

Risicanalys av oljedepån Lucerna i Västervik

Thomas Bjerke
Jens Christiansson

**Department of Fire Safety Engineering
Lund University, Sweden**

**Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet**

Report 5086, Lund 2001

**Risicanalys av oljedepån
Lucerna i Västervik**

**Thomas Bjerke
Jens Christiansson**

Lund 2001

Risicanalys av oljedepån Lucerna i Västervik

Thomas Bjerke
Jens Christiansson

Report 5086
ISSN: 1402-3504
ISRN: LUTVDG/TVBB--5086--SE

Number of pages: 101

Författarna ansvarar för innehållet i rapporten.

Keywords

Risk analysis, oil depot, societal risk, individual risk, environmental risk, uncertainty

Sökord

Risicanalys, oljedepå, samhällsrisk, individrisk, miljörisk, osäkerhet

Abstract

This report identifies and estimates the risks in areas of security, health and environment, which are connected to the activity at the oil depot Lucerna in Västervik. Policy of risk management at the oil depot is being discussed. CPQRA methods to present individual and societal risk are used. Several uncertainty analyses are presented. By using the same analysis structure as in the report it can, after adjustment to each specific oil depot, be used on similar establishment.

© Copyright: Brandteknik, Lunds tekniska högskola, Lunds universitet, Lund 2001.

Brandteknik
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60
Fax: 046 - 222 46 12

Department of Fire Safety Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

brand@brand.lth.se
<http://www.brand.lth.se/english>

Telephone: +46 46 222 73 60
Fax: +46 46 222 46 12

Sammanfattning

Denna rapport kartlägger, identifierar och värderar de risker inom områdena Säkerhet, Hälsa och Miljö (SHM) som är sammankopplade till verksamheten på oljedepån Lucerna i Västervik. Tyngdpunkten ligger på området säkerhet och på de risker som påverkar tredje person, d.v.s. allmänheten.

Oljedepån hanterar årligen mycket stora mängder med brandfarliga vätskor i form av petroleumprodukter. Potentiella olycksscenarioer som kan inträffa på oljedepån är sådana där petroleumprodukter på något sätt är inblandade. Utifrån statistik och tidigare erfarenheter från olyckor på liknande anläggningar har fem stycken dimensionerande olycksscenarioer analyserats fram:

- Överspolning vid bilutlastning
- Överspolning av cistern
- Ammoniakutsläpp från bensingasåtervinningen
- Läckage på inpumpningsledningen
- Tankbilsolycka

Dessa olycksscenarioer har sedan legat till grund för beräkningar av de risker, d.v.s. individ- och samhällsrisk, som oljedepån belastar allmänheten i Västervik med. I de scenarier som påverkar individ- och samhällsriskerna har osäkerhetsanalyser gjorts för att få en uppfattning om spridningen och osäkerheterna i resultaten. De hälsoeffekter som uppstår från brandgaserna vid en cisternbrand har inte beaktats i samhällsriskerna p.g.a. komplexiteten i spridningen av toxiska ämnen i utomhusmiljö. Hälsoriskerna med brandgasspridning behandlas dock kvalitativt i denna rapport.

I det stora hela anser vi att verksamheten på och omkring oljedepån inte belastar allmänheten i Västervik med en för hög samhällsrisk, trots att beräkningar visar att samhällsriskerna är något höga. Förmildrande omständigheter för själva oljedepån är att ingen av de olyckor som drabbar tredje person inträffar inne på oljedepån. Dessa olyckor inträffar i huvudsak under transport av petroleumprodukter med tankbil från oljedepån. Här bör ett större ansvar läggas på kommunen och Teknisk Service, vilka har till uppgift att se till att trafiken fungerar säkert och smidigt för alla som vistas i kommunen. En ny sydlig infartsväg till Västervik, där farligtgodstrafiken leds, hade varit den mest effektiva riskreducerande åtgärden för att minska samhällsriskerna.

Vid framtagandet av riskanalyser i riskhanteringsarbetet, inom OK-Q8 AB koncernen, så använder endast oljedepåerna sig av SPI:s (Statens Petroleum Institut) mall för riskanalys. Den inriktar sig i huvudsak på risker för egendomsskada och produktionsstörningar. Vad SPI:s riskanalysmall framförallt saknar är en kvantitativ bedömning av samhällsriskerna, vilket är genomfört i denna rapport. Dock anser vi inte att det endast räcker att genomföra en kvantitativ riskanalys. I framtida riskhanteringsarbete kan antingen dessa två riskanalyser integreras till en riskanalys eller som nu, göras var för sig.

Resultatet från denna rapport ska ligga till grund för räddningstjänstens fortsatta arbete med insatsplaner för anläggningen. Genom att använda samma analysstruktur som i rapporten kan den efter anpassning till varje enskild oljedepå tillämpas på liknande anläggningar.

Summary

This report identifies and estimates the risks in areas of safety, health and environment, which are connected to the activity at the oil depot Lucerna in Västervik. The main thing is the safety and the risks that affect the public.

Annually the oil depot deals with very large amounts of flammable fluids in shape of petroleum products. Potential accidents that can happen at the oil depot are somehow connected with petroleum products. From statistical information and experiences of accidents on similar establishments various accident scenarios have been produced:

- Overfill at loading place
- Overfill of tank
- Discharge of ammonia from the recycling of petrol gas
- Leakage on the pipeline
- Petrol truck accident

These credible scenarios have been the basis for the risk calculations, individual and societal, which could potentially affect the public in Västervik. In the scenarios where there is a present individual and societal risk, uncertainty analyses have been done to form an opinion of the spread and uncertainties in the results. The effects on the public of smoke from a tank fire have not been taken into consideration in the societal risk because of the complexity of the spread of toxic substances in an outdoors environment. The health hazards connected with smoke spread are however discussed qualitative in this investigation.

We consider that the activity at the oil depot and its surroundings do not charge the public in Västervik with too high a level of societal risk, despite the fact that the calculations show some high levels of societal risk. An interesting observation is that none of the accident scenarios where the actual accident occurs on the oil depot grounds have an affect on the public (third person). The accidents that will have the greatest consequence to third person occur mainly during transportation of petroleum products by petrol truck from the oil depot. Here more responsibility should be applied to the local authority and Teknisk Service, whose task is to make sure that the traffic runs safe and smooth. A new driveway to Västervik from the south, where the majority of traffic with hazardous goods can go, had been the most efficient measure to reduce the societal risk.

When a risk analysis on an oil depot that is part of the OK-Q8 AB concern has to be carried out, the standard procedure is to use the SPI (Statens Petroleum Institut) model for risk analysis. This model only covers risks for property damage and production disturbances. The greatest weakness in the SPI model for risk analysis is the lack of a quantitative estimate for the societal risk, which is done in this report. However, we consider that a quantitative risk analyses should always be complemented with some sort of qualitative discussion/analysis.

The result from this report will support the rescue services continued work with rescue plans for the establishment. By using the same analysis structure as in this report, it can, after adjustment to each specific oil depot, be used on similar establishment.

Förord

Denna rapport är ett examensarbete som har utarbetats vid avdelningen för Brandteknik. Examensarbetet omfattar 20 högskolepoäng och utförs under femte året på riskhanteringsprogrammet vid Lunds tekniska högskola.

För hjälp under arbetets gång vill vi tacka universitetsadjunkt Berit Andersson, LTH och brandingenjör Håkan Olsen, Räddningstjänsten Västervik, som varit våra handledare. Dessutom vill vi tacka depåchef Reijo Laitinen, OK-Q8 Västervik och övriga som varit oss behjälpliga under arbetets gång.

Thomas Bjerke och Jens Christiansson
Lund, december 2001

Innehållförteckning

SAMMANFATTNING	II
SUMMARY.....	IV
FÖRORD.....	V
1 INLEDNING.....	1
1.1 BAKGRUND.....	1
1.2 SYFTE	1
1.3 METOD.....	1
1.3 AVGRÄNSNINGAR.....	2
2 OBJEKTSBESKRIVNING	3
3 BESKRIVNING AV SLÄCKRESURSER.....	5
3.1 ANLÄGGNINGEN	5
3.2 RÄDDNINGSTJÄNSTEN	5
3.3 SLÄCKMEDELSCENTRALEN, SMC.....	5
4 OSÄKERHETER.....	7
4.1 BEHANDLING AV OSÄKERHETER I RAPPORTEN	7
4.2 MONTE CARLO-SIMULERING.....	8
5 OLYCKSSCENARIER.....	9
5.1 OLYCKSSCENARIO 1: ÖVERSPOLNING VID BILUTLASTNING	10
5.2 OLYCKSSCENARIO 2: ÖVERSPOLNING AV CISTERN.....	12
5.3 OLYCKSSCENARIO 3: AMMONIAK UTSLÄPP FRÅN BENSINGASÅTERVINNINGEN.....	14
5.4 OLYCKSSCENARIO 4: LÄCKAGE PÅ INPUMPINGSLEDNINGEN	15
5.5 OLYCKSSCENARIO 5: TANKBILSOLYCKA	16
6 INDIVID- OCH SAMHÄLLSRISK	19
6.1 INDIVIDRISK.....	19
6.2 SAMHÄLLSRISK	19
7 MILJÖPÅVERKAN OCH HÄLSOEFFEKTER VID BRAND	21
7.1 MILJÖPÅVERKAN I MARK	21
7.2 MILJÖPÅVERKAN I TROPOSFÄREN	23
7.3 HÄLSOEFFEKTER VID BRAND.....	24
8 POLICY FÖR RISKHANTERING.....	27
8.1 RISKHANTERING INOM KONCERNEN.....	27
8.2 UTVÄRDERING AV RISKHANTERINGEN PÅ OLJEDEPÅN	28
8.3 UTVÄRDERING AV BEFINTLIG RISKANALYS	29
8.4 RISKMEDVETENHETEN BLAND ALLMÄNHETEN.....	30
9 DISKUSSION	31
10 REFERENSER.....	33
APPENDIX A: ÖVERSPOLNING VID BILUTLASTNING	35
APPENDIX B: ÖVERSPOLNING AV CISTERN	43

APPENDIX C: AMMONIAKUTSLÄPP FRÅN BENSINGASÅTERVINNINGEN.....	51
APPENDIX D: LÄCKAGE PÅ INPUMPINGSLEDNINGEN.....	57
APPENDIX E: TANKBILSOLYCKA	59
APPENDIX F: INDIVID- OCH SAMHÄLLSRISK.....	67
APPENDIX G: KYLNING OCH SLÄCKNING AV CISTERN	71
APPENDIX H: BIOSCREEN	75
APPENDIX I: BRANDGASSPRIDNING.....	77
APPENDIX J: RESULTAT AV ENKÄTUNDERSÖKNING.....	81
APPENDIX K: SAMMANSTÄLLNING AV RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER.....	87
APPENDIX L: GROVANALYS.....	89
APPENDIX M: ANALYSSTRUKTUR.....	91

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Den 1 januari 1999 bildade OK ekonomisk förening och Kuwait Petroleum Svenska AB (Q8) ett gemensamt bolag, OK-Q8 AB, där bolagens oljereleaterade verksamhet i Sverige sammanfördes. OK-Q8 AB ägs till 50 procent av vardera parten. Kuwait Petroleum ägs av den Kuwaitiska staten och har sitt Europakontor i London. OK ekonomisk förening ägs av 1,3 miljoner svenska bilägare. Sammanslagningen lämpade sig bra då OK hade ett starkt bensinstationsnät och starka traditioner inom villavärme. Q8 i sin tur hade en stark närvaro inom diesel för yrkestrafiken liksom terminaler/depåer och tankbilar för distributionen. Dessutom svarade Q8 för erfarenhet och resurser från en internationell verksamhet med bl.a. ett eget forsknings- och utvecklingslaboratorium i Rotterdam, där bensinkvalitéer och smörjoljor utvecklas för den framtida Europeiska marknaden./T/

Oljedepån i Västervik, vilken ägs av OK-Q8 AB, omsätter i dagsläget 110 000 ton diesel och bensen per år. Denna siffra förväntas stiga till 180 000 ton inom de närmaste åren p.g.a. utbyggnad av lastningsplatsen. Det medför att behovet av riskanalyser på anläggningen kommer att öka. Petroleumprodukterna kommer med båt, lagras i depån och transporteras vidare med tankbilar. Tankbilarna har en lastkapacitet på cirka 50 ton. Mycket resurser läggs på arbetet med säkerheten på oljedepån, vilken är klassad som en § 43-anläggning.

1.2 Syfte

Rapportens syfte är att kartlägga riskbilden runt oljedepån i Västervik och skapa ett underlag till långsiktig planering av säkerhetshöjande åtgärder inom anläggningen. I huvudsak är det risker för tredje person som undersöks, men även risker för personal och miljön beaktas. Vidare undersöks riskpolicyn på oljedepån och om kvantitativa riskanalyser är en användbar metod att tillämpa på liknande anläggningar. Rapporten ska sedan ligga till grund för räddningstjänstens fortsatta arbete med insatsplaner för anläggningen.

1.3 Metod

Arbetet har bestått av olika delmoment:

- Litteraturstudie och analys av insamlat material.
- Besök på oljedepån i Västervik.
- Framtagande av olycksscenarioer och felfrekvenser.
- Beräkning av riskbilden för tredje person, personal och miljö.
- Riskbedömning av anläggningen.

För att analysera och beräkna de olika olycksscenarioerna har handberäknings- och datormodeller använts. Riskbilden är framtagen på ett kvantitativt sätt där individ- och samhällsriskerna redovisas.

Den kvantitativa metoden (se appendix M) som har valts för riskanalysen är en för fackmännen allmänt känd och accepterad metod som tillämpas över stora delar av den industrialiserade världen. En begränsning kan dock vara att lekmän har svårt att förstå och tolka de beräkningar och resultat som redovisas i rapporten.

1.3 Avgränsningar

- Rapporten begränsar sig till att i huvudsak inrikta sig på risker för tredje person.
- Antal olycksscenarioer begränsas till fem stycken och utifrån dessa beräknas riskerna i området kring anläggningen.
- Endast områdena Säkerhet, Hälsa och Miljö (SHM) behandlas, med tyngdpunkt på säkerhet.
- Oförutsedda händelser i form av t.ex. sabotage och medveten oaktsamhet kommer inte att beaktas.

2 Objektsbeskrivning

Anläggningen i Västervik (se bild 2.1) byggdes under 1950-talet och är belägen på ön Lucerna, sydost om Västerviks centrum. Anläggningen består av 12 stycken cisterner av varierande storlek, lossningsplats för oljefartyg, lastningsplats för tankbil, kontorsbyggnad samt kringutrustning för driften på depån. Cisternerna innehållande klass I vara är invallade samt oljedepåns västra sida ner mot havet, men i övrigt saknas invallningar runt området och cisterner innehållande klass III vara. På ön finns även en del småindustrier etablerade. Totalt arbetar cirka 60 personer på ön varav 6 stycken på oljedepån.



Bild 2.1 Oljedepån

Verksamhet på oljedepån förekommer normalt på vardagar mellan 05.00 – 19.30. Lossning och lastning kan dock förekomma dygnet runt samt även under helger. Lossning från tankfartyg sker cirka två gånger per månad och lastning av tankbil sker cirka 15 gånger/dag. Den årliga drifttiden uppgår till cirka 260 dagar. Oljedepån hanterar årligen cirka 110 000 ton bensen-, motorbränn- och eldningsolja samt emballerade produkter och klassas därför som en § 43-anläggning. Produkterna tillförs i huvudsak med tankfartyg, medan distributionen till kunderna sker med tankbil./U/

Sedan 1950-talet har ett antal tillbyggnader gjorts på anläggningen. 1995 installerades ett gasåtervinningssystem och en ny utlastningsplats kom till under 1999. Senaste ombyggnaden är ett vattendräningsystem samt tak över spilltor som installerades under 2000.

Anläggningen är en av Sveriges modernaste oljedepåer och personalen är relativt väl medveten om vilka risker som finns och de arbetar aktivt för att förebygga olyckor. Endast behöriga kan lasta produkter från cisternerna och rutinerna kring lastning och lossning är väl inarbetade. Tillgång till Släckmedelscentralens (SMC) utrustning finns, det tar dock cirka 4½ timme innan den är på plats. Släckresurserna på oljedepån beskrivs i kapitel 3.

3 Beskrivning av släckresurser

3.1 Anläggningen

Vid utlastningsplatsen finns två pulversläckare på vardera 12 kg samt ett pulveraggregat på 50 kg. Totalt finns 18 stycken handbrandsläckare på anläggningen, placerade vid strategiska platser. Handhavandebildning av denna utrustning sker årligen och en beredskapsplan med larmgrupp är upprättad. Larmgruppen innehåller personal från OK-Q8 AB, som har som uppgift att bistå depåchef och räddningspersonal med viss personell och materiell hjälp.

3.2 Räddningstjänsten

I Västerviks kommun finns det en heltidsstyrka och en deltidstyrka i centralorten. I övriga delar av kommunen finns det totalt sex deltidstyrkor fördelade på följande orter Gamleby, Edsbruk, Överum, Ankarsrum, Hjorted och Loftahammar. Tillgången av skum är dock begränsad och man förlitar sig till Släckmedelscentralens resurser vad gäller stora släckinsatser på OK-Q8:s oljedepå. Räddningstjänsten är dimensionerad för att klara en begränsad brand i en cistern./V/

3.3 Släckmedelscentralen, SMC

Oljedepån i Västervik klassas som en s.k. § 43-anläggning, vilket medför ett ansvar att hålla med utrustning och ordna beredskap. Dessutom visar internationella erfarenheter att det krävs speciell utrustning och kunskap för att hantera bränder i och omkring cisterner.

Att förse varje depå i landet med specifik utrustning samt ständig beredskap har inte ansetts ekonomiskt eller ur risksynpunkt försvarbart. Det gör att SMC, som är ett av oljebolagen samägt bolag, har utrustat fyra resursdepåer. Resursdepåerna finns i Stockholm, Göteborg, Malmö och Sundsvall och innehåller den utrustning som behövs för att släcka en fullt utvecklad cisternbrand. Utrustningen är modulbaserad och anpassad för att transporteras med lastbil och flyg. Modulerna kan antingen köras parallellt eller kopplas i serie. Vid parallellkörning erhålls en kapacitet på 2×8000 l/min på ett avstånd av 400 m och vid seriekörning erhålls följaktligen 1×8000 l/min på ett avstånd av 800 m./EE/

Varje modul består av:

- En dieseldriven pump med kapacitet på 10.000 l/min.
- 2×400 m brandslang, diameter 150 mm och 150 mm storzkopplingar.
- 16 000 l alkoholbeständig skumvätska.
- Inblandningsutrustning för 3 % och 6 % skum.
- En skumkanon med kapacitet på 8.000 l/min

Alla fyra regionerna har vardera två moduler. Region Syd och Nord har dessutom 400 meter extra slang. Region Ost och Väst har också 400 m extra slang, samt 8 ton extra skumvätska och en slangupptagningsenhet.

För beräkningsexempel på släckmedelsbehov vid kylning och släckning se appendix G.

4 Osäkerheter

För att analysera och använda en risikanalys som beslutsunderlag för riskreducerande åtgärder är det viktigt att kunna förstå och känna de osäkerheter som finns i risikanalysens resultat. Osäkerheter kan grovt hanteras på tre olika nivåer:

- Konservativt – Använder sig av ”värsta troliga scenario ” (worst case).
- Grov metod – Känslighetsanalys.
- Noggrann metod – Osäkerhetsanalys.

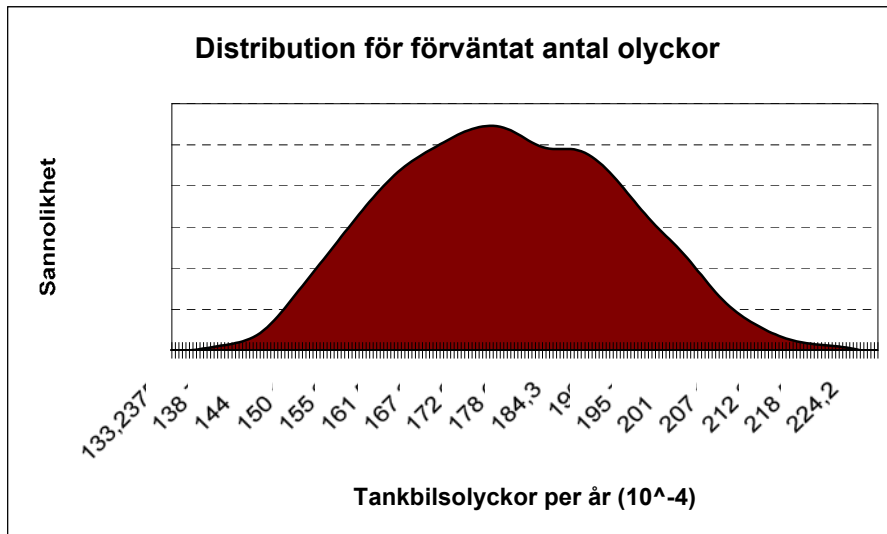
För att kunna använda risikanalysen på ett så optimalt sätt som möjligt ska osäkerheterna minimeras i så stor utsträckning som möjligt med t.ex. känslighets- och osäkerhetsanalyser. Om detta inte går att göra ska osäkerheterna redovisas kvalitativt i samband med riskberäkningarna.

Osäkerheter kan delas in i fyra olika typer:

- *Resurser* – Policy, rutiner, kvalité på verktyg.
Åtgärder: Egenkontroll, certifiering, kvalitetsgranskning, kompetensutveckling.
- *Antagande och beslut* – Kunskap att förstå och översätta processer.
Åtgärder: Rutiner, manualer, gruppdynamik.
- *Beräkningsmodeller* – Hur väl beskriver modellen verkligheten.
Åtgärder: Kvalitetsgranskning, experiment för jämförelse.
- *Indata* – Slumpmässig- eller kunskapsosäkerhet.
Åtgärder: Slumpmässiga osäkerheter minskas genom ytterligare förfiningar och kunskaps osäkerheter genom fler mätningar och bättre information.

4.1 Behandling av osäkerheter i rapporten

En viktig del av risikanalysen i denna rapport är att redovisa de osäkerheter som den innehåller. För att inte behöva göra osäkerhetsanalys på alla beräkningar så redovisas osäkerheterna olika beroende på hur allvarliga konsekvenserna blir för tredje person. Det är framförallt osäkerheter på indata i beräkningarna som behandlas. Vid scenarier där samhällsriskerna kan påverkas, och därmed tredje person, så används osäkerhetsanalys med Monte Carlo-simuleringar (se nedan). Vid varje osäkerhetsanalys redovisas de fördelningarna som är valda för respektive parameter. Ett exempel på hur resultatet från en osäkerhetsanalys kan se ut visas i figur 4.1 nedan. Övriga osäkerheter redovisas med känslighetsanalyser i tabellform.



Figur 4.1 Osäkerhetsanalys från appendix E.

4.2 Monte Carlo-simulering

En av de mest vanliga och använda metoderna vid osäkerhetsanalys är Monte Carlo-simulering, där osäkerheter fortplantas genom modellen. Här används många fördelningar där indata dras slumpmässigt från respektive fördelning. Modellen gör upprepade beräkningar med nya uppsättningar av värde för varje iteration. Indata väljs så att de representerar innehållet i respektive fördelning /B/.

I rapporten är alla osäkerhetsanalyser gjorda med Monte Carlo-simuleringar med 10 000 iterationer.

5 Olycksscenarier

De olycksscenarier som kan vara aktuella för oljedepån är sådana där petroleumprodukter på något sätt är inblandade. Klass I varor, i detta fall bensin, är den produkt som får det snabbaste och svåraste brandförloppet och till följd av detta de största konsekvenserna. Det gör att olycksscenarierna i första hand behandlar olyckor med klass I varor.

För den operativa räddningstjänsten kan olycksorsaken tyckas vara mindre viktig, då olyckan redan är ett faktum när insatsstyrkan är på plats för att t ex bekämpa en cisternbrand. Det innebär att räddningstjänsten och driftspersonalen på anläggningen måste vara förberedda på att en allvarlig olycka kan inträffa och att alla olyckor inte kan förutses eller förebyggas.

För att få en så bra riskbild som möjligt är det viktigt att hitta de olycksscenarier som är de dimensionerande och mest relevanta för anläggningen. Efter diskussion med räddningstjänsten och Reijo Laitinen (driftchef), granskning av olycksstatistik från OK-Q8 AB och studie av tidigare tillbud och olyckor, både nationellt och internationellt, har utifrån en grovanalys (appendix L) fem dimensionerande olycksscenarier analyserats fram:

1. Överspolning vid bilutlastning

Vid lastning av tankbil så överfylls tanken då de elektroniska överfyllnadsskydden inte bryter. En begränsad mängd bensin läcker ut.

2. Överspolning av cistern

En överspolning av cistern 103 (se bild B.4) inträffar vid inpumpning av bensin. En större mängd bensin rinner över och samlas i invallningen.

3. Ammoniakutsläpp från bensingasåtervinningen

Ett rörbrott inträffar i anslutning till ammoniaktanken i kylanläggningen. Utsläppet får ett snabbt förlopp och det mesta av ammoniakken strömmar ut.

4. Läckage på inpumpningsledningen

Ett brott på inpumpningsledningen inträffar vid inpumpning av bensin från ett fartyg. En större mängd bensin rinner ut i naturen.

5. Tankbilsolycka

En tankbilsolycka inträffar på Allén i Västervik (se bild 5.5) efter lastning i oljedepån. En större mängd bensin läcker ut på vägen.

För varje olycksscenario med petroleumprodukter inblandade kan det inträffa två olycksförlopp:

A. Ingen antändning sker

B. Brand uppstår

Dessa scenarier behandlas var för sig som olika delscenarier. I första hand analyseras olyckor och skador som drabbar tredje man, men även skador på anställda, miljön och anläggningen beaktas.

5.1 Olycksscenario 1: Överspolning vid bilutlastning

Enligt statistik från OK-Q8 AB så är överspolning vid bilutlastning ett av de vanligast större tillbudena. Mängden bränsle som rinner över kan variera allt från någon liter upp till flera hundra liter. Utsläpp vid lastning kan även ske p.g.a. exempelvis ett slangbrott mellan bil och pump eller handhavandefel från chauffören.

5.1.1 Händelseförlopp

På utlastningsplatsen (se bild 5.1.1) står en tankbil och lastar bensin. Ett fel uppstår på de båda överfyllnadsskydden som inte bryter vid full last. En större begränsad mängd bensin rinner över tankfacket och vidare in i gasåtervinningsledningen. I gasåtervinningsledningen sitter en kännare som känner av om det finns bensin i flytande fas. Kännaren bryter inpumpningen av bensin och överspolningen upphör. En del bensin läcker dock igenom gasåtervinningsrören och via dräneringsrören på bilen rinner bensinen ner på betongplattan på utlastningsplatsen.



Bild 5.1.1 Utlastningsplatsen

Ingen antändning sker

Bensinen som runnit ut blir liggande på betongplattan eller rinner ner i avloppssystemet och sugts upp ur oljeavskiljaren på anläggningen.

Om det inte sker någon antändning av bensinen blir det inga större konsekvenser. Det blir varken några skador på människor eller på anläggningen. Endast en del bensin kan förångas, beroende på temperatur och insattid för sanering, och störa miljön i närområdet.

Brand uppstår

Bensinen som läcker genom gasåtervinningsrören rinner ner på marken via dräneringsrören som mynnar en halv meter ovanför betongplattan. Det kan räcka för att det ska uppstå en statisk gnista när bensinen träffar betongplattan och få till följd att bensinen på marken antänds. Det kan även finnas andra tändkällor som orsakar branden, vanligtvis orsakat av mänskligt felande. Beroende på utsläppets storlek och om personalen lyckas släcka branden blir brandförloppen och konsekvenserna olika.

5.1.2 Resultat

För händelseträäd, indata, beräkningar och antagande se appendix A.

Sannolikheten för att få livshotande personskador vid en poolbrand måste uppskattas som liten då avståndet från brandens centrum och till den kritiska nivån på strålningen är kort, cirka 8 meter. Någon risk för skador på tredje person finns inte. De som däremot eventuellt kan drabbas är personal på oljedepån samt chauffören av tankbilen.

En poolbrand på 50 m² ger en effektutveckling på 80 MW, så länge det finns bensin kvar på marken. Det kan i värsta fall räcka för att antända hela tankbilen om tillräcklig stor mängd bensin runnit ut. Poolbrandens varaktighet måste minst vara 5 minuter för att uppnå den teoretiska självantändningstemperaturen inne i tanken. Då måste utsläppet vara stort och poolbrandens area liten. Dessutom måste bensinångorna inne i tanken ligga inom brännbarhetsområdet som är 1,2 – 7,1 %.

Känslighetsanalys av flamtemperaturen, utsläppets mängd och area medför att sannolikheten för en självantändning eller ett explosionsliknande scenario av tanken kan anses vara mycket låg. Det troligast scenariot är att personal på oljedepån lyckas släcka branden med den släckutrustning som finns vid utlastningsplatsen (se kapitel 3) eller att bensinen på marken brinner av och branden självdör.

Skulle dock personalen inte lyckas släcka poolbranden *kan* det bli stora skador på utlastningsplatsen och brännskador, i värsta fall dödliga sådana, på personalen. Sannolikheten att branden skulle sprida sig vidare till någon av de andra cisternerna anses dock vara närmast obefintlig. Hur brandgaserna påverkar hälsa och miljö redovisas i kapitel 7.

5.2 Olycksscenario 2: Överspolning av cistern

Ett av de största tänkbara olycksscenarierna är en fullt utvecklad cisternbrand. Det är som tur var mycket ovanligt och har bara inträffat en gång i Sverige (Nynäshamn 1956). Skulle det trots allt inträffa en olycka av denna dimension blir konsekvenserna förödande för människor i dess närhet, miljö och egendom.

5.2.1 Händelseförlopp

En trolig orsak till cisternbrand är att det sker en överspolning av bensin vid inpumpningen. Trots att lossningsledaren bevakar nivån vid inpumpningen via en nivåmätare (Saab-radar) så lyckas han inte stoppa inpumpningen i tid. Det kan bero på handhavande fel eller fel på mätutrustningen.

Personal på oljedepån upptäcker överspolningen av cistern 103 och lyckas stoppa den efter några minuter. En större mängd har hunnit rinna över och samlats i invallningen med en area på cirka 230 m².

Ingen antändning sker

Det troligaste är att bensinen rinner ner i invallningen utan att det sker någon antändning. Räddningstjänsten larmas och om räddningsledaren bedömer att det finns risk för antändning så skumbeläggs invallningen med hjälp av de fasta skumpåföringarna. Därefter suger slamsugare upp bensinen och betonginvallningen saneras.

Vid detta olycksscenario blir det inga större konsekvenser. Det blir varken några skador på människor eller på anläggningen. Endast en del bensin kan förångas, beroende på temperatur och insatstid för sanering, och därmed störa miljön i närområdet.

Brand uppstår

Den höga fallhöjden från cisternen kan göra att det uppstår en statisk gnista när bensinen träffar marken. Det leder till att bensinen som runnit ut i invallningen antänds. Den kraftiga invallningsbranden gör att det finns risk för att bensinångorna inne i tanken självantänder och orsakar en fullt utvecklad cisternbrand. Skulle detta vara fallet kan även branden sprida sig till intilliggande cisterner.

5.2.2 Resultat

För händelseträdd, indata, beräkningar och antagande se appendix B.

För att cistern 103 ska kunna självantända krävs det att en stor mängd bensin spolas över så att brandens varaktighet blir tillräckligt lång för att uppnå AIT (Auto Ignition Temperature) inne i cisternen. Inom denna tid (15 - 25 minuter) är det ganska stor sannolikhet att räddningstjänsten hunnit påbörja kylning av cisternen och eventuellt släckning av invallningsbranden och på så vis förhindrat en upphettning av cisternväggen. Kylningsberäkningar redovisas i appendix G. För att en självantändning ska kunna inträffa krävs det ytterligare att:

- Flamtemperaturen blir över 440 °C (AIT) högst uppe vid cisternväggen. Flamhöjden som precis når upp till takkanten på cisternen påverkas här av kylning från vinden och naturlig variation i höjdled.

- Bensinångorna inne i cisternen måste befinna sig inom brännbarhetsområdet som ligger mellan 1,2 - 7,1 %.
- Det flytande taket inne i cisternen, som har till funktion att förhindra bensinångor ovanför vätskeytan, har skadats och mist sin funktion, exempelvis vid överspolningen.

Det resulterar i att sannolikheten för brandspridning till cisternen är ganska låg, givet att det blir en invallningsbrand efter en överspolning (begränsat utsläpp).

Skulle dock hela cistern 103 antändas finns fara för ytterligare brandspridning till intilliggande cisterner. Den kritiska tiden till självantändning för den närmast intilliggande cisternen 114 skulle bli 30 – 40 minuter. Räddningstjänsten har efter så lång tid med största sannolikhet påbörjat kylning av intilliggande cisterner. Sannolikheten för brandspridning till ytterligare cisterner kan därför anses vara mycket låg, givet alla påverkande faktorer ovan.

Då oljedepån är inhägnad och ligger avlägset från närmsta bebyggelse finns det ingen risk för skador på tredje person orsakat av värmestrålningen från branden. Det enda som eventuellt kan påverka hälsan för tredje person är de giftiga brandgaser som sprids från branden, se kapitel 7.

En annan tänkbar orsak till cisternbrand kan vara sabotage utifrån. Efter det att grindarna till oljedepån har stängts för dagen är det ganska lätt för sabotörer att ta sig in på området och arbeta ostört. Det ökade våldet och hoten från olika aktiviströrelser och på senare tid terroriströrelser kan vara en tänkbar "fiende" som slår mot den industrialiserade världen som är starkt beroende av petroleumprodukter. Risken för sabotage behandlas inte vidare i denna rapport.

5.3 Olycksscenario 3: Ammoniak utsläpp från bensingasåtervinningen

För att kunna återvinna den bensingas som förångas i tankbilarna så har oljedepån investerat i en återvinningsanläggning för bensingas. När bensingaserna strömmar in i anläggningen så tvättas den ned till vätskefas med hjälp av nedkyld fotogen. För att kunna kyla ned fotogenen används en värmeväxlare med ammoniak som köldmedium. Den totala mängden ammoniak i anläggningen är 110 liter.

5.3.1 Händelseförlopp

Av någon anledning, exempelvis av slitage eller installationsfel, så sker det ett rörbrott på rörledning strax intill behållaren för ammoniak. Ammoniaken som är tryckkondenserad till vätskefas i behållaren strömmar häftigt ut i gasfas när rörbrottet sker. Den största mängden av ammoniaken kommer ut i luften och drivs vidare med vinden.

5.3.2 Resultat

För indata, beräkningar och antagande se appendix C.

Avstånd till LC_{50} , d.v.s. koncentrationen där hälften av de exponerade väntas omkomma, är enligt känslighets- och osäkerhetsanalys mest sannolik under 150 m. Känslighetsanalys visar att vindhastigheten och skrovlighetslängden har stor betydelse för konsekvensen av ett utsläpp. Dock visar osäkerhetsanalysen att det inte är särskilt sannolikt att riskavståndet blir så stort att tredje person skadas.

Förnimmelsegränsen för ammoniak är flera gånger lägre än den dödliga koncentrationen. Det medför i detta fall en låg sannolikhet för att personer exponeras för höga koncentrationer i en längre tid. Vidare är persontätheten vid oljedepån mycket låg och närområdet används endast för diverse friluftaktiviteter. Med andra ord utgör ammoniakbehållaren i gasåtervinnningssystemet en mycket liten risk för tredje person som inte vidare kommer att beaktas. Visserligen kan ett utsläpp orsaka hälsobesvär hos personer, men då främst hos personal som vistas på anläggningen.

5.4 Olycksscenario 4: Läckage på inpumpningsledningen

Den svagaste punkten, med avseende på läckage, på inpumpningsledningen är räddningstjänstens anslutningsanordningar för vattenpumpning till oljedepån. Det är en onödig riskkälla som enligt räddningstjänsten inte heller kommer att användas vid en eventuell olycka. Denna anslutningsanordning är kopplad till den matarledning som pumpar klass III varor (diesel) från hamnen till oljedepån. Det skulle dock innebära att ett utsläpp, med en klass III vara, med största sannolikhet inte skulle antändas av en statisk gnista då flampunkten är över 60 °C.

Därför väljs ett läckage från en av de matarledningar som transporterar klass I varor (bensin). Det innebär dock att felfrekvensen för denna matarledning är lägre än för den förstnämnda. Felfrekvensen är hämtad från /G/.

5.4.1 Händelseförlopp

Ett större läckage på en inpumpningsledning inträffar vid inpumpning av bensin från ett fartyg i hamnen. Läckaget har inträffat uppe på den trädbeklädda höjden mitt i mellan oljedepån och fartyget. Flödet från fartygets pumpar är cirka 500 m³ per timme. Ledningsvakten observerar utsläppet först efter någon timme och då har 100-tals m³ bensin hunnit rinna ut i naturen.

Ingen antändning sker

Den stora mängden bensin som läcker ut kommer att breda ut sig över en stor yta. Depåpersonalens första åtgärder blir att försiktigt börja skotta invallningar så att inte utsläppet sprider sig över en större yta. Räddningstjänsten skumbelägger utsläppet och gräver uppsamlingsgropar där slamsugare kan suga upp bensinen.

Det stora problemet är att en del bensin infiltreras ned i marken och vidare ned till grundvattnet. Därifrån transporteras bensinen vidare med hjälp av grundvattnet.

Brand uppstår

När bensinen flödar ut från den läckande rörledningen bildas det en statisk gnista när bensinen träffar marken. Den stora mängden bränsle på marken antänds och branden är ett faktum. Branden får ett våldsamt förlopp och antänder den torra skog och växlighet som finns uppe på höjden mellan oljedepån och lossningsplatsen för oljefartygen.

5.4.2 Resultat

För händelseträdd se appendix D.

Branden hotar främst inte själva oljedepån som är skyddad av en väg, vilken fungerar som en brandgata. Däremot kan det finnas människor som befinner sig ute på ön då den är lämpad för friluftaktiviteter, så som fiske och vandring. Skulle en brand inträffa då det vistas många människor på ön kan det bli stora konsekvenser med brännskador och dödsfall som följd.

5.5 Olycksscenario 5: Tankbilsolycka

Lokaliseringen av oljedepån innebär att alla transporter till och från anläggningen måste gå genom Västerviks stad. För att komma ut på väg E22 måste farligtgodstransporten gå via Östersjövägen, A. Tengers väg och Allén /JJ/ (se bild 5.5). Det innebär att oljedepån belastar invånarna kring denna färdväg med en ökad risk, p.g.a. den ökade farligtgodstrafiken.



Bild 5.5 Farligtgodsleden från oljedepån genom Västervik (röda tjocka linjen).

5.5.1 Händelseförlopp

En tankbil lämnar oljedepån för att lossa bensin i Gunnebo. När tankbilen befinner sig på Allén så springer det plötsligt ut ett barn framför en parkerad bil. Chauffören panikbromsar för att inte köra på barnet och lyckas att undvika detta. Dessvärre befinner det sig en lastbil bakom tankbilen som inte uppmärksammat situationen. Lastbilen ramar rakt in i tankbilen framför utan att hinna bromsa. Av den våldsamma kollisionen trycks tankbilen ut mot trottoaren och välter på sidan. Lossningsröret slås av precis i anslutning till tanken och bensin börjar strömma ut ur tanken.

Ingen antändning sker

Räddningstjänsten som är lokaliserade någon kilometer från olycksplatsen är snabbt på plats och skumbelägger området kring läckaget. Den utrunna bensinen vallas in och pumpas upp av slamsugare. Eventuella skadade kan vara de båda inblandade chaufförerna och gående människor på trottoaren och i dess närhet.

Brand uppstår

När bensinen våldsamt strömmar ut från den läckande tanken bildas det en statisk gnista när bensinen träffar marken. Den stora mängden bränsle på marken antänds och branden är ett faktum. Branden får ett snabbt brandförlopp och hela tankbilen står i lågor när räddningstjänsten anländer till olycksplatsen. Det häftiga brandförloppet gör att tanken snabbt värms upp och sannolikheten för ett explosionsliknade scenario ökar.

5.5.2 Resultat

För händelseträäd, indata, beräkningar och antagande se appendix E.

Antalet skadade människor kan variera mycket beroende på hur branden fortlöper och gestaltar sig. Chauffören av tankbilen och människor i närheten av tankbilen vid olyckstillfället löper en stor risk för allvarliga eller livshotande skador.

Vid en poolbrand drabbas de personer som befinner sig inom 10 meter från brandens centrum av allvarliga brännskador, d.v.s. skador på tredje person. Sannolikheten för att få livshotande personskador anses dock vara mindre.

Skulle ett explosionsliknande scenario inträffa blir det dödliga skador inom en radie på cirka 25 meter runt tankbilen. Exponerade personer utanför eldklotet kan även få brännskador av värmestrålningen.

6 Individ- och samhällsrisk

6.1 Individrisk

Individrisk kan definieras som sannolikheten att *en* person drabbas av en negativ konsekvens till följd av någon form av händelse. Detta inkluderar typ av skadehändelse, sannolikheten för att skadehändelsen inträffar samt över vilken tidsperiod händelsen sker /K/. Mer teori kring individrisk finns i appendix F.

6.1.1 Resultat

De olycksscenarioer där individrisk är aktuellt är lokaliserade på olika platser. Det medför att det inte går att redovisa individrisken med olika effektzoner och felfrekvenser för dessa. Då det endast finns två olycksscenarioer som påverkar tredje person med negativa konsekvenser, och där med individrisken, så redovisas de i tabellform (tabell 6.1.1) nedan. Beräkningar av individrisk redovisas i respektive appendix för olycksscenarioerna.

Olycksscenario	Individrisk
Läckage på inpumpningsledningen	$7,5 \cdot 10^{-8}$
Tankbilsolycka	$1,6 \cdot 10^{-5}$

Tabell 6.1.1 Individrisk

6.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk kan definieras som sambandet mellan frekvens av en aktivitets tänkbara olyckor och de negativa konsekvenser som kan uppstå /K/. Samhällsrisk uttrycks vanligen i form av F/N-kurvor, som visar sambandet mellan skadehändelsernas frekvens (F) och antal omkomna (N). Mer teori kring samhällsrisk finns i appendix F.

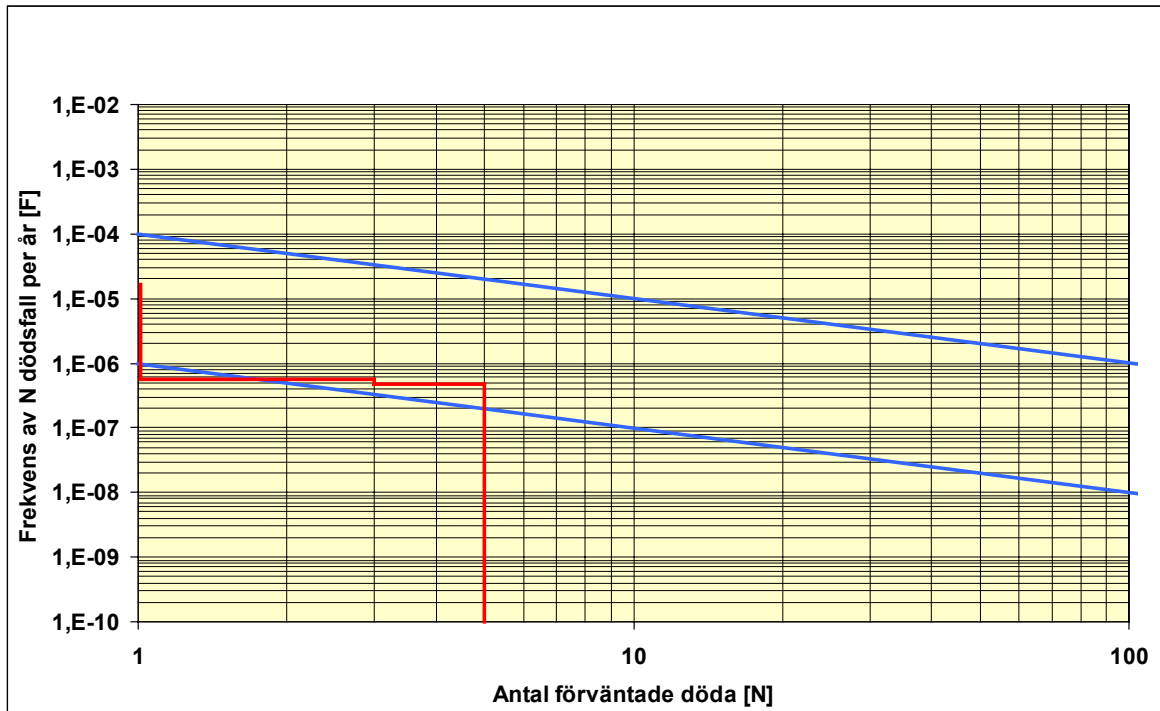
6.2.1 Riskvärdering

I figur 6.2.1 nedan redovisas resultatet av samhällsrisk för oljedepån. Enligt beräkningarna så hamnar samhällsrisk till viss del i ALARP-zonen. I denna zon avgörs det från fall till fall om riskerna kan accepteras.

Förmildrande omständigheter för själva oljedepån är att ingen av olyckorna som drabbar tredje person inträffar inne på oljedepån. Dessa olyckor inträffar istället under transport med tankbil från oljedepån och vid inpumpning av petroleumprodukter från tankfartyg i hamnen. Olyckor inne på oljedepån får endast negativa konsekvenser för egendom, produktion och personal d.v.s. de påverkar inte samhällsrisk.

Det olycksscenario som påverkar samhällsrisk mest är en tankbilsolycka inne i Västervik. Här är det svårt för oljedepån att minska olycksfrekvensen och reducera samhällsrisk. Istället ska ett större ansvar läggas på kommunen och Teknisk Service i Västervik som har till uppgift att se till att trafiken fungerar säkert och smidigt för alla som vistas i kommunen. Riskreducerande åtgärder, vilka minskar samhällsrisk, som kommunen kan genomföra på farligtgodsleden genom Västervik är:

- En nya sydlig infartsväg till Västervik där farligtgodstrafiken leds.
- Minskad hastighet
- Planfria korsningar
- Fartgupp
- Cykelvägar
- Rondeller



Figur 6.2.1 Samhällsrisiken för oljedepån.

I det stora hela anser vi att verksamheten på och omkring oljedepån inte belastar allmänheten i Västervik med en för hög samhällsrisik. Dock bör kommunen, i samråd med personal på oljedepån, göra farligtgodsleden säkrare med någon/några av de ovan nämnda riskreducerande åtgärderna. Övriga rekommenderade åtgärder redovisas i appendix K.

7 Miljöpåverkan och hälsoeffekter vid brand

7.1 Miljöpåverkan i mark

En olycka på en oljedepå förknippas ofta med cisternbränder med stora ekonomiska skador på produktion och egendom. Lyckligtvis sker sådana bränder mycket sällan. Vad som är lite vanligare är att det spills varierande mängder av petroleumprodukter på anläggningen. I värsta fall kan utsläppet ske i naturen och infiltreras ner i marken till grundvattnet.

För att minimera sannolikheten för utsläpp vid dränering av vatten från cisternerna har fyra stycken raketer installerats på oljedepån, se bild 7.1. Konstruktionen liknar en raket och därav namnet. Raketen fungerar som en oljeavskiljare som separerar oljan från vattnet. Vattnet tappas kontinuerligt av till hamnens oljeavskiljare medan oljan pumpas in i cisternen igen. På så vis sparas både pengar och miljö. Raketen är även förberedd att tappa vattnet till en slamsugare ifall det skulle bli förbjudet att tappa det till oljeavskiljaren i hamnen.



Bild 7.1 Raket

7.1.1 Biologisk nedbrytning

Om ett utsläpp av petroleumprodukter infiltreras ner i marken beror på markens hydrauliska konduktivitet, vattengenomsläppligheten $/FF/$. För markmaterial med låg konduktivitet, exempelvis lera ($< 10^{-6}$ cm/s), är ett utsläpp ganska ofarligt för grundvattnet om det saneras inom rimlig tid. Däremot är det kritiskt om det sker ett utsläpp i exempelvis sand som har en hög konduktivitet ($10^{-3} - 1$ cm/s). I det senare fallet är det stor sannolikhet att utsläppet hinner infiltreras ner i marken och förorena grundvattnet innan någon sanering hinner påbörjas.

När föroreningen nått grundvattnet transporteras det vidare i samma riktning som grundvattnet. Det är däremot inte så att hela utsläppet behöver transporteras vidare utan en del tar naturen hand om genom så kallad biologisk nedbrytning eller bionedbrytning $/C/$. Det kan beskrivas med att organiska ämnen (exempelvis bensin och diesel) fungerar som föda för organismer i marken, där dessa ämnen mineraliseras till bl a kväve, svavel, kol och fosfor.

För biologisk nedbrytning krävs:

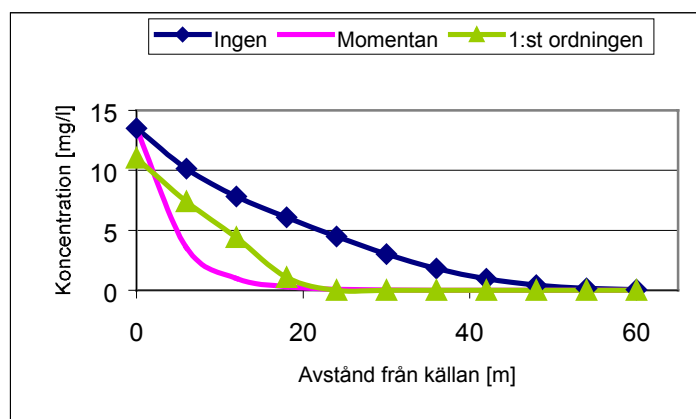
- En organism med nödvändigt enzym.
- Organismens närvaro.
- Kemikalier tillgängliga - sorption, NAPL (Non Aqueous Phase Liquids).
- Extracellulära enzymer – bindningar tillgängliga.
- Intracellulära enzymer – kemikalier penetrerar cellväggen.
- Trevlig miljö.

Bionedbrytningen kan ske med eller utan tillväxt av organismer. Det som påskyndar tillväxten och därmed bionedbrytningen är koncentrationen av elektroner i marken. Ämne i marken som bidrar till ökad tillväxt är bl a O_2 , NO_3^- , SO_4^{2-} och CO_2 .

7.1.2 Läckage på inpumpningsledningen

Om det skulle ske ett utsläpp av petroleumprodukter är det troligaste scenariot att det inte sker någon antändning. I olycksscenario 4, kapitel 5, så beskrivs ett olycksscenario där det blir ett läckage på inpumpningsledningen från oljefartyget i hamnen. Läckaget inträffar uppe på den trädbeklädda höjden mitt i mellan oljedepån och fartyget i hamnen. När utsläppet upptäcks så larmas räddningstjänsten som påbörjar saneringen. Det är dock troligt att en del av utsläppet hinner infiltreras ner i marken utan att saneras.

För att få en uppfattning om hur utsläppet sprider sig med grundvattnet har datorprogrammet Bioscreen använts. Bioscreen tar hänsyn till bionedbrytning både med och utan tillväxt. Det behövs dock markprover för att bestämma vilken sorts bionedbrytning som gäller för detta specifika fall. Resultaten av simuleringarna i Bioscreen (se figur 7.1.2) får då tas som en fingervisning av utsläppets spridning, då inga markprover är gjorda.



Figur 7.1.2 Utsläppets spridning efter 6 år

Figur 7.1.2 visar koncentrationen för utsläppet efter 6 år som funktion av avståndet. De olika kurvorna beskriver graden av bionedbrytning.

7.1.3 Resultat

För indata, antagande och övriga resultat se appendix H.

Eftersom vi inte vet vilka organismer som finns i marken runt oljedepån är det svårt att beräkna hur stor spridning det blir efter ett utsläpp av petroleumprodukter. Vad

beräkningarna visar är att det har stor betydelse i vilken grad det sker någon bionedbrytning i marken eller inte. Vidare har även tiden från utsläppet stor inverkan på hur långt ett utsläpp hinner transporteras i marken.

Ett utsläpp enligt olycksscenario 4, kapitel 5, skulle få en maximal spridning (utan bionedbrytning) på cirka 40 meter i marken efter tre år och 60 meter efter sex år. Det visar att en spridning av utsläppet ut till havet är ganska osannolikt med den relativt låga spridningshastigheten. Lokalt är dock utsläppet en katastrof för de djur och växter som vistas i området. Eftersom utsläppet rör sig relativt långsamt är det effektivt att i ett tidigt skede påbörja saneringen, där den förorenade jorden schaktas bort och saneras på lämplig miljöstation.

7.2 Miljöpåverkan i troposfären

En fullt utvecklad cisternbrand producerar stora mängder med giftiga brandgaser. De föroreningarna som bildas vid brand i fossila material är framförallt svavel-, kväve- och kolföreningar /D, AA/.

Svavelföreningar

Svaveldioxid (SO_2) oxiderar i luft och bildar svavelsyra (H_2SO_4), vilken är en mycket stark syra. Svavelsyran följer sedan med regndropparna ner och försurar mark, vatten och växlighet.

Svavelsyran fräter sönder bladens och barrrens skyddande vaxskikt. Det kan få till följd att klyvöppningarna på bladet/barret, som den använder vid gasutbytet i fotosyntesen, skadas. Frätskador på bladets vaxskikt öppnar för angrep från bladsvamp och insekter. Torrdeposition av svaveldioxid kan medföra att giftiga gaser tränger in via klyvöppningarna och skadar cellens olika delar.

Kväveföreningar

Vid den höga förbränningstemperaturen reagerar luftens syre (O_2) med kväve (N_2) från branden och bildar kväveoxider (NO_x). Kväveoxiderna kan i sin tur bilda salpetersyra (HNO_3) som är starkt försurande för mark, vatten och växlighet. Salpetersyra påverkar bladens vaxskikt på samma vis som svavelsyra. Kvävemoxid (NO) bildar tillsammans med syre giftig marknära ozon (O_3).

Vid förbränning av kväve bildas även den giftiga föroreningen kvävedioxid (NO_2) som tillsammans med syre från luften kan bilda fotokemiskt smog. Kväve kan också bidra till övergödning genom att bilda ammoniak (NH_3).

Kolföreningar

Den mest omdiskuterade kolföreningen idag är nog koldioxid (CO_2). Den är ofarlig för människan, i naturlig koncentration i luften, men den bidrar starkt till den globala ökade uppvärmningen, växthuseffekten.

Kolväteföreningar (VOC) bidrar till en ökad mängd marknära ozon i troposfären. Vid förbränning bildas även kolmonoxid (CO) som är en mycket giftig gas (kvävande).

7.3 Hälsoeffekter vid brand

De brandgaser som produceras vid en cisternbrand är mycket giftiga för människor vid inandning. En fullt utvecklad cisternbrand på oljedepån kommer att producera stora mängder med giftiga brandgaser som om förhållandena är de "rätta" kan driva in mot Västerviks centrum. Det är därför viktigt att beakta de hälsoeffekter som en sådan olycka kan innebära för de boende i omgivningen.

De skador som brandgaser kan orsaka på människan är /Y/:

- Nedsatt syn pga sot och irriterande ämne.
- Andningssvårigheter p.g.a. varma/irriterande ämnen.
- Narkospåverkan, t.ex. CO som kväver genom att tränga undan syret i kroppen.
- Brännskador på hud och övre luftvägar.
- Synergieffekter av ovan nämnda skador.

De ämnen som bildas vid förbränning av petroleumprodukter är förutom kolmonoxid, koldioxid och sotpartiklar även t.ex. akrolein, ättiksyra, metan, nitrosa gaser och myrsyra /F, R/. Ämnenas toxiska effekt redovisas i tabell 7.3.

Ämne	Toxisk effekt
Kolmonoxid (CO)	Kvävande. Blockerar syreupptagningen då CO reagerar lättare än O ₂ med blodets hemoglobin.
Koldioxid (CO ₂)	Hög halt CO ₂ ökar andningsfrekvensen vilket leder till större intag av andra farliga brandgaser. Kvävande vid hög konc.
Sotpartiklar (tjära, oförbränt bränsle, etc)	Cancerogena egenskaper, nedsatt immunförsvar, försämrad reproduktion och minskad livslängd.
Ättiksyra (CH ₃ COOH)	Andningssvårigheter pga frätande egenskaper på slemhinnor och andningsorgan.
Akrolein	Andningssvårigheter pga irritation på slemhinnor i luftvägarna.
Myrsyra (HCOOH)	Andningssvårigheter pga frätande egenskaper på slemhinnor och andningsorgan.

Tabell 7.3 Toxiska effekter för brandgaser

7.3.1 Brandgasspridning

Då det inte finns några bra spridningsmodeller för att beräkna toxiciteten i brandgaserna i utomhusmiljö har detta scenario ej beaktats kvantitativt i samhällsriskberäkningen. Det är även komplext att beräkna hur de toxiska ämnena sprider sig med brandgasplymen och vid vilken dos de är skadliga/dödliga för människan. Två enkla modeller med gaussisk spridning har dock använts för att få en uppfattning om hur långt brandgaserna kan sprida sig från oljedepån.

Vid den förenklade beräkningen av brandgasspridningen från en cisternbrand har akrolein använts som det dimensionerande ämnet. I figur 7.3.1 nedan redovisas avståndet från oljedepån till där symptom uppstår i form av syn- och andningssvårigheter av ämnet akrolein. Beskrivning och resultat av de båda beräkningsmodellerna finns i appendix I.

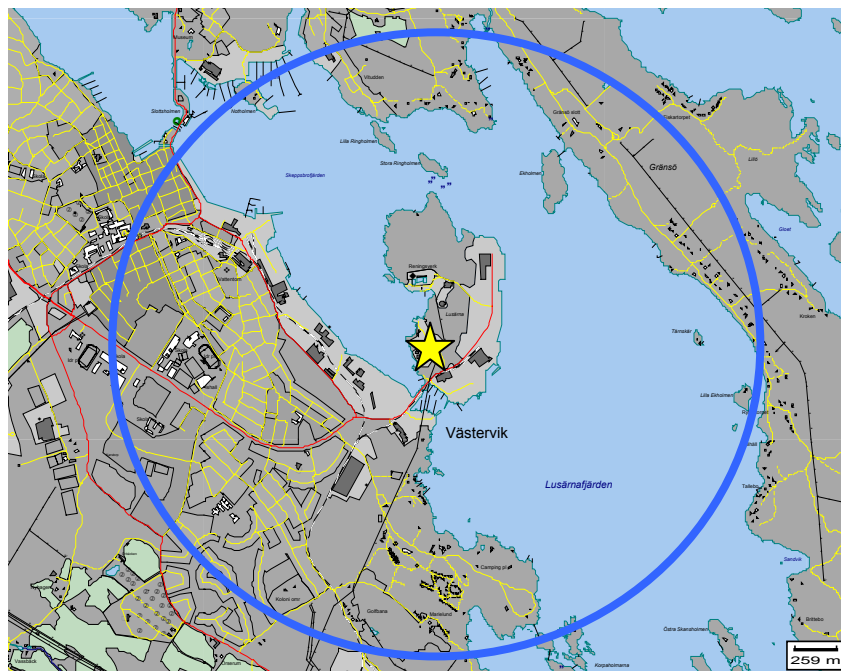


Bild 7.3.1 Spridningsområde för akrolein vid cisternbrand.

Vid en fullt utvecklad cisternbrand kan brandgaser sprida sig långt in över Västerviks stad. Vilka konsekvenserna blir är bl.a. beroende på vindriktning, brandens varaktighet, väderförhållande, etc. Framförallt är brandgaserna irriterande och besvärande för andningsorganen men kan vid långvarig exponering vara livshotande. Det är därför viktigt att räddningstjänsten i ett tidigt skede informerar allmänheten genom VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) och radio så att de som befinner sig inom riskområdet stänger fönster, dörrar och ventilation och stannar inomhus.

8 Policy för riskhantering

För en organisation finns det alltid en fara att det inträffar oönskade händelser med negativa konsekvenser som följd. Variationen och konsekvenserna av sådana oönskade händelser är oändligt många. Det krävs därför att varje berörd organisation har en väl genomarbetad och effektiv policy för riskhantering.

8.1 Riskhantering inom koncernen

Den verksamhet som OK-Q8 bedriver är omfattande med bl.a. oljedepåer, farligtgodstransporter och bensinstationer som berör allmänheten i stor utsträckning. OK-Q8 har därför utarbetat en gemensam riskpolicy för hela koncernen för att underlätta riskhanteringsarbetet.

Målet med riskhanteringen inom koncernen är att "förebygga aktuella risker och hot grundat på en etablerad analys- och uppföljningsverksamhet". De grundläggande värderingarna som ska styra företagets riskhantering är /X/:

- Med stöd av gällande lagstiftning och genom ett strukturerat arbetssätt främja verksamhetens krav på kontinuitet, förändring och förnyelse.
- Grundas på en för bolaget gemensam säkerhetsnivå, med de eventuella tillägg som kan betingas av särskilda verksamhetskrav.
- Nyttja en för bolaget gemensam process för riskhantering.
- Dokumenteras i dels en säkerhetsplan och dels en krisplan vilka revideras mot aktuella risk- och hotbilder.
- Fortlöpande hållas aktuellt genom rapportering om inträffade skador och incidenter.
- Granskas och värderas genom kontinuerlig revision.

8.1.1 Utvärdering av riskhanteringen inom koncernen

För att se om företaget uppfyller sina mål för riskhanteringen har vi undersökt hur riskhanteringsarbetet fungerar mellan oljedepån i Västervik och säkerhetsansvariga inom koncernen.

Alla större incidenter på oljedepån ska rapporteras till huvudkontoret och till ansvarig myndighet (exempelvis Miljö- och Hälso- och skyddsnämnden). En "större incident" kan vara en brand eller utsläpp av petroleumprodukter som är större än 50 liter. De rapporterade incidenterna samlas sedan till ett statistiskt material som används för vidare riskhanterings- och uppföljningsarbete inom koncernen.

Koncernen använder sig av SPI:s (Statens Petroleum Institut) mall för riskanalys vid oljedepåer. Denna riskanalysmall använder de flesta företag inom branschen i Sverige. En utvärdering av SPI:s riskanalysmall finns i kapitel 8.3.

Varje oljedepå ansvarar för att det utför en riskanalys som sedan skickas till huvudkontoret. Det finns dock inga kontrollrutiner som gör att säkerhetsansvariga inom koncernen kontrollerar riskanalyserna på plats vid varje oljedepå. För att få ett så effektivt och utvecklande riskanalyserarbete som möjligt anser vi att det är viktigt att "riskexperterna" inom koncernen och utförarna av riskanalyserna möts ute på anläggningarna. Riskanalyserarbetet blir annars lätt rutinarbete för depåcheferna som inte utvecklar sin riskanalyserförmåga och sitt risktänkande.

Vad som saknas från koncernledningen i riskhanteringsarbetet är riktlinjer och riskkriterier för riskbedömning. I dagsläget är det upp till varje depåchef i riskkanalysarbetet att värdera om riskerna är acceptabla eller ej. Gemensamma riskkriterier för hela koncernen skulle underlätta riskhanteringsarbetet för utförarna av riskanalyserna och göra det lättare att jämföra riskerna mellan olika verksamheter. På så vis kan koncernledningen lättare besluta om var riskreducerande åtgärder har den högsta effektiviteten för att förbättra riskbilden. Riskkriterier kan exempelvis redovisas i individ- och samhällsrisk, se appendix F.

8.2 Utvärdering av riskhanteringen på oljedepån

Depåchefen (Reijo Laitinen) ansvarar för riskhanteringsarbetet på oljedepån. Vid genomförande av riskanalys används SPI's riskanalysmall som revideras vart tredje år eller tidigare vid ombyggnad. I riskkanalysarbetet medverkar endast depåchefen och en anställd. Med en sådan liten grupp på två personer är det lätt att riskkanalysarbetet blir enkelspårigt och rent rutinarbete som hämmar utvecklingen av riskhanteringsarbetet. Ett närmare samarbete med "riskexperter" inom koncernen och utomstående sakkunniga konsulter skulle enligt oss bidra till en effektivare och mer utvecklande riskhantering.

Den färdiga riskanalysen lämnas till Arbetsmiljöinspektionen och Västerviks Räddningstjänst för granskning. Men då det ofta saknas resurser och delvis kunskap för att granska riskanalysen på ett tillfredställande sätt blir det ingen uppföljning av riskanalysens resultat. En granskning av den färdiga riskanalysen av en utomstående sakkunnig konsult skulle medföra en kvalitetssäkring och högre status på riskanalysen.

Policyn på oljedepån är att alla förslag på riskreducerande åtgärder i riskanalysen ska åtgärdas så fort som möjligt. Det kan ibland ta lite längre tid då de riskreducerande åtgärderna kräver stora ekonomiska insatser som måste beslutas av koncernledningen.

Som nämndes i kapitel 8.1.1 så sker det ingen kontroll eller uppföljning från koncernen att de riskreducerande åtgärderna åtgärdas. Vi tror det är viktigt att riskkunniga inom koncernen har ett närmare samarbete med depåcheferna för att göra riskhanteringsarbetet inom koncernen så effektivt och utvecklande som möjligt.

Uppföljning av det riskreducerande arbetet görs av Västerviks Räddningstjänst genom årliga brandsyner. Det dokument som ligger till grund för räddningstjänstens brandsyn är oljedepåns riskanalys med eventuella föreslagna riskreducerande åtgärder. Det finns dock en fara med att räddningstjänsten använder sig av oljedepåns riskanalys då risker på anläggningen kan undervärderas p.g.a. att riskkanalysarbetet endast utförs av personal från anläggningen.

För det dagliga riskreducerande- och underhållsarbetet finns det en kontrollplan där alla underhållsrutiner är journalförda. Detta sköts och kontrolleras av personalen på oljedepån.

Om oljedepån skulle drabbas av yttre störningar så som el-, IT- och teleavbrott så är sannolikheten mycket låg att det inträffar någon olycka, genom t.ex. överspolning vid lastning av tankbil. Skulle ett elavbrott inträffa bryts flödet genom ledningarna med mekaniska säkerhetsventiler. Vid kommunikationsstörningar med OK-Q8's centrala datasystem så fungerar det att lasta tankbilarna manuellt från lastningsplatsen. Om ett läckage skulle inträffa vid lastning av tankbil så finns det ett nivåalarm i hamnens oljeavskiljare som direkt larmar räddningstjänsten. Det är dock svårare att skydda sig mot yttre störningar i form av sabotage. Anläggningen är inhägnad med stängsel och det krävs passerkort för att komma in på området efter stängningsdags. Men det är inga större problem att hoppa över stängslet och in på området, som inte har någon bevakning i form av övervakningslarm eller vaktbolag.

8.3 Utvärdering av befintlig riskanalys

Risikanalysen för depån i Västervik innehåller de uppgifter som ska ingå enligt § 43 i räddningstjänstlagen, § 8 i SNFS samt dåvarande lagstiftning i AFS 1989:6. Redovisningen upplevs dock som lite för uppspaltad och knapphändig. En riskanalys i rapportform med utförliga förklaringar är att föredra. Främst är det en utredning av brandgasspridningen vid en eventuell storbrand som saknas. En översiktskarta över Västervik med anläggningen och trolig brandgasspridning utritad skulle vara önskvärd. Det vore även bra med en komplettering av den individ- och samhällsrisk som depån belastar Västervik med.

Det är en riskanalys som väldigt detaljerat går igenom olika steg i hanteringen av oljeprodukter, från inlastning till depån och förvaring till utlastning till tankbilar. Utarbetandet av analysen görs av erfaren personal på depån och till sin hjälp har de en mall för riskanalys av oljedepå /DD/. Riskanalysen bygger med andra ord på erfarenhet, kunskap om anläggningen samt viss statistik. Fara finns dock att risker på anläggningen kan undervärderas då endast personal från anläggningen deltar i riskanalysarbetet. För att minska de subjektiva bedömningarna, som till stor del är nödvändiga i vissa fall, är det lämpligt att ha medlemmar i analysarbetet som inte har egenintresse i verksamheten /O/.

Beskrivningarna av scenarierna i analysen är lättförståliga och valet av olyckshändelser är lämpliga. Konsekvenserna i händelse av brand i vissa scenarier anses dock som lite väl milda. Det är visserligen svårt att avgöra vad som händer med personal vid en eventuell poolbrand, men att helt utesluta personskador är inte rimligt.

Det är bra att det i riskanalysen påpekas att de sannolikhetsindex som räknas fram i analysbladen inte är några absoluta tal utan är till för att gradera riskerna. Användbarheten av analysen blir stor eftersom det ofta går att urskilja de risker som behöver prioriteras i det förebyggande arbetet.

Förslag till förbättringar av riskanalysen:

- Komplettering med utredning om brandgasspridning.
- Komplettering med beräkning av individ- och samhällsrisk där det ingår riktlinjer och kriterier för riskbedömning.
- Använda utomstående sakkunniga i riskanalysarbetet som inte har egenintresse i verksamheten.
- Kvalitetsgranskning av riskanalysen med exempelvis utomstående risk- eller brandkonsult.
- Omskrivning av riskanalysen till rapportform. Enligt Kemikontoret /O/ rekommenderas en riskanalys innehålla:
 1. Sammanfattning.
 2. Syfte och omfattning med granskningen.
 3. Använda metoder och verktyg.
 4. Använt underlag.
 5. Analysgruppens sammansättning.
 6. Studerade händelser och situationer.
 7. Identifiera riskkällor, potentiella olycksscenarier och konsekvenser.
 8. Värdering av risker (och riskkriterier).
 9. Rekommenderade åtgärder samt i vilken ordning de bör prioriteras.
 10. Bilagor på analysprotokoll och beräkningar.

8.4 Riskmedvetenheten bland allmänheten

För att få en bild över om de boende i oljedepåns omgivning upplever verksamheten som riskfylld, genomfördes en enkätundersökning i Västervik stad under sommaren 2001. Enkäten har titeln "Enkätundersökning om riskupplevelse i Västerviks stad". Det fullständiga resultatet och den exakta utformningen av enkäten återfinns i appendix J.

Ungefär hälften av enkätsvaren representerar ett område som ligger nära oljedepån, Midgård på Östersjövägen och övriga hälften ett område på Varvsgatan, inne i centrala Västervik. Områdesindelning gjordes med hänsyn till närhet till oljedepån för att se om det finns skillnader i uppfattningar bland de boende beroende på hur nära oljedepån de bor. De som tycker att oljedepån utgör en hälsorisk, bor nästan uteslutande i området Midgård på Östersjövägen. Det kan förklaras med att de bor nära och tydligt ser oljedepån från sin bostad. Enkäten visar dock att av de som känner till oljedepån, tycker de flesta inte att oljedepån utgör någon större hälsorisk.

Även om bara två områden i Västervik har undersökts går det att få en viss fingervisning om invånarnas uppfattning om riskfyllda verksamheter i Västervik, som oljedepån på ön Lucerna. Det visade sig att en del invånare har ett relativt stort riskmedvetande. Det inkom bland annat förslag på att anlägga en ny infart till Västervik, söderifrån, för att minska farligtgods transporterarna genom Västerviks stad.

9 Diskussion

Denna rapport identifierar och värderar i huvudsak de risker inom områdena säkerhet, hälsa och miljö som påverkar tredje person, men även risker för personal beaktas. Rapporten är till stor del en kvantitativ riskanalys på oljedepån där riskerna redovisas som individ- och samhällsrisk. I riskhanteringsarbetet så använder sig oljedepån av SPI:s riskanalysmall som i huvudsak inriktar sig på risker för egendomsskada och produktionsstörningar. Vår uppfattning är att ingen av de båda riskanalyserna var för sig räcker för att kartlägga oljedepåns totala riskbild. Däremot menar vi att den befintliga och våran riskanalys är ett mycket bra komplement till varandra. Den befintliga behandlar till stor del risker för anläggningen, medan riskanalysen i denna rapport skapar ett underlag för en långsiktig planering av säkerhetshöjande åtgärder som är sammankopplade till verksamheten på oljedepån. I framtida riskhanteringsarbete kan antingen dessa två riskanalyser integreras till en riskanalys eller som nu göras var för sig.

Resultatet av rapporten i stort är att vi anser att verksamheten på och omkring oljedepån inte belastar allmänheten i Västervik för en för hög samhällsrisk. Enkätundersökningen visar att allmänheten har ungefär samma uppfattning, vilket tyder på en relativt bra riskmedvetenhet bland invånarna. Visserligen finns det risker med oljedepån, så som transporter med farligtgods till och från anläggningen. Det gäller dock att se till att samhällets totala intresse tillvaratas när man värderar risker.

De riskreducerande åtgärder som markant skulle minska samhällsriskerna är att göra farligtgodsleden säkrare, bland annat genom att göra en ny sydlig infartsväg till Västervik där farligtgodstrafiken leds. En annan viktig del i det riskreducerande arbetet är det riskhanteringsarbete som dagligen bedrivs på oljedepån. Skydds- och säkerhetsarbetet är för de anställda en viktig del av arbetet på anläggningen där det förebyggande arbetet bedrivs framgångsrikt. Kvalitetscertifiering och internkontroll är några sätt som används för att förbättra och utveckla skyddsarbetet för att minska riskerna för olyckor och bränder.

Vad som saknas i riskhanteringsarbetet på oljedepån är riktlinjer och riskkriterier för riskbedömning. Riskkriterier kan exempelvis redovisas i individ- och samhällsrisk. Gemensamma riskkriterier för hela koncernen skulle underlätta riskhanteringsarbetet för utförarna av riskanalyserna och göra det lättare att jämföra riskerna mellan olika verksamheter. På så vis kan koncernledning lättare besluta om var riskreducerande åtgärder har den högsta effektiviteten för att förbättra riskbilden.

I dagsläget är det upp till depåchefen i riskhanteringsarbetet att värdera om riskerna är acceptabla eller ej. Det finns inga kontrollrutiner som gör att säkerhetsansvariga inom koncernen kontrollerar riskanalyserna på plats vid varje oljedepå. För att få ett så effektivt och utvecklande riskanalysarbete som möjligt anser vi att det är viktigt att "riskexperterna" inom koncernen och utförarna av riskanalyserna möts ute på anläggningarna. Riskhanteringsarbetet blir annars lätt rutinarbete för depåcheferna som inte utvecklar sin riskanalysförmåga och sitt risktänkande.

Riskanalysen i denna rapport ska ligga till grund för räddningstjänstens fortsatta arbete med insatsplaner för anläggningen. Vidare kan riskanalysen tillämpas på liknande anläggningar genom att använda samma analysstruktur (se appendix M) för att sedan anpassa riskanalysen efter varje specifik anläggning.

10 Referenser

- /A/ American Institution of Chemical Engineers, **CPQRA – Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis**, New York, 1989
- /B/ Ang & Tang, **Probability Concepts in Engineering, Planning and Design**, Wiley, New York, 1984
- /C/ Bengtsson, G. (Professor), Föreläsningar under våren 2001 på civilingenjörsprogrammet i Riskhantering vid LTH, Lund, 2001
- /D/ Brandt, N. & Gröndahl, F., **Miljö effekter**, del 4, Graphium/Nordstedt AB, ISBN 91-630-9297-2, Stockholm 2000
- /E/ Brandteknik LTH, **Analytisk lösning av värmeledningsekvationen**, sammanställningsstencil, Brandteknik LTH, Lund, 1990
- /F/ Brandteknik LTH, **Brandrök**, sammanställningsstencil i kursen Brandkemi, Brandteknik LTH, Lund, 1998
- /G/ Cox, A.W., et al., **Classification of Hazardous Location**, Institution of Chemical Engineers, ISBN 0-85295258-9, Warwickshire, 1990
- /H/ Davidsson, G., Lindgren, M. & Mett, L., **Värdering av risk**, Statens räddningsverk, FoU rapport nr.P21-182/97, Karlstad, 1997
- /I/ Drysdale, D., **An Introduction to Fire Dynamics**, John Wiley & Sons Ltd, ISBN 0-471-90613-1, Chichester, 1999
- /J/ Fischer S., et al., **Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor**, Försvarets Forskningsanstalt (FOA), Stockholm, 1995
- /K/ Haeffler, L., et al., **Vägledning för riskbedömning av kyl- och frysanläggningar med ammoniak**, Statens räddningsverk, ISBN 91-7253-085-5, Karlstad, 2000
- /L/ Hassenzahl, D. & Kammen, D., **Should We Risk It?**, Princeton University Press, Princeton, 2000
- /M/ Holmstedt, G., **Kompendium i släckmedel och släckverkan**, Avdelningen för Brandteknik vid LTH, Lund, 1999
- /N/ Karlsson, B. & Quintiere, J.G., **Enclosure Fire Dynamics**, CRC Press LLC, ISBN 0-8493-1300-7, (Boca Raton, 2000)
- /O/ Kemikontoret, **Riskhantering 3 – Tekniska riskanalytiska metoder**, Kemikontoret, Stockholm, 2001
- /P/ Kolluru, R., Bartell, S., Pitblado, R. & Stricoff, S., **Risk Assessment and Management Handbook**, McGraw-Hill, Inc., ISBN 0-07-035987-3, New York, 1996
- /Q/ Krook, M. & Malmberg, B., **Planeringsunderlag för kylning**, Statens räddningsverk, Karlstad, 2000
- /R/ NFPA, **SFPE Handbook of Fire Protection Engineering**, NFPA, ISBN 0-87765-354-2, Quincy, 1995

- /S/ Nilsson, J., **Introduktion till riskanalyismetoder**, LUCRAM, Lund, 2000
- /T/ OK Ekonomiska Förening, **Årsredovisning 2000/01**, OK Ekonomiska Förening, Stockholm, 2001
- /U/ OK-Q8 AB, **Miljökontrollprogram för luft, dagvatten och förorenat vatten**, OK-Q8 AB, Västervik, 1999
- /V/ Olsen, H. (ansvarig för hemsidan), **Operativ räddningstjänst**, Hämtad den 2 juli från World Wide Webb. <http://www.vastervik.se/raddning/>
- /W/ Paabo, M.; Levin, B.: **A Literature Review of the Chemical Nature and Toxicity of the Decomposition Products of Polyethylenes**, NBSIR 85-3268, U.S. Department of Commerce National Bureau of Standards, January 1986
- /X/ Pedersen, S., **Policy för verksamhetsskydd inom OK-Q8 AB**, OK-Q8 AB, Stockholm, 2000
- /Y/ Persson, B., et al., **Utsläpp från bränder till atmosfären**, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, ISBN 91-7848-598-3
- /Z/ Persson, B. & Persson H., **Påverkan från värmestrålning vid brand i cisternlager**, Sveriges Provnings- och Forskningsinstitut, ISBN 91-7848-610-6, Borås 1996
- /AA/ Persson, S., **Brand och miljöeffekter – Kunskapsöversikt**, Statens räddningsverk, ISBN 91-88890-34-1, Karlstad, 1996
- /BB/ Rodhe, H., **Kompendium i luftföroreningsmeteorologi**, Meteorologiska institutionen vid Stockholms universitet, 1982
- /CC/ Statens räddningsverk, **Farligt gods – Riskbedömning vid transport**, Statens räddningsverk, Karlstad, 1996
- /DD/ Svenska Petroleum Institutet, **Mall för Riskanalys av oljedepåer och oljehamnar**, Svenska Petroleum Institutet och Svenskt Oljehamnsforum, revision 3, 2000
- /EE/ Svenska Petroleum Institutet, **SMC AB – Släckmedelscentralen**, Hämtad den 10 juli från World Wide Webb. <http://www.spi.se/>
- /FF/ Svensson, C., **Kompendium i Geologi, hydrogeologi och grundvatten**, Institutionen för Geoteknologi LTH, Lund, 2000
- /GG/ Telefonsamtal med tanktillverkare Tankman i Mjölby (Rolf Karlsson och Mikael Nyblom) Tfn 0142-29 99 00
- /HH/ Thiessen, M., **Programmet Gaussplym – Ett verktyg i Windows-miljö för studier av kontinuerliga utsläpp**, FOA Rapport C 40326-4.5, 1994
- /II/ Van Wechem, P., **Pre-Incident Planning**, Industrial Fire Journal Conference, Singapore, 1998
- /JJ/ Vägverket, **Väginformation – Kalmar län**, Produktion T-kartor Sweden AB, 2000

Appendix A: Överspolning vid bilutlastning

A.1 Framtagande av felfrekvens

För att få fram felfrekvensen för överspolning har statistik från OK-Q8 AB använts. Olika olyckstillbud de senaste tre åren har analyserats och legat till grund för framtagandet av felfrekvensen. Därefter har ett händelsetråd (se figur A.2.1) skapats för att illustrera hela händelseförloppet och för att få fram felfrekvenser för de olika delscenarierna.

Total årsomsättning av petroleumprodukter för OK-Q8 AB: 1 954 700 ton
 Antagen medellastningsvikt på tankbilarna: 30 ton
 Antalet fyllningar per år: 65 156 st

Enligt statistik från OK-Q8 AB från de senaste tre åren så sker det i medeltal tre stycken överfyllningar per år vid tankning av petroleumprodukter.

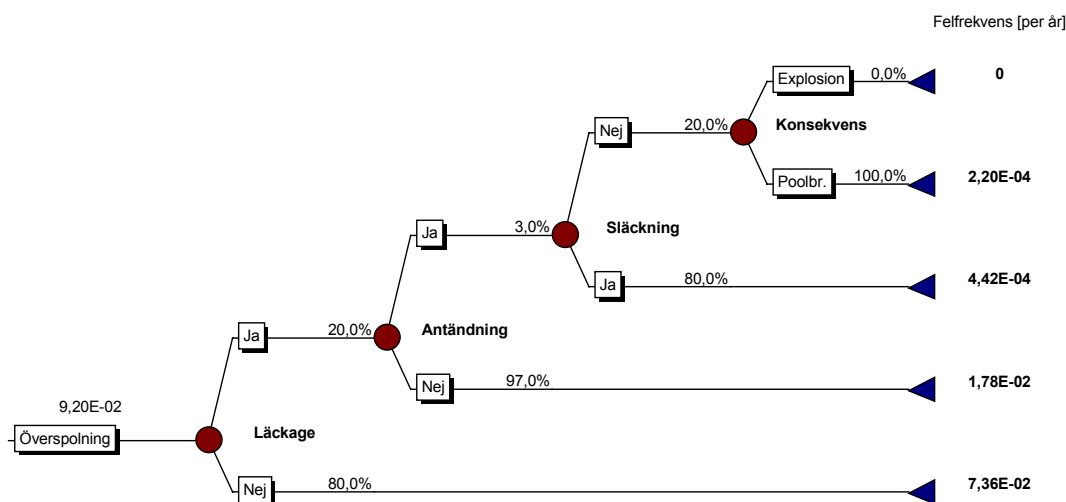
⇒ Sannolikheten för överspolning vid lastning: $P_{\text{översp.}} = 4,6 \cdot 10^{-5}$

När den nya bilutlastningsplatsen är färdig kan oljedepån i Västervik öka sin omsättning med upp till 180 000 ton petroleumprodukter per år. Detta skulle innebära cirka 2000 bensenlastningar per år med bensen (förhållandet diesel/bensen är 65/35).

Sannolikheten för att det sker en överspolning med bensen under ett driftår med den nya omsättningen:

⇒ $P_{\text{öpa}} = 9,2 \cdot 10^{-2}$

A.2 Händelsetråd



Figur A.2.1 Händelsetråd

A.3 Effektkonstruktion

Poolbrandens storlek är begränsad till mängden bensin som spolas över tanken. I detta fall antas en utsläppsmängd på cirka 250 liter bensin på en yta av 50 m².

Effektutvecklingen från en poolbrand beräknas enligt formeln /N/.

$$\dot{Q} = \dot{m}'' \cdot \chi \cdot A \cdot \Delta H_c \quad [\text{MW}] \quad [\text{ekv. A.1}]$$

där

\dot{m}'' = massförlust [kg/m²s] (0,048 kg/m²s)

χ = förbränningseffektivitet [-] (0,7)

A = poolens area [m²] (50 m²)

ΔH_c = energiinnehåll [MJ/kg] (46,45 MJ/kg)

$$\Rightarrow \dot{Q} = \underline{78 \text{ MW}}$$

Värdena inom parantes är de som gäller för bensin.

A.4 Värmestrålning

Vid en poolbrand är det väsentligt att kontrollera på vilka avstånd från branden som det är farligt för en människa att befinna sig, dvs. hur stark värmestrålningen blir från branden. En metod att kontrollera detta är att se på vilka avstånd som bar exponerad hud får andra gradens brännskador. Poolbranden antas ha en area på ca 50 m² i beräkningarna nedan.

Strålningen per ytenhet P [kW/m²] beräknas enligt följande formler /J/:

Ekvivalent diameter d_f :

$$d_f = 4 \cdot \frac{A_{\text{poolbrand}}}{S_{\text{Poolomkrets}}} = 4 \cdot \frac{50}{28,3} = 7,1 \text{ m} \quad [\text{ekv. A.2}]$$

Flamhöjd h_f :

$$h_f = d_f \cdot 42 \left[\frac{\dot{m}''}{\rho_l \sqrt{g \cdot d_f}} \right]^{0,61} = 11,8 \text{ m} \quad [\text{ekv. A.3}]$$

Strålning per ytenhet P :

$$P = \frac{0,35 \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c}{1 + 4 \frac{h_f}{d_f}} = \underline{101 \text{ kW/m}^2} \quad [\text{ekv. A.4}]$$

där

$\dot{m}'' =$ massförlust [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$] (0,048 $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

$\rho_l =$ luftens densitet [kg/m^3] (1,29 kg/m^3)

$g =$ tyngdaccelerationen [m/s^2] (9,81)

$\Delta H_c =$ energiinnehåll [MJ/kg] (46,45 MJ/kg)

Med detta menas att strålningen är cirka 100 kW/m^2 precis vid flamfronten. Värdena inom parantes är de som gäller för bensin.

A.4.1 Värmestrålningens påverkan på människor

För att räkna fram temperaturen T och strålningen P_s vid olika avstånd från poolbranden behövs följande formler /J/.

$$P_s = \sigma \cdot T^4 \quad \text{[ekv. A.5]}$$

$$P_{12} = P_s \cdot \tau \cdot F_{12}$$

där [ekv. A.6]

$T = 900 \text{ }^\circ\text{C}$ (adiabatiska flamtemperaturen)

$\sigma =$ Stefan-Boltzmanns konstant [$5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W}/\text{m}^2\text{K}^4$]

$P_{12} =$ infallande strålning från A_1 till A_2 [W/m^2]

$\tau =$ transmissionsförmågan [från tabell /J/]

$F_{12} =$ vinkelkoefficient från A_1 till A_2

Värmestrålningen kan sedan beräknas med hjälp av figurer och diagram i /J/. Varaktigheten av värmestrålningen antas vara 10 sekunder. Den skada som olika nivåer på värmestrålningen orsakar redovisas nedan i tabell A.4.1.

Avstånd från poolbranden [m]	Värmestrålning [kW/m^2]	$t \cdot P^{(4/3)} \cdot 10^6$	2:a gradens brännskada [%]
3,5	101	44	100
5	44	16	95
7	26	8	45
8	24	7	30
9	18	5	10
10	15	4	5
12	13	3	-
15	7	-	-
20	5	-	-

Tabell A.4.1 Konsekvenser av värmestrålning

Observera att tabell A.4.1 är för bar hud då klädsel naturligtvis skyddar från strålning. Vid kortvarig strålning är det endast bar hud som skadas. Cirka 20 % av människokroppen (huvud, händer, nacke och underarmar) är oskyddad även för påklädda personer. Om en person endast får 20 % brännskador kan man räkna med att risken för att få dödliga skador är cirka 15 % /J/.

Sannolikheten för att få livshotande personskador vid en poolbrand måste uppskattas som liten då avståndet från brandens centrum och till en kritisk nivå på strålningen är kort. Någon risk för skador på tredje person finns inte. De som däremot eventuellt kan drabbas är personal på oljedepån samt chauffören av tankbilen.

A.4.2 Värmestrålningens påverkan på tanken

Kritiska förhållanden uppnås då insidan av tankväggen uppnår den temperatur då gasfasen självantänder, den så kallade AIT (Auto Ignition Temperature). För bensin så ligger denna temperatur på cirka 440 °C /R/.

För att en självantändning ska kunna inträffa så måste även bensinen i gasfasen befinna sig inom brännbarhetsområdet. För bensin är brännbarhetsområdet mellan 1,2 - 7,1 % /R/.

En uppvärmning av bensinen i tanken skulle kunna få till följd att stora mängder bensin förångas. Det medför att ett högt tryck byggs upp i tanken med stora mängder bensinånga. Skulle detta tryck bli för högt så ökar sannolikheten för att tanken rämnar från insidan på dess svagaste punkt. Stora mängder bensin, både i vätske- och gasfas, kommer då att spruta ut och antändas av poolbranden. Scenariot kan liknas vid en explosion.

Uppvärmning av tanken skulle också kunna innebära att tankens insida blir så varm att temperaturen överstiger självantändningstemperaturen. Skulle gasblandningen också ligga inom brännbarhetsområdet så antänds bensinen i tanken. Det skulle kunna innebära en kraftig tryckuppbyggnad med ett explosionsliknande scenario som följd. För att bensinbranden i tanken ska kunna bygga upp detta höga tryck så krävs det tillförsel av luft (syre).

A.4.2.1 Uppvärmning av tank

Vad som är intressant att beräkna är tiden t tills det att kritisk temperatur uppnås i tanken, dvs tiden tills det att självantändning inträffar. Tiden t beräknas enligt formeln för kritisk massa /E/:

$$\frac{T(t) - T_g}{T_0 - T_g} = e^{\frac{-t}{t_c}} \quad [\text{ekv. A.7}]$$

där

$T(t)$ = temperaturen för givet avstånd d in i materialet efter tiden t [°C]

T_0 = omgivningstemperaturen före brandpåverkan [°C]

T_g = brandtemperaturen som påverkar materialet [°C]

t = tiden [s]

t_c [s] är tidskonstant för systemets och beräknas enligt formeln:

$$t_c = \frac{c \cdot \rho \cdot d}{h} \quad [\text{ekv. A.8}]$$

där

c = specifika värmekapaciteten [J/kgK]

ρ = materialets densitet [kg/m³]

d = materialets tjocklek

h = totala värmeövergångstalet [W/m²K]

För att beräkna tiden t för uppvärmning med koncentrerad massa måste följande villkor vara uppfyllt:

$$\frac{h \cdot d}{k} \leq 0,1 \quad [\text{ekv. A.9}]$$

där k är materialets värmeledningstal [W/m°C]

A.4.2.2 Beräkning av scenario

$T(t) = 440 \text{ °C}$ (AIT för bensin) /R/

$T_0 = 20 \text{ °C}$ (antagen utomhustemperatur)

$T_g = 900 \text{ °C}$ (flamtemperaturen)

$d = 0,0054 \text{ m}$ (tanktjocklek, uppgift från tillverkare /GG/)

$c = 460 \text{ J/kgK}$ (specifika värmekapaciteten för stål)

$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3$ (densitet för stål)

$h = 100 \text{ W/m}^2\text{K}$ (totala värmeövergångstalet vid 900 °C /E/)

$k = 45 \text{ W/m}^\circ\text{C}$ (värmeledningstal för stål)

Villkoret för koncentrerad massa är uppföljt och ekv. A.7 ger:

$t = \underline{2,1 \text{ min}}$

Poolbrandens varaktighet t_v [s] är beroende av utsläppets mängd, area och massavbrinningshastigheten för ämnet. Med $A = 50 \text{ m}^2$, $\dot{m}'' = 0,048 \text{ kg/m}^2\text{s}$ och 250 liters utsläpp ger:

$t_v = \underline{1,7 \text{ min}}$

Detta innebär att temperaturen aldrig hinner uppnå självantändningstemperaturen (AIT) på 440 °C innan poolbranden självdör. I beräkningarna har också T_g valts till den adiabatiska flamtemp 900 °C, vilket är den högsta temperatur som flammen teoretiskt kan uppnå. Med det menas att beräkningen är på den säkra sidan och att en lägre flamtemperatur skulle förlänga tiden till självantändning i tanken. Även den antagna utsläppsmängden på 250 liter är i överkant då endast en liten del av den bensinen som spolas över tanken rinner genom gasåtervinningsledningen.

A.4.2.3 Känslighetsanalys på flamtemperaturen

För att få en uppfattning om hur stor betydelse T_g (flammans temperatur) har för tiden till självantändning så varieras den mellan 500 – 900 °C i tabell A.4.2.3.

Temperatur T_g [°C]	900	800	700	600	500
Tid till antändning [min]	2,1	2,5	3,5	5,2	11,2

Tabell A.4.2.3 Känslighetsanalys på T_g

Känslighetsanalysen visar att tiden till självantändning är beroende av flamtemperaturen T_g . Ett mer troligare värde på T_g (än 900 °C) är mellan 600 - 700 °C. Det skulle innebära att poolbrandens varaktighet måste uppnå cirka 5 minuter. För att klara denna tid måste utsläppet vara över 700 liter (för $A = 50 \text{ m}^2$), vilket är ganska osannolikt för detta scenario.

A.4.2.4 Känslighetsanalys på utsläppts storlek

Här varieras utsläppets mängd [kg] och poolens area [m^2] för att få en uppfattning om poolbrandens varaktighet t_v . Resultatet redovisas i tabell A.4.2.4. Varaktigheten kan sedan jämföras med tiden till antändning i tabell A.4.2.3.

$\text{m}^2 \downarrow$ $\text{kg} \rightarrow$	50	100	200	400	600
25	40 s	1,4 min	2,8 min	5,6 min	8,3 min
50	20 s	40 s	1,4 min	2,8 min	4,2 min
75	15 s	30 s	55 s	1,9 min	2,8 min
100	10 s	20 s	40 s	1,4 min	2,1 min

Tabell A4.2.4 Känslighetsanalys på utsläppts storlek

För att en självantändning av tanken ska kunna vara möjlig måste det minst brinna i 5 minuter enligt resonemanget i A.4.2.3. För att uppnå detta så måste utsläppet vara stort och poolbrandens area liten. Detta är dock bara ett av två kriterier som måste vara uppfyllda. Det andra kriteriet är att den förångade bensingasen måste ligga inom brännbarhetsområdet.

A.5 Resultat

Sannolikheten för att få livshotande personskador vid en poolbrand måste uppskattas som liten då avståndet från brandens centrum och till en kritisk nivå på strålningen är kort, ca 8 m. Någon risk för skador på tredje person finns inte. De som däremot eventuellt kan drabbas är personal på oljedepån samt chauffören av tankbilen.

Poolbrandens varaktighet måste minst vara 5 minuter för att uppnå den teoretiska självantändningstemperaturen inne i tanken. För att kunna uppnå detta så måste utsläppet vara stort och poolbrandens area liten. Känslighetsanalys av flamtemperaturen, utsläppets mängd och area visar att sannolikheten för en självantändning eller ett explosionsliknande scenario av tanken kan anses vara mycket låg.

Appendix B: Överspolning av cistern

B.1 Framtagande av felfrekvens

Eftersom det sker så få cisternbränder i världen är det svårt att hitta någon bra statistik eller sannolikhet för detta. Det är även stor skillnad i säkerhet på oljedepåer mellan olika länder framförallt mellan i- och u-länder. För att få fram felfrekvensen för cisternbrand har vi använt oss av den statistik som finns tillgänglig hos OK-Q8 AB.

Total årsomsättning av petroleum för OK-Q8 AB: 1 954 700 ton
 Beräknad medelvikt av bensin i en full cistern: 2270 ton
 Antalet fyllningar per år: 860 st

Enligt statistik från OK-Q8 AB från de senaste tre åren så sker det i medeltal en överspolning per år vid fyllning av petroleumprodukter i cisterner.

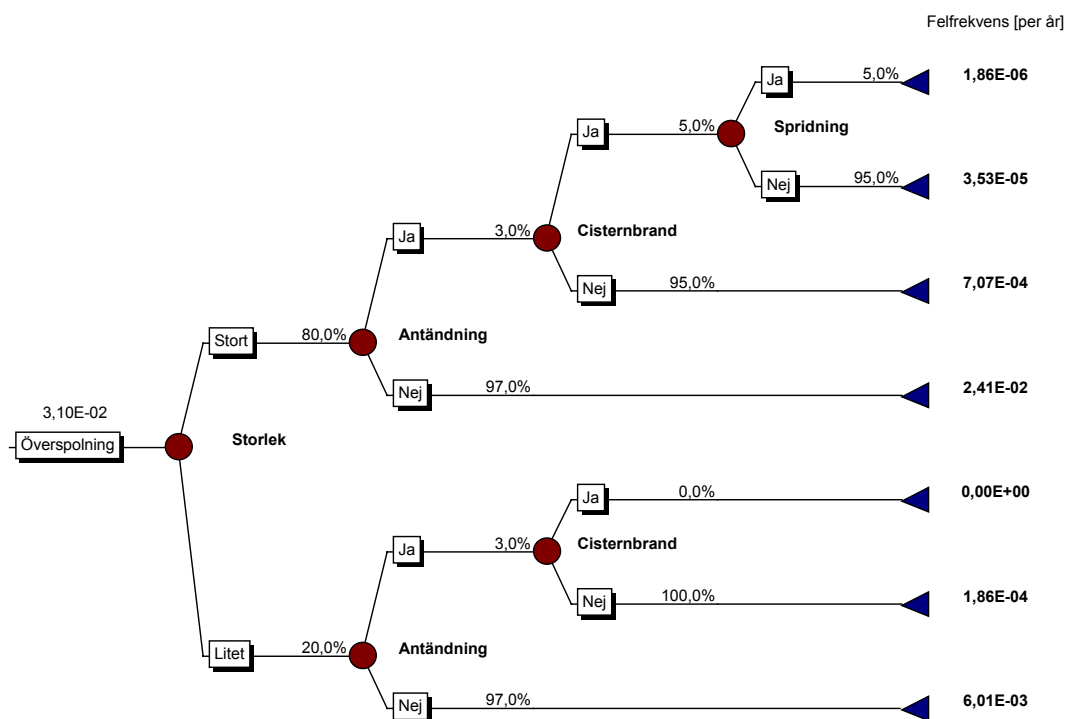
⇒ Sannolikheten för överspolning av cistern: $P_{\text{översp.}} = 1,16 \cdot 10^{-3}$ per fyllning

När den nya bilutlastningsplatsen är färdig kan oljedepån i Västervik öka sin omsättning med upp till 180 000 ton petroleumprodukter per år. Detta innebär cirka 28 stycken cisternfyllningar per år med bensin (förhållandet diesel/bensin är 65/35).

Sannolikheten för att det sker en överspolning av en cistern med bensin under ett år med den nya omsättningen.

⇒ $P_{\text{öpa}} = 3,1 \cdot 10^{-2}$

B.2 Händelseträd



Figur B.2 Händelseträd.

B.3 Värmepåverkan på cisternen

Kritiska förhållanden uppnås då insidan av cisternväggen uppnår den temperatur då gasfasen självantänder, den så kallade AIT (Auto Ignition Temperature). För bensin så ligger denna temperatur på cirka 440 °C /R/.

För att en självantändning ska kunna inträffa så måste även bensinen i gasfasen befinna sig inom brännbarhetsområdet. För bensin är brännbarhetsområdet mellan 1,2 - 7,1 % /R/.

Uppvärmning av cisternväggens insida skulle kunna innebära att väggens insida blir så varm att temperaturen överstiger självantändningstemperaturen. Skulle gasblandningen också ligga inom brännbarhetsområdet så kan bensinen i tanken antändas. En förutsättning för antändning är att det flytande taket inne i cisternen inte fungerar som det ska, dvs förhindrar att det finns en brännbar blandning av bensinångor ovanför vätskeytan. Det flytande taket kan ha skadats vid överspolningen eller av den pågående branden runt cisternen. Det kan även finnas bensin från överspolningen uppe på taket som vid antändning skadat gummilisterna runt det flytande taket.

B.3.1 Beräkning av kritisk tid till självantändning

Vad som är intressant att beräkna är tiden t tills det att kritisk temperatur (AIT) uppnås i cistern 103, dvs tiden tills det att självantändning inträffar. Tiden t beräknas enligt formlerna i A.4.2.1:

$$\frac{T(t) - T_g}{T_0 - T_g} = e^{\frac{-t}{t_c}} \quad [\text{ekv. A.7}]$$

där

$$t_c = \frac{c \cdot \rho \cdot d}{h} \quad [\text{ekv. A.8}]$$

Insättning av specifika värden för detta scenario:

$$T(t) = 440 \text{ °C (AIT för bensin) /R/}$$

$$T_0 = 20 \text{ °C (antagen utomhustemperatur)}$$

$$T_g = 900 \text{ °C (flamtemperaturen)}$$

$$d = 0,006 \text{ m (cisternväggens tjocklek)}$$

$$c = 460 \text{ J/kgK (specifika värmekapaciteten för stål)}$$

$$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3 \text{ (densitet för stål)}$$

$$h = 100 \text{ W/m}^2\text{K (totala värmeövergångstalet vid 900 °C /E/)}$$

$$k = 45 \text{ W/m}^\circ\text{C (värmeledningstal för stål)}$$

Villkoret för koncentrerad massa är uppföljt och ekv. A.7 ger:

$$t = \underline{2,3 \text{ min}}$$

B.3.2 Flamhöjd

Flammorna från branden måste påverka cisternen ovanför vätskeytan inne i tanken för att kunna antända bensinångorna. Det är därför viktigt att kontrollera att lågorna når upp till den översta delen av tanken där vätskeytan kan antas befinna sig efter en överspolning. Flamhöjden h_f beräknas enligt ekvation A.3.

$$h_f = d_f \cdot 42 \left[\frac{\dot{m}''}{\rho_l \sqrt{g \cdot d_f}} \right]^{0,61} \quad [\text{ekv. A.3}]$$

där

d_f = poolbrandens diameter [m] ($d_{\text{invallning}} - d_{\text{cistern}} = 8,5 \text{ m}$)

\dot{m}'' = massförlust [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$] ($0,048 \text{ kg}/\text{m}^2\text{s}$)

ρ_l = luftens densitet [kg/m^3] ($1,29 \text{ kg}/\text{m}^3$)

g = tyngdaccelerationen [m/s^2] ($9,81$)

$$\Rightarrow h_f = \underline{13 \text{ m}}$$

Det innebär att flammorna når upp till den översta delen av tanken som är cirka 13 m. Men det innebär också att flamtemperaturen inte kan vara så hög som $900 \text{ }^\circ\text{C}$. Här påverkades flaman av vinden som späder ut den med kall luft plus en naturlig variation i höjddled. En känslighetsanalys på flamtemperaturen är gjord i tabell B.3.3 nedan.

B.3.3 Känslighetsanalys av flamtemperatur och utsläppsmängd

Eftersom inte flamtemperaturen kommer att vara så hög som i B.3.1 ($900 \text{ }^\circ\text{C}$) så är det intressant att göra en känslighetsanalys på flamtemperaturen och den kritiska tiden till självantändning. I känslighetsanalysen redovisas även den minsta teoretiska utsläppsmängd för given tid. Arean på invallningen är cirka 230 m^2 . Resultatet redovisas i tabell B.3.3.

Flamtemperatur [$^\circ\text{C}$]	900	800	700	600	500	450	400
Tid [min]	2,3	2,7	3,8	5,8	12,4	27	Under AIT
Minsta utsläpp [m^3]	1,5	1,8	2,5	3,8	8,2	18	-

Tabell B.3.3 Känslighetsanalys av flamtemperatur och AIT.

B.4 Brandspridning till intilliggande cistern

Om hela cistern 103 skulle antändas är det av intresse att undersöka risken för vidare brandspridning till övriga cisterner. I beräkningarna nedan så undersöks en brandspridning till cistern 114.

Cistern 102 ligger närmare cistern 103 än 114, se bild B.4. Men höjden på cistern 102 är lika med höjden på invallningen på cistern 103. Det medför att det bara blir en marginell värmestrålningspåverkan på cistern 102 vid en brand i cistern 103.

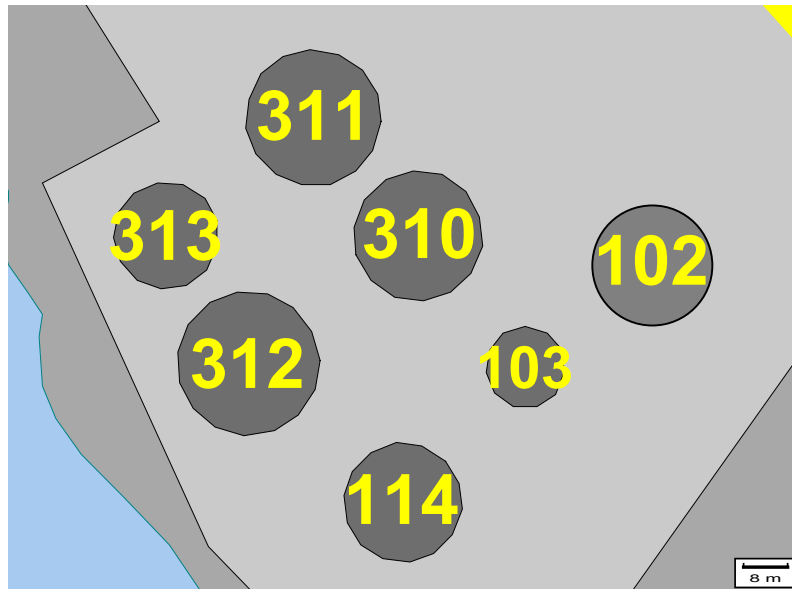


Bild B.4 Placering av cisterner

B.4.1 Beräkning av flamhöjden och värmestrålningen

Beräknar flamhöjden h_f , enligt ekvation A.3, för att se hur högt över invallningen som den sträcker sig.

$$h_f = d_f \cdot 42 \left[\frac{\dot{m}''}{\rho_l \sqrt{g \cdot d_f}} \right]^{0,61} \quad [\text{ekv. A.3}]$$

där

d_f = poolbrandens diameter [m] (diametern på invallningen, 22 m)

\dot{m}'' = massförlust [$\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$] (0,048 $\text{kg}/\text{m}^2\text{s}$)

ρ_l = luftens densitet [kg/m^3] (1,29 kg/m^3)

g = tyngdaccelerationen [m/s^2] (9,81)

$$\Rightarrow h_f = \underline{24 \text{ m}}$$

Flamman sträcker sig cirka 17 meter över invallningen, då invallningen är 7 meter.

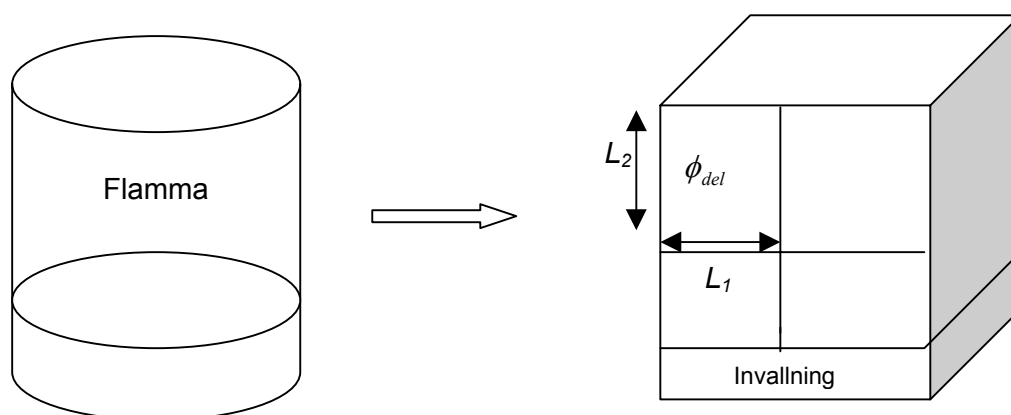
Värmestrålningen P är den strålning som direktpåverkande flammor ger upphov till. P beräknas enligt ekvation A.4.

$$P = \frac{0,35 \cdot m'' \cdot \Delta H_c}{1 + 4 \frac{h_f}{d_f}} = \underline{143 \text{ kW/m}^2} \quad [\text{ekv. A.4}]$$

B.4.2 Beräkning av brandspridning

B.4.2.1 Beräkning av synfaktorn ϕ och den infallande värmestrålningen.

För att beräkna värmestrålningen som träffar cistern 114 så måste hänsyn tas till synfaktorn //I. Synfaktorn ϕ är den andel av en strålning från en yta i alla riktningar som träffar en annan yta. I beräkningarna antas vindhastigheten vara liten och därför kan poolbranden approximeras till en plan strålände yta enligt figur B.4.2.1.



Figur B.4.2.1 Synfaktor.

Avståndet D till cistern 114 är cirka 14 meter. S och α beräknas för att kunna bestämma ϕ_{del} med hjälp av tabell i //I. $L_1 = 11$ meter och $L_2 = 8,5$ meter.

$$S = \frac{L_2}{L_1} = \frac{8,5}{11} = 0,77 \quad [\text{ekv. B.1}]$$

$$\alpha = \frac{L_1 \cdot L_2}{D^2} = \frac{11 \cdot 8,5}{14^2} = 0,477 \quad [\text{ekv. B.2}]$$

$$\Rightarrow \phi_{del} = 0,092$$

$$\phi_{total} = 4 \cdot \phi_{del} = 0,368 \quad [\text{ekv. B.3}]$$

Infallande värmestrålningstrålning P_i på cistern 114.

$$P_i = \phi_{total} \cdot \varepsilon \cdot \sigma \cdot T^4 \quad [\text{kW/m}^2] \quad [\text{ekv. B.4}]$$

där

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

ε = emissionstalet [-] (Väljs till 0,6 pga att bensin ger en sotande flamma /Z/)

T = flamtemperaturen [K] (adiabatisk flamtemperatur ca 1200 K)

$$\Rightarrow P_i = \underline{24 \text{ kW/m}^2}$$

B.4.2.2 Känslighetsanalys på flamtemperaturen

För att få en uppfattning om hur stor betydelse flammans temperatur T har för storleken på den infallande värmestrålningen på cistern 114 så varieras den mellan 400-900 °C (ca 700-1200 K) i tabell B.4.2.2.

Temperatur [°C]	900	800	700	600	500	400
Strålning [kW/m ²]	24	17	11	7	4	3

Tabell B.4.2.2 Känslighetsanalys på flamtemperaturen.

B.4.3 Värmeledning genom cistern 114

Temperaturen på utsidan av väggen på cistern 114 vid given infallande värmestrålning (tabell B.4.2.2) redovisas i tabell B.4.3. T beräknas med $P_i = \sigma \cdot T^4$.

Strålning på cistern 114 [kW/m ²]	24	17	11	7	4	3
Temp. utsida av cisternvägg [°C]	530	460	390	320	260	190

Tabell B.4.3 Temperatur som funktion infallande värmestrålning..

Värmeledningen genom cisternväggen och tiden tills insidan av väggen uppnått den teoretiska antändningstemperaturen (AIT) beräknas med ekvationerna A.7 och A.8. Känslighetsanalys på tiden t till AIT inne i cistern 114 är gjord för givna värden på värmestrålningen och flamtemperaturen (enligt tabellerna B.4.2.2 och B.4.3). Även den totala tiden från antändning i invallningen redovisas nedan i tabell B.4.3.2.

$$\frac{T(t) - T_g}{T_0 - T_g} = e^{\frac{-t}{t_c}} \quad \text{[ekv. A.7]}$$

där

$$t_c = \frac{c \cdot \rho \cdot d}{h} \quad \text{[ekv. A.8]}$$

Flamtemperatur [°C]	900	800	700	600	500	400
Temp. utsida av cisternvägg [°C]	530	460	390	320	260	190
Tid till AIT [min]	6,2	12	T under AIT	T under AIT	T under AIT	T under AIT

Tabell B.4.3.2 Känslighetsanalys på tiden t till AIT.

B.5 Resultat

För att en självantändning ska kunna inträffa i cisternen så måste flammorna nå ända upp till cisternväggens överkant där vätskenivån ligger. Enligt beräkningarna når flammorna precis upp till överkant av väggen, men här är flamtemperaturen lägre pga naturlig variation i höjd och utspädning av kall luft (vind). Flamtemperaturen måste vara över 450 °C i ca 25 minuter för att en självantändning ska kunna inträffa. Är flamtemperaturen högre går det snabbare till antändning.

För en självantändning i cistern 103 krävs alltså att en stor mängd bensin spolas över för att det ska kunna brinna tillräckligt lång tid för att uppnå AIT. Inom denna tid (15 - 25 minuter) är det stor sannolikhet att räddningstjänsten har hunnit påbörja kylning av cisternen och på så vis förhindrat en upphettning av cisternväggen. Vid en invallningsbrand efter en överspolning (begränsat utsläpp) så är sannolikheten för brandspridning till cisternen ganska låg.

Skulle dock hela cistern 103 antändas finns det en liten sannolikhet för ytterligare brandspridning till intilliggande cisterner. Kritisk tid till självantändning för cistern 114 skulle bli enligt resonemanget ovan. 15 – 25 minuter för självantändning av cistern 103 plus ca 15 minuter för upphettning av insidan av väggen på cistern 114 till AIT, dvs. 30 – 40 minuter. Räddningstjänsten har efter så lång tid med största sannolikhet påbörjat kylning av intilliggande cisterner eller till och med lyckats släcka cisternbranden. Dessutom måste flamtemperaturen från den brinnande cisternen vara över 750 °C. De ovan nämnda faktorerna får till följd att sannolikheten för brandspridning till ytterligare cisterner vid detta olycksscenario (begränsat utsläpp) kan anses vara låg.

Då oljedepån är inhägnad och ligger avlägset från närmsta bebyggelse finns det ingen risk för skador på tredje person orsakat av värmestrålningen från branden. Det enda som eventuellt kan påverka hälsan för tredje person är de giftiga brandgaser som sprids från branden, se kapitel 7.

Appendix C: Ammoniakutsläpp från bensingasåtervinningen

C.1 Framtagande av LC₅₀-värde

För att kunna beräkna konsekvensen av ett ammoniakutsläpp måste den dödande koncentrationen tas fram. I detta fall används LC₅₀-värde, som ger femtio procents förväntad dödlighet i den exponerade populationen. Framtagandet av LC₅₀ /J/ för ammoniak görs med en probitfunktion samt följande antaganden:

Tiden som personer vistas i ammoniakgasen är tre minuter. Anledningen till att tiden inte är längre är att förnimmelsekonzentrationen hos ammoniak är väldigt låg, vilket gör att personer i ett tidigt stadium kommer att ta sig ur gasmolnet som bildas. Andningsvolymen per minut är 30 liter, vilket motsvarar en måttlig ansträngning.

C.1.1 Probitfunktionen:

$$Pr = \alpha + \beta + \ln(C^n t) \quad [\text{ekv. C.1}]$$

För ammoniak (LC₅₀)

$$Pr = 0$$

$$\alpha = -19,72$$

$$\beta = 1,0$$

$$n = 2$$

t = exponeringstid [min] (3 min)

C = koncentration som motsvarar LC₅₀ under tiden t [mg/m³]

Formeln bygger på en andningsvolym på 15 liter/minut. För att den ska gälla en andningsvolym på 30 liter/minut ska den framräknade koncentrationen multipliceras med 15/30.

$$C = \left(\frac{e^{\frac{Pr-\alpha}{\beta}}}{t} \right)^{\frac{1}{n}} \cdot \frac{15}{30} \quad [\text{ekv. C.2}]$$

Insättning av värden ger en koncentration på 5528 mg/m³.

För att ange koncentrationen i ppm görs en omräkning:

$$c_{\text{luft}} = \frac{\rho}{M} \quad [\text{ekv. C.3}]$$

c_{luft} = antal mol luft per kubikmeter [mol/m³]

ρ = densiteten på luft [kg/m³] (1,2 kg/m³)

M = genomsnittlig molmassa för luft [g/mol] (28,856 g/mol)

$$\Rightarrow c_{\text{luft}} = 41,586 \text{ mol/m}^3$$

$$c_{NH_3} = \frac{c_m}{M} \quad [\text{ekv. C.4}]$$

c_{NH_3} = antal mol ammoniakgas per kubikmeter i luften [mol/m^3]

c_m = antal gram ammoniak per kubikmeter [g/m^3] (5,528 g/m^3)

M = molmassa ammoniak [g/mol] (17,03)

$$\Rightarrow c_{NH_3} = 0,3246 \text{ mol/m}^3$$

$$C_{NH_3} = \frac{c_{NH_3}}{c_{luft}} \cdot 10^6 \quad [\text{ekv. C.5}]$$

C_{NH_3} = koncentration som motsvarar LC_{50} under tiden t [ppm]

$$\Rightarrow C_{NH_3} = \underline{7806 \text{ ppm}}$$

C.2 Chems-plus

Vid beräkning av konsekvensen för ett utsläpp av ammoniak ur behållaren i gasåtervinningssystemet, används datorprogrammet Chems-plus.

C.2.1 Indata

Volym	110 liter
Håldiameter	0,02 m
Skrovlighetslängd	0,1 m

Tabell C.2.1 Indata

C.2.2 Antaganden

- Luftfuktigheten är 50%.
- Stabilitetsklass D.
- Vindhastigheten är 4 m/s.
- Utsläppet pågår i 30 s \Rightarrow utsläppsmängd på 77 liter. (Tanken ingår i ett system som troligtvis inte töms helt vid ett läckage).
- Stålhöljet som omger ammoniakbehållaren har ingen inverkan på utsläppsförloppet.

C.3 Känslighetsanalys på vindhastighet och skrovlighetslängd

Efter känslighetsanalys av indata i Chems-plus så framgår det att de parameter som påverkar slutresultatet mest är vindhastigheten och skrovligheten. I tabell C.3 varierar vindhastigheten [m/s] samt skrovlighetslängden [m] för att få en uppfattning om hur stor påverkan dessa parametrar har på slutresultatet. Det kan vara av betydelse då

vindförhållandena snabbt kan förändras och skrovlighetslängden är varierande runt omkring anläggningsområdet.

[m] ↓	[m/s] →	2	4	6
0,01		110 m	80 m	68 m
0,05		80 m	59 m	49 m
0,10		70 m	50 m	42 m

Tabell C.3 Känslighetsanalys på vindhastighet [m/s] och skrovlighetslängd [m].

Känslighetsanalysen visar att vindhastigheten och skrovlighetslängden har stor betydelse för konsekvensen av ett utsläpp. Den stora spridningen på riskavståndet gör att en osäkerhetsanalys utförs, för att se vilket riskavstånd som är mest sannolikt.

C.4 Osäkerhetsanalys av handberäkning

För att jämföra modellen och resultatet från Chems-plus så görs en handberäkning och osäkerhetsanalys på samma olycksscenario. Vid utförandet av osäkerhetsanalys i @Risk används handberäkningsformler från /J/. En enkel modell för kontinuerligt utsläpp kombineras med det beräknade massflödet från Chems-plus. I handberäkningarna används följande formler:

$$\chi = \frac{Q}{\Pi \cdot R^2 \cdot U} \quad [\text{ekv. C.6}]$$

där

χ = koncentration [kg/m³]

Q = massflöde [kg/s]

R = radie på gasmolnet på ett givet avstånd (x) [m]

U = vindhastighet [m/s]

$$R = ax \cdot R_0 \quad [\text{ekv. C.7}]$$

där

R = radie på gasmolnet på ett givet avstånd (x) [m]

a = konstant som bestämmer tillväxten

x = avstånd från utsläppspunkten [m]

R_0 = gasmolnets initialradie [m]

I osäkerhetsanalysen antas följande fördelningar:

Q - Normal (2,6 ; 1)

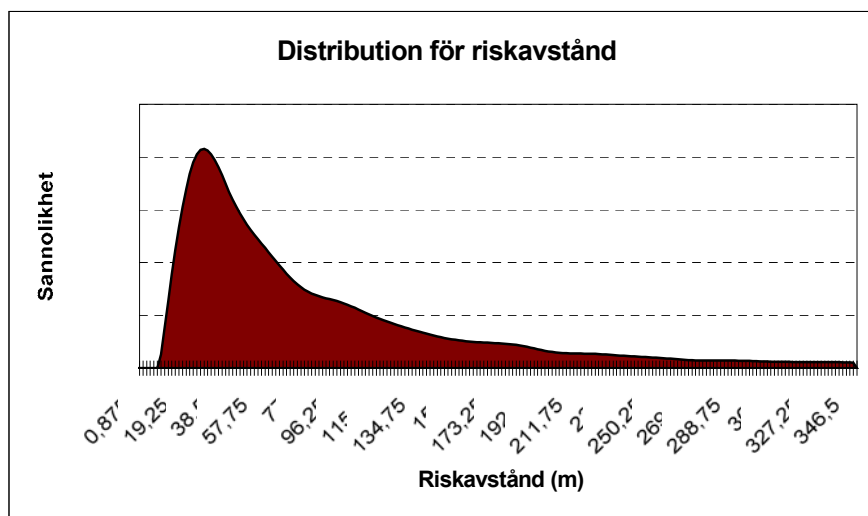
χ - Triangel ($4,5 \cdot 10^{-3}$; $5,5 \cdot 10^{-3}$; $6,5 \cdot 10^{-3}$)

U - Likformigt (1 ; 6)

a - Likformigt (0,03 ; 0,3)

R_0 - Triangel (0,1 ; 3 ; 5)

Efter Monte Carlo-simulering med 10 000 iterationer erhålls följande resultat:



Figur C.4 Sannolikhetsfördelning för riskavstånd [m].

Medelvärde	Median	5 % percentil	95 % percentil
108	58	12	342

Tabell C.4 Värden från sannolikhetsfördelningen på riskavståndet [m].

Fördelningen i figur C.4 tyder på att stora riskavstånd inte är så sannolika. Tabell C.4 visar att 90 % av värdena kommer att ligga mellan cirka 10 m och 340 m. De mest sannolika riskavstånden ligger dock under 150 m.

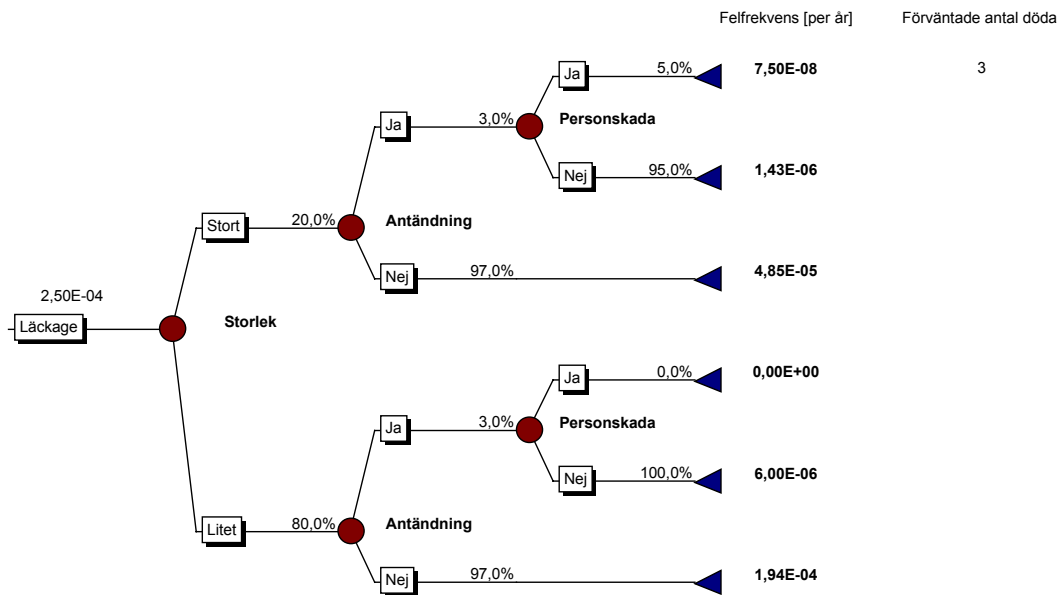
C.5 Resultat

Avstånd till LC_{50} , d.v.s. koncentrationen där hälften av de exponerade väntas omkomma, är enligt känslighets- och osäkerhetsanalys mest sannolik under 150 m. Känslighetsanalys visar att vindhastigheten och skrovlighetslängden har stor betydelse för konsekvensen av ett utsläpp. Dock visar osäkerhetsanalysen att det inte är särskilt sannolikt att riskavståndet blir så stort att tredje person skadas. Dessutom är förnimmelsegränsen för ammoniak flera gånger lägre än den dödliga koncentrationen. Det medför i detta fall en låg sannolikhet för att personer exponeras för höga koncentrationer i en längre tid. Till stor del beror detta på att det är en relativt liten behållare med ammoniak som befinner sig utomhus.

Vidare är persontätheten vid oljedepån mycket låg och närområdet används endast för diverse friluftaktiviteter. Med andra ord utgör ammoniakbehållaren i gasåtervinningssystemet en mycket liten risk för tredje person som inte vidare kommer att beaktas. Visserligen kan ett utsläpp orsaka hälsobesvär hos personer, men då främst hos personal som vistas på anläggningen.

Appendix D: Läckage på inpumpningsledningen

D.1 Händelsetråd



Figur D.1 Händelsetråd för läckage på inpumpningsledningen.

Förväntat antal döda är ett uppskattat värde med alla tidigare delhändelse givna. Felfrekvensen för läckage är hämtad från /G/.

D.2 Osäkerhetsanalys

För att få en uppfattning om hur felfrekvensen kan variera för scenariot med personskador som följd så görs en osäkerhetsanalys i @Risk. Detta scenariot är det enda som påverkar samhällsriskerna och därmed tredje person.

Följande fördelningar antas som indata i @Risk för de olika delhändelserna:

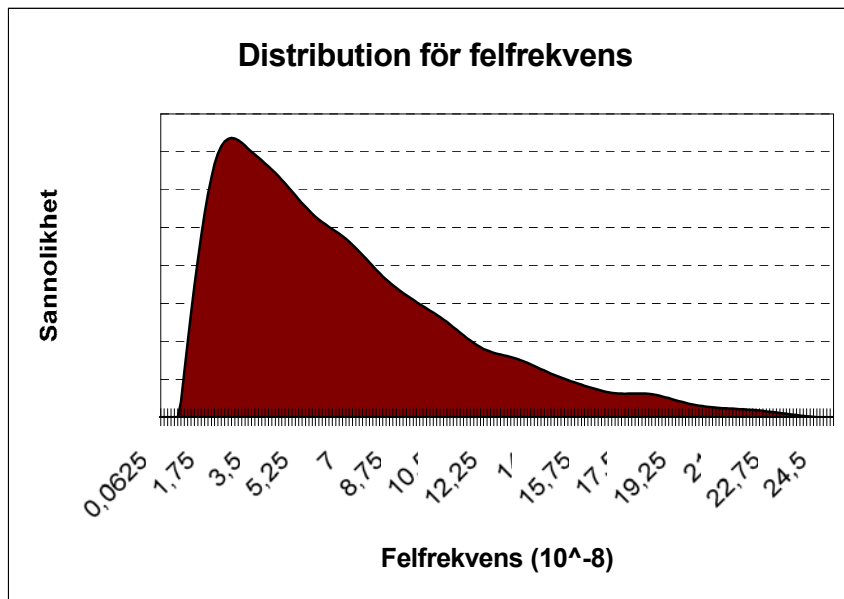
Läckage – Normal ($2,5 \cdot 10^{-4}$; $0,5 \cdot 10^{-4}$) [år^{-1}]

Storlek på utsläpp – Triangulär (5 ; 20 ; 40) [%]

Antändning – Likformig (1 ; 10) [%]

Personskada – Triangulär (0 ; 5 ; 5,5) [%]

Osäkerhetsanalysen är utförd med Monte Carlo-simulering med 10 000 iterationer. Resultatet redovisas i figur D.2 och tabell D.2.



Figur D.2 Sannolikhetsfördelning för felfrekvens.

Medelvärde	Median	5 % percentil	95 % percentil
7,5E-8	5,5E-8	1,1E-8	1,6E-7

Tabell D.2 Värden från sannolikhetsfördelningen för felfrekvens.

D.3 Resultat

Simuleringarna i @Risk visar spridningen på felfrekvensen för personskador. Tabell D.2 visar att 90 % av värdena ligger mellan $1,1 \cdot 10^{-8}$ och $1,6 \cdot 10^{-7}$. Osäkerhetsanalysen av felfrekvensen behandlar dock bara en begränsad del av den totala osäkerheten, då antalet döda endast är ett konservativt antagit värde (p.g.a. bristfällig information).

I händelseträdet används medelvärdet som är $7,5 \cdot 10^{-8}$. Det innebär att hälften av utfallen för felfrekvenserna är större än det använda värdet. Det kompenseras dock av det konservativa antagandet om förväntade antalet döda.

Appendix E: Tankbilsolycka

E.1 Framtagande av felfrekvens

När den nya bilutlastningsplatsen är färdig kan oljedepån öka sin omsättning med upp till 180 000 ton petroleumprodukter per år. Med en medellastvikt på 30 ton per tankbil skulle detta innebära cirka 2000 bensinlastningar per år med bensin (förhållandet diesel/bensin är 65/35).

Vid felfrekvensberäkningarna har formler och anvisningar för farligt godstransporter på väg som finns i *Farligt gods - Riskbedömning vid transport*, SRV /CC/ använts. Indata redovisas i tabell E.1.

Trafikmängd, (ÅDT för Östersjövägen – Allén)	8 625 fordon/dag (Tekniska kontoret)
Bensintransporter	2 000 transporter per år
Vägsträckans längd (Östersjövägen – Allén)	4 km
Hastighetsbegränsning	50 km/h
Olyckskvot	$1,2 \cdot 10^{-6}$
Andel singelolyckor [Y]	0,15
Andel farligtgodsolyckor som leder till utsläpp [Z]	0,03

Tabell E.1 Indata till felfrekvensberäkningar

$$\text{Andel bensintransporter [X]:} \quad \frac{2000}{365 \cdot 8625} = 6,35 \cdot 10^{-4}$$

$$\text{Antal olyckor på vägsträckan [O]:} \quad 1,2 \cdot 10^{-6} \cdot 8625 \cdot 365 \cdot 4 = 15,1 \text{ olyckor/år}$$

$$\text{Antal singelolyckor på vägsträckan:} \quad 15,1 \cdot 0,15 = 2,3 \text{ olyckor/år}$$

Förväntat antal olyckor per år (F) med bensintransporter inblandade beräknas i kapitel E.1.1 med formeln:

$$F = O((Y \cdot X) + (1 - Y)(2X - X^2)) \quad [\text{ekv.E.1}]$$

E.1.1 Osäkerhetsanalys

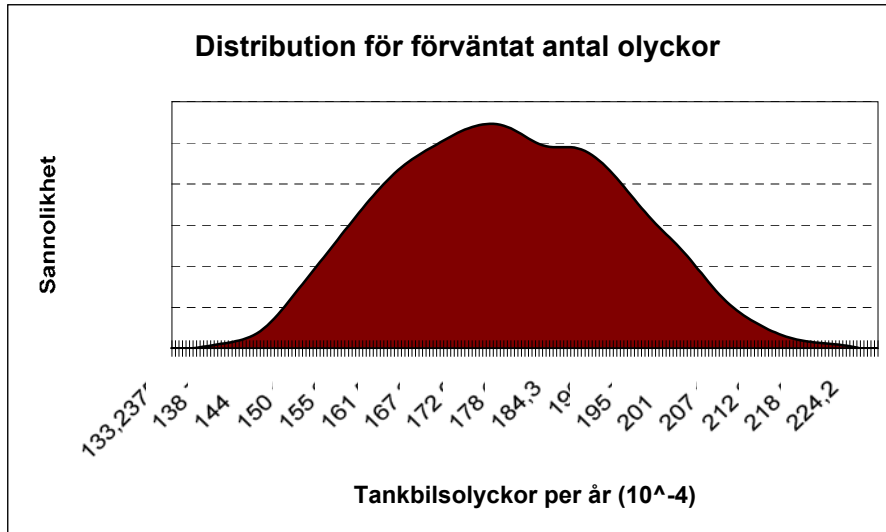
För att erhålla ett godtagbart resultat på F så måste en ingående osäkerhetsanalys på indata i tabell E.1 göras. Osäkerhetsanalysen är gjord i @Risk med följande antagna fördelningar på indata från tabell E.1:

Trafikmängd – Likformig (3700 ; 12700), [antal] (Trafikräkning från Tekniska Kontoret)

Bensintransporter – Normal (2000 ; 100) [antal]

Vägsträckans längd – Likformig (3,5 ; 4,5) [km]

Då hasighetsbegränsningen är 50 km/h på hela vägsträckan sätts Y, Z och olyckskvoten till konstanter enligt tabell E.1. Osäkerhetsanalysen är utförd med Monte Carlo-simulering med 10 000 iterationer. Resultatet redovisas i figur E.1 och tabell E.1.



Figur E.1.1 Sannolikhetsfördelning för förväntat antal tankbilsolyckor per år.

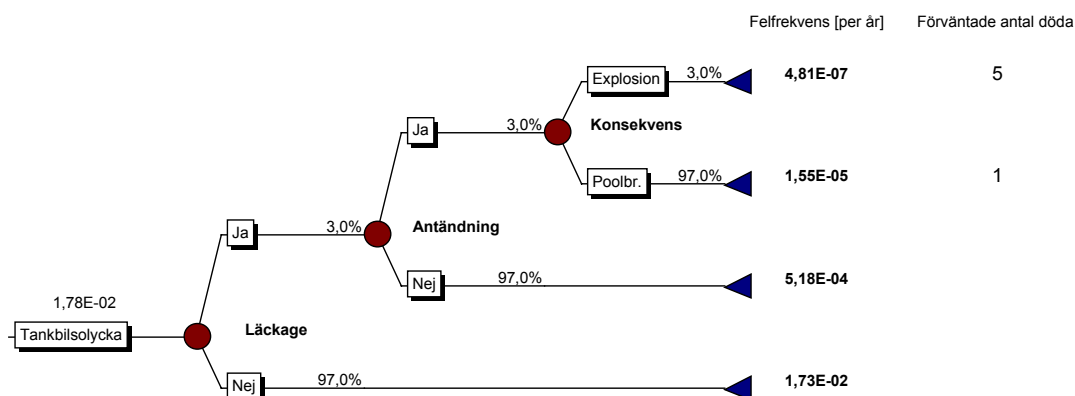
Medelvärde	Median	5 % percentil	95 % percentil
1,78E-2	1,8E-2	1,5E-2	2,0E-2

Tabell E.1.1 Värderna från sannolikhetsfördelningen på förväntat antal olyckor.

Tabell E.1.1 visar att 90 % av värdena ligger mellan $1,5 \cdot 10^{-2}$ och $2,0 \cdot 10^{-2}$. Resultatet i figur E.1.1 visar att sannolikhetsfördelningen för tankbilsolycka är normalfördelad med ett medelvärde på $1,78 \cdot 10^{-2}$.

I händelseträdet och för beräkning av samhällsriskerna så används medelvärdet. Det innebär att hälften av utfallen för den slutliga felfrekvenserna, för förväntat antalet döda, är större än det använda värdet. Differensen mellan medelvärdet och 95 % percentilen är dock liten.

E.2 Händelsetråd



Figur E.2 Händelsetråd för tankbilsolycka.

Se kapitel E.4.2 för beräkning av antalet döda.

E.3 Värmestrålning

Beräkningar på värmestrålningen från poolbranden, hur den påverkar tanken och exponerade människor i dess närhet är i stort sätt identiska med beräkningarna i appendix A.4. Även ekvationerna är hämtade från appendix A.

Vid en poolbrand är det väsentligt att kontrollera på vilka avstånd från poolen som det är farligt för en människa att befinna sig, dvs hur stark värmestrålningen blir från branden. En metod att kontrollera detta är att se på vilka avstånd som bar exponerad hud får andra gradens brännskador. I beräkningarna nedan har poolbrandens area antagits till 75 m².

Strålningen per ytenhet P [kW/m²] beräknas enligt formlerna i appendix A /J/:

Ekvivalent diameter d_f :

$$d_f = 4 \cdot \frac{A_{poolbrand}}{S_{Poolomkrets}} = 4 \cdot \frac{75}{34,6} = 8,7 \text{ m} \quad [\text{ekv. A.2}]$$

Flamhöjd h_f :

$$h_f = d_f \cdot 42 \left[\frac{\dot{m}''}{\rho_l \sqrt{g \cdot d_f}} \right]^{0,61} = 11,8 \text{ m} \quad [\text{ekv. A.3}]$$

Strålning per ytenhet P

$$P = \frac{0,35 \cdot \dot{m}'' \cdot \Delta H_c}{1 + 4 \frac{h_f}{d_f}} = \underline{121 \text{ kW/m}^2} \quad [\text{ekv. A.4}]$$

där

\dot{m}'' = massförlust [kg/m²s] (0,048 kg/m²s)

ρ_l = luftens densitet [kg/m³] (1,29 kg/m³)

g = tyngdaccelerationen [m/s²] (9,81)

ΔH_c = energiinnehåll [MJ/kg] (46,45 MJ/kg)

Med detta menas att strålningen är cirka 120 kW/m² precis vid flamfronten. Värdena inom parantes är de som gäller för bensen.

E.3.1 Värmestrålningspåverkan på människor

För att räkna fram temperaturen T och strålningen P_s vid olika avstånd från poolbranden behövs följande formler /J/.

$$P_s = \sigma \cdot T^4 \quad [\text{ekv. A.5}]$$

$$P_{12} = P_s \cdot \tau \cdot F_{12} \quad [\text{ekv. A.6}]$$

där

T = adiabatiska flamtemperaturen (900 °C)

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

P_{12} = infallande strålning från A_1 till A_2 [W/m^2]

τ = transmissionsförmågan (från tabell /J/)

F_{12} = vinkelkoefficient från A_1 till A_2 (från diagram /J/)

Värmestrålningen kan sedan beräknas med hjälp av figurer och diagram i /J/ (sidan 231-249). Strålningens varaktighet som påverkar skadenivån på utsatta människor antas vara 10 sekunder. Den skada som olika nivåer på värmestrålningen orsakar redovisas nedan i tabell E.3.1.

Avstånd från poolbranden [m]	Värmestrålning [kW/m^2]	$t \cdot P^{(4/3)} 10^6$	2:a gradens brännskada [%]
4,3	121	59	100
6	62	25	100
7	46	17	98
8	38	13	90
9	29	9	60
10	26	8	45
12	20	5	10
15	14	4	3
20	8	2	-

Tabell E.3.1 Konsekvenser av värmestrålning.

Observera att tabell E.3.1 är för bar hud då klädsel naturligtvis skyddar från strålning. Vid kortvarig strålning är det endast bar hud som skadas. Cirka 20 % av människokroppen (huvud, händer, nacke och underarmar) är oskyddad även för påklädda personer. Om en person endast får 20 % brännskador kan man räkna med att risken för att få dödliga skador är cirka 15 % /J/.

E.3.2 Värmestrålningens påverkan på tanken

Se appendix A.4.2. för teori och olika händelseförlopp.

Vad som är intressant att beräkna är tiden t tills det att kritisk temperatur uppnås i tanken, dvs tiden tills det att självantändning inträffar. Tiden t beräknas enligt ekvationerna i appendix A.4.2.1 för kritisk massa /E/:

$$\frac{T(t) - T_g}{T_0 - T_g} = e^{-\frac{t}{t_c}} \quad [\text{ekv. A.7}]$$

$$t_c = \frac{c \cdot \rho \cdot d}{h} \quad [\text{ekv. A.8}]$$

där

$$T(t) = 440 \text{ °C (AIT för bensin) /R/}$$

$$T_0 = 20 \text{ °C (antagen utomhustemperatur)}$$

$$T_g = 900 \text{ °C (flamtemperaturen)}$$

$$d = 0,0054 \text{ m (tanktjocklek, uppgift från tillverkare /GG/)}$$

$$c = 460 \text{ J/kgK (specifika värmekapaciteten för stål)}$$

$$\rho = 7800 \text{ kg/m}^3 \text{ (densitet för stål)}$$

$$h = 100 \text{ W/m}^2\text{K (totala värmeövergångstalet vid 900 °C /E/)}$$

$$k = 45 \text{ W/m}^\circ\text{C (värmeledningstal för stål)}$$

Villkoret för koncentrerad massa är uppföljt och ger:

$$t = \underline{2,1 \text{ min}}$$

Poolbrandens varaktighet t_v [s] är beroende av utsläppets mängd, area och massavbrinningshastigheten för ämnet. Med $A = 75 \text{ m}^2$, $\dot{m}'' = 0,048 \text{ kg/m}^2\text{s}$ och 500 liters utsläpp ger:

$$t_v = \underline{2,3 \text{ min}}$$

Det innebär att med ett utsläpp på 500 liter på en area av 75 m^2 så hinner temperaturen precis uppnå självantändningstemperaturen (AIT) på 440 °C innan poolbranden självdör. I beräkningarna har också T_g valts till den adiabatiska flamtemp 900 °C , vilket är den högsta temperatur som flammen teoretiskt kan uppnå. Det innebär att beräkningen är på den säkra sidan och att en lägre flamtemperatur skulle förlänga tiden till självantändning i tanken. En större utsläppsmängd skulle dock öka poolbrandens varaktighet.

E.3.3 Känslighetsanalys på flamtemperaturen

För att få en uppfattning om hur stor betydelse T_g (flammans temperatur) har för tiden till självantändning så varieras den mellan $500 - 900 \text{ °C}$ i tabell E.3.3.

Temperatur T_g [°C]	900	800	700	600	500
Tid till antändning [min]	2,1	2,5	3,5	5,2	11,2

Tabell E.3.3 Känslighetsanalys på T_g .

Känslighetsanalysen visar att tiden till självantändning är beroende av flamtemperaturen T_g . Ett mer troligare värde på T_g (än 900 °C) är mellan 600 - 700 °C. Det skulle innebära att poolbrandens varaktighet måste uppnå cirka 5 minuter för att en självantändning ska kunna inträffa.

E.3.4 Känslighetsanalys på utsläppets storlek

Här varierar utsläppets mängd [kg] och poolens area [m^2] för att få en uppfattning om poolbrandens varaktighet t_v . Resultatet redovisas i tabell E.3.4. Varaktigheten kan sedan jämföras med tiden till antändning i tabell E.3.3.

$m^2 \downarrow$ $kg \rightarrow$	300	500	700	900	1100
25	4,2 min	6,9 min	9,7 min	12,5 min	15,3 min
50	2,1 min	3,5 min	4,9 min	6,3 min	7,6 min
100	1,0 min	1,7 min	2,4 min	3,1 min	3,8 min
200	31 s	52 s	1,2 min	1,5 min	1,9 min

Tabell E.3.4 Känslighetsanalys på utsläppts storlek.

Enligt resonemanget i E.3.3 så måste det minst brinna i 5 minuter för att uppnå den teoretiska antändningstemperaturen inne i tanken. För att kunna uppnå detta så måste utsläppet vara större än en kubikmeter eller att utsläppsarean är begränsad (liten). Vid en tankbilsolycka kan utsläppet mycket väl bli större än en kubikmeter och då ökar sannolikheten för en självantändning i tanken.

Detta är dock bara ett av två kriterier som måste vara uppfyllda. Det andra kriteriet är att den förångade bensingasen måste ligga inom brännbarhetsområdet, 1,2 – 7,1 volymprocent. Givetvis behöver även branden tillgång till syre för att kunna fortgå.

E.4 Explosion av tankbilen

Brännbara gaser som släpps ut i luften kan om de antänds explodera och orsaka så höga tryck att människor och materiel skadas. Bensinen i tankbilen befinner sig i vätskefas men vid upphettning förångas en del av bensinen till en brännbar gasblandning.

En upphettning av tankbilen skulle kunna medföra att ett högt tryck byggs upp i tanken med stora mängder bensinånga. Skulle detta tryck bli för högt så ökar sannolikheten för att tanken skulle kunna rämna från insidan på dess svagaste punkt. Stora mängder bensin, både i vätske- och gasfas, kommer då att spruta ut och antändas av poolbranden. Scenariot kan liknas vid en explosion. En självantändning av bensinen inne i tanken skulle också kunna få ett liknande förlopp.

E.4.1 Kritiskt område för tredje person

Det finns idag inga bra kända metoder för att beräkna ett explosionsliknande scenario av en tankbil lastad med bensin.

För att få fram ett kritiskt område kring tankbilen har vi använt oss av ekvation E.2 för BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapour Explosion) /J/. En BLEVE inträffar när en tryckkondenserad gas momentant strömmar ut och antänds. För att kompensera att bensin

inte är tryckkondenserad och att den strömmar ut både i vätske- och gasfasen så antas att effektzonen minskas med konstanten α för en BLEVE. I beräkningarna av samhällsrisken antas alla inom effektzonen avlida.

Eldklotets diameter D för en BLEVE, där M är massan [kg] hos bränslet.

$$D = 6,5 \cdot M^{1/3} \quad [\text{ekv. E.2}]$$

Eldklotets diameter D för ett explosionsliknande scenario med bensin.

$$D = \alpha \cdot 6,5 \cdot M^{1/3} \quad [\text{ekv. E.3}]$$

E.4.2 Osäkerhetsanalys

För att beräkna förväntade antalet döda, $F_{\text{döda}}$, i effektzonen används ekvation E.4:

$$F_{\text{döda}} = \left(\frac{D}{2}\right)^2 \cdot \pi \cdot W, \text{ där } W \text{ befolkningstätheten.} \quad [\text{ekv. E.4}]$$

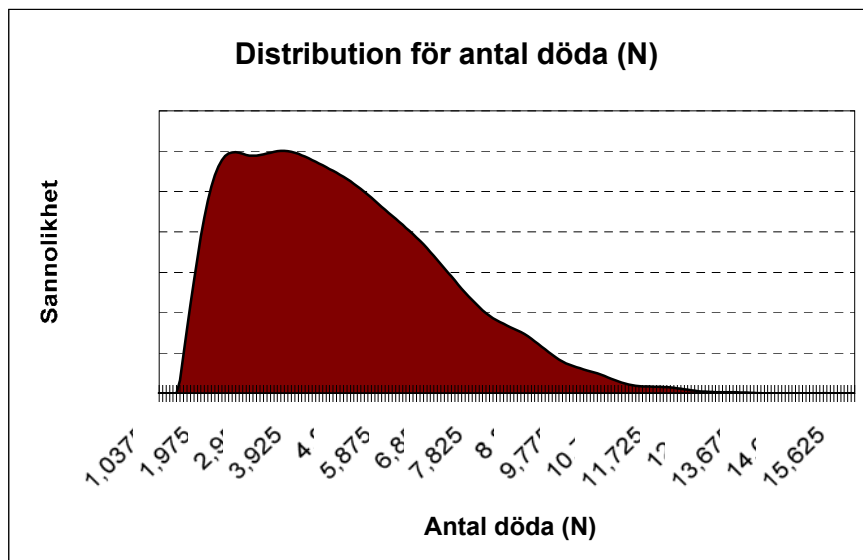
För att kunna få fram ett godtagbart resultat på antalet förväntade döda i effektzonen så görs en osäkerhetsanalys i @Risk på konstanten α , tankbilens vikt (M) och befolkningstätheten (W). Uppgifter för befolkningstätheten kommer Västerviks kommun. Radien för effektzonen blir cirka 25 meter med givna fördelningar nedan. Följande fördelningar används som indata till ekvation E.4:

M – Normal (30 000; 10 000) [kg]

α – Triangulär (10 ; 25 ; 30) [%]

W – Triangulär (2000 ; 3000 ; 4000) [inv./km²]

Osäkerhetsanalysen är utförd med Monte Carlo-simulering med 10 000 iterationer. Resultatet redovisas i figur E.4.2 och tabell E.4.2.



Figur E.4.2 Sannolikhetsfördelning för antal döda.

Medelvärde	Median	5 % percentil	95 % percentil
4,6	4,2	1,1	9,2

Tabell E.4.2 Värden från sannolikhetsfördelningen för antal döda.

E.5 Resultat

Vid en tankbilsolycka med poolbrand som följd drabbas de personer som befinner sig inom 10 meter från brandens centrum av allvarliga brännskador, d.v.s. skador på tredje person. Skulle chauffören av tankbilen inte lyckas komma ut ur den brinnande bilen löper han en stor risk att omkomma. Vid detta olycksscenario antas en person avlida.

Skulle ett explosionsliknande scenario inträffa blir det dödliga skador inom en radie på cirka 25 meter runt tankbilen. Exponerade personer utanför eldklotet kan även få skador av värmestrålningen. Antal förväntade döda har en sannolikhetsfördelning enligt figur E.4.2 med ett medelvärde på 5 stycken. Medelvärdet används sedan för beräkning av samhällsrisk. Det innebär att i hälften av utfallen, givet samma olycksscenario, avlider fler än fem personer. Osäkerhetsanalysen ligger då till grund för att få en uppfattning om spridningen av antalet döda i samhällsrisk.

Appendix F: Individ- och samhällsrisk

Det förekommer ofta i vardagligt tal att ordet *risk* missbrukas i fel betydelse så som t.ex. fara, vågspel och osäkerhet. Ordet *risk*s riktiga betydelse kan definieras som sannolikheten för att en negativ konsekvens ska inträffa till följd av någon form av händelse /S/.

F.1 Individrisk

Individrisk kan definieras som sannolikheten att *en* person drabbas av en negativ konsekvens till följd av någon form av händelse. Detta inkluderar typ av skadehändelse, sannolikheten för att skadehändelsen inträffar samt över vilken tidsperiod händelsen sker. Individrisken tar alltså inte hänsyn till hur många personer som befinner sig i den aktuella effektzonen /L/.

Anledningen till att individrisken beräknas är att försäkra sig om att enskilda individer inte utsätts för oacceptabelt stora risker. Det finns olika sätt att uttrycka individrisk. Bland annat finns det platsspecifik risk, vilket är risken att omkomma för en person som antas befinna sig kontinuerligt på en specifik plats. Resultatet av en sådan risk presenteras ofta i form av riskkonturer på kartor. Det finns även individspecifik risk, som tar hänsyn till att exponerade personen inte befinner sig på samma plats hela tiden. Detta gör att den individspecifika risken ofta är lägre än den platsspecifika risken. I denna rapport beräknas den platsspecifika risken.

F.1.1 Kriterier för individrisk

Vid val av kriterier för individrisk så används de som föreslås av DNV (Det Norske Veritas) /K/. Kriteriet avser summan av industriella risker som den mest exponerade individen är utsatt för. Vidare gäller kriteriet inte för anställda i riskfylld verksamhet utan endast för allmänheten.

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år.
- Övre gräns för område där risker kan anses små: 10^{-7} per år.

F.1.2 Beräkningsgång

Vid beräkning av individrisk antas att den exponerade individen befinner sig utomhus samt är kontinuerligt närvarande i riskområdet. Följande beräkningsmodell är i enlighet med CPQRA /A/.

Individrisken uttrycks som:

$$IRC_i = f_i \text{ (eller } f_{i,d}) + IRC_{i-1} \quad \text{[ekv. F.1]}$$

där

IRC_i = Individrisken för den kontur som uttrycker gränsen för dödlig koncentration med avseende på skadehändelse i .

f_i = Uppskattad sannolikhet för skadehändelse i (används vid vindoberoende skadehändelse).

$f_{i,d}$ = Riktningfaktor ($f_{i,d} = f_i \cdot (\theta_i / 360^\circ)$) (används vid vindberoende skadehändelse).

θ_i = Spridningsvinkel.

IRC_{i-1} = Individrisiken för den eller de konturer som ligger innanför IRC_i - konturen och avser skadehändelser $i - 1$.

F.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk är ett mått på hur stor risk en anläggning belastar samhället med. Samhällsrisk kan definieras som sambandet mellan frekvens av en aktivitetens tänkbara olyckor och de negativa konsekvenser som kan uppstå /K/. Samhällsrisk uttrycks vanligen i form av F/N-kurvor, som visar sambandet mellan skadehändelsernas frekvens (F) och antal omkomna (N). Ett annat uttryckssätt är att kombinera antalet omkomna med förväntade skadehändelser till ett tal. Talet visar det förväntade antalet omkomna under ett år /P/. Samhällsrisk för oljedepån i Västervik redovisas med en F/N-kurva.

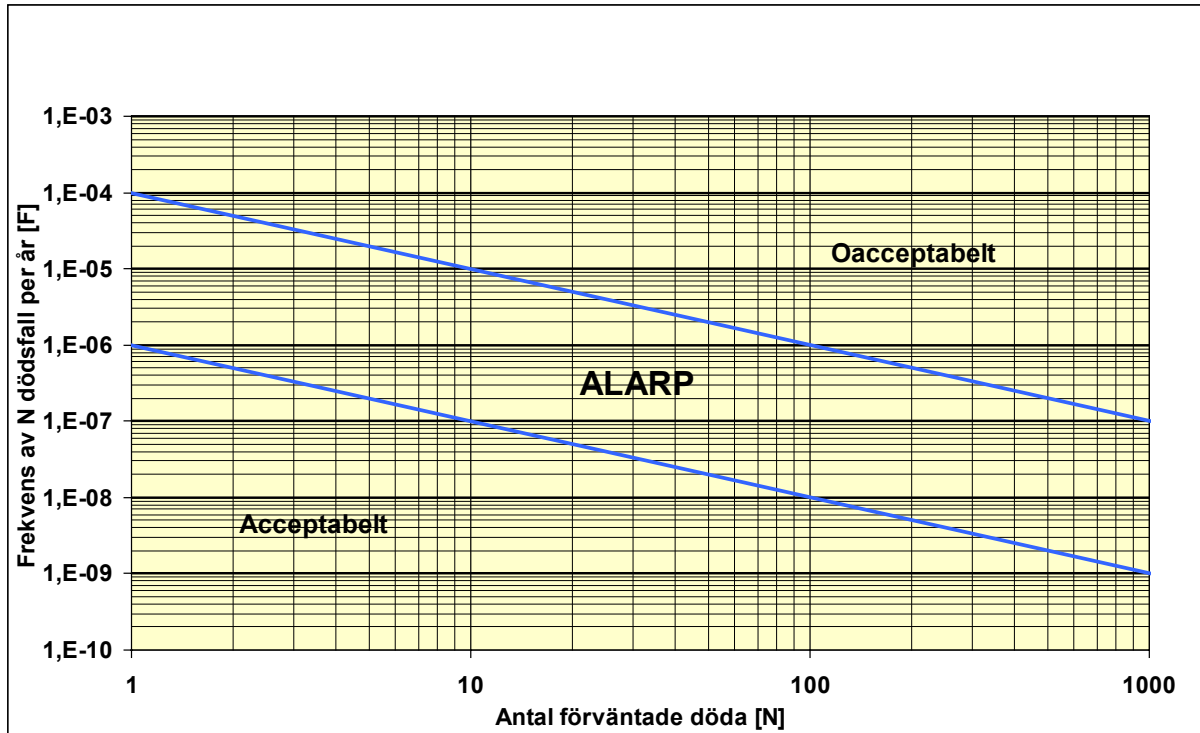
Det bör dock observeras att det till varje scenario och parameter finns en viss osäkerhet knuten, vilket gör att den beräknade samhällsrisk aldrig ska ses som något exakt värde. Däremot ger det en bra indikation på hur stor risk en anläggning utgör för närområdet.

F.2.1 Kriterier för samhällsrisk

I denna rapport används DNV:s förslag till riskkriterier /K/, som är ett mellanting mellan Hollands och Storbritanniens kriterier. Riskkriteriet åskådliggörs i en F/N-kurva som delas in i tre delar: Oacceptabelt, ALARP (As Low As Reasonable Practicable) och acceptabelt, se figur F.2.1. I ALARP-zonen avgörs från fall till fall om riskerna kan accepteras.

DNV föreslår följande kriterier för samhällsrisk i form av F/N-kurvor, se nedan och figur F.2.1 /K/:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$
- Lutning på F/N-kurvan: -1
- Övre gräns för möjliga konsekvenser: Inget
- Undre gräns för tillämpning av kriterier: $N=1$



Figur F.2.1 DNV:s förslag på kriterier för samhällsrisik.

F2.2 Beräkningsgång

Beräkningsmodell enligt CPQRA /A/ används där antal omkomna uppskattas med uttrycket:

$$N_i = P_i \cdot p_{f,i} \quad [\text{ekv. F.2}]$$

där:

N_i = Antal omkomna från skadehändelse i .

P_i = Antal människor i effektzonen för skadehändelse i .

$p_{f,i}$ = Sannolikheten att omkomma inom effektzonen för skadehändelse i .

Frekvensen beräknas genom att multiplicera uppskattad sannolikhet för skadehändelse i med sannolikheten för aktuell vindriktning.

Appendix G: Kylning och släckning av cistern

G.1 Kylning av cistern

Brandspridning mellan cisterner kan ske om följande villkor är uppfyllda:

- Temperaturen på mantelytans insida överstiger cisterninnehållets termiska tändpunkt.
- Det flytande taket inne i cisternen, som har till funktion att förhindra bensenångor ovanför vätskeytan, har skadats och mist sin funktion. Gäller endast för klass I varor.
- Bränslekonzentrationen ligger inom brännbarhetsområdet.

Därför är kylning av cisterner nära branden en viktig åtgärd. För att kylningen sedan ska bli effektiv är byggnadstekniska åtgärder betydelsefulla. Bland annat har cisterntakets konstruktion stor betydelse för hur kylvattnet sprids över själva taket och hur överskottsvattnet leds bort. Kupolformat tak möjliggör jämn och god vattenfördelning förutsatt att kylvattnet träffar toppen på kupolen. Det gör att vattnet ofta utnyttjas optimalt. Plana tak däremot är svåra att kyla utan stor vattenförlust, då mycket vatten går förbi cistern eller rinner till marken utmed kanterna. Det leder till dåligt utnyttjande av vattenresurserna och ger således ineffektiv kylning och stora mängder överskottsvatten som begjuter marken. Bäst resultat fås normalt om kylvattenplymens centrum placeras på mantelns oandel med en bredd så att riktvärdet 2 l/m²min inte underskrids./Q/

För att kunna ha så lite personal och utrustning som möjligt i riskområdet är det viktigt att anläggningen är väl planerad för en släckinsats. Bland annat handlar det om god planering av byggnadstekniska arrangemang och logistik.

G.1.1 Kylbehov

För att beräkna vilka ytor som kan förväntas utsättas för strålningsnivåer som innebär behov av kylning, kan man använda beräkningsprogram. En schablonmässig beräkning enligt /Q/ ger att alla tankar inom en diameters avstånd och två diameters avstånd i vindriktningen (eller 30 m) kan behöva kylning. Ytterligare en enkel tumregel är att en yta där omedelbar förångning erhålls vid vattenbegjutning ska kylas. Faktorer som påverkar kylningen är bland annat produktinnehåll, om branden är direktpåverkande eller ej, vindriktningen och vindstyrkan.

$$\text{Teoretisk kylvattenbehov} = ((0,25 \cdot \text{mantelyta}) + (0,4 \cdot \text{takyta})) \cdot 2 \text{ l/m}^2\text{min} \quad [\text{ekv. G.1}]$$

Erforderlig träffyta

Den dimensionerande påföringshastigheten 2 l/m²min har framtagits genom försök och gäller vid strålningsnivåer på upp till 25 kW/m². Vid direktpåverkan rekommenderas 10 l/m²min /Q, II/. Om cisternerna som behöver kylas har yttre flytande tak ska endast mantelytan kylas.

G.1.2 Beräkning av teoretisk kylvattenbehov för cistern 103

Mantelyta = 607 m²

Takyta = 154 m²

Insättning i ekv. G.1 ger ett teoretiskt kylvattenbehov på 427 l/min för cistern 103. Det ska dock ytterligare påpekas att detta är ett teoretiskt värde. I verkligheten kan det krävas både mer eller mindre påföring av kylvatten, beroende på operatörens skicklighet, väderförhållande på olycksplatsen, möjlighet att komma nära branden med mera.

G.2 Släckning av cistern

Vid släckning av cistern- och invallningsbränder är skum (filmbildande skumvätska) det mest användbara släckmedlet. Skummet måste vara alkoholbeständigt då en viss procentandel etanol tillförs i bensinen av miljömässiga skäl. Handlar det om mindre bränder med exempelvis bensin som bränsle, är kolsyra och pulver lämpliga släckmedel.

G.2.1 Exempel på behov av skummedel för en brand i cistern 103 enligt /M/

Area (bensin) = 398 m²

Val av skummedel = filmbildande skumvätska, exempelvis AFFF

Skuminblandning = 6 %

Påföringshastighet = 6 l/m²min

Insatstid 120 min

⇒ Behov av skummedel = 17,2 m³

Den verkliga mängden släckmedel som krävs för att släcka en cisternbrand kan variera från fall till fall. Faktorer som påverkar detta är bland annat väderförhållande, operatörens skicklighet, insatstid, val av påföringshastighet och skuminblandning. Det är viktigt att skummet påföres mjukt, att man har vinden i ryggen samt att man kraftsamlar de resurser som finns att tillgå.

G.2.2 Behov av skummedel för en brand i cistern 103 enligt SMC:s dimensionerande värden

Area (bensin) = 398 m²

Skuminblandning = 3 %

Påföringshastighet = 10 l/m²min

Insatstid = 120 min

⇒ Behov av skummedel = 14,3 m³

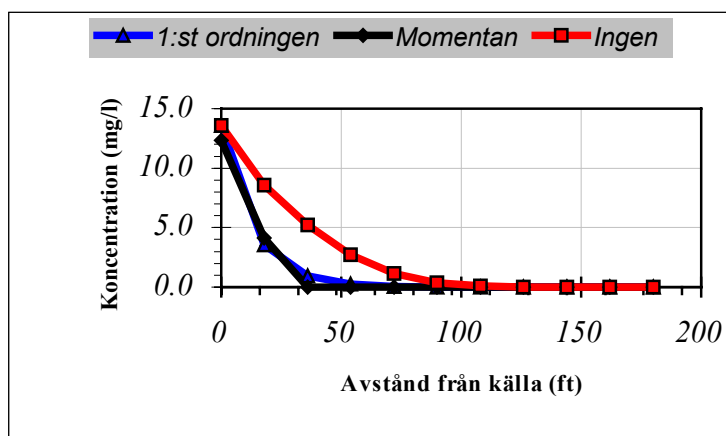
Släckmedelscentralerna i varje region är dimensionerad för att kunna släcka en eventuell brand i den största bensincisternen i regionen. Max påföringstid är i det fallet begränsad till 90 minuter. Insatstiden i de båda exemplen är satt till 120 minuter och enda anledningen till det är att man ska kunna jämföra behovet av skummedel vid olika skuminblandning och påföringshastighet. De ingående parametrar visar därmed att de är direkt proportionella och en ändring av skuminblandning, påföringshastighet och insatstid har stor betydelse för mängden skummedel som krävs vid släckning. Det innebär dock inte att det är bättre att dimensionera skuminsatsen så att påföringstiden blir längre. Val av skuminblandning och påföringshastighet är specifik för varje enskild insats och beror på faktorer som bl.a. väderförhållanden, möjlighet att komma nära branden och typ av brandförlopp.

Appendix H: Bioscreen

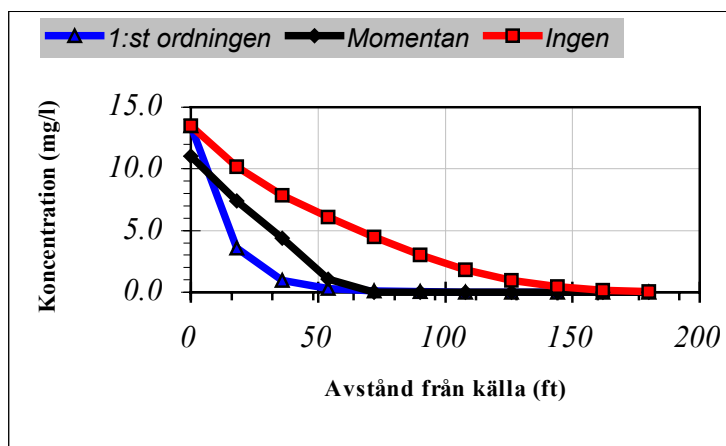
Datorprogrammet Bioscreen har använts för att få en uppfattning om hur utsläppet i olycksscenario 4 sprider sig med grundvattnet. Indata och antagande redovisas nedan i tabell H.1 och resultatet i figurerna H.1 - H.4.

Hydrauliska konduktiviteten	10^{-3} [cm/s]
Hydrauliska gradienten	0,01 [m/m]
Porositet	0,2 [-]
Uppskattad plymlängd	60 [m]
Retardationsfaktor	3,7 [-]
1:st ordningens bionedb. konstant	1,4 [år ⁻¹]
DO (Delta Oxygen)	5,8 [mg/l]
NO ₃	6,3 [mg/l]
Fe ²⁺	16,6 [mg/l]
SO ₄	24,6 [mg/l]
CH ₄	7,6 [mg/l]
Källans tjocklek i den mättade zonen	3 [m]
Mängd bensin i utsläppskällan	400 [kg]

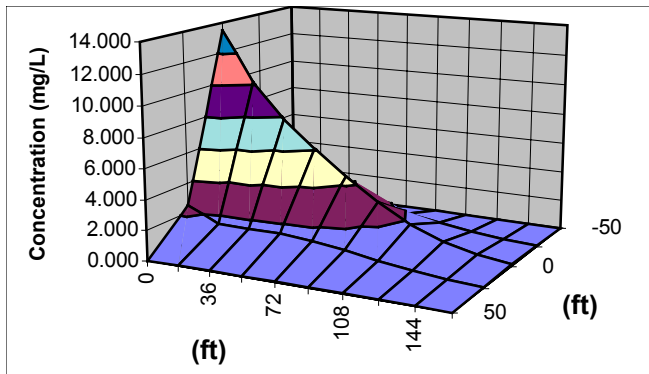
Tabell H.1 Indata och antagande till Bioscreen



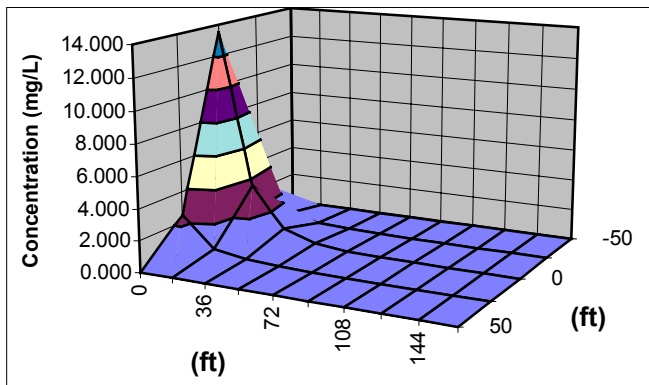
Figur H.1 Utsläppets spridning efter 3 år.



Figur H.2 Utsläppets spridning efter 6 år.



Figur H.3 Utsläppets spridning efter 6 år utan bionedbrytning.



Figur H.4 Utsläppets spridning efter 6 år med 1:st ordningens kinetik.

Resultat

Eftersom vi inte vet vilka organismer som finns i marken runt oljedepån är det svårt att beräkna hur stor spridning det blir efter ett utsläpp av petroleumprodukter. Vad beräkningarna visar är att det har stor betydelse i vilken grad det sker någon bionedbrytning i marken eller inte. Vidare har även tiden från utsläppet stor inverkan på hur långt ett utsläpp hinner transporteras i marken.

Appendix I: Brandgasspridning

I.1 Osäkerheter

Ingen komplett utredning av vilka effekter en storbrand vid oljedepån skulle få för miljön eller kringboende, via spridning av brandgaser, utförs. Däremot görs här ett försök att visa möjlig spridning och effekt av brandgaser vid en eventuell cisternbrand på anläggningen. För att ge en någorlunda rättvisande bild av brandgasspridningen används en Gaussisk spridningsmodell. Resultatet kontrolleras med en enkel känslighetsanalys samt jämförs med en förenklad modell, för att se att spridningsavståndet är tillförlitligt.

Det ska dock tilläggas att denna beräkning av ett ungefärligt spridningsavstånd, där ämnet, är behäftad med många osäkerheter. Huvudsakligen är det följande osäkerheter:

- Uppskattning av hur mycket akrolein som finns kvar i brandgaserna vid ett givet avstånd är en stor källa till osäkerhet. Det beror bland annat på att det är svårt att veta hur mycket gaserna späds ut under spridningsförloppet samt brist på värden för hur mycket akrolein som bildas vid en bensinbrand.
- Koncentrationen av akrolein som bildas vid en brand grundar sig inte på bensin, utan polyetylen. Dessutom är akroleinkoncentrationen uppmätt vid pyrolysisbrand.
- Osäkerheter i gränsvärdessättningen för den mängd akrolein i luften som ger upphov till syn- och andningssvårigheter hos människan.
- Osäkerheter i den Gaussiska spridningsmodellen.

I.2 Uppskattning av akroleininnehåll i brandgaser

Vid spridningsberäkningen behövs ett gränsvärde på något hälsofarligt ämne i brandgasen. I detta fall, där bensin förmodas brinna, används akrolein. Svårigheter finns dock att erhålla värden vid en bensinbrand, varför koncentrationen av akrolein vid en pyrolysisbrand av polyetylen används /W/.

Med hjälp av molvikten för akrolein och koncentrationen som bildas vid en brand uppskattades att cirka två procent av den totala plymen utgörs av akrolein.

I.3 Programmet Gaussplym

Datorprogrammet Gaussplym /HH/ är ett program för beräkning av koncentrationer av giftiga ämnen vid skorstensutsläpp och bränder. Programmet bygger på en Gaussisk spridningsmodell, som i många situationer överensstämmer ganska bra med gjorda experiment. Begränsningar finns dock som beräkning av spridning av tunga gaser och spridning i komplicerad terräng.

Den Gaussiska modellen ger en bra bild av spridningsförloppet, men det ska observeras att resultatet med en viss koncentration på ett givet avstånd inte är exakt. Resultatet ger dock en bra indikation på hur stor spridningen av giftiga ämnen kan tänkas bli. Indata och utdata från programmet redovisas nedan i tabell I.1 och I.2.

Stabilitetsklass (Pasquills)	D
Vindhastigheten på 10 m höjd	5 [m/s]
Molekylvikt	28[g/mol]
Källstyrka	11 [kg/s]
Utsläppshöjd	13 [m]
Frigjord värmeeffekt	180 [MW]
Skrovlighetslängd	1 [m]

Tabell I.1 Indata och antaganden till Gaussplym

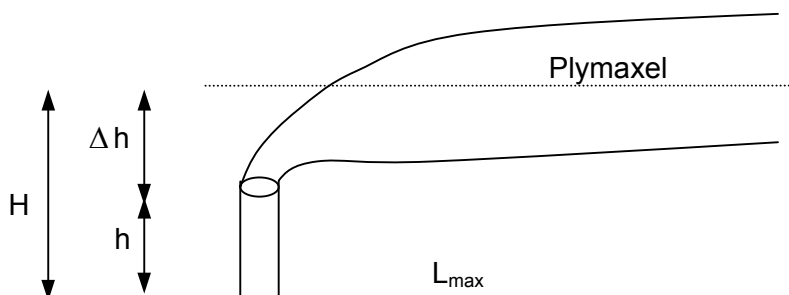
Beräknat plymlyft	262.71 [m]
Initialt buoyancy-flöde	1512 [m ⁴ /s ³]
Avstånd (XH) till slutligt plymlyft	1773.36 [m]
Plymradie (RH) vid detta avstånd	158.13 [m]
Effektiv utsläppshöjd (ZH)	275.71 [m]
X-värde	1773.36 [m]
Sigma-Y	79.06 [m]
Sigma-Z	79.06 [m]
Y-värde	0 [m]
Koncentration	0.24 [ppm]

Tabell I.2 Utdata från Gaussplym

Känslighetsanalys där vindhastighet och källstyrka varierar visar att riskavståndet varierar kraftigt. Det gör att standardfallet som används kanske inte alltid är tillämpligt i alla lägen, men är än dock ett försök till att få ett troligt riskavstånd för en mycket beräkningsmässigt komplicerad process.

I.4 Luftföroreningsmeteorologi

Antag att röken från en storbrand betar sig på samma sätt som ett skorstensutsläpp, vilket inte är ett orimligt antagande. Figur I.1 illustrerar en sådan situation.



Figur I.4 Illustration av skorstensutsläpp vid en viss vindriktning

Om h i detta fall är cisternens höjd, vilken är av storleksordningen 10 m och Δh är rökpelarens höjd, vilken kan antagas till 90 m (vilket är ett lågt värde) medför detta att $H = 100$ m. Detta är naturligtvis mycket grova, men inte orimliga antaganden och uppskattningar. Om rökgasflödet är Q [m³/s] gäller approximativt att:

$$c_{\max} \propto \frac{Q}{H^2} \quad [\text{ekv. I.1}]$$

$$L_{\max} \propto H \quad [\text{ekv. I.2}]$$

c_{\max} är den maximala koncentrationen i marknivå vid ett nedfall av röken och L_{\max} är längden från utsläppets källa. Dessa samband är mycket förenklade och proportionalitetskonstanterna i uttrycken beror i hög grad på de rådande meteorologiska förhållandena. Det verkliga systemet är oerhört komplext och kan endast beräknas med olika datamodeller. Vid normala väderleksförhållanden är dock L_{\max} av storleksordningen 2 km för $H = 100$ m. /BB/

I.5 Resultat

Datorprogrammet Gaussplym ger ett riskavstånd på cirka 1,8 km, vilket stämmer ganska bra med handberäkningsmodellen som ger ett avstånd på ca 2 km. Dessa avstånd är, som det tidigare nämnts, behäftade med stora osäkerheter. Osäkerheter med att beräkna toxiciteten i brandgaserna i utomhusmiljö och hur de toxiska ämnena sprider sig med brandgasplymen och vid vilken dos de är skadliga/dödliga för människan gör att detta scenario ej beaktats kvantitativt i samhällsriskberäkningen. Det gör att resultatet inte är tillämpligt i alla situationer, utan är ett standardfall som ger ett troligt riskavstånd.

Framförallt är brandgaserna irriterande och besvärande för andningsorganen men kan vid långvarig exponering vara livshotande. Det är därför viktigt att räddningstjänsten i ett tidigt läge informerar allmänheten genom VMA (Viktigt Meddelande till Allmänheten) och radio så att de som befinner sig inom riskområdet stänger fönster och ventilation samt stannar inomhus. I figur 7.3.1 (kapitel 7) redovisas avståndet från oljedepån till där symptom uppstår i form av syn- och andningssvårigheter av ämnet akrolein.

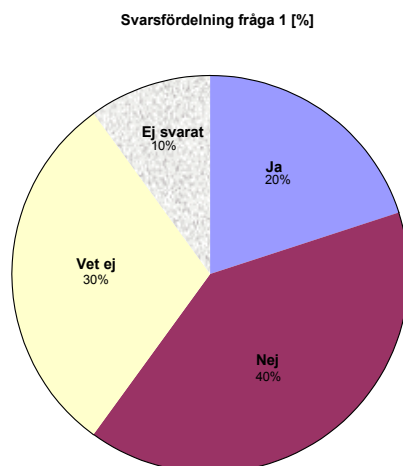
Appendix J: Resultat av enkätundersökning

För att få en bild över om de boende i oljedepåns närhet upplever verksamheten som riskfylld, genomfördes en enkätundersökning i Västervik stad under sommaren 2001. Enkäten har titeln "Enkätundersökning om riskupplevelse i Västerviks stad". Fråga 3 och 4 utgör följdfrågor beroende på vad man svarar på fråga 2, varför det finns frågor som inte alla har svarat på. Vidare finns det möjlighet att skriva egna kommentarer i slutet av enkäten. Den exakta utformningen av enkäten återfinns i slutet av denna sammanställning.

Totalt har 62 av 100 svar kommit in. Ungefär hälften av svaren representerar ett område som ligger nära oljedepån, Midgård på Östersjövägen, och övriga hälften ett område på Varvsgatan, inne i centrum av Västervik. Områdesindelning gjordes med hänsyn till närhet till oljedepån för att se om det finns skillnader i uppfattningar bland de boende beroende på hur nära oljedepån de bor. Även om bara två områden i Västervik har undersökts går det att få en viss fingervisning om invånarnas uppfattning om riskfyllda verksamheter i Västervik, som oljedepån på ön Lucerna. Resultatet av enkätundersökningen redovisas nedan, utan någon områdesindelning.

Fråga 1

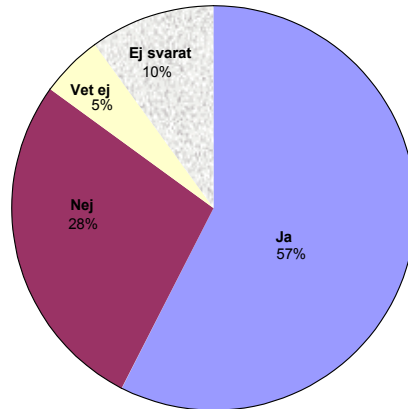
Upplever du att Västervik stad har många riskfyllda verksamheter, så som industrier och transporter av farligt gods?



Fråga 2

Är du medveten om att det ligger en oljedepå sydost om Västervik stad som hanterar stora mängder brandfarlig vara?

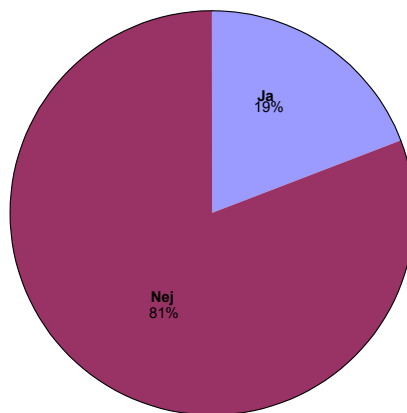
Svarfördelning fråga 2 [%]



Fråga 3 (Besvaras av de som svarat Ja på fråga 2)

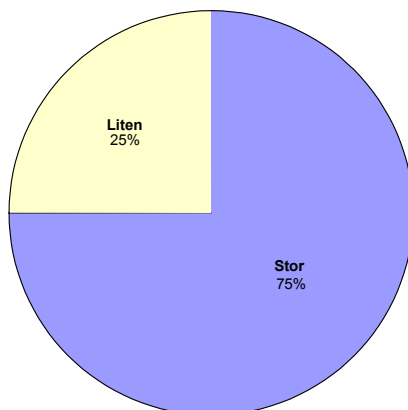
Upplever du att verksamheten på oljedepån är en hälsorisk för dig?

Svarfördelning fråga 3 [%]



Fråga 4 (Besvaras av de som svarat Ja på fråga 3 = 7 % av de som svarat på enkäten)
Om ja, hur stor upplever du risken?

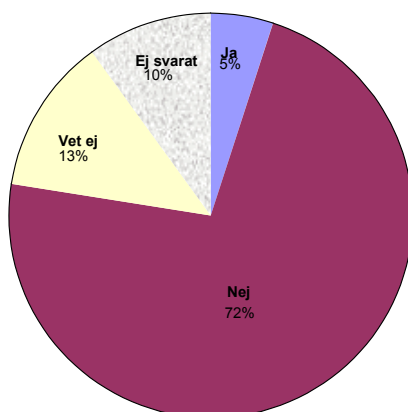
Svarsfördelning fråga 4 [%]



Fråga 5

Har du någon gång fått information från kommunen om riskfyllda verksamheter som kan påverka allmänhetens hälsa?

Svarsfördelning fråga 5 [%]



Kommentarer

Sammanfattningsvis visar enkäten att de flesta som känner till oljedepån inte tycker att den utgör någon större hälsorisk. Det finns dock de som tycker att oljedepån utgör en stor hälsofara, vilket kan förklaras med att dessa personer bor nära och tydligt ser oljedepån från sin bostad på Östersjövägen.

En stor del av svaren utgörs av Vet ej och Ej svarat, vilket till stor del beror på att det varit många nyinflyttningar i de områden som undersökts. Övriga anmärkningar som lämnats på enkäten är att svaren på fråga 3 och 4 beror på vindhastighet, typ av utsläpp i havet och dylikt, vilket tyder på att en del av de som svarat varit relativt riskmedvetna. Dessutom inkom förslag på en ny infart till Västervik, söderifrån, för att minska farligtgodstransporterna genom Västerviks stad.

I övrigt är det svårt att utläsa några tydliga trender av resultatet då det är en liten del av det totala antalet invånare som deltar i enkätundersökningen. Man ska dock inte förringa de synpunkter som kommit fram i undersökningen. Vidare ger de inkomna svaren en liten fingervisning om vad invånarna i Västervik har för uppfattning om riskfyllda verksamheter i staden.

Enkätundersökning om riskupplevelse i Västerviks stad

Denna enkätundersökning är en del i vårt examensarbete i Riskhantering vid Lunds Tekniska Högskola, som till stor del är en riskanalys på OKQ8:s oljedepå i Västervik. Vi är väldigt tacksamma om Ni skulle vilja ta Er tid att fylla i följande frågor och sedan posta enkäten med bifogat svarskuvert.

Tack på förhand
Thomas Bjerke, Brandingenjör
Jens Christiansson, Brandingenjör

- | | Ja | Nej | Vet ej |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| 1. Upplever du att Västervik stad har många riskfyllda verksamheter, så som industrier och transporter av farligt gods? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| 2. Är du medveten om att det ligger en oljedepå sydost om Västervik stad som hanterar stora mängder brandfarlig vara? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| Om ja, svara på fråga 3, annars gå vidare till 5. | | | |
| 3. Upplever du att verksamheten på oljedepån är en hälsorisk för dig? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| | Stor | Liten | |
| 4. Om ja, hur stor upplever du risken? | <input type="checkbox"/> | | <input type="checkbox"/> |
| | Ja | Nej | Vet ej |
| 5. Har du någon gång fått information från kommunen om riskfyllda verksamheter som kan påverka allmänhetens hälsa? | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Eventuella kommentarer

Appendix K: Sammanställning av riskreducerande åtgärder

- **Trafikåtgärder** för att minska olycksfrekvensen för farligtgodstrafiken. Dessa åtgärder påverkar samhällsrisken mest av alla riskreducerande åtgärder.
 - En nya sydlig infartsväg till Västervik där farligtgodstrafiken leds.
 - Minskad hastighetsbegränsning.
 - Planfria korsningar
 - Rondeller
 - Cykelvägar
 - Fartgupp

- **Indelning av invallningarna i mindre sektioner**, vilket minskar vätskeytan vid ett eventuellt utsläpp. Det gör att brandeffekten blir mindre vid ett begränsat utsläpp och då minskar sannolikheten att brand sprider sig till intilliggande cistern.

- **Installering av ett fast släcksystem vid utlastningen**, vilket ger en brandsäkrare arbetsmiljö vid utlastningen. Släcksystemet bör vara automatiskt med möjlighet till manuell aktivering.

- **Nedmontering av räddningstjänstens anslutningsanordning för släckvatten på inpumpningsledning**. Det minskar sannolikheten för läckage på inpumpningsledningen och räddningstjänsten har ändå inte för avsikt att använda anslutningsanordningen för att pumpa släckvatten.

- **Förse utlastningsplatsen med personlig skyddsutrustning**, så som skyddshandskar, hjälm med visir och skyddsoverall, vilket kan behövas vid en eventuell släckning av brand på platsen.

- **Utformning av riktlinjer och riskkriterier för riskbedömning**. Gemensamma riskkriterier för hela koncernen skulle underlätta riskhanteringsarbetet för utförarna av riskanalyserna och göra det lättare att jämföra riskerna mellan olika verksamheter. På så vis kan koncernledningen lättare besluta om var riskreducerande åtgärder har den högsta effektiviteten för att förbättra riskbilden. Riskkriterier kan exempelvis redovisas i individ- och samhällsrisk.

- **Förbättringar av riskanalysen:**
 - Komplettering med utredning om brandgasspridning.
 - Komplettering med beräkning av individ- och samhällsrisk där det ingår riktlinjer och kriterier för riskbedömning.
 - Använda utomstående sakkunniga i riskanalysarbetet som inte har egenintresse i verksamheten.
 - Kvalitetsgranskning av riskanalysen med exempelvis utomstående risk- eller brandkonsult.
 - Omskrivning av riskanalysen till rapportform.

Appendix L: Grovanalys

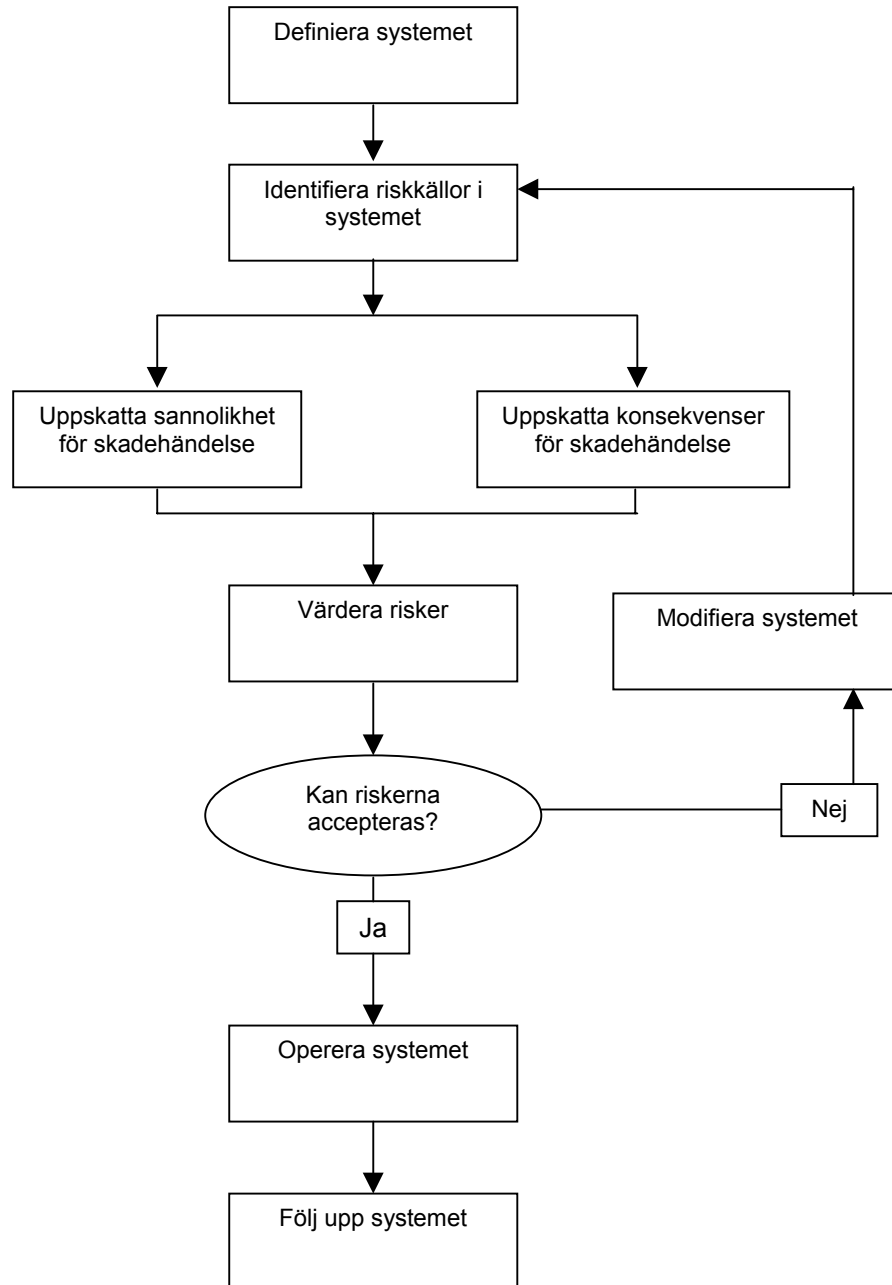
För att analysera fram olika olycksscenarier har en grovanalys gjorts. Resultatet redovisas i tabell L.1.

Skadehändelse	Möjliga orsaker	Konsekvenser	Åtgärder
Cisternbrand	Överspolning	Skada på egendom, miljö, ev. människor	Utreds vidare
Pumphaveri	Dåligt underhåll, slitage	Läckage, brand, driftstopp	Underhållsrutiner
Tankbilsolycka vid transport	Handhavandefel, trafikolycka	Brand, skador på människor och miljö	Utreds vidare
Ammoniakutsläpp	Rörbrott, dåligt underhåll	Skador på människor	Utreds vidare
Ventilläckage	Dåligt underhåll, slitage, materialfel	Läckage, brand, driftstopp	Kontrollrutiner, underhåll
Cistern rämningar	Blixtnedslag	Miljöskador, brand, egendomsskada	Jordning, underhåll
Brand vid bilutlastning	Överspolning, handhavandefel	Skada på egendom, miljö, ev. personal	Utreds vidare
Läckage på inpumpningsledning	Rörbrott, dåligt underhåll	Miljöskador, brand	Utreds vidare
Sabotage mot anläggningen	Intressekonflikter, etc.	Brand, skador på människor och miljö	Bevakning, larm
Brand i fastigheter	Mänskliga faktorn, spridning från primärbrand	Egendomsskador	Brandredskap, brandavskiljande väggar
Läckage från fartyg	Handhavandefel, fartygskollision	Miljöskador	Utbildning, säkerhetsrutiner

Tabell L.1 Grovanalys

Appendix M: Analysstruktur

I rapporten har vi använt oss av en kvantitativ analysstruktur som kallas CPQRA (Chemical Process Quantitative Risk Analysis) /A/. Analysstruktur redovisas nedan i figur M.1.



Figur M.1 Analysstruktur CPQRA