändiga förenklingar så att konservativa resultat erhålls.

3.2 Riskvärdering

En riskvärdering utförs efter att en risk har identifierats och analyserats. Beslut fattas sedan beträffande om risken kan anses vara acceptabel eller inte. Begreppet acceptabel risk leder till svåra avvägningar. Exempel på problem kan vara vem som avgör vad som är acceptabelt och vilken nytta som krävs av ett risktagande för att det ska anses acceptabelt.

I Räddningsverkets rapport "Värdering av risk", Davidsson (2002), beskrivs följande fyra principer som kan användas som underlag för värdering av risk:

Rimlighetsprincipen:

Det bör inte i en organisation finnas risker som med rimliga medel kan undvikas. Principen leder till att risker som med ekonomiskt och tekniskt rimliga medel kan elimineras eller reduceras ska åtgärdas, oavsett hur stor risken är.

Proportionalitetsprincipen:

Det totala antalet risker som en organisation medför bör vara proportionerliga med de fördelar som organisationen skapar.

Fördelningsprincipen:

Riskerna bör vara fördelade så att vissa personer eller grupper inte utsätts för oproportionerligt stora risker i förhållande till de fördelar risken innebär för samma person eller grupp.

Principen om undvikande av katastrofer.

Risker bör hellre realiseras i olyckor med begränsade konsekvenser, som kan hanteras av de beredskapsresurser som finns tillgängliga, än i katastrofer.

3.3 Riskreduktion/kontroll

Denna del av riskhanteringsprocessen innebär genomförande av riskreducerande åtgärder och kontroll av att risken minskat. Beslutsfattande är en viktig del av detta moment i riskhanteringsprocessen. Det finns flera olika beslutskriterier som kan användas, enligt Mattsson (2000) kan beslutskriterierna delas in i fyra huvudkategorier:

Teknologibaserade kriterier:

Kriteriet innebär att bästa möjliga teknik som finns för att minska risker ska användas.

Rättighetsbaserade kriterier:

Detta kriterie innebär att alla personer har rätt att inte utsättas för en risk överstigande ett visst värde.

Nyttobaserade kriterier:

Beslutskriteriet innebär att en åtgärd väljs efter en avvägning mellan dess kostnad och nytta.

Hybridkriterier:

Detta innebär en kombination av flera av de ovanstående kriterierna. Exempelvis kan en maximal risknivå sättas (rättighetsbaserad) varefter de åtgärder som leder till en risknivå under den maximala utvärderas med nyttobaserade kriterier.

4 Acceptabel risk

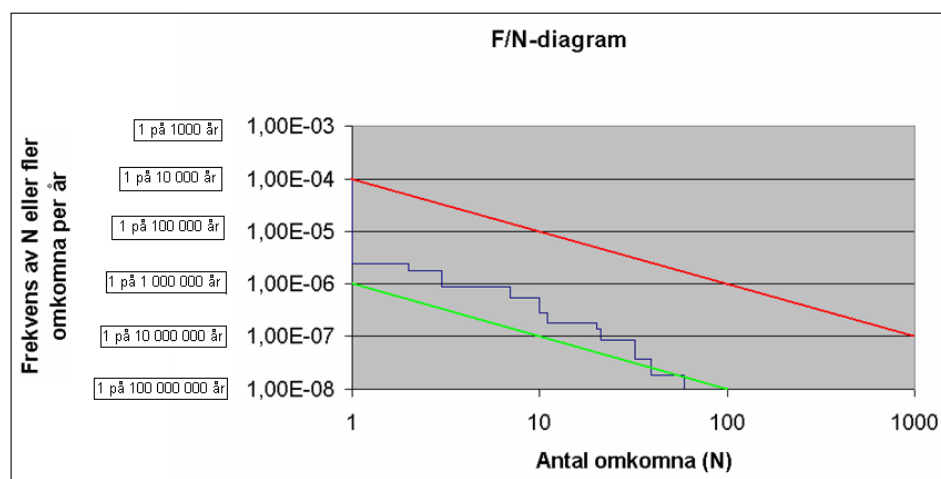
Det finns inga nationella krav på vilken samhällsrisknivå som maximalt ska accepteras. Därför är det upp till beslutsfattarna att avgöra vilka risker som ska anses acceptabla. DNV (Det Norske Veritas) har gett förslag på risknivåer som kan användas för att avgöra om en risk är acceptabel eller inte, Davidsson (2002). Kriterierna baseras på att samhällsriskerna redovisas i form av en F/N-kurva, och individrisken redovisas som risken för dödsfall per år på ett visst avstånd från riskkällan. Kalmar kommun har tagit beslut på att acceptabel risk skall värderas utifrån kriterier enligt nedan, ”Riskhanteringsmodell för nybyggnationer och etableringar i Kalmar kommun”, Kalmar Brandkår.

För att kunna relatera ett riskmått till vad det innebär i praktiken kan en jämförelse med andra risker göras. Nedan följer en jämförelse med den normala risken att dö för personer i Sverige. Risk att dö per år varierar under en persons livstid. Enligt IPS (2001) är risken att dö som lägst i åldern sju till åtta år. Då är dödsrisken cirka 10^{-4} per år. För yngre och äldre personer är risken högre.

Dödlighet genom olyckshändelser är cirka 10^{-4} per år (en gång på 10 000 år). Som exempel kan nämnas att risk att omkomma till följd av naturolycka är 10^{-6} per år (en gång på 1 000 000 år). Risk att träffas av blixten och omkomma är 10^{-7} per år (en gång på 10 000 000 år). Risk att omkomma i trafiken 10^{-5} per år (en gång på 100 000 år), (SRV 1997).

4.1 Samhällsrisk

Samhällsriskerna redovisas ofta i form av ett F/N-diagram. I ett sådant diagram visas sambandet mellan den ackumulerade frekvensen av händelser och antal omkomna personer. Det innebär att frekvensen för N eller fler omkomna redovisas.



Figur 4.1. Figuren visar exempel på ett F/N-diagram där frekvensen per år för ett visst antal omkomna redovisas. Den röda linjen ligger på frekvensen (F) 10^{-5} för 10 omkomna (N). Det ska tolkas så att frekvensen för 10 eller fler omkomna är 10^{-5} . Frekvensen 10^{-5} innebär att det sker en gång på 100 000 år. I detta fallet innebär det således 10 eller fler dödsfall på 100 000 år.

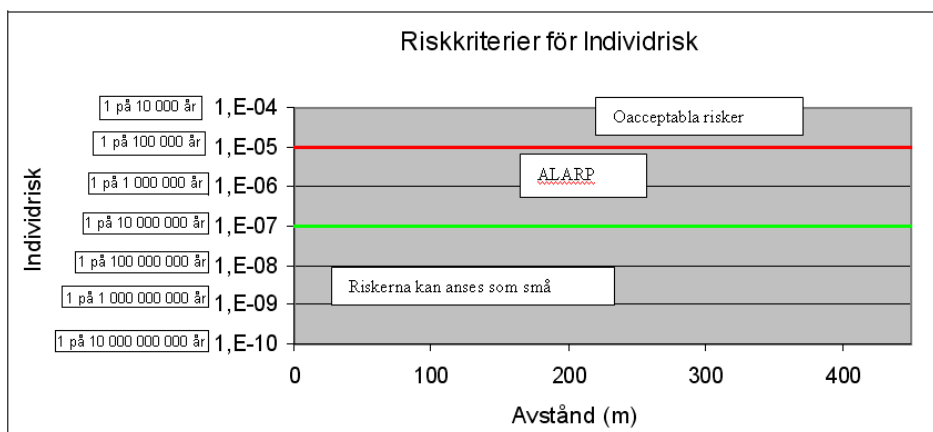
Ovanför den röda linjen är riskerna oacceptabelt stora. Det innebär exempelvis att frekvensen för 10 eller fler omkomna inte får vara större än 10^{-5} (en på 100 000 år). Mellan den gröna och röda linjen är det så kallade ALARP-området. ALARP står för ”As Low As Reasonably Practicable” vilket ska tolkas som att om riskerna ligger inom detta område bör skäliga åtgärder vidtas

för att sänka riskerna. Om riskerna befinner sig under den gröna linjen kan de anses vara små och acceptabla.

4.2 Individrisk

Individrisk definieras som risken att dö för en person som står på en given plats under ett års tid. Individrisken minskar med avståndet från riskkällan. I Davidsson (2002) föreslås följande kriterier för individrisk: en övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras är 10^{-5} (en på 100 000 år) per år och en övre gräns för område där risker kan anses små är 10^{-7} (en på 10 000 000 år). Risker mellan dessa två frekvenser ligger inom ALARP-området (se ovan).

Gränsen för där risken anses låg, d.v.s. dödsfallsrisk 10^{-7} per år är satt så att acceptabel risknivå skall vara lägre än den risknivå som motsvaras av naturolyckor. Detta innebär att en individs totala risknivå inte påverkas signifikant. Gräns för där risken anses vara **hög** är satt till 10^{-5} per år, vilket är en tiondel av den naturliga dödsfallsrisken för de personer i samhället som har lägst risk att dö per år.



Figur 4.2. Figuren visar hur individrisken presenteras. Y-axeln visar den årliga frekvensen att omkomma på ett visst avstånd från riskkällan, som visas på x-axeln.

5 Riskidentifiering

De risker som beaktas i denna analys är transport av farligt gods på Södra vägen samt hantering av farliga ämnen på Tjärhovet.

5.1 Farligt gods

Farligt gods innefattar en stor mängd olika ämnen som klassificeras som farliga av olika anledningar. Det kan exempelvis vara brandfarligt, giftigt, frätande, explosivt m.m. Aktuell riskanalys inriktar sig på att undersöka ämnen som kan medföra konsekvenser på personer som befinner sig på minst ett tiotal meter från vägen. Därför analyseras endast händelser som kan ge konsekvenser på längre avstånd från vägen.

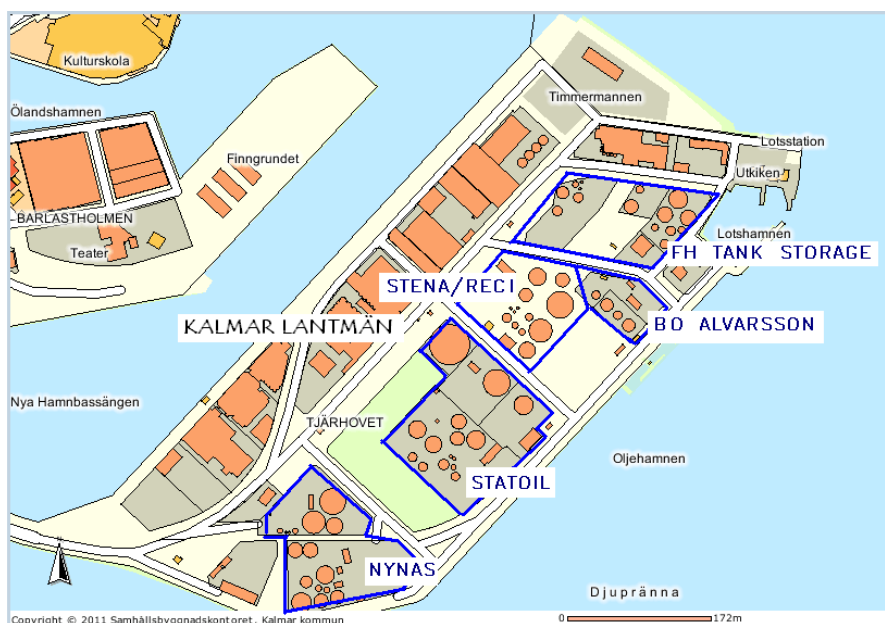
En parameter som är mycket viktig för beräkning av frekvens av farligtgodsolycka är antalet transporter med farligt gods. En inventering av antalet farligtgodstransporter har genomförts för att erhålla en uppfattning om hur stor mängd som transporteras på den aktuella vägsträckan. Inventering har skett genom kontakt med samtliga aktörer på Tjärhovet som transporterar gods på vägsträckan. De transporter av farligt gods som identifierats i genomförd inventering redovisas i Bilaga 5.

I Bilaga 5 redovisas även en grovanalys som resulterar i att följande ämnen ingår i den mer detaljerade kvantitativa analysen:

1. Gasol
2. Ammoniaklösning
3. Brandfarlig vätska
4. Ammoniumnitrat

5.2 Verksamhet på Tjärhovet

De verksamhetsutövare på Tjärhovet som hanterar brandfarliga vätskor i cisterner är Nynas, Statoil, Stena/Reci, Bo Alvarsson och FH Tank Storage.



Figur 5.1 Översiktsbild av Tjärhovet med de olika verksamheterna markerade. Copyright Samhällsbyggnadskontoret Kalmar Kommun.

Tjärhovet är inhägnat med stängsel och grindar som kan öppnas av anställda på området. Området är således inte tillgängligt för allmänheten vilket minskar risk för sabotage och att utomstående personer skall komma till skada vid en olycka.

Hantering av brandfarliga vätskor utgörs i huvudsak av att vätska pumpas in i cisterner från fartyg. Utlastning sker till tankbil och järnvägsvagn.

Nedan ges en sammanfattning av verksamheterna som hanterar brandfarliga vätskor. Dessa är markerade i figur 2.2.

5.2.1 Nynas

Nynas bedriver främst verksamhet i form av mottagning, lagring och vidaredistribution av bitumen. Det sker även lagring av andra petroleumprodukter (exempelvis n-paraffin), kaustiksoda, kalkslurry och biobränsle. Anläggningen har varit i drift på Tjärhovet sedan 1963.

Vätskorna anländer till depån med fartyg och lastas till tankbilar eller järnvägs-tankvagnar.

5.2.2 Statoil

Driften på Statoils depå startades 1958. verksamheten innebär lossning, lagring och utlastning av petroleumprodukter. Produkter som hanteras är bensin, motorbrännolja, eldningsolja samt additiv till dessa.

På depån finns fyra anställda. Personal hyrs in vid nya depåprojekt och för anläggningsbevakning.

5.2.3 Stena/Reci

Verksamhet i form av lagring av spillolja, sludge, emulsioner, färg och lösningsmedel. Vissa cisterner som inte används av företaget hyrs ut till närliggande depåer.

5.2.4 Bo Alvarsson

Hantering av rapsolja, kalilut och glykol. På depån finns inga cisterner för brandfarlig vätska klass 1.

5.2.5 FH Tank Storage

Lossning, lagring, blandning och vidaredistribution av brandfarliga vätskor och andra kemikalier. På anläggningen finns även ureaproduktion och fyllning av alkylatbensin i småbehållare.

5.2.6 Kalmar Lantmän

Kalmar lantmän bedriver foderproduktion och hantering av gödningsmedel. På området finns även en gasolcistern.

5.3 Farliga ämnens egenskaper

I detta avsnitt redovisas en sammanställning av egenskaper för de farliga ämnen som beaktas i denna analys.

5.3.1 Gasol

Gasol är handelsnamnet för en brännbar gasblandning av i huvudsak propan och butan. Internationellt är den vanligaste benämningen LPG eller Liquefied

Petroleum Gas. Tankarna är tillverkade i ett segt tryckkärlsstål som tål större deformationskrafter än till exempel en tankvagn med brännbar vätska, Envall (1998).

Vid normalt tryck och temperatur är gasolen en gas, men vid ökat tryck eller minskad temperatur omvandlas gasen till vätskeform. Gasol transporteras i vätskefas under högt tryck. Vid ett eventuellt utsläpp av gasol kan antändning ske.

Brandfarlig gas förekommer dels i cistern på Tjärhovet, dels sker transport av brandfarlig gas till Tjärhovet på södra vägen.

Antändning kan leda till tre olika skadeförlopp. Om gasen antänds direkt uppstår en jetflamma som kan uppgå till flera meter. Värmestrålning mot människor och byggnader blir betydande, i synnerhet i jetflammans riktning.

Om gas inte antänds direkt utan istället driver iväg i ett moln finns risk för en fördröjd antändning. Molnet antänds då av någon form av extern antändningskälla och risk finns att detta inträffar i ett tätbefolkat område. Hur långt molnet driver innan det antänds beror t.ex. på tillgång till antändningskälla, väderlek och områdets utformning.

Den tredje skadehändelsen som kan inträffa är en s.k. BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion). En BLEVE kan uppstå då en oskadad tank med tryckkondenserad gas värms upp. Detta kan inträffa då en tankbil med släp får ena tanken punkterad och en jetflamma uppstår, som i sin tur värmer upp den oskadade tanken på dragbilen. Trycket i den oskadade tanken stiger och till slut brister tanken momentant. Tankens innehåll antänds och ett stort eldklot uppstår. BLEVE är ett mycket allvarligt skadeförlopp men sannolikheten för att det skall inträffa är mycket låg. Vid ett litet utsläpp bedöms en BLEVE ej kunna inträffa.

Sannolikhet för olika skadefall enligt Lamnevik och Palme (1997) redovisas i tabell 5.1. Sannolikhet för antändning vid ett utsläpp är 0,8.

Händelse	Sannolikhet
BLEVE	0,01
Jetflamma	0,3
Flamförbränning	0,69

Tabell 5.1. Tabell redovisar sannolikhet för olika händelseförlopp vid utsläpp av tryckkondenserad brännbar gas enligt Lamnevik och Palme (1997).

5.3.2 Ammoniäklösning

Ammoniäklösning med koncentrationen 25 % transporteras i tankbilar. Vid ett utläckage av vätska kan giftiga ammoniakångor avgå och spridas med vinden. Mängden som avdunstar är beroende av temperatur och vindförhållanden.

Ammoniak är en färglös giftig gas med en starkt stickande lukt och redan mycket små mängder kan påverka människors hälsa allvarligt.

Flera faktorer påverkar hur långt dödliga doser av den giftiga gasen sprids. Några faktorer är utsläppets storlek, väderförhållanden och områdets utformning.

Ett värde som används för att beskriva ett ämnes giftighet är LC₅₀ eller Lethal Concentration 50 %. Detta värde definieras av hur stor koncentration som resulterar i att 50 % av de utsatta dör, Fischer (1998). LC₅₀- värde beräknas i Bilaga 2.

Redan vid mycket låga koncentrationer och kort exponeringstid kan ammoniak irritera luftvägar och ögon. Vid exponering av ammoniak i måttliga koncentrationer är den största risken svårigheten att hålla ögonen öppna, vilket medför orienteringssvårigheter. Kramp i andningsorgan, medvetlöshet, lungödem och chock kan även inträffa vid inandning av höga koncentrationer. Hudkontakt med gasformig ammoniak ger sveda och kontakt med ammoniak i vätskeform ger frät- och kylskador. I tabell 5.2 anges några av de gränser som förekommer.

Koncentration (ppm)	Effekter	Exponeringens varaktighet
5	Luktgräns.	-
25	Tydlig lukt, inga skadliga effekter för normalperson.	Maximalt tillåten koncentration för en arbetsdag.
50	Tydlig lukt, inga skadliga effekter för normalperson.	Maximal tillåten koncentration för vistelse i 15 minuter.
100	Besvärande att vistas i utan andningsskydd, lindriga ögonirritationer	-
300	Maximalt tolerabel utan allvarliga störningar.	1 timme.
400-700	Irritation av näsa och hals, ögonirritation, tårbildning. Särskilt känsliga personer (t ex barn, astmatiker) kan omkomma	Sällsynt exponering upp till 1 timme orsakar vanligen ingen allvarlig påverkan.
2000-3000	Krampaktig hostning, svår ögonirritation.	Ej tillåten koncentration, personer kan omkomma efter längre exponering.
5000-7000	Krampaktig andning, snabb kvävning.	Ej tillåten koncentration, personer kan omkomma efter kortvarig exponering.

Tabell 5.2. Tabell över ammoniakens påverkan på människan, Haeffler (2000).

5.3.3 Brandfarliga vätskor

Brandfarlig vätska är vätska som har en flampunkt som understiger 100 °C. Vätskan delas upp i tre olika klasser beroende på dess flampunkt. Vätska klass 1 har lägst flampunkt, d.v.s. är mest lättantändlig. En vätskas flampunkt är den temperatur då vätskan avger lättantändliga ångor. Vätska med en flampunkt över omgivningstemperaturen är mindre lättantändlig än en vätska med en lägre flampunkt. Detta beror på att vätskan måste värmas upp till flampunkten innan antändning kan ske. Bensin och etanol är exempel på mycket lättantändliga vätskor. Diesel är ett exempel på en vätska som är mer svårantändlig.

Den sammanlagda sannolikheten för antändning av en läckande brännbar vätska vid en olycka uppgår enligt brittisk statistik till 6 %, Purdy (1993).

Tankar på fordon som transporterar brandfarliga vätskor är tunnare och har följaktligen inte samma hållfasthet mot mekanisk åverkan som de tankar i vilka tryckkondenserade gaser transporteras. Sannolikhet att det skall uppstå en skada, på en tank med brännbar vätska, är alltså större. Vidare är också sannolikheten större att utsläppet skall bli stort, Lamnevik och Palme (1997).

Konsekvenserna av ett utsläpp med brandfarlig vätska beror inte så mycket på storlek på hålet som av storlek av den pöl som bildas ovan mark. En stor pöl kan leda till en stor brand vilket innebär hög effektutveckling och höga flammor. En stor brand genererar vidare en hög strålningsvärme mot människor och byggnader i brandens närområde.

De faktorer som direkt kan komma att påverka personer kring en brand är värmestrålning och giftiga brandgaser. Vilka ämnen som bildas och utgör beståndsdelarna i brandgaserna beror på flera faktorer. Exempel på avgörande faktorer är brandens bränsle, syretillgång och temperatur. Om syretillgång vid brand är låg bildas fler och giftigare ämnen än vid god syretillgång.

Värmestrålning

Flammor från en brand blir mycket varma och sänder ut en stor energimängd i form av värmestrålning. Strålning kan medföra smärta, brännskador och kan även innebära dödsfall.

Strålningsnivåer ger konsekvenser enligt följande:

1,6 kW/m ²	Inga obehag vid lång exponering
4,0 kW/m ²	Smärta efter 20 sekunder
8,0 kW/m ²	Gräns för insatspersonal vid lokalisering av anslutningar för släcksystem
9,6 kW/m ²	Smärtgräns nås efter 8 sekunder och brännskador efter 20 sekunder.
12,5 kW/m ²	Trä antänds vid närvaro av pilotflamma. Vid denna strålningsnivå bedöms risk för brandspridning som liten.
16 kW/m ²	1 % av de som utsätts erhåller andra gradens brännskador
29 kW/m ²	50 % av utsatt population utsätts för andra gradens brännskador
44 kW/m ²	95 % av utsatt population utsätts för andra gradens brännskador

15 % av personer som erhåller andra gradens brännskador kan antas omkomma.

Ovanstående uppgifter kommer från Fischer (1998) och SPI/SOHF (2004)

Värmestrålning från en cisternbrand kommer att påverka personer i cisternens direkta omgivning, d.v.s. endast depåpersonal och räddningstjänstpersonal. Strålningen avtar relativt snabbt med avståndet från strålningskällan. Trots att strålningen inte direkt kan påverka skyddsobjektet i denna riskanalys, d.v.s. personer på Ölandskajen/Barlastholmen, måste effekten av strålningsvärme från brand beaktas. Detta är på grund av att det är strålningsvärmens som medför risk för brandspridning mellan cisterner, samt att den medför begränsningar i effektiviteten i en släckinsats eftersom räddningstjänstpersonal måste hålla sig på behörigt avstånd från oacceptabelt höga strålningsnivåer.

Partikelbildning och spridning av brandgaser

Rökutveckling vid en brand är svår att påverka och det är också väldigt svårt att förhindra spridning av brandgaser. Vid en brand sker spridning av partiklar av vindar och naturlig konvektion. Naturlig konvektion uppstår på grund av stora temperaturskillnader mellan rökplymen och omgivande luft. Rökplymen innehåller de partiklar som bildas vid förbränning och dess storlek och antal varierar med brandens omfattning.

En annan faktor som inverkar på brandgasspridningen är landskapets topografi (Hertzberg, 2001). Spridningen blir alltså inte densamma om en jämförelse görs mellan t.ex. en skogsbrand och en brand på fartyg på öppet hav.

Hur mycket partiklar som bildas vid en brand är bland annat beroende av vilket ämne som brinner. Om syretillgången är låg bildas fler och giftigare ämnen än om branden har god syretillgång. Temperaturen vid vilket ämnet oxideras påverkar också partikelbildningen.

Sotpartiklar bildas vid temperaturer mellan 700-1700 °C och är den största orsaken till partikelbildning vid bränder. Den viktigaste beståndsdelen i sot är PAH (Polycykliska aromatiska kolväten). PAH:er är kända för sina cancerogena egenskaper.

Brandens storlek (area) påverkar mängden partiklar som bildas per kg förbränt ämne. Ju större area branden har desto större blir mängden partiklar.

Vid bränder i alkoholer bildas väldigt lite partiklar, vilket beror på att alkoholer har en högre förbränningseffektivitet än petroleumprodukter som ger betydligt mer brandgaser.

Partiklars och brandgasers negativa hälsoeffekter

Partiklar kan, om de är tillräckligt små, ta sig ner i andningsvägarna och orsaka skador på lungorna. Storlek, densitet och struktur på inandande partiklar är avgörande för var de slutligen deponeras. Partiklar med en diameter mindre än 1 µm kan transporteras ända in till de minsta lungblåsorna, medan större partiklar tas upp i de övre andningsvägarna. Hälsoeffekterna är därför beroende av partiklarnas storlek. Eftersom partiklarna via andningsvägarna kan nå blodet kan även en allmän förgiftning uppstå. En del skadliga hälsoeffekter kan även vara fördröjda (Koch, 1998).

Enligt genomförda studier på partiklar bidrar varje ökning av partikelkoncentrationen med 10 µg/m³ dödligheten med 0,5 -1 % (Räddningsverket, 2001). I Sverige har Arbetsmiljöverket bestämt olika gränsvärden för mängden partiklar i luft. Gränsvärdet för damm i arbetsmiljö är 10 mg/m³ medan gränsvärdet för respirabelt damm är 5 mg/m³.

De ämnen som oftast bildas vid en brand är kolmonoxid, koldioxid, kväveoxider, vätecyanid, svaveldioxid, PAH (polycykliska aromatiska kolväten), isocyanater, tungmetaller, dioxiner och flera typer av VOC (flyktiga organiska kolväten).

Brandgasernas koncentration av partiklar undersöks i utförda simuleringar. Om partikelkoncentrationen är låg inom ett område innebär det att även koncentrationen av övriga ämnen i brandröken är låg. Därför används partikelkoncentrationen som dimensionerande ämne. Även VOC kommer att studeras för att utvärdera konsekvenser för personer som utsätts för brandgaser.

Som referensämne för ämnesgruppen VOC används bensen. Detta har ett nivågränsvärde på 1,50 mg/m³ (hygieniskt gränsvärde för exponering under en arbetsdag (RIB, 2006)

Ett flertal olika brandfarliga vätskor förvaras på Tjärhovet och transporteras därifrån på Södra vägen. Exempel på dessa är bensin, etanol, E85, eldningsolja, spillolja.

5.3.4 Oxiderande ämne

Ammoniumnitrat är ett färglöst vattenlösligt ämne som är klassificerat som oxiderande vara. Ämnet är inte brännbart men kan bidra till att andra material brinner utan tillgång till syre. När ämnet upphettas avgår giftiga ångor (nitrosa gaser). Detonation kan ske vid upphettning i en inneslutning.

Ammoniumnitrat används som ett konstgödningsmedel inom jordbruket.

Det är viktigt att ämnet inte utsätts för snabb temperaturstegring, t.ex. i samband med en brand i intilliggande material. Därför ställs krav på skyddsavstånd och brandteknisk avskiljning i samband med lagring av ämnet.

Ammoniumnitrat förvaras på Tjärhovet och transporteras därifrån på Södra vägen.

Utöver ren ammoniumnitrat förekommer ammoniumnitratihaltigt gödningsmedel. Detta kan i samband med värmepåverkan orsaka spridning av nitrosa giftiga gaser.

6 Analys

Kapitlet redovisar analys av transport av farligt gods på Södra vägen och verksamheter på Tjärhovet. Förutsättningar, antaganden och beräkningsgång redovisas.

6.1 Farligt gods på Södra vägen

I detta avsnitt redovisas genomförd beräkningsgång för transport av farligt gods. Först beräknas frekvens för farligt godsolycka, d.v.s. frekvens för en olycka med ett fordon med farligt gods inblandat och där det går håll så att ett läckage uppstår. Aktuell frekvens beräknas med VTI-metoden, framtagna av Räddningsverket (se Bilaga 1).

Beräkningarna leder till en frekvens för farligt godsolycka med brännbar vätska, gasol, ammoniaklösning samt ammoniumnitrat. Frekvensen förs in i ett händelseträ, se Bilaga 1.

De olika ämnen som analyserats kan ge upphov till ett stort antal händelseförlopp. I scenario 1-8 sker gasolutsläpp som antas antända. Tre olika utsläppsstorlekar och tre olika händelseförlopp (jetflamma, fördröjd antändning respektive BLEVE) utreds. I scenario 9-11 undersöks brandfarlig vätska som antas antända och orsaka en pölbrand. Sannolikheter för de olika hålstorlekarna och händelseutfall redovisas i Bilaga 1. Scenario 12-14 utreder utsläpp av ammoniaklösning.

Analysen är kompletterad med pölbrand respektive utsläpp av ammoniaklösning vid avåkning av väg, d.v.s. en förskjutning av riskområdet. Dessa händelser utgör scenarier 15-20. Kompletterande scenario med explosion vid transport av ammoniumnitrat utgör scenario 21.

Genom att multiplicera frekvensen för farligt godsolycka med respektive sannolikhet på trädets olika grenar erhålls i trädets högra del den slutliga frekvensen för de olika scenarierna som analyserats.

Genom beräkningsgång enligt ovan erhålls frekvens för att respektive scenario ska inträffa på aktuell del av väg.

För samtliga scenarier utförs beräkning av vilka konsekvenser som uppstår. Ammoniakutsläpp beräknas med Aloha. Gasolutsläpp beräknas med datorprogrammet Gasol (se kapitel 1.4.1). För brandfarlig vätska utförs strålningsberäkningar genom handberäkningar.

6.1.1 Skadekriterier

För ammoniak används ett LC₅₀-värde som gräns, med antagandet att alla som utsätts för det värdet dör. På motsvarande sätt antas att alla omkommer om de utsätts för den strålningsnivå som medför att 50 % omkommer. För explosion antas personer kunna omkomma till följd av höga tryck respektive på grund av byggnadsras till följd av högt tryck.

Konsekvenser redovisas som ett riskavstånd och en spridningsvinkel. Inom den zon som skapas av vinkeln och riskavståndet antas samtliga personer omkomma. Vissa scenarier har en cirkulär utbredning, vilket leder till en spridningsvinkel på 360°. LC₅₀-värde för ammoniak beräknas i Bilaga 2.

Individerisk

Beräknas enligt följande formel:

$$IR = f \cdot 2 \cdot \frac{\sqrt{r^2 - a^2}}{750} \cdot \frac{\alpha}{360}$$

där

f = frekvensen för enskilt scenario (frekvens/år)

r = beräknat riskavstånd för enskilt scenario (m)

a = avståndet från olyckan (m)

α = spridningsvinkel

Termen $\sqrt{r^2 - a^2}$ divideras med 750 eftersom den analyserade vägsträckan är 750 meter lång.

Kvoten $\alpha/360$ kompenserar för att utsläppet endast sker i en riktning (vindriktningen). Pölbränder och BLEVE breder ut sig i alla riktningar varvid denna kvot inte inberäknas i formeln vid beräkning av dessa scenarier.

Samhällsrisk

Samhällsrisk beräknas enligt:

$$n = \pi \cdot r^2 \cdot N \cdot \frac{\alpha}{360}$$

där

n = antalet omkomna individer (st)

r = riskavståndet (m)

N = befolkningstätheten (inv/km²)

De olika frekvenserna för de olika olyckorna adderas, varpå den kumulativa frekvensen redovisas i resultatdiagrammet, som därför anger frekvensen för n eller fler döda.

Händelsetråd för respektive scenario redovisas i Bilaga 1.

Scenario	Beskrivning	Riskavstånd (m)	Spridningsvinkel (°)	Frekvens (år ⁻¹)
1	Stor BLEVE	250	360	7,8E-11
2	Stor jetflamma	111	15	5,4E-09
3	Stor fördröjd antändning	257	15	2,3E-09
4	Medelstor BLEVE	250	360	9,7E-11
5	Medelstor jetflamma	63	15	6,7E-09
6	Medelstor fördröjd antändning	130	15	2,9E-09
7	Liten jetflamma	29	15	2,0E-08
8	Liten fördröjd antändning	26	15	8,7E-09
9	Stor pölbrand	20	360	2,4E-05
10	Medelstor pölbrand	10	360	1,2E-05
11	Liten pölbrand	5	360	1,4E-05
12	Stort utsläpp ammoniaklösning	35	15	1,8E-05
13	Medelstort utsläpp ammoniaklösning	19	15	8,9E-06
14	Litet utsläpp ammoniaklösning	11	15	8,9E-06
15	Avkörning och stor pölbrand	35	360	1,6E-5
16	Avkörning och medelstor pölbrand	20	360	8,0E-6
17	Avkörning och liten pölbrand	9	360	8,5E-6
18	Avkörning och stort utsläpp ammoniaklösning	45	15	1,2E-5
19	Avkörning och medelstort utsläpp ammoniaklösning	29	15	5,9E-6
20	Avkörning och litet utsläpp ammoniaklösning	21	15	5,9E-6
21	Explosion ammoniumnitrat	70	360	1,7E-8

Figur 6.1. Figuren visar riskavstånd, spridningsvinkel, och frekvens för de olika scenarierna.

6.2 Verksamheter på Tjärhovet

Nedan redovisas en genomgång av de verksamheter som kan innebära risker för personer i omgivningen. För varje riskobjekt görs en bedömning av om den kan medföra risk för allvarlig skada på personer på Barlastholmen/Ölandskajen.

6.2.1 Nynas

De flesta vätskor som hanteras på Nynas depå har en flampunkt över 100 °C. Dessa vätskor klassas ej som brandfarlig vätska på grund av att de är mer svårantändliga än vätskor med lägre flampunkt.

Brandfarliga vätskor förvaras endast i två cisterner. Det är cistern 2016 och 2017. Cisternerna har volymen 2000 m³. I cisternerna förvaras N-paraffin. Med hänsyn till att inga brandfarliga vätskor klass 1 hanteras på depån bedöms inte brand i cisterner på denna depå vara dimensionerande. Cisternerna tas dock med vid frekvensberäkning för att beakta framtida förändringar i lagrade ämnen.

6.2.2 Statoil

På statoil lagras stora mängder bensin, diesel, eldningsolja, motorbrännolja, rapsbränsle, etanol 95%, dyeguard green och keropur. Av dessa utgör bensin och etanol brandfarlig vätska klass 1. Övriga vätskor tillhör brandklass 3.

På denna depå finns Tjärhovets största cistern (nr 112). Cisternen har volymen 14 000 m³. I cisternen förvaras bensin.

Med hänsyn till den stora mängden brandfarliga vätskor klass 1 som hanteras på depån utgör en brand där ett dimensionerande riskscenario som analyseras vidare.

6.2.3 Stena Reci

På depån förvaras WRD (eldningsolja), sludge, spillolja och natriumformiatlösning. Tre cisterner (131, 132 och 133) är godkända för lagring av brandfarlig vätska klass 1. Cisterner 131 (1972 m³) och 132 (1118 m³) är blandningscisterner som inte används i nuläget. Cistern 133 (4236 m³) används inte i nuläget men kommer att hyras ut till FH Tank Storage för lagring av E85.

Eftersom det är tre cisterner för brandfarlig vätska klass 1 som är placerade i närheten av varandra beaktas detta scenario som ett dimensionerande. Detta trots att samtliga cisterner inte används i nuläget. I framtiden är det dock fullt möjligt att även cistern 131 och 132 kommer att användas i större omfattning.

6.2.4 Bo Alvarsson

På denna depå hanteras endast rapsolja, kalilut och glykol. Det är således inga vätskor som klassas som brandfarliga. Inga cisterner godkända för brandfarlig vätska klass 1 finns på depån. Därmed bedöms inget dimensionerande scenario vara aktuellt för denna depå.

6.2.5 FH Tank Storage

På FH Tank Storage finns ett stort antal cisterner för brandfarlig vätska klass 1. De största cisternerna är cistern 150 (2126 m³) och 151 (1104 m³). Många olika brandfarliga vätskor hanteras, såsom aceton, industribensin, isopropylalkohol, alkylatbensin och etanol.

Det förvaras även ammoniaklösning med koncentrationen 24,9 % i en av cisternerna.

Verksamheten på FH Tank Storage medför risk för brand eller utsläpp av ammoniaklösning som kan påverka personer utanför anläggningen. Därmed tas detta med i den fortsatta mer detaljerade analysen.

6.2.6 Kalmar lantmän

Kalmar lantmän hanterar stora mängder ammoniumnitrat och ammoniumnitrathaltigt gödningsmedel. Tillstånd finns att samtidigt lagra 2500 ton ammoniumnitrat.

På foderfabriken (befintlig foderfabrik och planerad ny foderfabrik) hanteras spannmål vilket föranleder risk för dammexplosioner. Någon utredning angående risk för dammexplosion på anläggningen har ej utförts inom ramen för denna riskanalys. Det förutsätts dock att verksamhetsutövare hanterar dammexplosionsrisk enligt gällande regelverk. Dammexplosioner är främst ett arbetsmiljö- och egendomsproblem eftersom konsekvenser av en explosion begränsar sig till den egna anläggningen. Skyddsavstånd mellan ny foderfabrik och gasoltank blir cirka 30 meter. Skyddsavstånd mellan cistern för brandfarlig vätska och foderfabrik är cirka 70 meter.

En dammexplosion bedöms inte kunna medföra allvarlig skada för personer på Kvarnholmen. Händelsen beaktas därför inte mer i denna analys.

Det är av viktigt att gasolcistern inte utsätts för värmepåverkan i form av strålning från brand i dess närhet. Detta undviks genom att den är placerad med erforderligt skyddsavstånd till närliggande byggnader och cisterner med brandfarlig vätska.

6.2.7 Dimensionerande scenarier

Vid en genomgång av verksamheterna på Tjärhovet har följande händelser identifierats som dimensionerande och som kan ge effekter på personer på Ölandskajen/Barlastholmen:

1. Cisternbrand
2. Utläckage av ammoniaklösning
3. Brand som påverkar gödningsmedel
4. Explosion av ammoniumnitrat

En cisternbrand kan spridas till närliggande cisterner, vilket kan ge en mycket omfattande brand med flera cisterner inblandade. Eftersom lokal räddningstjänst inte har resurser att släcka en sådan brand, utan måste invänta hjälp från SMC (Släckmedelscentralen) kommer branden att bli långvarig. Därmed kommer brandgaser att spridas till omgivningen under en lång tid.

Ett utläckage av ammoniaklösning innebär att ammoniakgas kommer att avångas och spridas med vinden.

6.2.8 Cisternbrand

Brand i cistern kan exempelvis orsakas av överfyllning, åsknedslag eller anlagd brand.

Ett flertal åtgärder vidtas på respektive depå för att förhindra att brand eller utläckage av vätska skall kunna ske. Exempel på åtgärder är:

- Manuell kontroll av vätskenivå i cistern
- Nivåmätare i cistern
- Nivåalarm på cistern

- Övervakning av ledning vid fartygslossning
- Ex-klassad elutrustning i riskområden
- Instruktioner för riskfyllda arbetsmoment
- Utbildning av personal
- Övning med räddningstjänst och släckmedelscentralen

Nedan redovisas beräkning av frekvens och konsekvenser av cisternbrand.

Frekvens (brand i en cistern)

Enligt OGP (2010) är frekvensen för cisternbrand 0,00015 per cistern och år. En sammanställning av antalet cisterner redovisas nedan. Antal cisterner med volym över 2000 m³ redovisas eftersom dessa innebär en mer komplicerad släckinsats än mindre cisterner.

Vätskeklass	Antal cisterner
Nynas	
Cisterner med klass 1-vätska	2 (2 st >2000 m ³)
Cisterner med klass 2 och 3	0
Cisterner med oklassad vätska	14 (10 st >2000 m ³)
Statoil	
Cisterner med klass 1-vätska	5 (3 st >2000 m ³)
Cisterner med klass 2 och 3	9 (5 st >2000 m ³)
Cisterner med oklassad vätska	0
Stena Reci	
Cisterner med klass 1-vätska	3 (1 st >2000 m ³)
Cisterner med klass 2 och 3	7 (3 st >2000 m ³)
Cisterner med oklassad vätska	0
FH Tank Storage	
Cisterner med klass 1-vätska	12 (1 st >2000 m ³)
Cisterner med klass 2 och 3	8 (1 st >2000 m ³)
Cisterner med oklassad vätska	0

Det är totalt 46 cisterner, vilket ger en brandfrekvens på 0,0069 cisternbränder per år.

Släckning av cistern

De flesta cisternbränder kan släckas av Kalmar brandkår, i vissa fall tillsammans med räddningstjänster i omkringliggande kommuner. För större cisterner har dock inte räddningstjänsten tillräckliga resurser att utföra släckning. I de fallen skall de endast kyla intilliggande cisterner för att hindra brandspridning. Om det misslyckas, eller inte hinner påbörjas tillräckligt snabbt, föreligger risk för brandspridning till intilliggande cisterner.

Av cisternerna är det 16 som har en volym överstigande 2000 m³.

Mindre cisterner antas inte kunna leda till brandspridning, på grund av att det är lättare för räddningstjänst att kontrollera branden. För cisterner större än 2000 m³ antas sannolikhet att spridning inte kan förhindras vara 0,1.

Vindriktning

För att personer på Barlastholmen/Ölandskajen skall kunna påverkas av brandgaser krävs att vindriktningen är östlig, sydlig eller sydöstlig. Denna vindriktning förekommer cirka 30 % av tiden under ett år Sanglén (2005).

Vindhastighet

Vid låg vindhastighet kommer brandgaserna snabbt att stiga rakt uppåt eftersom de är varmare än omgivningen. Vindhastigheten måste vara tillräckligt hög för att brandgaser skall kunna spridas in mot Barlastholmen/Ölandskajen.

Medelvindhastighet är mellan 3 och 5 m/s. Brandgasspridningssimuleringar har utförts för tre olika vindhastigheter; 3, 5 respektive 10 m/s. Vindhastighet över 7 m/s råder cirka 11 % av tiden, Sanglén (2005). Spridningssimuleringar har resulterat i att en hög vindhastighet krävs för att brandgaser skall påverka personer på marknivå. Vindhastighet som krävs är minst 7 m/s.

Frekvens för brand som sprider brandgaser mot Kvarnholmen

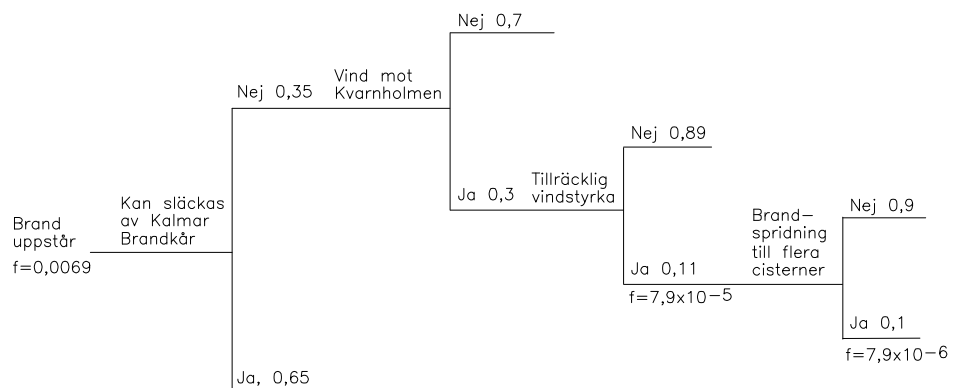
Ovanstående förutsättningar innebär att frekvens för stor cisternbrand i en cistern med påverkan på Kvarnholmen blir 8×10^{-5} . Se händelsetråd i figur 6.2 nedan.

6.2.9 Frekvens (brand i flera cisterner samtidigt)

Brandspridning mellan cisterner medför en ökad konsekvens för omgivningen. Detta beror på en högre effektutveckling och en mer komplicerad släckinsats.

Områden där större cisterner för brandfarlig vätska klass 1 ligger nära varandra, vilket innebär att det föreligger risk för brandspridning mellan cisterner, finns på Stena reci, Statoil och FH Tank Storage. Dimensionerande total yta på cisterner som kan brinna i det fallet är cirka 1000 m². Denna yta motsvarar även brandytan vid en cisternbrand i den största cisternen på Tjärhovet (Statoils cistern 112). Denna cistern är dock placerad långt ifrån omgivande cisterner, vilket innebär att sannolikhet för brandspridning till eller från denna cistern bedöms som mycket liten.

Frekvens för en cisternbrand som berör flera cisterner blir 8×10^{-6} enligt beräkningar och händelsetråd i figur 6.2.



Figur 6.2 Händelsetråd som leder fram till frekvens för cisternbrand

6.2.10 Koncentration av brandgaser vid Ölandskajen/Barlastholmen

Simuleringar av brandgasspridning har utförts med två olika beräkningsprogram, ALOFT och FDS 5. Beräkningar utförs för tre olika brandareor: 300, 500 respektive 1000 m² och tre olika vindhastigheter 3, 5 respektive 10 m/s. Nedan presenteras resultaten av beräkningarna.

Simuleringar i beräkningsprogrammet ALOFT resulterar i att koncentration av partiklar i marknivå understiger 100 microgram = 0,1 milligram per m³ i samtliga scenarier. Värdet ligger med god marginal under 5 mg/m³ som arbetsmiljöverket anger som gränsvärde för respirabelt damm.

De två scenarier som ger störst mängd brandgaser i marknivå är en brand med arean 500 m² vid vindhastighet 10 m/s samt brandarea 300 m² vid vindhastighet 10 m/s. I övriga scenarier förekommer inga brandgaser i marknivå på Barlastholmen/Ölandskajen. Resultatet redovisas i tabell 6.1.

Brandarea m ²	Vindhastighet (m/s)		
	10	5	3
1000	0	0	0
500	0,02-0,05 mg/m ³	0	0
300	0,05-0,1 mg/m ³	0	0

Tabell 6.1 Koncentration av PM10 partiklar vid Ölandskajen/Barlastholmen (mg/m³) enligt simulering med ALOFT.

Koncentration av VOC i marknivå är som mest 10 microgram/m³ = 0,01 mg/m³. för 500, respektive 300 m², 10 m/s. Detta värde är långt under gränsvärdet 1,5 mg/m³.

Koncentration av PM 10 högre upp

I tabell 6.2 nedan redovisas koncentrationsnivåer av PM10-partiklar högre upp i luften.

Brandarea m ²	Vindhastighet (m/s)		
	10	5	3
1000	100	< 5 mg/m ³	< 5 mg/m ³
500	100 mg/m ³	< 5 mg/m ³	< 5 mg/m ³
300	100 mg/m ³	10 mg/m ³	0

Tabell 6.2 Koncentration av PM10 partiklar högre upp i luften.

Koncentration av partiklar överstiger arbetsmiljögränsvärdet (5 mg/m³) i fyra av de nio undersökta fallen.

Koncentration av VOC högre upp i luften

Brandarea m ²	Vindhastighet (m/s)		
	10	5	3
1000	8 mg/m ³	0 mg/m ³	0 mg/m ³
500	7mg/m ³	0 mg/m ³	0 mg/m ³
300	6mg/m ³	1 mg/m ³	0

Tabell 6.3 Koncentration av VOC högre upp i luften.

Koncentration av VOC överstiger inte arbetsmiljöverkets korttidsgränsvärde¹ för bensen (9 mg/m³)

Beroende på väderförhållanden kan brandgaser sjunka ner närmare marknivå än vad som är antaget i beräkningsmodellen. Därmed blir koncentrationen av farliga ämnen högre. Uppstår höga koncentrationer i marknivå är det viktigt att personer håller sig inomhus och stänger fönster/ventilation. Simuleringarna visar att koncentration av partiklar är högre än arbetsmiljöverkets riktlinjer för vissa scenarier. Dessa riktlinjer bygger dock på återkommande exponering under lång tid. Studien av koncentration av VOC tyder på att livshotande koncentrationer av giftiga ämnen inte förekommer. Det är dock viktigt att personer håller sig inomhus eller evakuerar delar av staden om en stor brand inträffar för att undvika att ett stort antal personer drabbas av lungskador på grund av brandrök i samband med en stor brand.

Beräkningar i FDS 5

Simuleringar i beräkningsprogrammet FDS 5 resulterar i att koncentration av partiklar i marknivå understiger 5 mg/m³ i samtliga scenarier förutom 500 m², 10 m/s där koncentrationen är 10 mg/m³. I övriga scenarier är koncentrationen cirka 1 mg/m³. Det är således endast i ett scenario som arbetsmiljögränsvärdet 5 mg/m³ överskrids. Detta redovisas i tabell 6.4.

Brandarea m ²	Vindhastighet m/s		
	10	5	3
1000	1 mg/m ³	1 mg/m ³	0
500	10 mg/m ³	1 mg/m ³	0,7 mg/m ³
300	1,4 mg/m ³	0	0

Tabell 6.4 Koncentration av PM10 partiklar (mg/m³)

Brandspridning mellan depåerna

Samtliga depåer avskiljs från varandra med en väg som ger ett skyddsavstånd mellan cisterner på olika depåer på minst 30 meter. Detta skyddsavstånd ger ett erforderligt skydd mot brandspridning mellan depåerna vilket reducerar risk för så kallade dominoeffekter där en olyckshändelse sprids vidare i stor omfattning.

6.2.11 Utläcke av ammoniaklösning

För planerad lagring av ammoniaklösning på FH Tank Storage kommer en cistern med volymen 250 m³ att användas. I samband med tillståndsansökan för denna lagring utfördes en riskanalys av Hulteberg Chemistry & Engineering. Analysen resulterade i att det värsta scenariet var ett cisternhaveri som innebar att all vätska i cisternen läckte ut i invallningen. Detta scenario innebar att arbetsmiljöverkets takgränsvärde för ammoniak (50 ppm) uppnåddes 303 meter från utsläppskällan vid temperaturen 15 °C. Direkt livsfarliga koncentrationer (2000 ppm) uppstod 44 meter från utsläppskällan. Sannolikheten för totalt cisternhaveri som ger nämnda konsekvenser bedöms mycket låg.

Med bakgrund av ovan redovisad information från upprättad riskanalys kommer personer på Ölandskajen/Barlastholmen inte att påverkas av dödliga koncentrationer av ammoniak vid ett utsläpp av ammoniaklösning på FH Tank Storage.

¹ Korttidsvärde är ett rekommenderat högsta värde för exponering beräknat som ett tidsvägt medelvärde under 15 minuter. Värdet används som riktvärde för exponering för arbetare.

6.2.12 Brand där gödningsmedel är inblandat

Gödningsmedel med ammoniumnitrat skall förvaras med erforderligt skyddsavstånd till brännbart material respektive intilliggande byggnader eller annan åtgärd. I lokal där ammoniumnitrat (N34) förvaras får inget annat brännbart material förekomma samtidigt.

Skyddsavstånd mellan lokal för hantering av ammoniumnitrat och närmsta cistern för brandfarlig vara är cirka 50 meter. Detta avstånd bedöms vara tillräckligt för att en cisternbrand inte skall påverka ammoniumnitraten.

Med hänsyn till aktuella förutsättningar samt att ammoniumnitrat och gödningsmedel skall förvaras så att risk är låg att det påverkas av värme från en brand i närliggande material bedöms sannolikhet för brand som påverkar gödningsmedel som mycket låg. Om en brand inträffar som medför värmepåverkan på gödningsmedlet kan brandgaser tillsammans med giftiga nitrösa gaser spridas in över Kvarnholmen. Detta är ett scenario som kräver en omfattande räddningsinsats och eventuellt evakuering av delar av staden. En brand kan pågå under en längre tid och det är viktigt att det finns beredskap för att kunna hantera en sådan situation.

Statistiskt underlag avseende brand där gödningsmedel är inblandat saknas, varför detta scenario inte utreds kvantitativt (med beräkning av frekvens och konsekvens). Viktigt är att hantera och förvara ämnena på ett korrekt och säkert sätt. Problematiken med närheten till Kvarnholmen föreligger redan i nuläget och etablering av ett universitet i Ölandskajen/Barlastholmen har en begränsad påverkan på total risknivå eftersom en stor brand på Tjärhovet kommer att medföra konsekvenser för hela Kvarnholmen. Det är dock viktigt att beakta att sannolikhet för detta scenario är mycket låg samt att en större brand utvecklas över en längre tid vilket innebär att möjligheter finns till säkerhetsåtgärder (utrymning/uppmaning till allmänhet att stanna inomhus). En brand av denna typ medför främst en samhällspåverkan i form av en omfattande räddningstjänstinsats samt att flera personer kan vara i behov av vård.

6.2.13 Explosion med ammoniumnitrat

Konsekvens vid explosion av ammoniumnitrat beräknas enligt Forsén (1999). Avstånd mellan förvaringsplats för ammoniumnitrat och universitet är cirka 350 meter. Dimensionerande mängd som exploderar samtidigt är en stapel (300 ton).

Beräkningar och antaganden beskrivs i Bilaga 8. Enligt beräkningar resulterar explosion i ett tryck på 34 kPa på ett avstånd av 350 meter. Detta tryck understiger gränsvärdet då betongbyggnader kan förutsättas raseras (40 kPa). Därmed kan förutsättas att byggnaderna inte rasar vid en explosion på Tjärhovet. Trycket kan dock innebära att fönsterrutor går sönder vilket kan medföra skador på personer som befinner sig i byggnaderna. Personer som utsätts för aktuellt tryck utomhus kan erhålla skador på trumhinnor (gränsvärde 35 kPa).

Frekvens för explosion med ammoniumnitrat är mycket låg. Anledning är att det krävs ett flertal delhändelser för att scenariot skall inträffa. Följande delar måste uppfyllas:

- Värmepåverkan som medför sönderdelning av ämnet i en inneslutning
- Blandning med organiskt material som medför ideala förutsättningar för explosion

Särskilda regler avseende lagring av ammoniumnitrat finns för att undvika ovan nämnda händelseförlopp. Explosion med ammoniumnitrat är således ett worst case scenario.

6.3 Farligt gods på järnväg

Järnväg ut till Tjärhovet används för transport en gång per dag. Aktuell järnväg är ett industrispår som tillhör Kalmar Hamn. Maximal hastighet för spåret är 10 km/h vilket medför en begränsad olycksrisk. Beräkningar och förutsättningar för järnvägens bidrag redovisas i Bilaga 7.

7 Resultat

I detta kapitel redovisas sammanställning av analysens resultat. Risknivå till följd av transport av farligt gods redovisas i form av samhälls- och individrisk. Risknivå till följd av verksamheter på Tjärhovet redovisas kvalitativt.

Resultatet är den risknivå som erhålls om byggnation sker som planerat utan att säkerhetshöjande åtgärder vidtas.

7.1 Farligt gods på Södra vägen och järnvägen

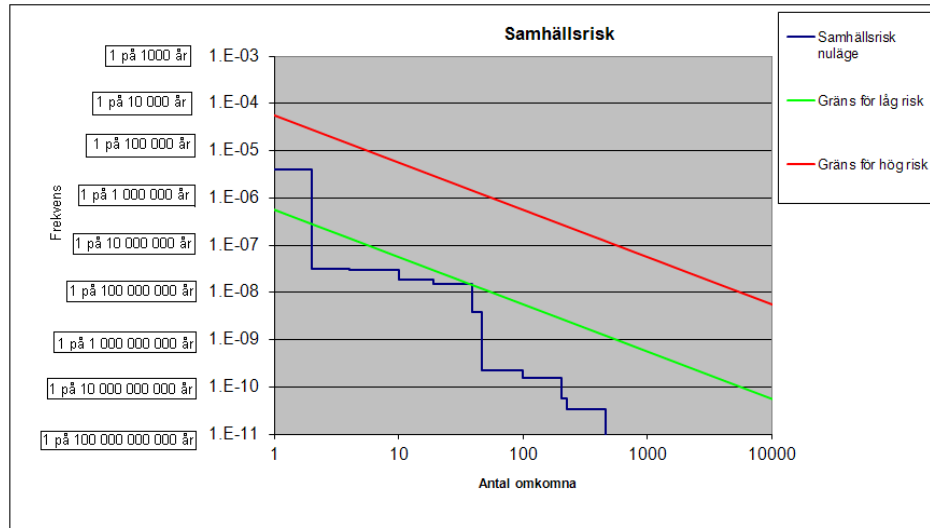
I detta avsnitt redovisas resultat av analys avseende transport av farligt gods. Risk presenteras i form av individ- och samhällsrisk (dessa riskmått definieras i kapitel 4.1 och 4.2). Vid studie av resultaten är det viktigt att vara medveten om följande konservativa antaganden som ligger till grund för beräkningarna:

- Ingen hänsyn tas till skadebegränsande åtgärder, såsom utrymning, räddningstjänstinsats, utspädning av gaskoncentrationer till följd av träd eller liknande
- Personer som utsätts för LC₅₀-värde vid utsläpp av giftig gas antas omkomma. På motsvarande sätt antas att samtliga personer som utsätts för värmestrålningsnivå som innebär att 50 % omkommer kommer att omkomma.
- En vindhastighet på 2 m/s som ger konservativa resultat väljs
- Mängd transporter av farligt gods har valts konservativt för att möjliggöra framtida flexibilitet. De mängder som ligger till grund för beräkningarna är maxmängder som teoretiskt kan vara aktuella i framtiden om samtliga verksamheter utnyttjar sitt tillstånd fullt ut.
- Personer antas finnas precis intill vägen. Antaget personantal är valt under förutsättning att samtliga planerade byggnationer utförs.

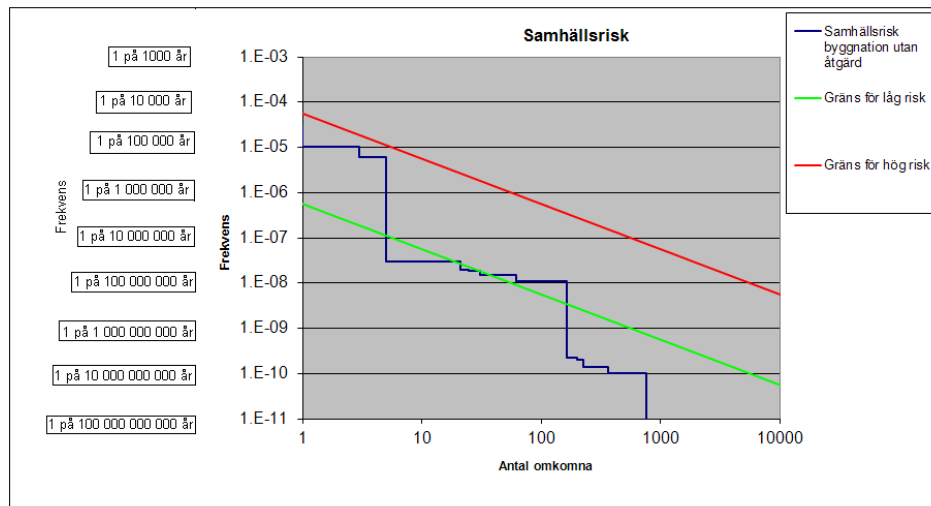
7.2 Samhällsrisk

Vid kriterium för samhällsrisk med definitioner enligt DNV:s rekommendationer uppstår problem eftersom risken ökar ju längre sträcka som analyseras. Det finns svårigheter i att definiera hur stort transportarbete som skall motsvara en fast riskkälla, exempelvis en industri. I enlighet med SRV 1997, Värdering av risk, föreslås att riskkriteriet skall nyttjas för en sträcka av 1 km. Analyserad sträcka är 750 meter, vilket innebär att 75 % av risknivån skall tolereras med nämnd definition. Det är denna nivå som kommande resultatkurvor kommer att redovisa.

I figur 7.1 och 7.2 redovisas riskanalysens resultat beträffande samhällsrisk.



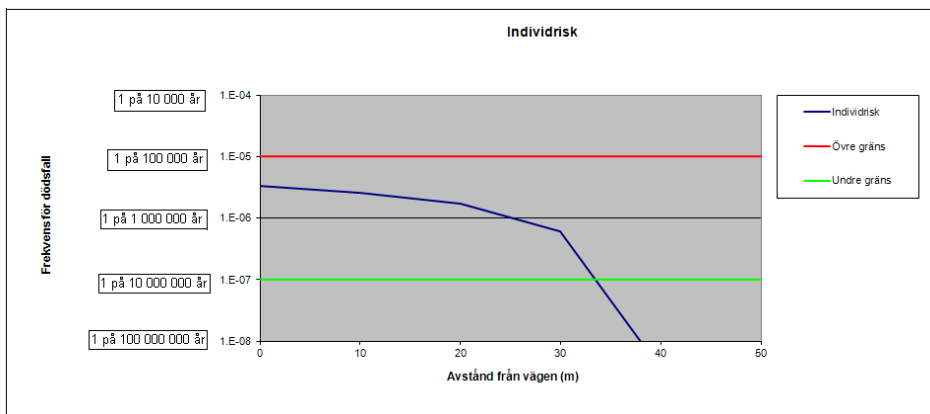
Figur 7.1. Figuren visar samhällsrisken i området nu, d.v.s. om inga byggnationer eller säkerhetshöjande åtgärder vidtas.



Figur 7.2. Figuren visar samhällsrisken i området om planerade byggnationer utförs utan att säkerhetshöjande åtgärder vidtas.

7.3 Individrisk

I figur 7.2 redovisas individrisk för aktuellt område. Närmast vägen ligger individrisknivån inom ALARP-området, men den sjunker snabbt på längre avstånd från vägkanten. På avstånd längre än 33 meter från vägkanten är individrisknivån under det undre gränsvärdet. Anledning är den risk som transport av brandfarlig vätska medför, eftersom brandfarlig vätska står för störst andel farligt gods på aktuell vägsträcka.



Figur 7.3. Figuren visar individrisk i nuläget på olika avstånd från vägen.

7.4 Verksamheter på Tjärhovet

Riskanalys har resulterat i att brandgaser kan spridas mot Barlastholmen/Ölandskajen vid ogynnsamma väderförhållanden. Koncentration av sotpartiklar och giftiga partiklar i brandgaserna i marknivå är låg. Högre upp i luften är koncentraton av partiklar och giftiga ämnen högre. Dessa kan, beroende på väderförhållanden, röra sig neråt och påverka personer i marknivå. Om gödningsmedel blir inblandat i en brand kan giftiga nitrösa gaser medföra ökad påverkan på utsatta personer.

Vid gynnsamma förhållanden för brandgasspridning kan cisternbrand medföra att koncentrationer som överstiger arbetsmiljöverkets riktlinjer för den luft som arbetstagare får utsättas för uppstå. Detta värde har valts som referensvärde i och med att personer som befinner sig utomhus kan komma att påverkas av denna koncentration under en lång tid. Gränsvärdet är dock valt mycket konservativt eftersom dödsfall till följd av koncentrationen inte är att förvänta, samt att personer kommer att söka sig i säkerhet inomhus eller förflytta sig bort från området och därmed blir tiden personer utsätts för brandgaserna begränsad. Särskilt känsliga personer kan dock påverkas i större utsträckning.

Frekvens för denna typ av olycka är beräknad till mellan 8×10^{-5} till 8×10^{-6} bränder per år. Enligt riktlinjer som skall användas vid beslutsfattande angående etablering intill riskobjekt i Kalmar kommun kan bedömning göras att händelser som kan orsaka fler än ett dödsfall inte får ske med en frekvens överstigande 1×10^{-4} . Område med acceptabel risk under vissa förutsättningar sträcker sig mellan 1×10^{-6} och 1×10^{-4} för fler än 1 omkommen person enligt samhällsriskkurvan. Individrisken skall ej överstiga 1×10^{-5} . Riktlinjerna angående acceptabel risk anger inga rekommendationer avseende olika grad av skada för personer som inte omkommer. Därav uppstår problem med gällande riktlinjer vid bedömning av om risken skall anses vara acceptabel eller ej. Resultatet innebär dock följande:

1. Det är mycket liten sannolikhet för en stor cisternbrand på Tjärhovet som skall påverka personer på Barlastholmen/Ölandskajen med giftiga gaser. Det ställs höga krav på verksamheter som hanterar stora mängder brandfarliga vätskor i cisterner. Endast en större cisternbrand har inträffat i Sverige under den tid som olja och bensin använts i vårt samhälle. Den branden inträffade i Nynäshamn 1956.
2. Om en cisternbrand inträffar är det troligast att brandgaserna sprids upp i luften på grund av den termiska stigkraften som finns i gaserna. Det krävs en relativt hög vindstyrka för att gaserna skall spridas med vinden i marknivå istället för huvudsakligen uppåt.

3. Om en brand inträffar som medför att stora mängder brandgaser sprids in mot Kvarnholmen/Barlastholmen kan personer komma till skada. Det finns dock goda möjligheter för personer att sätta sig i säkerhet inomhus. Brandgaser syns och känns tydligt och människor som utsätts för höga koncentrationer kommer att söka sig bort från området eller in i byggnad. Koncentrationen av ämnen och partiklar i brandgaserna är betydligt lägre inomhus än utomhus.

Eftersom scenarierna med cisternbrand på Tjärhovet inte ger konsekvenser i form av dödsfall på Barlastholmen/Ölandskajen ger dessa scenarier inget bidrag till samhälls- och individrisken enligt använd definition. Dess riskbidrag måste dock beaktas på grund av att det kan medföra påverkan på ett stort område.

Brand med gödningsmedel inblandat kan medföra att nitroösa gaser sprids in mot aktuellt område och andra delar av staden. Sannolikhet för denna händelse är dock mycket låg. Möjliga riskscenarier som är redovisade skall beaktas i samband med beslut angående nybyggnation och utförande av åtgärder.

Explosion med ammoniumnitrat kan ge påverkan i form av krossade fönsterrutor inom aktuellt område. Detta kan medföra skador på personer inomhus. Med hänsyn till att endast mindre skador i området kan förväntas, samt att metoder för beräkning av frekvens av denna händelsetyp saknas, är detta ej med i redovisad samhällsrisk/individrisk. Frekvens för dessa explosioner kan dock förutsättas vara mycket låg eftersom det är många delhändelser som måste sammanfalla för att orsaka en explosion.

8 Åtgärdsförslag

I detta kapitel redovisas åtgärdsförslag för att reducera risknivån i samband med planerade byggnationer.

Utöver åtgärder enligt nedan är det även lämpligt att huvudentréer till byggnationer i stor utsträckning placeras i riktning från Södra vägen/Tjärhovsgatan respektive Tjärhovet.

Innan slutgiltigt beslut avseende erforderliga åtgärder bör en kostnads/nyttoanalys utföras.

8.1 Farligt gods på Södra vägen

Samhällsrisk är inom ALARP-området i nuläget utan byggnation. Vid byggnation utan att vidta åtgärder ökar risknivån. Individrisk ligger inom ALARP-området inom 33 meter från väg. Därav redovisas åtgärdsförslag som skall vidtas för att möjliggöra planerade nybyggnationer och samtidigt uppnå en acceptabel risknivå enligt "Riskhanteringsmodell för nybyggnationer och etableringar i Kalmar kommun", Kalmar Brandkår. Förslag på åtgärder rekommenderas enligt nedan för att underlätta för slutgiltig beslutsfattare.

Åtgärderna är inriktade på att reducera risk för olycka vid transport av brandfarlig vätska eftersom dessa transporter utgör dimensionerande riskscenario.

De verksamheter som är planerade i området skiljer sig beträffande personantal, lokalkännedom och vakenhet varför åtgärderna som presenteras för respektive verksamhet är olika.

Åtgärd i form av hastighetssänkning till 30 km/h är en förutsättning i samtliga fall beskrivna enligt nedan.

8.1.1 Utformning av väg och dess närområde

Det bör förtydligas att det är svårt att begränsa risknivån för personer som befinner sig utomhus i vägens närhet. Denna problematik föreligger redan i nuläget. För att reducera risknivån för dessa utförs område närmast vägen så att det inte inbjuder till stadigvarande vistelse utomhus. Exempel på utförande är att placera planteringar, träd, buskar etc. närmast vägen och placera parkbänkar och dylikt som medför mer stadigvarande vistelse längre från vägen. Detta rekommenderas eftersom nybyggnationer inom området samt en eventuell ny broförbindelse med stadsparken medför att ett större antal personer kan förväntas vistas och röra sig inom området. En väl genomtänkt utformning av området närmast vägen kan även bidra till en sänkt hastighet, vilket medför en reducerad risknivå för trafikanter och personer i omgivningen. Hastigheten på vägen sänks till 30 km/h i aktuellt område.

8.1.2 Universitet, resecentrum, restauranger

Vid byggnation av universitet, resecentrum och restauranger med ett avstånd av minst 30 meter från väg, d.v.s. enligt gällande förslag, utförs åtgärder i form av utformning av väg och dess närområde enligt ovan för att styra personer till lämpliga områden på ett naturligt sätt. Särskild omsorg bör läggas på

trafikplanering av vägövergångar och liknande. Utöver detta skall fönster utföras laminerade för att begränsa splittrisk i samband med en eventuell explosion.

8.1.3 Hotell

Vid byggnation av hotell minst 30 meter från väg utförs åtgärder enligt 8.1.1. samt skall fönster utföras laminerade för att begränsa splittrisk i samband med en eventuell explosion.

Vid byggnation av hotell mellan 15-30 meter från väg skall, utöver åtgärder enligt ovan, även följande åtgärder vidtas:

- Fasad/takfot/tak etc får inte utföras med brännbart material. Fasad inom 30 meter från väg utförs i brandteknisk klass EI 60. Eventuella fönster inom angivet område skall utföras i brandteknisk klass EI 60 och får ej vara lätt öppningsbara (fönstren får endast vara öppningsbara med nyckel/verktyg). Lägre klass på fönster kan eventuellt godtas efter särskild utredning. En särskild utredning kan även resultera i olika brandteknisk klass på olika våningsplan. Beroende på utformning av hotell kan sprinkler krävas för erforderlig personsäkerhet. Luftning i takfot får ej förekomma.
- Riktning varifrån tilluft tas får ej vara mot Tjärhovsgatan/Södra vägen
- Manuell avstängning av ventilationssystemet skall vara möjlig, alternativt skall ventilationssystemet utföras så att återcirkulation/friskluftsflöde kan regleras på ett enkelt sätt.
- Placering av utrymningsvägar i riktning från vägen. Återinrymning skall vara möjligt för eventuella utrymningsvägar i riktning mot vägen. I den mån utrymning mot vägen erfordras skall aktuella risker beaktas.

Om hotell skall byggas inom 15 meter från väg skall, utöver ovanstående, även följande åtgärder vidtas:

- Avkörningsskydd skall uppföras för att tjäna två syften. Dels för att förhindra att tunga fordon kör av vägen och orsakar skador på personer och byggnader, dels att förhindra ett utsläpp av brandfarlig vätska sker långt från väggkant. Genom uppförandet av avkörningsskydd uppnås största möjliga avstånd mellan eventuellt läckage och fastighet. Avkörningsskydd skall vara dimensionerat att motstå kollision av tunga fordon. Vid projektering av avkörningsskydd bör nedanstående faktorer beaktas.
 - Skyddet hindrar fordonet från att köra av vägen
 - Skyddet minskar risk att fordonet välter
 - Skyddet minskar risk att håll uppstår i tank

Lämplig utformning av avkörningsskydd skall utredas i senare skede av sakkunnig inom trafikplanering.

Alternativa åtgärder

Alternativ till brandklassad fasad kan vara ett skyddsavstånd i kombination med åtgärd på/intill väg som begränsar värmestrålningspåverkan mot fasad vid pölbrand, så att brandspridning ej sker till hotell samt att utrymning kan ske på ett säkert sätt. Utförande skall godkännas av Samhällsbyggnadskontoret i Kalmar och Kalmar Brandkår.

8.2 Farligt gods på järnväg

Om begränsat nyttjande av järnvägen för farligt gods skall beaktas (lika nuläget) krävs inga särskilda åtgärder på grund av närhet mellan byggnad och järnväg.

Detta med hänsyn till mycket låg sannolikhet för olycka. Viktig förutsättning är den låga hastigheten (10 km/h).

Om utökat nyttjande av järnvägen skall beaktas kan åtgärder erfordras. Detta kan exempelvis vara fallet om det bedöms rimligt att stora delar av det gods som transporteras på vägen, eller annat farligt gods, kommer att transporteras på järnvägen i framtiden. Vid beslut angående vilka eventuella framtida förändringar som skall hanteras i samband med aktuell detaljplan bör följande faktorer beaktas:

- Järnvägsspåret är ett industrispår med mycket låg hastighet (max 10 km/h). Den låga hastigheten medför att sannolikhet för olycka är mycket låg, även vid ett utökat nyttjande av järnvägen.
- Vid bedömning avseende framtida transportbehov är det problematiskt att utföra antaganden om vilken typ av gods som kan vara aktuellt.
- För att möjliggöra förändrat nyttjande av järnvägen kan investeringar i form av elektrifiering och åtgärder vid plankorsning vara nödvändiga.

Vid beslut avseende rimliga förändringar att beakta enligt ovan bör dialog föras mellan representanter från Kalmar kommun och Kalmar hamn.

Om betydande förändringar avseende järnvägstransport skall beaktas kan åtgärder avseende skyddsavstånd och brandklassad fasad erfordras. Dessa beskrivs nedan. Åtgärdsrekommendationerna kan justeras efter beslut angående vilka förändringar avseende järnväg som bör beaktas.

Om utökat nyttjande av järnväg för farligt godstransport skall beaktas skall ett skyddsavstånd på minst 15 meter hållas mellan järnvägsspår och byggnad.

Vid byggnation av hotell mellan 15-30 meter från järnväg skall följande åtgärder vidtas:

- Fasad/takfot/tak etc får inte utföras med brännbart material. Fasad inom 30 meter från järnväg utförs i brandteknisk klass EI 60. Eventuella fönster inom angivet område skall utföras i brandteknisk klass EI 60 och får ej vara lätt öppningsbara (endast öppningsbara med nyckel/verktyg). Lägre klass på fönster kan eventuellt godtas efter särskild utredning. En särskild utredning kan även resultera i olika brandteknisk klass på olika våningsplan. Beroende på utformning av hotell kan sprinkler krävas för erforderlig personsäkerhet. Luftning i takfot får ej förekomma.
- Riktning varifrån tilluft tas får ej vara mot järnvägen
- Manuell avstängning av ventilationssystemet skall vara möjlig, alternativt skall ventilationssystemet utföras så att återcirkulation/friskluftsflöde kan regleras på ett enkelt sätt.
- Placering av utrymningsvägar i riktning från järnvägen. I den mån utrymning mot vägen erfordras skall aktuella risker beaktas. Återinrymning skall vara möjligt för eventuella utrymningsvägar i riktning mot vägen.

8.3 Verksamheter på Tjärhovet

Utifrån analysens resultat föreslås ett antal åtgärder vid byggnation. Personer som befinner sig inomhus påverkas i begränsad omfattning av brandgaser från en brand på Tjärhovet. Personer utomhus påverkas av nivåer som inte förväntas leda till dödsfall, men vid ogynnsamma väderförhållanden kommer känsliga personer som befinner sig utomhus att kunna skadas vid inandning av brandrök. Riskreducerande åtgärder enligt nedan föreslås.

Beredskap

Räddningstjänst är medveten om riskerna med brand på Tjärhovet och övningar sker regelbundet med Släckmedelscentralen. Plan för räddningsinsats finns. Det är viktigt att handlingsplaner finns för hantering av brand och olycka där farliga ämnen på Tjärhovet är inblandade.

Information

På Kalmar kommuns hemsida finns information om hur allmänheten skall bete sig vid en brand på Tjärhovet. Signalen Viktigt meddelande till allmänheten informerar om att personer skall gå inomhus och stänga fönster och dörrar samt lyssna på radio för vidare information.

Avstängning av ventilationsintag

Vid detektering av brandrök stängs ventilationssystem av automatiskt, alternativt omkoppling till reducerat friskluftsintag.

Fönster

Fönster utförs laminerade för att begränsa splittrisk i samband med en explosion.

9 Risknivå om föreslagna åtgärder vidtas

I detta kapitel redovisas hur risksituationen förändras om föreslagna åtgärder vidtas.

Hastighetssänkning medför reducerad sannolikhet och konsekvens av olycka.

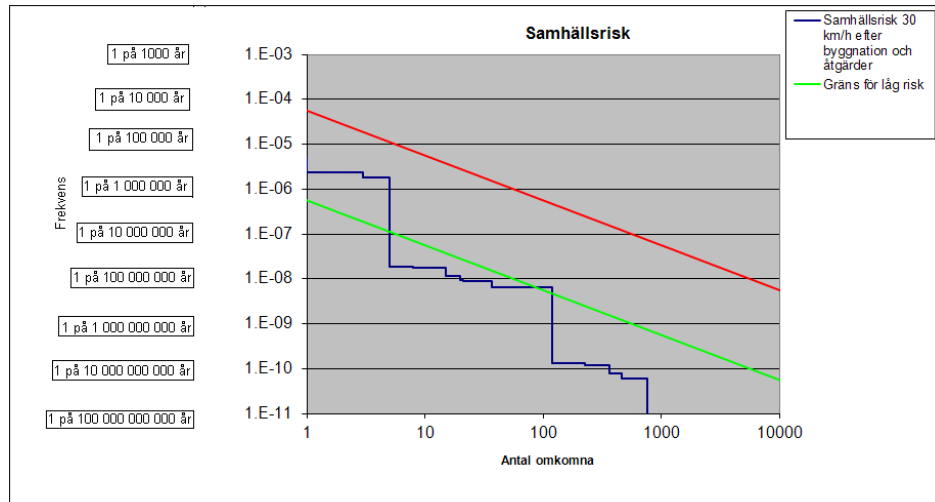
Avkörningsskydd minskar utsträckningen av området där personer erhåller dödliga skador, eftersom olyckan kan förutsättas inträffa på vägen (riskkällan kan ej förflyttas från vägen). Resultatet blir ett kortare riskavstånd vilket beaktas nedan. Bedömningar av åtgärdernas effekter är utförda så att risknivån inte skall underskattas.

Utförning med brunnar eller motsvarande för uppsamling av utläckt vätska minskar utsträckning av en pölbrand.

Laminerade fönsterrutor reducerar skador på grund av glassplitter vid explosion.

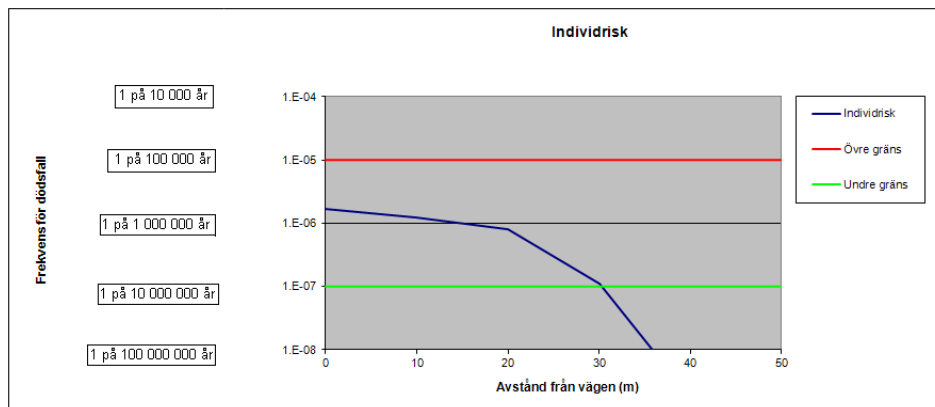
9.1 Rekommenderade åtgärder enligt avsnitt 8.1

Nedan redovisas risknivån efter utförande av rekommenderade åtgärder som beskrivs i avsnitt 8.1.



Figur 9.1. Figuren visar samhällsrisknivån om samtliga åtgärder vidtas.

Resultatet av åtgärderna blir att samhällsrisken minskar.



Figur 9.2. Figuren visar individrisknivån om samtliga åtgärder vidtas.

Individrisken minskar till följd av åtgärderna.

10 Osäkerheter

En riskanalys innehåller alltid osäkerheter. Hur stora osäkerheterna i analysen är beror på ett antal faktorer. Det finns bland annat osäkerheter i antalet farligtgodstransporter, vilket ämne som transporteras och vilket händelseförlopp ett utsläpp kan leda till.

I konsekvensberäkningarna skapas osäkerheter eftersom verkligheten förenklas för att passa en given simuleringsmodell. Det leder främst till att avstånd med olika koncentrationer ska ses som ungefärliga värden, inte exakta riskavstånd.

I en riskanalys är det viktigt att beakta hur osäkerheterna påverkar beslutsfattande med riskanalysen som en del av ett beslutsunderlag. I detta fall bör osäkerheterna som finns i analysen innebära att resultatet ska ses som ett ungefärligt värde. Säkerhetsmarginaler finns redan inbyggda i analysen genom att de antaganden som görs vid osäkerheter utförs konservativt (se kapitel 7).

Beräkningsresultatet för brandgasspridning skiljer sig mellan de två olika spridningssimuleringsprogrammen. Det är svårt att ange vilket av programmen som

stämmer bäst överens med verkligheten. Resultaten ger en indikation på de osäkerheter som finns i beräkningarna, vilket skall beaktas vid beslut med denna riskanalys som beslutsunderlag.

Vid beräkning av frekvens för cisternbrand finns osäkerheter. Anledning till detta är att denna typ av olyckor förekommer så sällan att relevant statistiskt underlag är svårt att tillgå. Det är således möjligt att det statistiska underlag som ligger till grund för den brandfrekvens per cistern och år som använts i denna analys inte är fullt ut representativt för förhållandena på Tjärhovet.

Utförda antaganden är behäftade med osäkerheter eftersom statistik för denna typ av händelser är bristfällig. Antaganden är dock nödvändiga att utföra för att kunna presentera risknivån på ett sätt som möjliggör en jämförelse med andra risker och de beslutskriterier som används i samhällsplanering. Osäkerheter kan förutsättas vara större med scenarier med ammoniumnitrat än med exempelvis brandfarlig vätska. Detta för att antaganden måste utföras för flera steg i händelsekedjan.

11 Slutsats

I detta kapitel redovisas analysens slutsatser. Först redovisas slutsats för respektive riskobjekt. Därefter ges en samlad bedömning. Innan slutgiltigt beslut avseende erforderliga åtgärder bör en kostnads/nyttoanalys utföras.

11.1 Farligt gods på Södra vägen

Riskanalysen har resulterat i att risknivån i området är i övre delen av ALARP-området. Åtgärdsförslag har därför utarbetats. Dessa skall slutgiltigt fastställas av beslutsfattare.

För att risknivån ska anses vara acceptabel krävs att kriterierna för acceptabel samhälls- och individrisk uppfylls.

Samhällsrisknivån ligger utan åtgärder i ALARP-områdets övre del. Åtgärder bör vidtas för att möjliggöra planerade byggnationer.

Individrisknivån är inom ALARP-området inom 33 meter från väggkant om inga åtgärder vidtas. Individrisknivån är låg på avstånd längre än 33 meter från väggkant.

Under förutsättning att redovisade åtgärder vidtas erhålls en samhällsrisknivå som inte överstiger gränsen för oacceptabelt hög risk. Risknivån ligger till begränsad del inom ALARP-området, men till största del under gränsen för låg risk. Vid en jämförelse med risknivå i nuläget blir risknivån, på grund av transport av farligt gods, lägre om byggnation i kombination med åtgärder utförs.

Anledning till att risknivån placeras inom ALARP-området är scenarierna med brandfarlig vätska. Med hänsyn till detta är det vid beslut angående byggnation och krav på åtgärder viktigt att beakta att personer inomhus på ett tillförlitligt sätt kan skyddas mot denna typ av händelser (skyddsavstånd/brandklassad fasad) samt att främst personer i vägens direkta närhet drabbas. Genom att lägga stor vikt på utformning av väg och dess närområde kan risknivån reduceras ytterligare.

Under förutsättning att redovisade åtgärder vidtas erhålls en individrisknivå inom ALARP-området till 30 meter från väggkant. På längre avstånd från väggkant är risknivån låg. Mellan 20 och 30 meter från väggkant är risknivån i ALARP-områdets nedre del.

11.2 Farligt gods på järnväg

Järnväg ger ett begränsat tillskott till risknivån i området. Detta på grund av den begränsade användningen av järnvägen för transport av farligt gods.

Om begränsat nyttjande av järnvägen för farligt gods skall beaktas (lika nuläget) krävs inga särskilda åtgärder på grund av närhet mellan byggnad och järnväg till följd av farligtgodstransport. Detta med hänsyn till mycket låg sannolikhet för olycka. Viktig förutsättning är den låga hastigheten (10 km/h).

Vid beslut angående vilka eventuella framtida förändringar som bör hanteras i samband med aktuell detaljplan bör följande faktorer beaktas:

- Järnvägsspåret är ett industrispår med mycket låg hastighet (max 10 km/h). Den låga hastigheten medför att sannolikhet för olycka är mycket låg, även vid ett utökat nyttjande av järnvägen.
- Vid bedömning avseende framtida transportbehov är det problematiskt att utföra antaganden om vilken typ av gods som kan vara aktuellt.
- För att möjliggöra förändrat nyttjande av järnvägen kan investeringar i form av elektrifiering och åtgärder vid plankorsning vara nödvändiga.

Vid beslut avseende rimliga förändringar att beakta enligt ovan bör dialog föras mellan kommun och hamn.

Åtgärdsrekommendationerna kan justeras efter beslut angående vilka förändringar avseende järnväg som bör beaktas.

11.3 Verksamheter på Tjärhovet

En stor cisternbrand kan i värsta fall pågå under lång tid vilket innebär att personerna kommer att påverkas av brandgaserna under lång tid. Räddningstjänst kommer att uppmana personer i området att hålla sig inomhus alternativt utrymma området. Lämpliga åtgärder bedöms utifrån information om vindstyrka, vindriktning, brandens omfattning och beräknad tid för släckning. Påverkan på personer som befinner sig inomhus kommer att vara mycket liten och den metod som bedöms vara mest effektiv för att förhindra att personer utsätts för röken är att de håller sig inomhus och stänger fönster och dörrar samt stänger av ventilationen.

Rimlighetsprincipen beaktas kontinuerligt för verksamheter som kan innebära fara för personer i dess omgivning i och med krav på skäliga åtgärder utifrån Lag (2003:778) om skydd mot olyckor. Detta gäller dels befintliga verksamheter och nya verksamheter. Enligt lagstiftningen ställs krav på att säkerhetshöjande åtgärder skall vidtas om de är kostnadsmässigt rimliga.

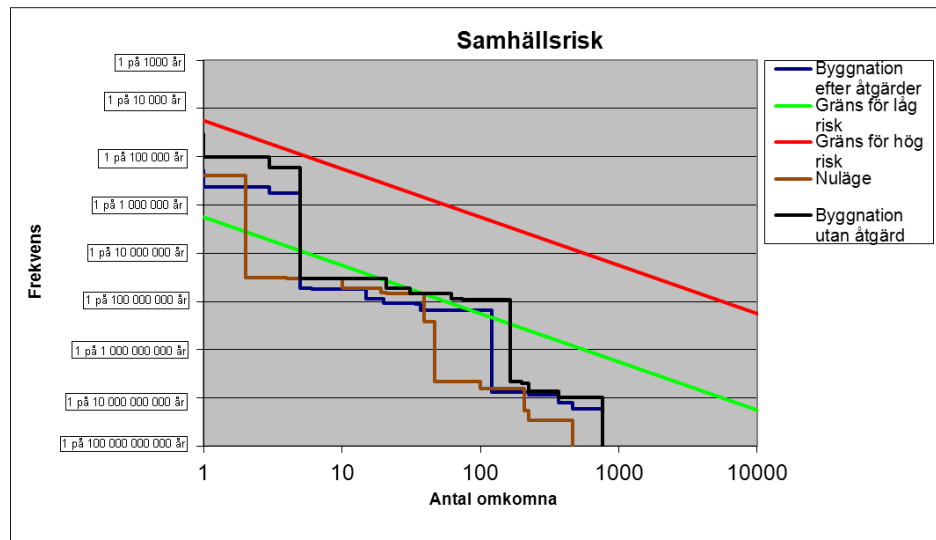
Proportionalitetsprincipen kan beaktas genom en bedömning av vilka fördelar verksamheterna skapar i förhållande till de risker som skapas. I detta fall utgörs fördelarna exempelvis av arbetstillfällena och att hamnen blir attraktiv och användbar. Vidare finns fördelar för Kalmar som stad att kunna exploatera och växa på attraktiva centralt placerade områden.

Det är ofrånkomligt att personerna som befinner sig på aktuellt område drabbas i högre grad av riskerna verksamheterna medför än personer i andra delar av staden. Detta utan att de har en direkt större nytta av verksamheten. Fördelningsprincipen kan dock anses beaktad i och med att de risker som avses inte är oproportionerligt stora.

Undvikande av katastrofer uppfylls genom erforderliga skyddsavstånd mellan depåer med cisterner på Tjärhovet. Sannolikhet för ett katastrofscenariot bedöms vara mycket låg.

Riskanalys har resulterat i att risknivån för personer på Ölandska-
jens/Barlastholmen är begränsad till följd av verksamheten på Tjärhovet. En omfattande brand på Tjärhovet kan medföra påverkan på stora delar av Kvarnholmen och övriga Kalmar. Etablering av universitet enligt föreslagen placering ger ett bidrag till stadens totala risknivå till följd av verksamheten på Tjärhovet. Med hänsyn till låg sannolikhet för dessa händelser är dock risknivån acceptabel enligt använda riskkriterier.

11.4 Sammanställning samhällsrisik



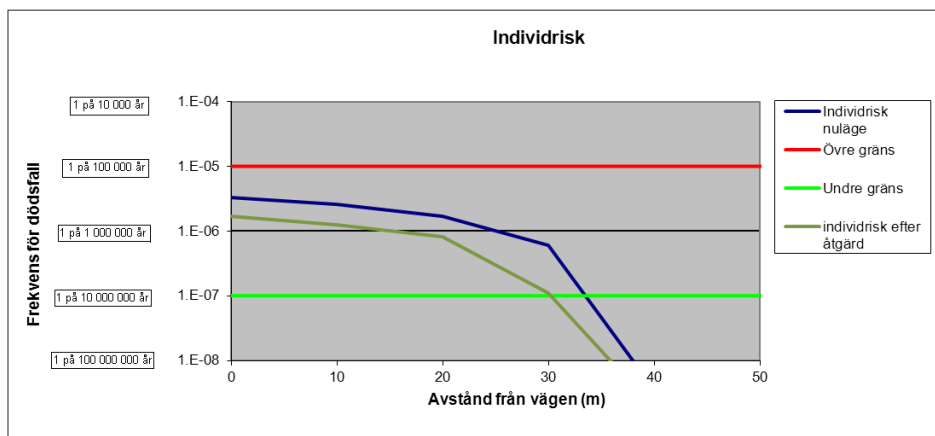
Figur 11.1. Figuren visar en sammanställning av risknivån vid de tre studerade fallen.

Jämförelsen visar att samhällsrisiknivån till följd av transporter av farligt gods är lägre om byggnation utförs och åtgärder vidtas, än risknivån i nuläget. Eftersom detta är svårt att utläsa av kurvorna beräknas även det förväntade antalet döda per år till följd av farligt godsolycka. Denna siffra erhålls genom först multiplicera frekvens och antal döda för varje studerat scenario och sedan addera dessa siffror. Resultatet blir följande:

- Förväntat antal döda per år nuläge $3,37 \times 10^{-5}$
- Förväntat antal döda per år efter byggnation och åtgärder $1,5 \times 10^{-5}$

Jämförelsen visar att förväntat antal döda per år till följd av transporter är färre om byggnation i kombination med riskreducerande åtgärder utförs än nuläget. Det är dock viktigt att beakta att detta är en teoretisk siffra för att mäta risken. Efter planerad byggnation ökar konsekvensen vid en olycka (eftersom antalet drabbade personer är större än innan byggnation). Frekvensen minskar dock till följd av utförda åtgärder. Risknivån till följd av verksamheter på Tjärhovet blir dock högre efter byggnation än innan byggnation.

11.5 Sammanställning individrisk



Figur 11.2. Figuren visar en sammanställning av risknivån i nuläget och efter byggnation och åtgärder.

11.6 Sammanfattande bedömning

Riskanalys redovisar risknivåer som på grund av transport av farligt gods medför krav på åtgärder. Utifrån riskkriterier som Kalmar kommun fastställt erhålls en acceptabel risksituation i samband med planerade byggnationer. Förutsättning är att åtgärder vidtas.

För att underlätta tolkningen av riskanalysens resultat kan en jämförelse med risken att dö av mer naturliga eller normala orsaker än en farligtgodsolycka göras. Risk att omkomma till följd av naturolycka är 10^{-6} per år. Risk att bli träffad av blixten är 10^{-7} per år. Gränsen för där risken anses låg, d.v.s. dödsfallsrisk 10^{-7} per år är satt så att acceptabel risknivå skall vara lägre än den risknivå som motsvaras av naturolyckor. Detta innebär att en individs totala risknivå inte påverkas signifikant. Gräns för där risken anses vara hög är satt till 10^{-5} per år, vilket är en tiondel av den naturliga dödsfallsrisken för de personer i samhället som har lägst risk att dö per år.

Resonemang enligt ovan innebär att efter åtgärder är individrisknivån, på grund av farligtgodstransport, i vägens direkta närhet lika stor som risk att dö till följd av en naturolycka. På avståndet 30 meter från väggkant är risknivån 10 gånger lägre än risk att dö till följd av en naturolycka. På detta avstånd är det lika stor risk att dö på grund av ett blixtnedslag som på grund av en olycka med farligt gods. Ytterligare en jämförelse är att det 30 meter från väggkant är 1000 gånger lägre risk att dö till följd av en olycka med farligt gods än den normala risken för dödsfall för en normal person. Denna jämförelse innebär därmed att riskbidraget till följd av transporter av farligt gods är acceptabelt.

Risken till följd av verksamhet på Tjärhovet hanteras lämpligen genom säker hantering av förekommande ämnen samt god beredskap för Räddningstjänst att kunna hantera en uppkommen olycka. En omfattande brand eller annan olycka på Tjärhovet kommer att kunna påverka ett stort antal personer oavsett om planerade byggnationer utförs eller ej.

Innan slutgiltigt beslut avseende vilka åtgärder som skall vidtas bör en utredning avseende kostnad/nytta för respektive åtgärd utföras.

Beräkningar är utförda med konservativt angreppssätt för att inte underskatta risknivån. Förslag på åtgärder är framarbetade för att bidra till en långsiktigt

hållbar risksituation på området trots närhet till farligtgoodsled och Tjärhovet. Detta är nödvändigt för att uppnå en säkerhetsnivå för invånare som bibehålls över tid samt möjliggörande av fortsatt verksamhet på Tjärhovet.

Risikanalys redovisar risknivå och åtgärdsförslag som Brand & Riskanalys anser lämpliga för att begränsa risknivån. Detta utgör underlag för beslutsfattare/remissinstanser (Länsstyrelse/Kommun/Räddningstjänst) vid beslut angående nyttjande av aktuellt område.

12 Källförteckning

- CPR 18E (1999)* Committee for the prevention of disasters: Guidelines for Quantitative Risk Assessment ("Purple Book"), CPR 18E, The Hague, Holland 1999.
- Davidsson (2003)* Davidsson, Göran. Handbok för riskanalys, Räddningsverket, 2003.
- Davidsson (2002)* Davidsson, Göran m.fl. Värdering av risk, Räddningsverket, 2002.
- Drysdale (1998)* Drysdale D, "An introduction to Fire Dynamics", John Niley & Sons Ltd, New York, USA 1998.
- Envall (1998)* Envall, Per, 1998, Farligt gods på vägnätet – underlag för samhällsplanering. Risk- och miljöavdelningen, Räddningsverket, Karlstad.
- FDS User's Guide (2007)* Fire dynamics simulator (version 5). Users guide. Mc Grattan m.fl. NIST Special Publication 1019-5, 2007.
- Fischer (1998)* Fischer, Stellan. Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor, försvarets forskningsanstalt, 1998.
- Fredén (2001)* Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Miljösektionen Banverket, 2001.
- Haeffler (2000)* Haeffler L, Vägledning för riskbedömning av frys- och kylanläggningar med ammoniak, Räddningsverket, Karlstad, 2000.
- Hertzberg (2001)* Hertzberg, Tommy, Sveriges Provnings och Forskningsinstitut, Partiklar från bränder: förstudie, 2001
- IEC (1995)* International Electrotechnical Commission, IEC. International standard 60300-3-9, Genève 1995.
- IPS (2001)* Tolerabel risk inom kemikaliehanterande verksamheter, en vägledning från IPS.
- Forsén (1999)* Konsekvenser vid explosioner, Rikard Forsén FOA 1999.
- Gustavsson (2007)* Gustavsson, Björn, Uppgifter via e-post från Vägverket 2007.
- Karlsson (2000)* Karlsson, Björn, Quintiere, James G, 2000, Enclosure fire dynamics. CRC Press LLC. Boca Raton, Florida.
- Lamnevik & Palme (1997)* Lamnevik, Stefan, Palme, Erik, 1997, Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods Bilagor 1-5, Antagandehandling. DNR 785/92. Stadsbyggnadskontoret. Göteborg.
- Mattsson (2000)* Mattsson, Bengt. Riskhantering vid skydd mot olyckor – problemlösning och beslutsfattande, Räddningsverket, 2000.

- Mc Grattan (2010)* McGrattan K.B., et al, *Fire Dynamics Simulator (version 5), Technical Reference Guide*, NISTIR 1018, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, April 2010.
- Mc Grattan (2010)* McGrattan, K.B., et al, *Fire Dynamics Simulator (version 5) User's Guide*, NISTIR 1019, Rev. 1, National Institute of Standards and Technology, Gaithersburg, Maryland, April 2010.
- Mett (1997)* Mett, L, et. al. Kvantitativ riskanalys av ammoniakterminal vid Akzo Nobel i Stenungsund. DNV, projekt nr. 76371, 1997.
- OGP (2010)* OGP Risk Assessment Data Directory, Storage incident frequencies, International Association of Oil & Gas Producers, Report 434-3, 2010
- Persson (1996)* Persson, Bror och Henry Persson, SP RAPPORT 1996:06, Påverkan från värmestrålning vid brand i cisternlager, Borås, 1996.
- Purdy (1993)* Purdy, Grant, 1993, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail". Journal of Hazardous Materials. 1993. Sidorna 229-259.
- RIB (2006)* Räddningsverkets informationsbank, Räddningsverket 2006.
- Räddningsverket (2000)* Räddningsverket, Brandskydd i oljedepå, Karlstad, 2000.
- Sanglén (2005)* Sanglén, Håkan. Riskanalys av farligt godsled i Kalmar, Brandteknik, Lunds tekniska högskola, 2005.
- SPI/SOHF (2004)* SPI/SOHF i samarbete med Agrenius Ingenjörbyrå AB, Mall för riskanalys av oljedepåer och oljehamnar Revision 4, Stockholm, 2004.
- SRV (1996)* SRV, 1996, Farligt gods - Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg (1996). Risk- och miljöavdelning, Statens räddningsverk. Karlstad.
- SRV (1997)* SRV, Mattias Strömgren, Riskhantering vid fysisk planering, Karlstad, 1997.
- SRV 1997* Värdering av risk, Statens räddningsverk, Karlstad 1997, Risk och miljöavdelningen. P21-182/97

Bilaga 1 - Frekvens för farligtgodsolycka

Farligtgodsolycka definieras i beräkningsmetoden som en olycka där ett farligt ämne kommer ut i omgivningen. Riskidentifieringen har lett till att följande ämnesgrupper ska beaktas: giftig kondenserad gas i tankbil, brännbar kondenserad gas i tankbil och brandfarlig vätska i tankbil.

Det förväntade antalet olyckor beräknas enligt Statens räddningsverks handbok "Farligt gods riskbedömning vid transport" som baseras på Väg- och trafikinstitutets rapportserie 387:1-6, SRV (1996).

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor/år beräknas enligt metoden med nedanstående formel:

$$O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2))$$

där

O = Antalet trafikolyckor på aktuell vägsträcka

Y = Andelen singelolyckor

X = Andelen fordon skyltade som farligt gods

Trafikbelastningen som används i beräkningsmodellen bygger på uppgifter från VTR (Vectura Trafik Redovisning).

Senaste trafikmätning på aktuell väg utfördes oktober 2012. Resultatet blev en vardagsmedelsdygnstrafik på 5979 fordon per vardag. Tillägg görs för ökad trafik till följd av utökad verksamhet på Tjärhovet. Årsmedelsdygnstrafiken som antas i beräkningarna är, med bakgrund av ovanstående information, 6004 fordon per dygn. April och oktober är de månader som bäst speglar årsgenomsnittet på trafikflöde (Sjögren 2010-02-25). Eftersom trafikmätningen är utförd i oktober bedöms värdena kunna användas som årsmedelsdygnstrafik utan att för stor osäkerhetsfaktor förs in i beräkningen.

Trafikmängder enligt trafikmätning är ökade med 15 % i de fall byggnation sker. Detta för att beakta ökat antal fordon i området till följd av planerade byggnationer. Ökning på 15 % är ett konservativt antagande eftersom tillkommande antal fordon bedöms vara lägre än så.

Antal olyckor med farligt gods beräknas genom att multiplicera det ovan uträknade antalet fordon med farligt gods i trafikolyckor med ett farligtgodsindex. Detta index varierar beroende på hastighetsbegränsningen, vägtypen, m.m. på den aktuella vägsträckan.

	Brännbar vätska	Ammoniak-lösning	Gasol	Ammonium-nitrat
Antal farligtgods-transporter per år	26897,00	1182,00	35,00	129,00
Antal fordon med FG/dygn (d)	74	3	0,1	0,35
ÅDT (b)	6004,00	6004,00	6004,00	5979,00
Sträcka (km) (a)	0,75	0,75	0,75	0,75
Trafikarbete (c=a•b•365•10-6)	1,64	1,64	1,64	1,64
Olyckskvot (index)	2	2	2	2
förväntat antal olyckor (o)	3,29	3,29	3,29	3,27
Andel singelolyckor (Y) (tabellvärde)	0,05	0,05	0,05	0,05
Andel transporter skyltade med farligt gods (X=d/b)	1,2E-2	5,4E-4	1,6E-5	5,9E-05
Antal fordon skyltade med farligt gods i olycka (E) (Beräkningsmodellen)	7,82E-2	3,46E-3	1,02E-4	3,8E-04
Index för FG-olycka (i) (tabellvärde)	0,01	0,01	0,01	0,01
faktor 1/30 multipliceras med om det är tryckkondenserad gas			0,03	
Förväntat antal olyckor med FG/år (E•i)	7,82E-04	3,46E-05	3,41E-08	3,77E-06

Tabell B1.1. Beräkning av det förväntade antalet olyckor med farligt gods för respektive farligtgodskategori.

En del av värdena i tabellen är hämtade direkt från SRV (1996), och förklaras inte mer i detalj. Index för farligtgodsolycka är detsamma som sannolikhet för att det farliga ämnet kommer ut om ett fordon som transporterar ämnet är inblandad i en olycka. Indexvärdet varierar kraftigt mellan brandfarlig vätska och tryckkondenserad gas. Det beror på att högre krav ställs på behållare för tryckkondenserad gas, vilket innebär att sannolikheten är lägre att det går håll på tanken än på transportbehållare för brandfarlig vätska SRV (1996).

Beräkningarna i tabell B1.1 ovan leder till en frekvens för farligtgoodsolycka med de olika ämnena. Frekvensen anger hur ofta en olycka sker där det aktuella ämnet kommer ut ur sin transportbehållare. Ett utsläpp kan i sin tur leda till ett flertal olika händelser.

Tre olika hålstorlekar beaktas, stort (diameter 10 cm), medel (diameter 5 cm) respektive litet (diameter 1 cm). Sannolikheten för de olika hålstorlekarna kommer från SRV (1996) och är följande: stort 16,7 %, medel 20,8 % respektive 62,5 % för litet.

Gasol

Sannolikhet för olika skadeutfall för olycka med gasol antas enligt Lamnevik och Palme (1997).

Händelse	Sannolikhet
BLEVE	0,01
Jetflamma	0,3
Flamförbränning	0,69
Antändning	0,8

Tabell B1.2. Tabell redovisar sannolikhet för olika händelseförlopp vid utsläpp av tryckkondenserad brännbar gas.

Brandfarlig vätska

Även vid utsläpp av brandfarlig vätska beaktas tre olika utsläppsstorlekar. Stort utsläpp leder till en pöl med diametern 20 meter, medelstort leder till en diameter på 10 meter och litet utsläpp bildar en pöl med diametern 5 meter. Sannolikheten för respektive utsläpp är 50 % för stort och 25 % för medel och litet, enligt SRV (1996). Sannolikheten för antändning är 6 % enligt Purdy (1993).

Ammoniumnitrat

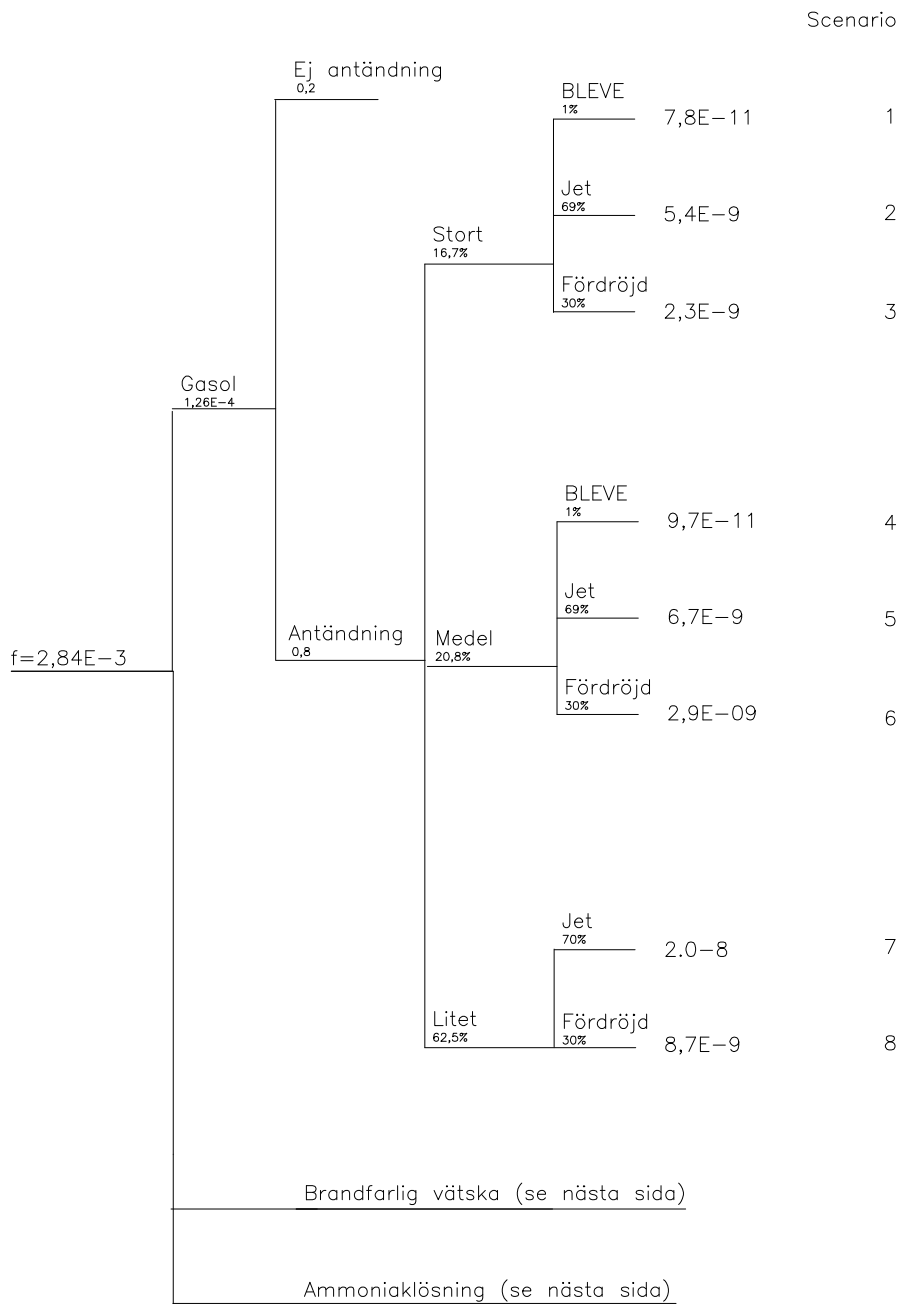
En olycka med ammoniumnitrat måste kombineras med utläckage av bränsle från exempelvis fordonet för att ett allvarligt olycksscenario skall uppstå. Nedan redovisas de antaganden avseende sannolikheter som görs för de olika delmoment som krävs för att en explosion skall inträffa.

Sannolikhet stort utsläpp ammoniumnitrat antas till 10 %.

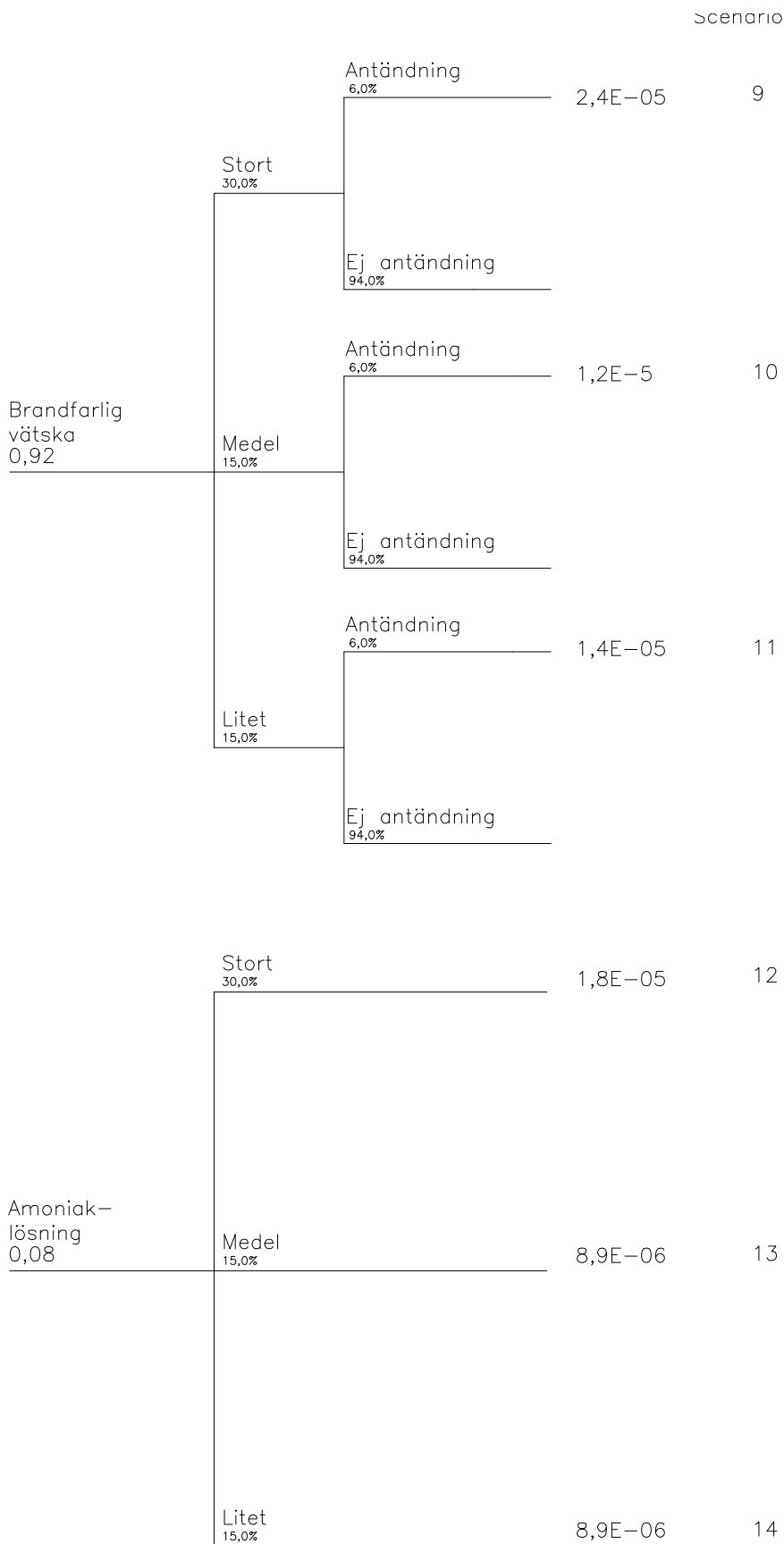
Sannolikhet att bränsle läcker ut och blandas med ammoniumnitrat i nödvändig omfattning antas till 15 %.

Sannolikhet att blandningen antänds antas till 30 %.

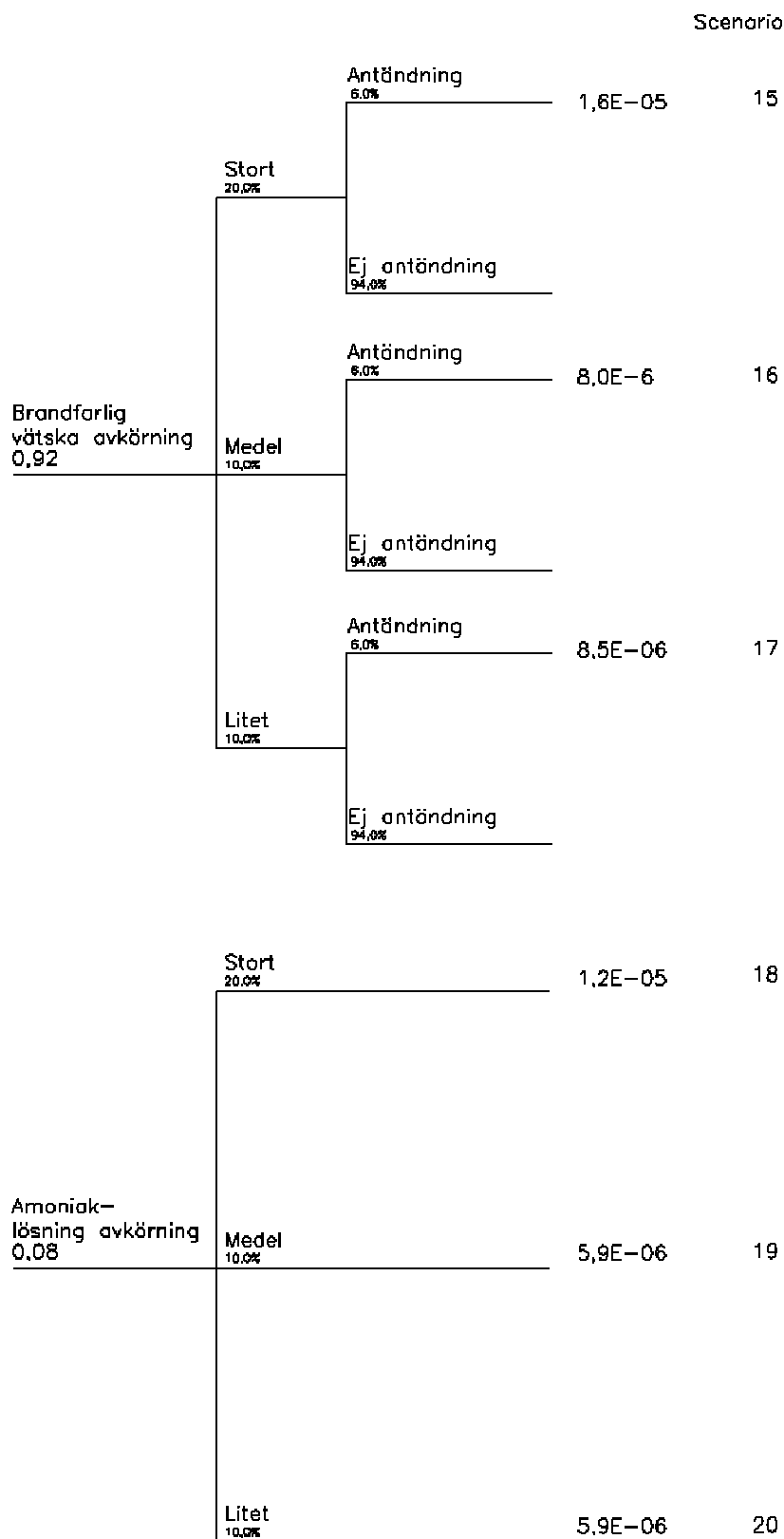
Ovanstående antaganden kombineras med frekvensen för olycka med ammoniumnitrat vilket resulterar i slutlig frekvens för olycka med explosion av ammoniumnitrat vid transport av farligt gods.



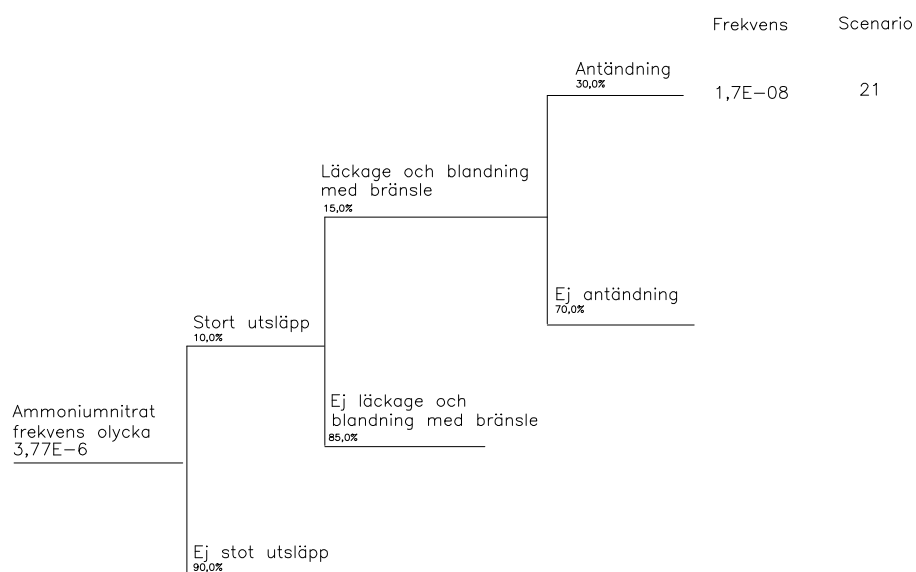
Figur B1.3. Händelsetråd för gasoltransport. För ammoniumnitrat, se separat händelsetråd figur B.1.6.



Figur B1.4. Händelseträd för brandfarlig vätska och ammoniaklösning.



Figur B1.5. Händelseträd för brandfarlig vätska och ammoniaklösning vid avåkning.



Figur B1.6. Händelseträd för explosion av ammoniumnitrat. Händelseträdets startat med frekvens för farligtgoodsolycka med ammoniumnitrat.

Bilaga 2 – LC50 för ammoniak

För att beräkna LC₅₀-värdet för ammoniak används probitfunktionen enligt modell i kapitel 9, Fischer (1998).

Probitfunktionen beräknas enligt:

$$Pr = \alpha + \beta_1 \ln C + \beta_2 \ln t$$

där

Pr = ett mått på toxisk effekt

α , β_1 , β_2 = regressionsfaktorer

C = koncentrationen

t = exponeringstiden

Detta samband kan även uttryckas som:

$$Pr = \alpha + \beta_2 \ln(C^n t)$$

där

$$n = \beta_1 / \beta_2$$

Probitfunktionen, Pr, sätts till 0 enligt tabell 9.6 i ovanstående källa. Detta innebär att 50 % av de individer som utsätts för ammoniakutsläppet erhåller den skada som probitfunktionen beräknats för.

C löses ut ur ovanstående formel vilket ger:

$$C = (e^{-(\alpha/\beta_2)}/t)^n$$

Probitkonstanterna sätts till:

$$n = 2,0$$

$$\beta_2 = 1,0$$

$$\alpha = -19,7 \text{ för död}$$

och

$$\alpha = -17,6 \text{ för svåra skador och risk för bestående men.}$$

Dessa värden på konstanterna bygger på att individen har en låg fysisk aktivitet vilket medför en minutvolym i lungorna på 15 l/min.

Ovanstående beräkningar resulterar i följande koncentrationer

$$C = 4895 \text{ mg/m}^3 \text{ för död}$$

$$C = 1713 \text{ mg/m}^3 \text{ för svåra skador och risk för bestående men.}$$

I beräkningarna i denna riskanalys tas endast hänsyn till antalet omkomna.

Bilaga 3 – Väderförhållanden

Spridning av gaser i luften påverkas av det väderförhållande som råder. Vindhastigheten har en relativt stor påverkan på hur stora riskavstånd som skapas vid ett utsläpp. En låg vindhastighet medför att höga gaskoncentrationer uppstår på långa avstånd från utsläppskällan. Det beror på minskad turbulens, som leder till mindre luftinblandning och därmed ökade koncentrationer. En vindhastighet på 2 m/s har valts i simuleringarna vid spridning av giftig gas. En studie av vindhastighetsfördelning i Sanglén (2004) har skett. Där framgår att sannolikheten för att vindhastigheten är 2 m/s eller över är ca 87 %. Vindhastigheten ligger mellan 0-12 m/s. Genom att välja hastigheten 2 m/s används det värde som ger mest konservativa resultat av de vindhastigheter som råder 87 % av tiden. Vindhastigheten är normalt sett högre, men värdet väljs för att erhålla konservativa resultat.

Vid olika väderlek råder olika stabilitetsklasser. Den vanligaste stabilitetsklassen är D, Sanglén (2004), vilket också har använts i simuleringarna. De flesta övriga stabilitetsklasser leder till ett kortare riskavstånd varför vald stabilitetsklass leder till konservativa resultat.

Bilaga 4 - Persontäthet

Nedan ges en sammanställning över hur personantalet i området har beräknats.

B4.1 Universitet

Förutsättningar

Totalt: 800 personal och 6500 helårsstudenter enligt information från Eva Kellander, Linnéuniversitetet. Antagande görs att 50 % vistas samtidigt i skolan dagtid.

Beräkning

Totalt 7300 personer

50 % Antas vara på skolan dagtid (10 timmar per dygn)

10 % antas vara utomhus dagtid

Kvälls och nattetid antas 10 % av personerna utomhus befinna sig utomhus i området

Antal personer utomhus dagtid: $7300 \times 0,5 \times 0,1 = 365$ personer

Antal personer utomhus kväll/natt: $7300 \times 0,5 \times 0,2 \times 0,1 = 37$ personer

B4.2 Restauranger

Antag tre restauranger med 100 personer per restaurang. Dagtid antas 30 % av dessa vara utomhus.

Antal utomhus dagtid: 100 personer

B4.3 Hotell

Förutsättningar

Antal rum: 150 rum

Antag: 2 personer per rum året om

Antag 20 % utomhus dagtid och 5 % utomhus nattetid

Antal personer ute dagtid: $150 \times 2 \times 0,2 = 60$

Antal personer ute nattetid: $150 \times 2 \times 0,05 = 15$

B4.4 Resecentrum

I tabell nedan redovisas en sammanställning av antal resande till och från Kalmar central 2012 och en prognos för 2030 vid ett förväntat ökat antal resenärer. Siffrorna bygger på antagandet att det är lika många som går av och på vid Kalmar C på en dag. Information avseende resande med SJ kommer från Anders Larsson, SJ. Information för övriga transportslag kommer från Per Ålind, KLT.

Transportslag	Nuläge antal resande	Prognos 2030 antal resande
KLT buss och tåg	1600000	2400000
SJ	584000	990000
Kommersiell buss	134240	230000

Personer antas befinna sig på stationen 10 minuter varje gång. Personerna fördelas under 16 timmar på ett dygn. Det innebär 103 personer på stationsområdet hela tiden dagtid.

Nattetid antas 10 % av denna siffra befinna sig på stationsområdet.

B4.5 Hela området

Byggnad	Antal personer utomhus	
	Dag	Natt
Universitet	365	37
Restauranger	100	0
Hotell	60	15
Resecentrum	103	10

Area på aktuellt område är cirka 160 000 m².

Det medför ett personantal på 0,00393 personer per m² dagtid och 0,000386 personer per m² nattetid.

Det är främst verksamheten på universitetet som bidrar till ett stort personantal i området. Med hänsyn till universitetets placering antas att persontätheten inom 30 meter från vägen vara 10 % av persontätheten i övriga delar av området.

B4.6 Nuläge

Tidigare upprättad riskanalys avseende farligtgodstransport på Södra vägen utgår från ett personantal i området framräknat utifrån antalet personer som arbetar och bor i området samt övriga som kan befinna sig i området. Detta har resulterat i följande persontäthet utomhus:

Kvarnholmen dag: 0,00107 personer/m²
Kvarnholmen natt: 0,000096 personer/m²

Under sommarmånaderna ökar antalet personer i närheten av gästhamnen. Följande information har erhållits från Turistchef Viola Hägglöv.

Antal båtnätter per sommar: 7000
Genomsnitt antal personer per båt: 2,5
Antal besökare turistbyrå per år: 85000
Andel av besök under sommarmånaderna: 85 %

Utöver ovanstående görs antagande att restaurang/glasskiosk bidrar med 50 personer dagtid i området.

Utifrån förutsättningar ovan görs följande antaganden:

Antalet båtnätter fördelas på 90 dagar (3 månader):
(7000 x 2,5) / 90 = 194 personer per dag. Samtliga dessa antas vara i gästhamnen på natten. 50 % av dessa antas vara i gästhamnen dagtid. Nattetid antas 5 % av båtgesterna vara utomhus.

Antal personer dag utomhus: 194 x 0,5 = 97 personer

Antal personer natt utomhus: 194 x 0,05 = 10 personer

Personer som besöker turistbyrån antas göra det dagtid. Person som besöker turistbyrån antas vara i området 1 timme.

Antal besökare per dag: 72250 / 90 = 803 besökare per dag

Antal besökare momentant (12 tim per dygn): 803 / 12 = 66 personer momentant i området.

En sammanställning av ovanstående innebär följande:

Antal personer utomhus dagtid: 213

Antal personer utomhus nattetid: 10

Värden enligt ovan ger persontäthet:
Dagtid $213/160\ 000 = 0,001331$ personer/m²
Natt $10/160\ 000 = 0,000063$ personer/m²

I beräkning ovan har inte utökning av personer inom området till följd av besök på slottet sommartid beaktats.

B4.7 Sammanställning persontäthet

I tabell nedan redovisas en sammanställning av antagen persontäthet i området.

Fall	Tid på dygn	Personantal/m² Sommar (3 månader)	Personantal/m² Övriga året (9 månader)
Nuläge	Dag	0,002401	0,00107
Nuläge	Natt	0,00016	0,000096
Efter byggnation	Dag	0,0024	0,00393
Efter byggnation	Natt	0,00016	0,00039

Bilaga 5– Antal farligtgodstransporter på väg

Kontakt har tagits med samtliga aktörer på Tjärhovet för att kartlägga vilka transporter på väg som sker till och från dem. Observera att värden enligt tabell nedan utgör transporterad mängd om respektive verksamhet utnyttjar sitt tillstånd maximalt. Dessa siffror används i samtliga studerade fall. Verkligt antal transporter är därmed lägre än det som redovisas enligt nedan.

Företag	Ämne	Totalt transporterad mängd med lastbil/tankbil
Kalmar lantmän	Myrsyra	24600 liter/år
	Propionsyra	73400 liter/år
	Ammoniumnitrat N34	4500 ton/år
	Gasol	35 transporter per år
Ragnsells	Spillolja	600 ton/år
Statoil	Bensin, diesel, eldningsolja	425 000 m ³ /år
Nynäs	Bitumen	15000 ton/år
	n-paraffin	4000 ton/år
FH Tank Storage	Brandfarlig vätska	82500 ton/år
	Frätande vätska (lut och ammoniaklösning 25 %)	82500 ton/år
Stena Reci	Lösningsmedel	120 000 ton
Bo Alvarsson	Ammoniakvatten 25 %	30 m ³ /vecka

B5.1 Grovanalys

Myrsyra och propionsyra är frätande och brandfarliga. Ämnens frätande egenskaper kan påverka personer i olyckans direkta närhet. Vid en antändning av vätskan kan värmestrålning skada personer inom några tiotals meter. Transport sker i 1000-liters containrar, 200-liters fat och 30-litersbehållare vilket minskar trolig utsläppsmängd om en olycka inträffar. Vätskorna bedöms ej nödvändigt att beakta mer noggrant i den kvantitativa riskanalysen med hänsyn till egenskaper, transportsätt och antalet transporter.

Ammoniumnitrat klassificeras som oxiderande och kan förvärra en uppkommen brand i och med att det avger syre vid upphettning. Ämnet är inte brännbart. Om en olycka endast medför ett utläckage av ämnet föreligger normalt ingen större risk för personer i omgivningen. Explosionsrisk kan föreligga om ämnet exempelvis blandas med ett fordons bränsle. Vid uppvärmning av ämnet utvecklas nitrosera gaser som är giftiga att andas in. Olycksscenarioer med ämnet utreds vidare i den kvantitativa analysen.

Gasol förvaras tryckkondenserat. Gasen kan ge upphov till allvarliga konsekvenser långt ifrån olycksplatsen vid ett utsläpp varför den beaktas i den kvantitativa analysen.

Brandfarliga vätskor (Spillolja, bensin, diesel och eldningsolja) beaktas i den kvantitativa analysen med hänsyn till att det utförs ett stort antal transporter samt att det kan medföra konsekvenser för personer på planområdet.

Bitumen är inte farligt för personer i omgivningen. Det är klassat som farligt gods endast för att det är transporterats vid temperatur över 100 °C. Därför utreds den ej vidare i den kvantitativa analysen.

N-paraffin klassificeras ej som farligt gods. Därför utreds den ej vidare i den kvantitativa analysen.

Lut och ammoniaklösning är frätande ämnen i ADR-klass 8. Frätskador kan uppstå vid direkt exponering. Vid utsläpp av ammoniaklösning kan dock ammoniakgas avdunsta och spridas med vinden och orsaka skador på personer som befinner sig längre ifrån olyckan. Av denna anledning utreds ammoniaklösningen i den kvantitativa analysen.

B5.2 Förutsättningar och antaganden

En tankbil rymmer 15 m³ och en tankvagn 35 m³. Vid transporter antas 10 % ske endast med tankbil och 90 % med tankbil och släp.

Informationen som erhålls från verksamhetsutövarna ges i vissa fall i vikt och i andra i volym. För omräkning till volym används följande densitet:

Brandfarlig vätska klass 3	0,75 ton/m ³
Ammoniaklösning klass 8	0,9 ton/m ³

Ovanstående ger följande transporterade mängder av respektive ämne:

Brandfarlig vätska	26897 transporter per år
Gasol	35 transporter per år
Ammoniaklösning	1182 transporter per år

Ammoniumnitrat antas transporteras 35 ton per transport, vilket innebär 129 transporter per år.

Bilaga 6 - Strålningsnivå från flamma

I denna bilaga redovisas hur strålningsnivåerna beräknats vid de olika scenarierna.

Flambredd och flamhöjd

En flamma från en pölbrand antas bli lika bred som pölen. Flamhöjden beräknas enligt följande:

$$h_f = d_p \cdot 42 \left[\frac{b'}{\rho_a \sqrt{g \cdot d_p}} \right]^{0.61}$$

där

h_f = Flamhöjd (pölbrand) (m)

d_p = Pöldiameter (m)

b' = Förbränningshastighet per ytenhet vid pölbrand ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

ρ_a = Luftens densitet = 1,29 (kg/m^3)

g = Tyngdaccelerationen = 9,81 (m/s^2)

Strålning från flaman

Strålningen per ytenhet från flaman beräknas enligt:

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4h_f / d_f} \text{ W}/\text{m}^2$$

där

P = Strålning (W/m^2)

b' = Förbränningshastighet per ytenhet vid pölbrand = 0,055 ($\text{kg}/\text{m}^2\text{s}^1$)

h_c = Energivärde = 43,7 (MJ/kg^1)

h_f = Flamhöjd (pölbrand) (m)

d_p = Pöldiameter (m)

Värden för b' och h_c för bensin är hämtade ur Kalsson (2000).

Flamtemperatur

Flamtemperaturen beräknas enligt nedan:

$$P_s = \sigma \cdot T^4$$

där

P_s = Strålning från en svart kropp (W/m^2)

σ = Stefan-Boltzmanns konstant = $5,67 \cdot 10^{-8}$ ($\text{W}/\text{m}^2 \text{K}^4$)

T = Flamtemperatur (K)

Strålningsnivå på olika avstånd från flamma

Strålningsnivån från flaman minskar med avståndet. Detta har att göra med att den utsända strålningen delvis absorberas av luften. Den atmosfäriska transmissionsförmågan beräknas enligt:

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c$$

där

τ_a = Transmissionsförmåga (-)

α_w = Absorptionsfaktor vattenånga (-)

α_c = Absorptionsfaktor koldioxid (-)

Vinkelkoefficienten (F_{\max}) definieras som andelen strålning från en yta som träffar en annan yta. Detta är en geometrisk faktor som kan beräknas för alla typer av ytor och som också påverkar hur stor strålningen blir mot en punkt på ett visst avstånd från flaman. Både transmissionsförmåga samt vinkelkoefficient beräknas med hjälp av diagram i avsnitt 11.1.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor*, Fischer (1998) vid flamtemperaturen 1200 K. 20 °C och 50 % relativ fuktighet antas vilket ger ett partialtryck för vattenånga (p_w) på 1170 Pa.

Värmestrålningen på olika avstånd beräknas enligt

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12}$$

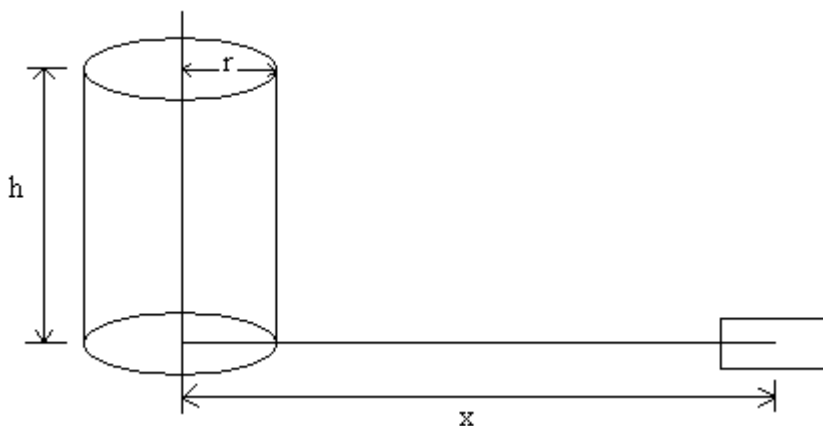
där

P_{12} = Infallande strålning från flamma till punkt (W/m^2)

P_s = Strålning från flaman (W/m^2)

τ_a = Transmissionsförmåga (-)

F_{12} = Vinkelkoefficient för flamma till punkt (-)



Figur B8. Vid strålningsberäkningar förenklas flaman till en cylinder, som strålar mot en punkt enligt figuren. Denna förenkling används vid beräkning av vinkelkoefficient.

Tiden som en individ utsätts för strålning har även den stor del i hur stor skada som individen åsamkas. För beräkningarna antas en exponeringstid på $t = 10$ sekunder innan personen hinner förflytta sig undan branden.

Riskavstånd till den strålningsnivå som innebär dödsfall för 50 % av utsatta personer redovisas i tabell nedan.

Hastigheten bedöms påverka sannolikheten för hur långt en olycka kan förflyttas från vägen. De låga hastigheterna som är aktuella för analyserad vägsträcka innebär att olycka med farligt gods med stor sannolikhet kommer att stanna på vägen eller i dess direkta närhet. I tabell nedan visas antagen fördelning mellan avåkningssträcka för respektive hastighet samt riskavstånd till följd av olycka med brandfarlig vätska. Motsvarande förskjutning av riskområde för utsläpp av ammoniaklösning antas på samma sätt. För övriga riskscenarier är inte denna förskjutning lika relevant varför korrigering inte görs för övriga scenarier.

Hastighet 50 km/h			
Pölbrands storlek	Placering av olycka	Sannolikhet placering	Riskavstånd
Stort	På/invid väg	0,6	20
Medel	På/invid väg	0,6	10
Litet	På/invid väg	0,6	5
Stort	10 meter från väg	0,4	35
Medel	10 meter från väg	0,4	20
Litet	10 meter från väg	0,4	9
Hastighet 30 km/h			
Pölbrands storlek	Placering av olycka	Sannolikhet placering	Riskavstånd
Stort	På/invid väg	0,9	20
Medel	På/invid väg	0,9	10
Litet	På/invid väg	0,9	5
Stort	10 meter från väg	0,1	35
Medel	10 meter från väg	0,1	20
Litet	10 meter från väg	0,1	9

Bilaga 7– Farligt gods på järnväg

I denna bilaga redovisas frekvensberäkning av farligtgodstransport på järnväg.

Det förväntade antalet olyckor beräknas enligt Fredén (2001).

Ett godståg per dag passerar aktuell järnvägssträcka. Gods utgörs såväl av farligt som gods som inte är klassificerat som farligt. Beräkningar utförs under förutsättning att det är 20 godsvagnar, varav 5 med brandfarlig vätska, per dag som passerar på järnvägen. Antaganden är utförda så att riskbidrag till följd av farligtgodstransport på järnväg inte skall underskattas.

Förutsättningar

Sträcka: 0,7 km

Antal vagnar per tåg: 20

Antal tåg per år: $5/7 \times 365 = 261$

Antal axlar per vagn: 4

Antal vagnaxelkilometer:

$0,7 \times 20 \times 5/7 \times 365 \times 4 = 14600$

Intensitetsfaktor: 1×10^{-10}

Konsekvensklass: VH

Frekvens: $14600 \times 1 \times 10^{-10} = 1,46 \times 10^{-6}$

Sannolikhet punktering: 0,25

Sannolikhet stort hål: 0,01

Sannolikhet antändning: 0,06

Frekvens mindre brand: $1,9 \times 10^{-7}$

Frekvens stor brand: $7,4 \times 10^{-9}$

Frekvens för respektive scenario enligt ovan är tillagt till individ- och samhällsrisckurvorna som redovisas i kapitel 7.

Bilaga 8– Explosion ammoniumnitrat

I denna bilaga redovisas beräkningar för olycksscenarioer med ammoniumnitrat. Beräkningar utförs dels för hantering på Tjärhovet, dels för transport på väg.

Beräkningar utförs enligt metod beskriven i Forsén (1999). Nedan redovisas utförda antaganden.

Hantering på Tjärhovet

Avstånd:	350 m
Mängd:	300 000 kg
Korrigerig för TNT-ekvivalent:	0,2
Korrigerig för explosion i marknivå:	1,8
Korrigerig för vinkelrätt infallande tryck:	2

Resultat: 34 kPa

Södra vägen (transport)

Dimensionerande mängd: Antag 400 kg bränsle tillgängligt. Explosiv oxidator-bränsleblandning är 13 %. Det innebär 3000 kg explosiv blandning.

Avstånd:	30 m
Korrigerig för TNT-ekvivalent:	0,2
Korrigerig för explosion i marknivå:	1,8
Korrigerig för vinkelrätt infallande tryck:	2,8

Resultat: 196 kPa

Ovan innebär att dödsfall kan inträffa för personer utomhus och inomhus Lamnevik & Palme (1997). Byggnader kan rasa. För att undersöka gränsvärde för på vilket avstånd byggnadsras kan förekomma undersöks trycknivåer på längre avstånd från vägen.

Avstånd:	70
Mängd:	3000 kg
Korrigerig för TNT-ekvivalent:	0,2
Korrigerig för explosion i marknivå:	1,8
Korrigerig för vinkelrätt infallande tryck:	2
Resultat:	34 kPa

34 kPa medför liten risk för raserig av ny bebyggelse med stomme av betong (gränsvärde 40 kPa), Lamnevik & Palme (1997).

Konsekvenser vid explosion med ammoniumnitrat skiljer sig väsentligt i förhållande till konsekvenser med övriga farligtgodsscenarioer. Detta eftersom byggnadsras kan innebära att ett stort antal personer som befinner sig inomhus kommer att omkomma eller skadas alvarligt. Byggnader tål höga tryck som uppkommer vid en explosion mycket sämre än vad människor gör.

Antaganden i konsekvensmodell

50 % av personer i byggnader inom konsekvensområdet (70 meter) antas omkomma till följd av raserade byggnadsdelar eller glassplitter.

Efter åtgärd i form av laminerade glas antas 30 % av personer i byggnaderna omkomma till följd av raserade byggnadsdelar.