



Riskutredning för Weibullsholm



Malmö 2016-01-25
ÅF-Infrastructure AB
Brand och Risk

**ÅF-Infrastructure AB****Brand & Risk**

BORLÄNGE – GÄVLE – GÖTEBORG
LINKÖPING – LUND – MALMÖ –
STOCKHOLM – TROLLHÄTTAN

DOKUMENTINFORMATION

OBJEKT/UPPDRAG	Riskutredning för Weibullsholm
UPPDRAGSGIVARE	Landskrona Stad
REFERENSPERSON	Harald Klein, Stadsbyggnadskontoret
UPPDRAGSNUMMER	598965

ANSVARIG HANDLÄGGARE	Anders Egilsson Civilingenjör i riskhantering & Brandingenjör anders.egilsson@afconsult.com	Telefon 010 – 505 73 82
INTERNKONTROLL	Anders Norén Civilingenjör i riskhantering & Brandingenjör	

DATUM	DOKUMENTSTATUS/VERSION
2015-09-25	Version A
2015-11-25	Version B
2016-01-25	Version C



Sammanfattning

Som en del i planprogramsarbetet för Weibullsholm har denna riskutredning gjorts för att bedöma risknivån i området. Riskkällor som har studerats är industriverksamheterna Rohm and Haas och Haldex samt farligt gods-trafiken på Österleden och Ringvägen.

Slutsatsen är att de tre utbyggnadsscenarierna är möjliga att genomföra ur risksynpunkt, under förutsättning att hänsyn tas till ett antal riskreducerande åtgärder i detaljplaneringen. Utbyggnadsscenario 3 kräver mest omfattande åtgärder. Generellt gäller att risknivåerna blir något lägre om verksamheter som har låg närvaro nattetid (handel, arbetsplatser etc.) etableras på området i jämförelse med om verksamheter som har hög närvaro nattetid (bostäder) etableras. Verksamheter med låg nattlig närvaro är dock ingen absolut förutsättning för att genomföra utbyggnad ur risksynpunkt.

De möjliga olycksscenarierna hos riskkällorna har identifierats och kvantifierats med avseende på deras frekvens samt vad konsekvensen blir om olycksscenarierna inträffar. Detta har sedan använts för att beräkna riskmåttet individrisk och samhällsrisk. För samhällsrisk har risknivån beräknats för 3 teoretiska utbyggnadsscenarier med olika antagna persontätheter, för att kunna beräkna risknivåer, se figur 4. Individ- och samhällsrisk har jämförts med de riskacceptanskriterier som är praxis inom samhällsbyggnad för att kunna värdera lämpligheten i utbyggnad av Weibullsholm ur risksynpunkt.

Den dominerande riskkällan är Rohm and Haas, som är ett helägt dotterbolag till det amerikanska bolaget Dow Chemical. Dow har själva låtit utföra en detaljerad kvantitativ riskanalys för sin anläggnings påverkan på omgivningen, med hjälp av DNV GL i Houston. DNV GL anlitas därför att Dow har ett sedan tidigare långtgående samarbete med DNV GL. ÅF har på uppdrag av Landskrona stad varit involverade i metodval och granskat resultat av analysen. ÅF har inte haft full insyn i detaljer och kritiska antaganden för Dows analys, på grund av amerikanska företagsrestriktioner, men bedömer att den är av hög kvalitet. Räddningstjänsten i Landskrona har även tagit del av metod och resultat av analysen, som en del i Rohm and Haas skyldigheter i egenskap av farlig verksamhet enligt LSO 2:4.

Risikpåverkan i planområdet från farligt gods och Haldex är i princip försumbar.

Vad gäller individrisk går gränsen för acceptabel risknivå utan åtgärder precis i gränsen för Development Area 1, se figur 9. Vad gäller samhällsrisk så ligger alla de tre utbyggnadsscenarierna inom det så kallade ALARP-området, där rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas för att planförslaget ska vara



acceptabelt ur risksynpunkt. Riskreducerande åtgärder har tagits fram baserat på analysresultaten.

De riskreducerande åtgärder som föreslås för att genomföra utbyggnadsscenario 1 och 2 är:

- Luftintag för byggnader bör placeras så högt upp och så långt bort från Rohm and Haas som möjligt.
- Ventilation i byggnader bör kunna stängas av manuellt.
- Entréer bör inte vara vända mot Rohm and Haas, om de inte är i skydd av exempelvis en annan byggnad.
- I de delar av planområdet som innehåller bostäder bör tyngdpunkten vara så långt bort från Rohm and Haas som möjligt.
- Området mellan ny bebyggelse och Rohm and Haas bör i allmänhet inte utformas så att det uppmuntrar till stadigvarande vistelse.

För att genomföra utbyggnadsscenario 3 rekommenderas utöver ovanstående följande åtgärder:

- Fasader på nya byggnader närmast Rohm and Haas anpassas för att tåla en viss värmepåverkan utan brandspridning. Ett riktmärke är fasad i obrännbart material och fönster i brandteknisk klass EW30 eller bättre.
- Bärverk i byggnader närmast Rohm and Haas anpassas så att lokal kollaps inte leder till fortskridande ras. Vidare analys behövs för att bestämma dimensionerande explosionsövertryck och varaktighet.

Vidare bör området inom 30 m från Ringvägen respektive Österleden inte vara utformat så att det uppmuntrar till stadigvarande vistelse.



Innehållsförteckning

1.	INLEDNING.....	6
1.1.	Bakgrund och mål.....	6
1.2.	Metod.....	6
1.2.1.	Disposition.....	7
1.2.2.	Metodosäkerhet.....	8
1.2.3.	Begreppslista.....	8
1.3.	Avgränsningar och antaganden.....	8
1.4.	Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	9
2.	OMRÅDESBESKRIVNING.....	12
2.1.	Allmänt.....	12
2.2.	Studerat objekt.....	12
2.3.	Skyddsobjekt.....	13
3.	RISKKÄLLOR MED GROV ANALYS.....	14
3.1.	Rohm and Haas.....	14
3.1.1.	Scenariourval.....	14
3.1.2.	Frekvensberäkning.....	17
3.1.3.	Konsekvensmodellering.....	17
3.2.	Haldex.....	18
3.3.	Farligt Gods på Österleden och Ringvägen.....	19
4.	SAMMANVÄGNING AV FREKVENNS OCH KONSEKVENSS.....	19
4.1.	Individrisk.....	19
4.2.	Samhällsrisk.....	20
4.3.	Beräkning av frekvens och konsekvens.....	20
5.	RISKVÄRDERING.....	21
5.1.	Kriterier för tolerabel risk.....	21
5.2.	Områdets risk – beräkningsresultat och riskvärdering.....	24
5.2.1.	Individrisk med avseende på Rohm and Haas.....	24
5.2.2.	Resultat individrisk med avseende på farlig godstrafik på Österleden och Ringvägen.....	25
5.2.3.	Samhällsrisk kring Rohm and Haas anläggning.....	26
5.2.4.	Resultat av samhällsriskberäkningar med avseende på farligt gods.....	27
5.2.5.	Resultatdiskussion.....	28
6.	OSÄKERHET.....	29
6.1.	Allmänt om osäkerhet.....	29
7.	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER.....	31



8.	SLUTSATS.....	33
9.	REFERENSER.....	34
	BILAGA A – GROVANALYS OCH FAROIDENTIFIERING FÖR FARLIGT GODS.....	37
	BILAGA B – FREKVENSBERÄKNINGAR.....	47
	BILAGA C – VÄDERDATA.....	56
	BILAGA D – KONSEKVENSBERÄKNINGAR.....	58



1. Inledning

1.1. Bakgrund och mål

Denna riskutredning är genomförd i syfte att utreda, analysera och värdera möjligheterna till eventuell utbyggnad av Weibullsholmsområdet i Landskrona ur risksynpunkt. Grundorsaken till att riskutredningen behövs är områdets närhet till de riskkällor som har betydande olyckspotential och som därmed kan påverka hur marken bör användas. De riskkällor som har analyserats är följande:

- Farligt gods-lederna Väst kustbanan, Ringvägen och Österleden.
- Rohm & Haas anläggning i sydvästra delen av området.
- Haldex anläggning söder om området.

För verksamheternas lokalisering, se kapitel 2.

Målet med riskutredningen är att skapa ett underlag som underlättar för beslutsfattare att ta beslut om etableringen är tolerabel ur risksynpunkt eller inte.

Riskutredningen är sammanställd på uppdrag av Landskrona stad.

1.2. Metod

Att genomföra en riskutredning innebär i sig flera olika delmoment. Först görs en riskanalys som inleds genom att mål och avgränsningar bestäms för den aktuella analysen. Även de principer för hur risken värderas slås fast. Därefter tar riskinventeringen vid, som syftar till att definiera de olycksscenarioer som är specifika för de studerade riskkällorna. Därefter görs en sammanvägning av frekvensen och konsekvensen för de identifierade olycksscenarioerna, för att erhålla en uppfattning om risknivån. Vad gäller konsekvenser så används tre olika teoretiska utbyggnadsscenarioer för området där personbelastningen är olika mellan scenarioerna. Således ges en kvantitativ bild av hur de olika utbyggnadsscenarioerna skiljer sig ur risksynpunkt.

I riskvärderingen jämförs resultatet från riskanalyserna med principer för hur risken skall värderas, för att komma fram till om risken är tolerabel eller inte. Slutsatser dras utifrån detta resultat om behovet av riskreducerande åtgärder.

Riskutredningen är principiellt en övergripande värdering utifrån de tre analyserna/bedömningarna för de tre respektive källorna, utifrån de fastslagna riskacceptanskriterierna. Intern policy hos Rohm and Haas moderbolag Dow Chemical medger inte att företaget lämnar ut information som är kritisk för att

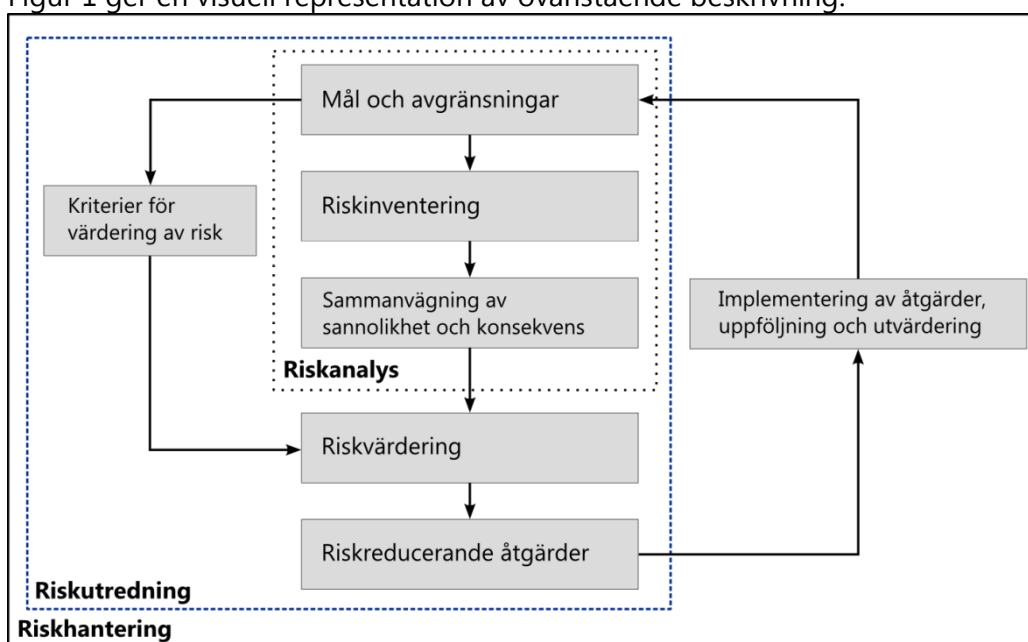


kunna göra en riskanalys av det här slaget. Istället har uppdraget till ÅF förändrats på så vis att Dow själva har låtit göra en kvantitativ riskanalys för sin anläggnings påverkan på omgivningen. ÅF har sedan fått ta del av metod och resultat från Dows/DNVs egen analys för att på uppdrag av beställaren granska och implementera i den övergripande riskutredningen för planområdet. Dow har anlitat DNV GL för att göra stora delar av riskanalysen. ÅF har under hela processen fört dialog med Dow om vilka analysmetoder som används samt gett indata vad beträffar väderförhållanden i Landskrona och population.

Riskutredningen är en regelbundet återkommande del av den totala riskhanteringsprocessen där en kontinuerlig implementering av riskreducerande åtgärder, uppföljning av processen och utvärdering av resultatet är utmärkande.

Den övergripande metoden för riskutredning följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland tagit fram [1]. Den enda egentliga skillnad ligger i vokabulären då vi väljer kalla en rapport som denna en riskutredning. Länsstyrelserna kallar motsvarande delar av riskhanteringsprocessen en riskbedömning.

Figur 1 ger en visuell representation av ovanstående beskrivning.



Figur 1. Riskhanteringsprocessen. Denna riskutredning innefattar det som är markerat med blå streckad linje.

1.2.1. Disposition

Rapportens rubriker följer i stort metoden ovan för en riskutredning. Skillnaderna är att mål och avgränsningar ligger som underrubriker till del 1.



Inledning och att den för riskinventeringen viktiga områdesbeskrivningen för tydlighetens skull har en egen del, del 2.

1.2.2. Metodosäkerhet

I alla riskutredningar finns osäkerheter, både vad det gäller använda modeller och deras begränsningar, samt indata till dessa modeller. Branschstandard är idag att osäkerheten i huvudsak hanteras genom användning av konservativa värden. Då ÅF inte haft tillgång till all indata och detaljer kring analysen för Rohm and Haas anläggning så kan ÅF inte garantera validiteten i dess resultat. Dock är DNV GL en stor och välrenommerad aktör inom branschen, varför deras leveranser kan förväntas vara av mycket god kvalitet.

1.2.3. Begreppslista

- *Risk*: Sammanvägning av konsekvens av ett givet olycksscenario och den teoretiska frekvensen av det.
- *Individrisk*: Risknivå vid en geografisk punkt i samhället, där individrisken är sannolikheten att en teoretisk person omkommer till följd av olycka, när den teoretiska personen vistas på den geografiska punkten under ett år.
- *Samhällsrisk*: Sambandet mellan förväntade antal omkomna vid givna olycksscenarioer och frekvensen av dessa scenarioer, för en känd population inom ett geografiskt område. Samhällsrisk beräknas kumulativt för alla studerade olyckstyper.
- *ALARP*: Förkortning för As Low As Reasonably Practicable. ALARP är en term för det intervall i risknivån där riskreducerande åtgärder skall göras så länge kostnaden för dessa åtgärder är rimliga i förhållande till minskad risk med åtgärden. ALARP-principen gäller för den säkra sidan av gränsen för där riskreducerande åtgärder är ett absolut krav.
- *ADR/RID*: Regelverk och klassificering av farligt gods på väg respektive järnväg. Klassindelningen är densamma inom ADR och RID och det som används av regelverket i denna utredning.

1.3. Avgränsningar och antaganden

De risker som studerats är sådana som är förknippade med plötsligt inträffade händelser (olyckor) som har sitt ursprung i någon av de tre analyserade riskkällorna, se kapitel 3 Riskidentifiering. Enbart risker som kan innebära konsekvenser i form av dödsfall inom detta planområde beaktas. Det innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis skador på miljön, skador och hälsoproblem orsakade av långvarig exponering, materiella skador eller skador lokalt på trafikled eller industri etc. Inte heller risker förknippade med extremt väder eller naturkatastrofer tas i beaktande. Det är endast om nyetableringen



är tolerabel ur risksynpunkt som utreds. Inga andra områden kring riskkällorna än planprogramsområdet utreds avseende huruvida risknivån är tolerabel eller inte för dessa områden.

Vid flera tillfällen i analysen har det varit tvunget att göra uppskattningar och rimlighetsbedömningar baserat på tidigare erfarenheter. Dessa kan ofta vara subjektiva och kan variera med olika bedömares erfarenheter och bakgrund. Ett viktigt antagande som görs i riskbedömningen är att dessa uppskattningar är rimliga. Då ÅF inte haft tillgång till riskanalysen för Rohm and Haas anläggning utförd av DNV GL på uppdrag av Dow kan ÅF inte verifiera innehåll eller slutsatser av denna.

1.4. Styrande lagstiftning och riktlinjer

Det generella kravet på riskanalyser i samhällsplaneringen har sin grund i Plan- och bygglagen (2010:900) och i vissa fall också Miljöbalken (1998:808).

Det anges dock inte i detalj hur riskanalyser ska genomföras och vad de ska innehålla. På senare tid har rekommendationer getts ut gällande vilka typer av riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. I denna utredning har Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen beaktats [1]. Denna är specifik för riskkällan farligt gods och anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas i detaljplaneprocessen inom 150 meter från en transportled för farligt gods. Detta är baserat på de transporter med farligt gods som finns i vårt samhälle. För industrier, där farliga ämnen kan finnas i betydligt större mängd samt hanteras i på ett sätt som skiljer sig från transport, bör en mer generell riskmodell tillämpas eftersom avstånden vid sådana olyckor inte nödvändigtvis är de samma som vid olyckor med farligt gods. Däremot är det lämpligt att använda samma riskmått, dvs. individ- och samhällsrisk för att kunna göra en riskvärdering på ett för samhället lika objektiva sätt som för farligt gods.

Länsstyrelsen i Skåne är en av de som gått längst i framtagandet av riktlinjer har fastlagt generella sådana för vilken markanvändning som kan accepteras vid olika avstånd från farligt gods leder utan ytterligare riskanalys [2]. Dessa avstånd sammanfattas i

tabell 1.

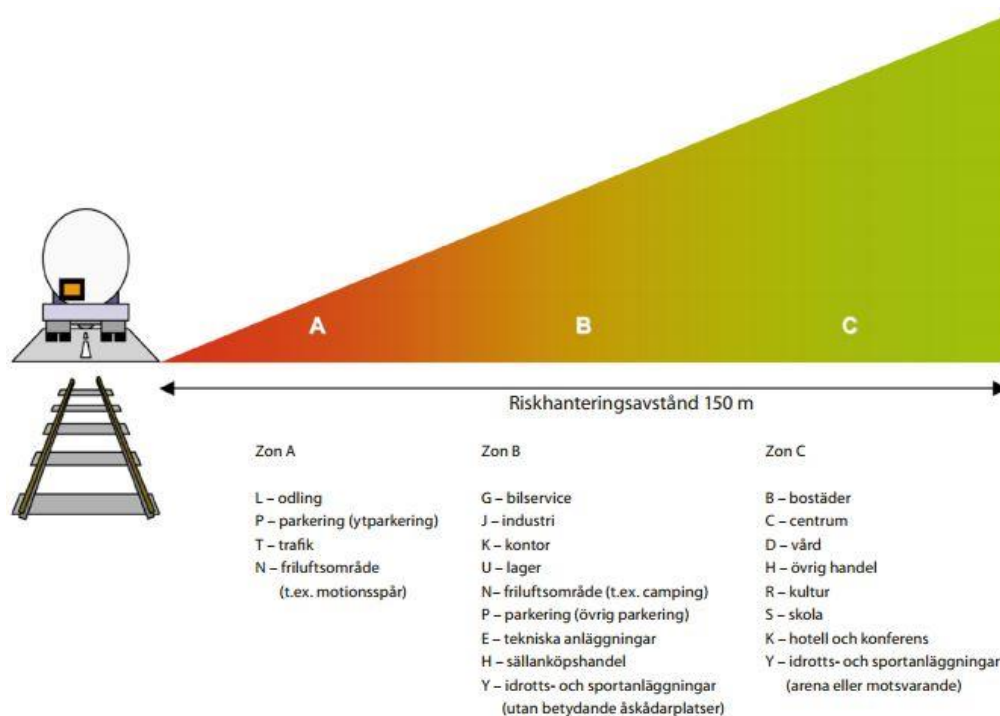


Tabell 1. Generella riktlinjer för markanvändning vid farligt gods-led (utan ytterligare riskutredning).

Avstånd	Markanvändning	Exempel på lämplig markanvändning
0-30m	Bebyggelsefritt	Parkering (ytparkering), trafik, odling, friluftsområde
30-70m	Låg persontäthet, personer alltid i vaket tillstånd	Handel (sällanköpshandel), industri, bilservice, lager, tekniska anläggningar, parkering
70-150m	Ej hög persontäthet eller utsatta personer	Bostäder (småhusbebyggelse), handel (övrig handel), kontor (i ett plan), lager, idrotts- och sportanläggningar (utan betydande åskådarplats), centrum, kultur
>150m	Inga restriktioner	Bostäder (flerbostadshus i flera plan), kontor (i flera plan inkl. hotell), vård, skola, idrotts och sportanläggningar (med betydande åskådarplats)

Ovan angivna avstånd är generella rekommendationer för markanvändning utan vidare säkerhetshöjande åtgärder eller analyser. Avsteg från rekommendationerna kan ske efter analys av specifik information för aktuellt planområde och/eller riskanalys samt då lämpliga riskreducerande åtgärder vidtas.

För en mer nyanserad bestämning av skyddsavstånd kan en zonindelning från samma riktlinje [1] användas. Zonerna representerar möjlig markanvändning för en viss risknivå, men har inga på förhand fasta gränser. Zonindelningen med möjlig markanvändning illustreras i Figur 2.



Figur 2. Zonindelning av möjlig markanvändning på olika avstånd från riskkälla. Här är riskkällan illustrerad med transportled för farligt gods, men principen gäller alla riskkällor. Gränserna är flytande och riskhanteringsavståndet 150m är endast applicerbart på farligt gods.



2. Områdesbeskrivning

2.1. Allmänt

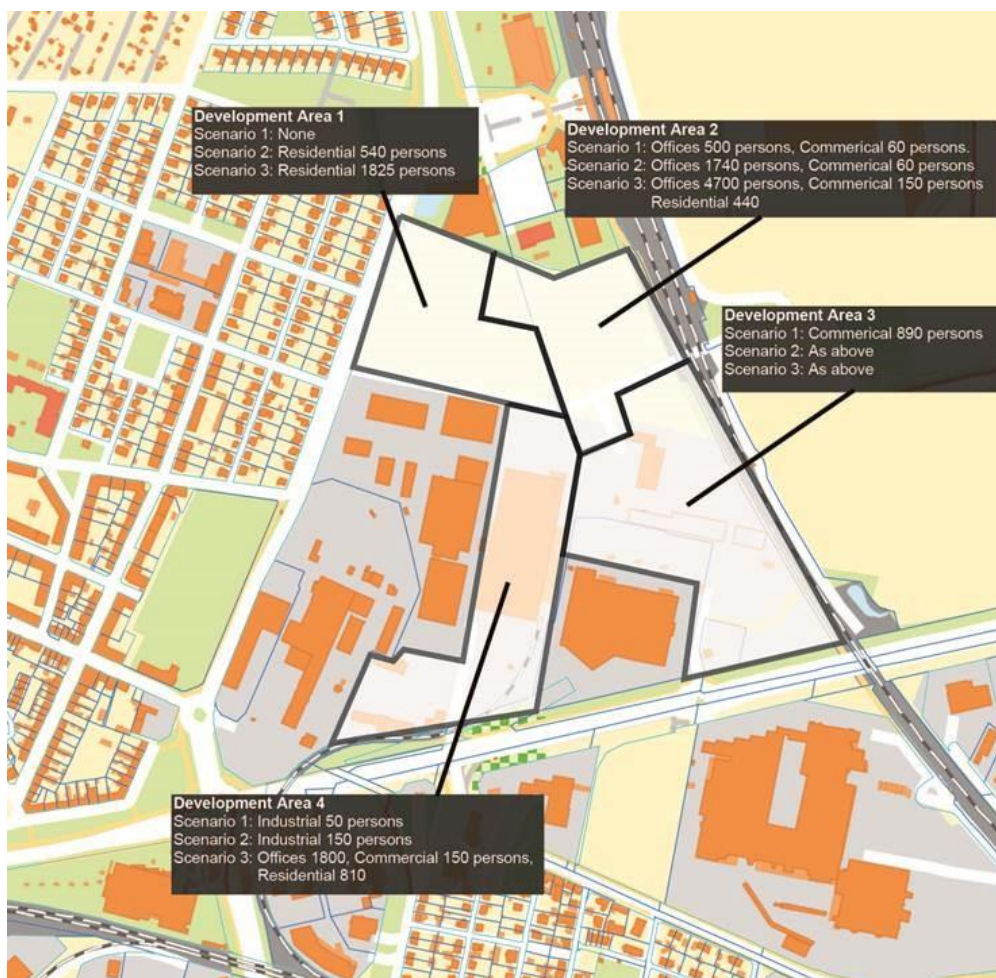
Planområdet ligger vid Weibullsholm precis väster om västkustbanan i Landskrona. Området avgränsas av Österleden (Väg 17), Västkustbanan samt Ringvägen upp till stationsområdet för Landskrona järnvägsstation.



Figur 3. Översikt över planområdet med Rohm and Haas anläggning i sydväst, markerat i rött, samt Haldex anläggning i sydost markerat i rött.

2.2. Studerat objekt

Utbyggnadsscenarier har valts ut för att kunna bedöma samhällsrisk vid olika grader av utbyggnad i området. De tre utbyggnadsscenarierna med personantal i respektive delområde visas i Figur 4.



Figur 4. Karta över planområdet med populationer för vart och ett av de tre utbyggnadsscenarierna.

Området sträcker sig ca 750 meter längs Österleden, 540 meter längs Ringvägen samt 550 meter längs med västkustbanan.

2.3. Skyddsobjekt

Denna riskbedömning fokuserar på personsäkerhet. Skyddsobjekt är personer som vistas inom ovan definierat område, både i och utanför byggnader. Skyddsobjektets karaktär motsvarar en blandning av handel, boende och kontor enligt de riktlinjer som RIKTSAM [1] anger för lämplig markanvändning i förhållande till avstånd till farligt gods-led, vars princip också är giltig för farlig verksamhet. Inom kategorin boende är det flerbostadshus i flera plan som avses.

Antalet personer som befinner sig i området har uppskattats av Okidoki Arkitekter i samråd med kommunen utifrån normal personbelastning för respektive verksamhet i de tre olika utbyggnadsscenarierna, se figur 4.



3. Riskkällor med grovanalys

I denna riskutredning utgör Haldex, Rohm and Haas (dotterbolag till Dow Chemical) och farligt gods-lederna västkustbanan, ringvägen och Österleden riskkällor.

Rohm and Haas hanterar stora mängder kemikalier som vid utsläpp kan bilda stora giftiga och/eller explosiva gasmoln. Denna riskkälla är enligt tidigare erfarenhet den mest betydande i området. Haldex har tidigare i sin verksamhet bland annat hanterat cyanidhaltiga kemikalier som vid storbrand kan ge ifrån sig mycket giftiga brandgaser.

3.1. Rohm and Haas

Rohm and Haas tillverkar bindemedel för färg- och pappersindustrin och hanterar i processen stora mängder ämnen som vid olyckor kan påverka planområdet på olika sätt. Dow chemical har arbetat tillsammans med DNV GL för att ta fram en detaljerad QRA (kvantitativ riskanalys) [3]. Ca 330 möjliga olycksscenarier har identifierats och kvantifierats med avseende på frekvens och konsekvens för alla faser i produktionen. Med hjälp av mjukvaran Safeti har följande potentiella konsekvenser modellerats:

- Exponering för giftiga ämnen
- Exponering för explosionsövertryck vid gasmolnsexplosioner
- Exponering för värmestrålning från pölbränder, jetflammar och olika förbränningsförlopp i gasmoln.

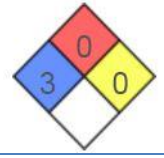
I analyserna har personbelastningen låtit variera vid olika tidpunkter, så som Dag, natt och helg, se bilaga D2. För att beräkna samhällsrisk har dessa personbelastningar sedan exponerats för de identifierade olyckorna vid en mängd olika väderförhållanden, fördelade på 16 vindriktningar och 10 vindhastigheter/stabilitetsklasser i modellen. Tillvägagångssättet är i enlighet med svensk branschpraxis för dylika analyser. För resultat av riskanalysen se avsnitt 5.2.

3.1.1. Scenariourval

Ett antal kemikalier med toxisk eller på annat sätt potentiellt farlig påverkan på människor har inkluderats i analysen, se tabell 2.



Tabell 2. Farliga ämnen som använts i analysen. Akrylnitril har fått representera Metakrylsyra och Ammoniumhydroxid i Safeti, vilket gör resultaten något konservativa för detta ämne. Faran illustreras för Hälsa, Brandrisk och Miljö m.h.a en så kallad "Branddiamant" enligt NFPA 704 [4]

Ämne	CAS-nr ¹	Farobeskrivning
Metakrylsyra	79-41-4	 Metakrylsyra och Ammoniumhydroxid är i första hand frätande för ögon och hud och till viss del andningsorgan vid inandning.
Ammoniumhydroxid	1336-21-6	
Butylakrylat	141-32-2	Brännbar vätska. Branddiamant saknas. Toxiska gränsvärden är högre än Etylakrylat för motsvarande symtom [5].
Etylakrylat	140-88-5	 Brandfarlig vätska. Inandning av ångor kan ge hosta, halsont och lättare andnöd.
Metylmetakrylat	80-62-6	 Brandfarlig vätska. Irriterar andningsorganen och huden.
Styren	100-42-5	 Brandfarlig och hälsovådlig vätska. Kortvarig exponering ger irriterade slemhinnor och ögon. Långvarig exponering påverkar centrala nervsystemet genom bland annat huvudvärk, utmattning, förlorad hörsel och depression.
Vinylacetat	108-05-4	 Brandfarlig vätska.
Diverse blandningar och lösningar av ovanstående ämnen.		

¹ CAS-nr är unika numeriska identifierare för kemiska föreningar, polymerer, biologiska sekvenser, mixer och legeringar. Dessa ges ut av "Chemical Abstracts Service" (CAS), en avdelning av The American Chemical Society.



För beskrivning av branddiamantens innehåll, se figur 5.

 NFPA Rating Explanation Guide 					
RATING NUMBER	HEALTH HAZARD	FLAMMABILITY HAZARD	INSTABILITY HAZARD	RATING SYMBOL	SPECIAL HAZARD
4	Can be lethal	Will vaporize and readily burn at normal temperatures	May explode at normal temperatures and pressures	ALK	Alkaline
3	Can cause serious or permanent injury	Can be ignited under almost all ambient temperatures	May explode at high temperature or shock	ACID	Acidic
				COR	Corrosive
2	Can cause temporary incapacitation or residual injury	Must be heated or high ambient temperature to burn	Violent chemical change at high temperatures or pressures	OX	Oxidizing
1	Can cause significant irritation	Must be preheated before ignition can occur	Normally stable. High temperatures make unstable		Radioactive
0	No hazard	Will not burn	Stable		Reacts violently or explosively with water
					Reacts violently or explosively with water and oxidizing

Figur 5. Beskrivning av hur branddiamanten enligt NFPA 704 ska tolkas. Färgen avser typ av fara medan siffran avser hur allvarlig faran är.

Kemiska reaktioner med ämnen i tabell 2 kan skapa brand, eller avge brännbara och explosiva gaser och/eller giftiga gaser. En lång rad händelser kan föranleda att ämnena släpps ut eller sammanblandas på ett okontrollerat sätt.

Alla faser i produktionen har analyserats för att identifiera var och hur utsläpp kan ske. Analyserade faser i produktionen är exempelvis lastning/lossning, förvaring i cisterner, tillverkning av produkter samt underhåll av utrustning och faciliteter. Utsläppscenarier har därmed kunnat utvecklas utifrån en bredd av utlösande händelser såsom:

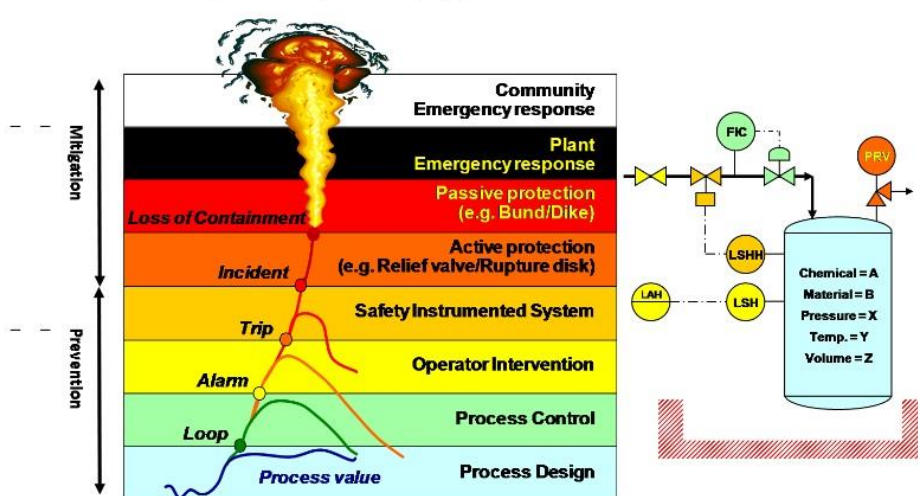
- Mekaniska fel (som följd av korrosion, erosion, tillverkningsfel i komponenter etc.)
- Mänskliga fel (handhavandefel med manuella ventiler, operatör blandar fel material etc.)
- Oförutsedda händelser i produktionen (Instrumentfel, läckande ventil etc.)
- Kemikalierelaterade händelser (reaktionshämmare tar slut etc.)
- Naturliga händelser (blixtnedslag etc.)

Med variationen i väderförhållanden och en mängd identifierade möjliga utlösande faktorer kunde 330 separata scenarier modelleras i Safeti.



3.1.2.Frekvensberäkning

Frekvenser för mekaniska fel har härletts från *Health and Safety Executives* (HSE) statistikdatabas för läckage offshore [6]. Frekvenser för mänskliga fel och oförutsedda händelser i produktionen har beräknats genom LOPA (Layers of Protection Analysis)-tekniken, [7]. I en LOPA-analys värderas integriteten systematiskt på var och en av de barriärer som motverkar respektive olycka, för att kunna bestämma olycksfrekvensen. För respektive oönskad händelse beräknas integriteten för varje huvudbarriär enligt exempel i figur 6.



Figur 6. Värdering av barriärer enligt LOPA-principen.

3.1.3.Konsekvensmodellering

Populations- väder- samt frekvensdata matades in i mjukvaran Safeti version 6.7 för att modellera konsekvenser och därmed få ut risknivåer. Följande potentiella konsekvenser modellerades:

- Exponering för giftiga ämnen
- Exponering för explosionsövertryck vid gasmolnexplosioner
- Exponering för värmestrålning från pölbränder (direkt och fördröjd antändning), jetflammar samt olika förbränningsförlopp i gasmoln.

Metoder för konsekvensberäkningar har i huvudsak följt "*The Purple Book*" [8]. Vad gäller explosionsövertryck och konsekvenser av värmestrålning har beräkningar gjorts exakt som i *The Purple Book*, medan Probit-värden² för

² Probitfunktion är en statistisk modell som beskriver sannolikheten för en viss andel dödsfall inom en population som exponeras för ett giftigt ämne, som funktion av koncentrationen. Probit-funktionen beror av Probit-värden som är unika för varje specifikt ämne.



toxisk påverkan saknades för de flesta av materialen. Istället har Probit-värden som används internt på DOW framtagna av en oberoende konsult, Jayjock Associates LLC, som är specialiserade på hälsoriskanalyser, använts.

Den geografiska utbredningen av kritiska förhållanden i var och en av olycksscenarierna har använts för att beräkna individrisken. Individrisken har sedan multiplicerats med personbelastningen/antalet exponerade personer, för att kunna beräkna antalet omkomna och samhällsrisk presenterad med FN-kurva.

För resultat av analysen se avsnitt 5.2.

3.2. Haldex

Haldex Brake Productions ligger med fastighetsgränsen ca 70 meter från planområdet och ca 100 meter från närmaste nuvarande byggnadsdel inom planområdet. Haldex arbetar med utveckling och tillverkning av fordonskomponenter såsom automatiska bromshävarmar och skivbromsar. Haldex har tidigare rekommenderats ett säkerhetsavstånd på upp till 200 m för nya bostäder grundat i möjlig spridning av cyanidhaltiga brandgaser från Teniferhärningen vid industribrand [9].

Brandgaser är toxiska generellt och kan utgöra ett problem även för personer som inte är i direkta närheten av branden. Skydd mot brand och brandgaser täcks in i normal brandskyddsprojektering enligt boverkets byggregler och utgör normalt inga särskilda hinder för detaljplaner, såtillvida det inte är frågan om särskilt toxiska ämnen i brandgaser såsom cyanid.

Enligt Haldex miljörapport för 2014 stängde Teniferhärningen ner 2014-12-21 [10]. Därmed omfattas inte verksamheten av bestämmelserna i den så kallade Sevesolagen, lag (1999:381) om åtgärder för att förebygga och begränsa följderna av allvarliga kemikalieolyckor. Som en följd av detta har Länsstyrelsen beslutat³ att Haldex inte heller utgör farlig verksamhet i enlighet med 2 kap 4§ lagen (2003:778) om skydd mot olyckor.

Då verksamheten inte längre hanterar ämnen som ger cyanidhaltiga brandgaser är det att betrakta som vilken stor brandcell som helst och utgör därmed inget hinder för planområdet ur risksynpunkt. Vidare analys för Haldex görs därmed inte.

³ Beslut av länsstyrelsen 2015-11-20. Dnr 452-22388-15



3.3. Farligt Gods på Österleden och Ringvägen

Transporter skyltade som farligt gods förekommer på Österleden och till viss del på Ringvägen. Utifrån tillgänglig statistik på transportflöden har olycksfrekvenser beräknats för olika typer av farligt gods-olyckor. Av de klasser av farligt gods som förekommer på sträckorna har ett antal olyckstyper analyserats:

- Klass 2.1, Brandfarliga gaser (värmestrålning och explosionsövertryck)
- Klass 2.3, Giftiga gaser (Toxisk effekt av giftiga gasmoln)
- Klass 3, Brandfarliga vätskor (Värmestrålning av pölbränder).

För komplett grovanalys med faroidentifiering, se bilaga A. För frekvensberäkningar, se bilaga B. För konsekvensberäkningar av dessa olyckor se bilaga D.

4. Sammanvägning av frekvens och konsekvens

Inom samhällsplaneringen är det främst två riskmått som används för att beskriva risk kvantitativt. Dessa är individrisk och samhällsrisk. metoder som används för sammanvägning av sannolikhet (i form av relativ frekvens) och konsekvens. Beskrivning av dessa följer nedan.

4.1. Individrisk

Individrisken visar risknivån för en teoretisk individ på en given plats i närheten av riskkällan. Sannolikheten beräknas för att en hypotetisk person som står ett år på ett visst avstånd från riskkällan avlider. Måttet anger den underliggande risknivån för olika geografiska platser i samhället och är oberoende av om människor vistas där eller ej.

Individrisken (IR) i punkten x, y beräknas enligt:

$$IR_{x,y} = \sum_{i=1}^n IR_{x,y,i} \quad (a) \quad \text{formel 1 a, b}$$

$$IR_{x,y,i} = f_i \cdot p_{f,i} \quad (b)$$

Där f_i är den frekvensen (per år) för scenario i och $p_{f,i}$ är sannolikheten att en teoretisk individ i studerad punkt avlider av scenario i . $p_{f,i}$ antas, till 1 eller 0 beroende på om individen befinner sig inom eller utanför det beräknade konsekvensområdet. Genom att summera individrisken för de olika



sluthändelserna på olika platser inom ett område kan individriskkonturer ritas upp.

4.2. Samhällsrisk

Samhällsrisken beräknas för att studera riskens inverkan på samhället. Den tar hänsyn till hur många människor som kan drabbas av ett visst utfall.

Samhällsrisken beräknas enligt formel 2 nedan.

$$N = \sum_{x,y} P_{x,y} \cdot p_{f,i} \quad \text{formel 2}$$

N_i står för antalet människor som avlider på grund av det studerade scenariot i .

$P_{x,y}$ är antalet personer i punkten x, y .

$p_{f,i}$ är sannolikheten att en godtycklig individ inom konsekvensområdet omkommer.

Samhällsrisken redovisas normalt i F/N-kurvor. Där antalet dödsfall (N) plottas mot frekvensen (per år) för de scenarier där N eller fler människor avlider. Detta benämns F_N och beräknas enligt nedan.

$$F_N = \sum_i f_i \text{ för alla sluthänder } i \text{ för vilka } N_i \geq N \quad \text{formel 3}$$

Där f_i är frekvensen för sluthändelse i och N_i är antalet beräknade dödsfall för scenario i . F/N-kurvan visar sambandet mellan olyckor med olika antal omkomna och frekvensen av dessa olyckor.

4.3. Beräkning av frekvens och konsekvens

Beräkningarna för de parametrar som behövs till individrisk- och samhällsriskberäkning enligt ovan utförs i Bilaga A - Frekvensberäkningar, och Bilaga D - Konsekvensberäkningar. Sammanfattande resultat från beräkningarna presenteras i avsnitt 5.2.

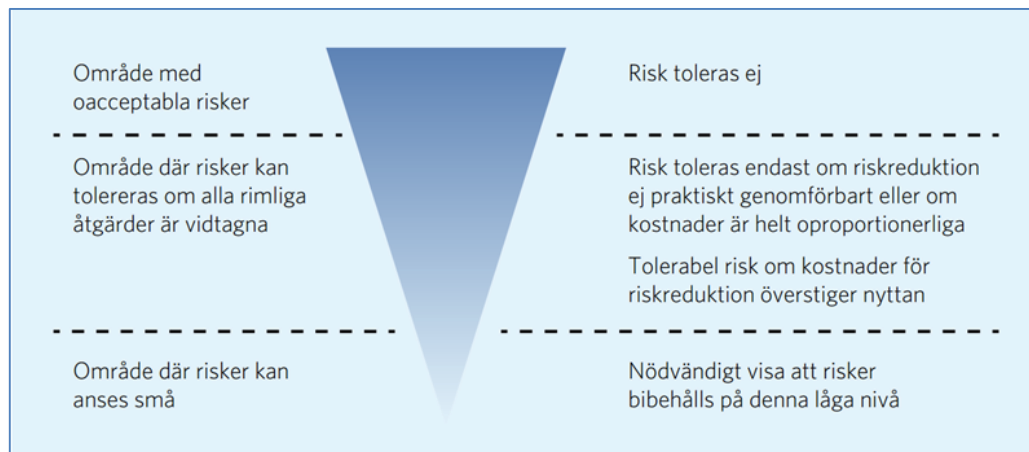


5. Riskvärdering

5.1. Kriterier för tolerabel risk

Det finns i Sverige inget nationellt beslut över vilka kriterier som skall tillämpas vid riskvärdering inom samhällsbyggnadsprocessen. Det Norske Veritas (DNV) har på uppdrag av Räddningsverket tagit fram förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk som kan användas vid riskvärdering [11].

Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med dödsfall skall inträffa. Risker kan kategoriskt placeras i tre fack. De kan vara acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se figur 7.



Figur 7. Princip för värdering av risk [1].

Följande förslag till tolkning av ovanstående figur rekommenderas [11]:

- De risker som hamnar inom område med oacceptabla risker värderas som oacceptabelt stora och tolereras inte. För dessa risker behöver mer detaljerade analyser genomföras och/eller riskreducerande åtgärder vidtas.
- Området i mitten kallas ALARP-området (As Low As Reasonably Practicable). De risker som hamnar inom detta område värderas som tolerabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, tolereras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör kraven på riskreduktion inte ställas lika hårda, men möjliga åtgärder till riskreduktion skall beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnad-nytta-analys.
- De risker som hamnar inom området där "risker kan anses små" värderas som acceptabla. Dock skall möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder som med



hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra skall genomföras.

För individrisk föreslår Räddningsverket [11] följande kriterier:

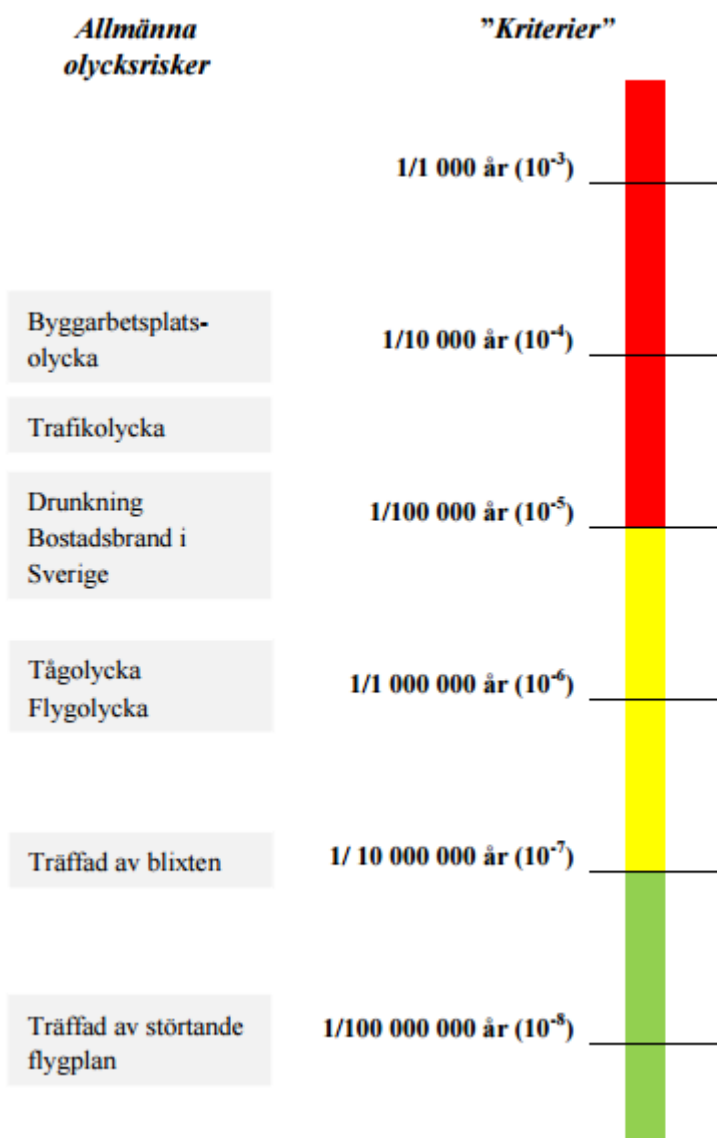
- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslår Räddningsverket [11] följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan anses vara små: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på FN-kurva: -1

Samhällsriskens frekvenskriterier är definierade som antal olyckor per kilometer och år som påverkar båda sidor av en linjekälla som exempelvis en farligt godsled alternativt total påverkan i samhället från en industriverksamhet. Studeras en kortare eller längre sträcka och/eller endast ledens bidrag till samhällsrisk på ena sidan skall alltså frekvenskriterierna skalas om för att vara representativ för områdets storlek. Detta har gjorts i beräkningarna för figurer avseende samhällsrisk i avsnitt 5.2.2. För farligt gods har riskacceptkriterierna skalats om för att omfatta ena sidan av vägen (norr respektive öster om). För Rohm and Haas, som är en punktkälla, bör riskacceptanskriterierna gälla omgivande samhället som helhet.

DNVs riskacceptanskriterier kan jämföras med allmänna olycksrisker i samhället. Se för exempel på risker i samhället.



Figur 8. Risknivåer för allmänna olycksrisker i samhället. Risknivån avser sannolikheten för att en godtycklig invånare i Sverige drabbas av respektive olycka under ett år. Rött område avser f.d. räddningsverkets förslag på gräns för oacceptabel risknivå, grönt område motsvarar den risknivå som kan accepteras utan riskreducerande åtgärder. Gult utgör ALARP-området, den risknivå där skyddsåtgärder skall bedömas ur kostnad nytta-perspektiv.

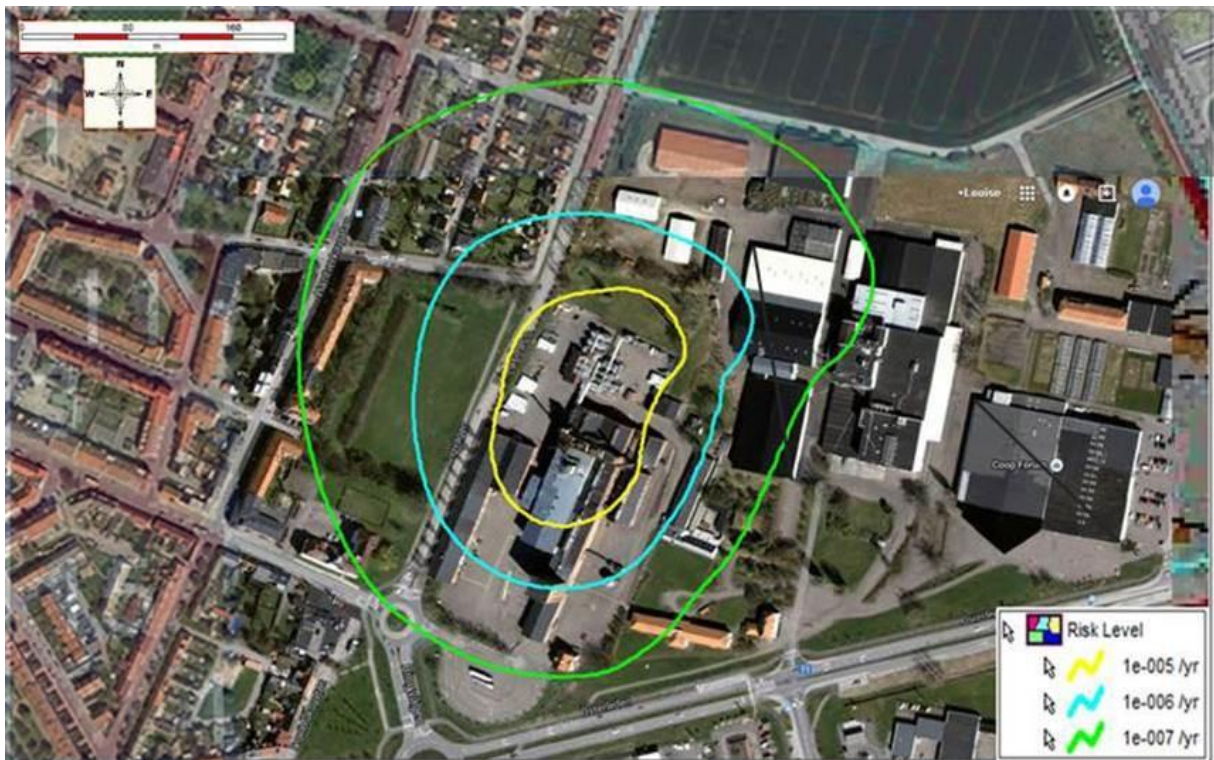


5.2. Områdets risk – beräkningsresultat och riskvärdering

Resultatet från analyserna av planområdets risknivå redovisas för vart och ett av de två riskmåten individrisk respektive samhällsrisk. Då riskanalysen för Rohm and Haas anläggning på omgivningen har gjorts av extern part frikopplat från analysen för farligt gods påverkan på planområdet så redovisas resultaten separat. Resultaten visar dock att risknivån från farligt gods är mycket låg och risknivån från Rohm and Haas blir tonsättande för området.

5.2.1. Individrisk med avseende på Rohm and Haas

Med hjälp av mjukvaran Safeti som DNV GL har använt kan individrisken istället för ett diagram plottas med konturer på en karta, se Figur 9.



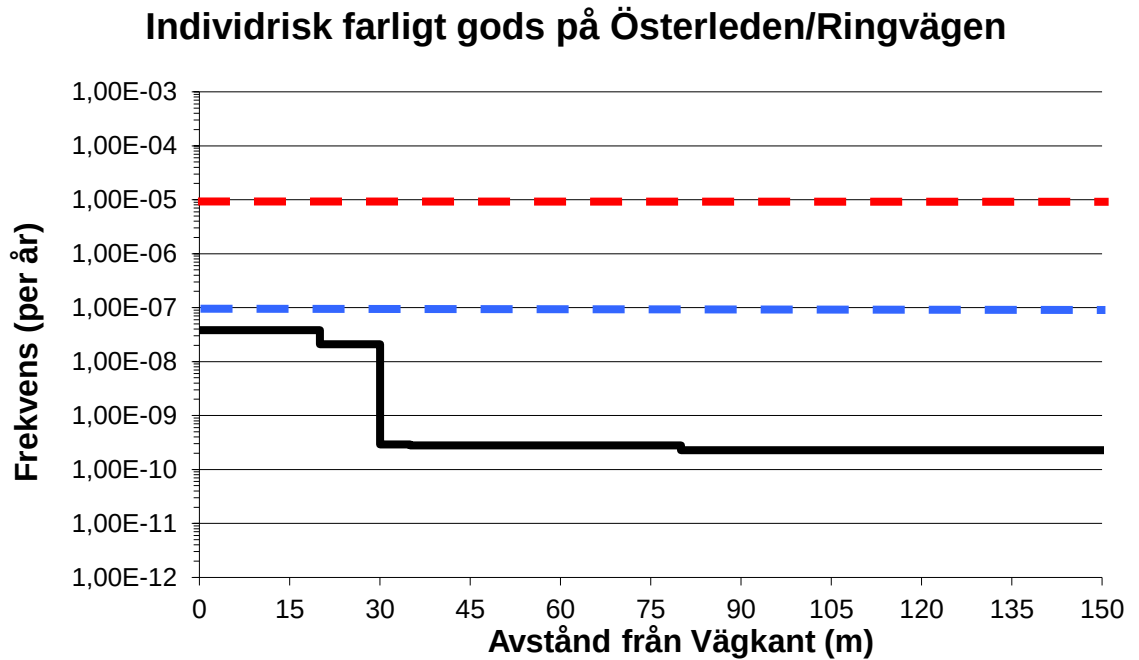
Figur 9. Individriskkonturer från Rohm and Haas [3]. Gul linje visar inom vilket område risknivån är oacceptabel för nybyggnation medan grön linje visar gränsen för där nybyggnation kan tillåtas utan särskilda åtgärder med avseende på individrisk. Individrisken blir lägre med ökat avstånd från riskkällan och vice versa. För en beskrivning av begreppet individrisk se avsnitt 4.1. Figuren med individriskkonturer är skapad direkt i mjukvaran Safeti som DNV GL använt som simuleringsverktyg för riskberäkningar.

Individriskkonturerna visar riskens utbredning kring riskkällan. Ur bilden kan utläsas att konturen för 10^{-7} precis tangerar Development Area 1. Risknivån är i princip jämnt fördelad på alla riktningar i ett cirkulärt mönster kring Rohm and Haas.



5.2.2. Resultat individrisk med avseende på farlig godstrafik på Österleden och Ringvägen

Resultatet för individriskberäkningarna med avseende på farligt gods som transporteras på Österleden och Ringvägen illustreras i figur 10.

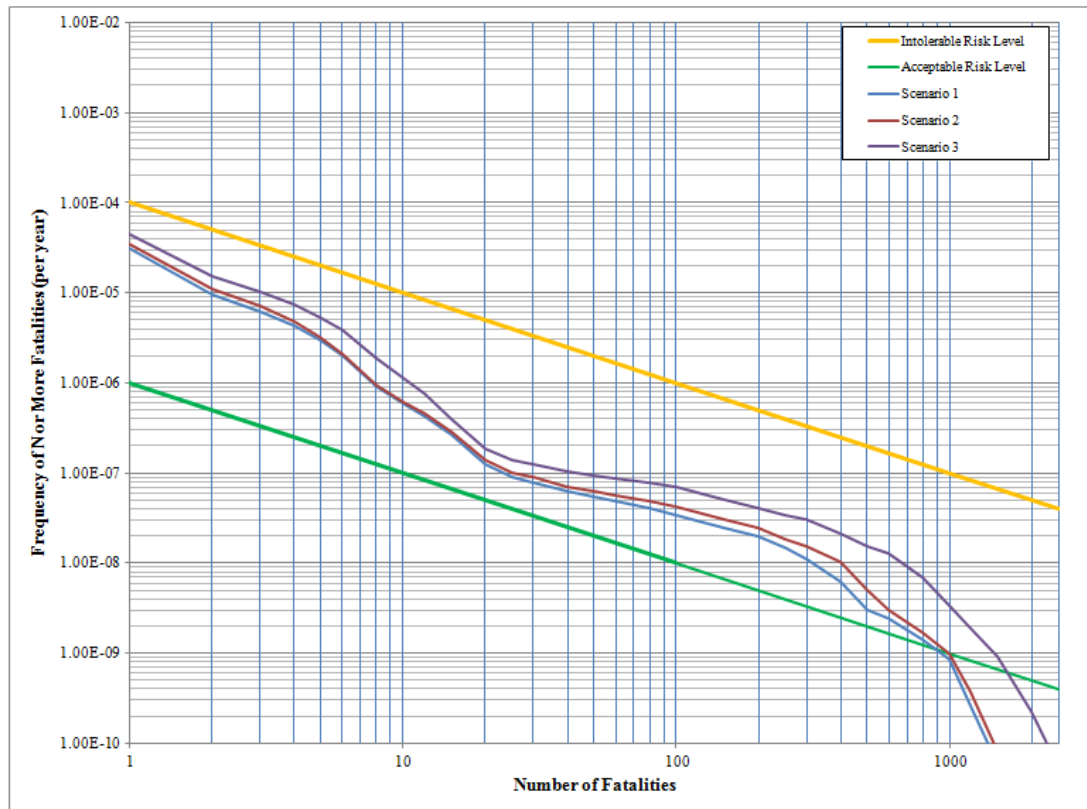


Figur 10. Individriskkurva med riskbidrag från farligt gods på Österleden alternativt Ringvägen med svart linje. Oacceptabel risknivå visas med röd streckad linje och risknivå som accepteras utan åtgärder visas med blå streckad linje. För en beskrivning av begreppet individrisk se avsnitt 4.1.

Från resultaten kan utläsas att individrisken kopplat till farligt gods i området är mycket låg. Observera att detta resultat endast är för farligt gods och att individrisken naturligt stiger något närmare vägen där påkörning med mera tillkommer.



5.2.3. Samhällsrisk kring Rohm and Haas anläggning



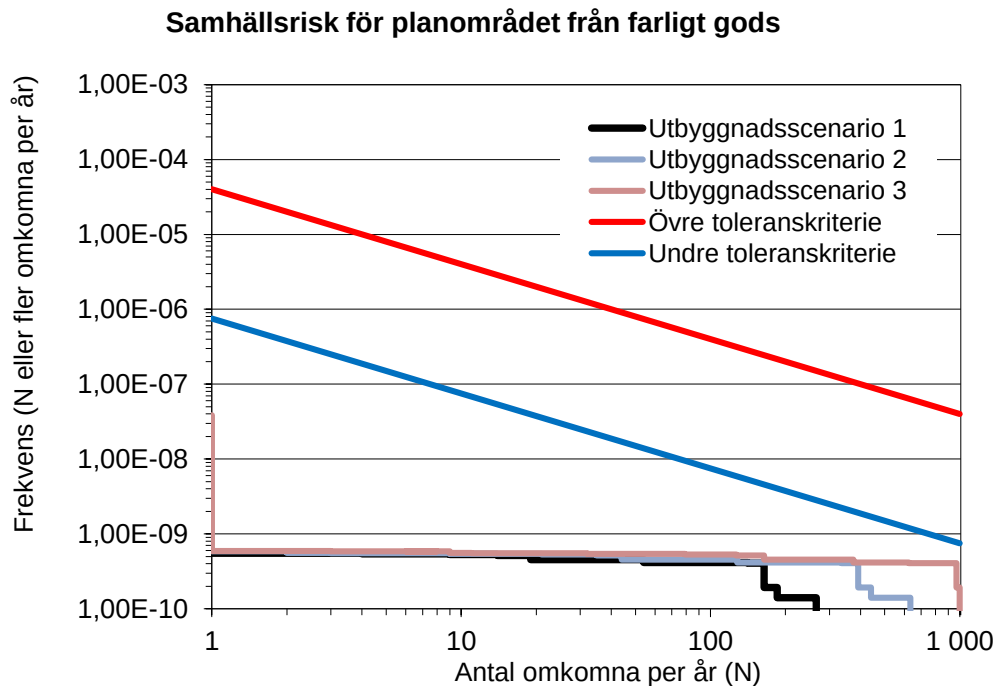
Figur 11. Samhällsrisk uttryckt med F/N-kurva grundat i olyckor vid Rohm and Haas. F/N-Kurvan visar Rohm and Haas totala påverkan på omgivningen vid de tre olika utbyggnadsscenarierna. Kurvan ska utläsas så att respektive antal dödsfall (på X-axeln), har en motsvarande årlig frekvens (y-axeln). För en djupare beskrivning av begreppet samhällsrisk se avsnitt 4.2. Gul respektive grön linje visar kriterierna för där en risk av samhället är intolerabel (Gul nivå) respektive kan accepteras utan riskreducerande åtgärder (grön linje).

Samhällsrisk som genereras från Rohm and Haas ligger helt och hållet inom ALARP-området. Samhällsrisk är relativt acceptanskriterierna något högre för olyckor med färre döda än med fler. Den är även som väntat betydligt högre för utbyggnadsscenario 3 än för 1 respektive 2. Skillnaden mellan utbyggnadsscenario 1 och 2 är liten.



5.2.4. Resultat av samhällsriskberäkningar med avseende på farligt gods.

Samhällsrisk för planområdet grundat i farligt gods uttrycks i den F/N-kurva som visas i Figur 12.



Figur 12. Samhällsrisk uttryckt som F/N-kurva för planområdet grundat i farligt gods på Österleden/Ringvägen för respektive utbyggandsscenario. Röd och blå linje anger ALARP-området. Observera att toleranskriterierna är omskalade för att passa den kortare sträckan, därmed något lägre. För en beskrivning av begreppet samhällsrisk se avsnitt 4.2.

Samhällsrisk för planområdet som genereras av farligt gods är klart under acceptabel nivå för alla tre utbyggnadsscenarier. I princip förekommer inte olyckor med farligt gods som orsakar att personer omkommer inom planområdet.



5.2.5. Resultatdiskussion

Individriskkonturen för acceptabel etablering utan åtgärder från Rohm and Haas tangerar precis Development area 1. Samhällsrisker med bidrag från Rohm and Haas ligger i princip inom ALARP-området men väl under intoreabel gräns. Fördelningen är jämn mellan stora och små olyckor. Utbyggnadsscenario 1 och 2 har små skillnader i samhällsrisk medan scenario 3 är något högre. Med tanke på att båda skalor är logaritmiska så är det betydande skillnad i risknivå för utbyggnadsscenario 3 i jämförelse med 1 och 2. Nivån på samhällsrisker från Rohm and Haas, som ligger inom ALARP-området, betyder att rimliga riskreducerande åtgärder ska vidtas för alla tre utbyggnadsscenarier, för att de ska vara acceptabla ur risksynpunkt.

Dows riskanalys har även funnit att tiden på dygnet har stor inverkan för utspädningen och därmed konsekvensen för giftiga gaser [3], särskilt i de scenarier som har ett stort antal omkomna. Det grundar sig i att solinstrålning påverkar turbulensen positivt i modellen vilket gör att giftiga gaser späds ut snabbare och därmed blir inte konsekvensområdet lika långt. Det talar för att de verksamheter med större population på natten (bostäder) är något mer sårbara än de som har huvuddelen av sin population närvarande dagtid (handel, kontor etc.).

Beräkningarna visar att riskbidraget från farligt gods är mycket litet både med avseende på individrisk och på samhällsrisk. Observera att närmare noll meter från vägen finns andra olyckstyper som i praktiken höjer individrisken något i området mellan planområdet och vägen.

En naturlig FN-kurva stiger normalt i frekvens mot färre antal döda, samhällsrisker från farligt gods har dock mycket små frekvenser för respektive olycka och därför blir FN-kurvan med avseende på farligt gods att se planare ut.



6. Osäkerhet

6.1. Allmänt om osäkerhet

En riskutredning som denna innehåller icke obetydliga osäkerheter i alla led. I allt från indata till den tidiga riskidentifieringen och till konsekvens- och frekvensberäkningar. Även själva beräkningsmodellerna, och deras avgränsningar, har också de i sig stora osäkerheter.

Man brukar skilja på två typer av osäkerhet, epistemisk osäkerhet (kunskapsosäkerhet) och stokastisk osäkerhet (variabilitet). Kunskapsosäkerheten handlar om att inte tillräcklig information finns om något. Kan i teorin elimineras med ytterligare mätningar/information. Exempel på detta är flödesdata. Stokastisk variation går dock inte att eliminera utan handlar om naturlig variabilitet, exempel på detta är exempelvis vindhastigheter och riktningar. En riskutredning som denna innehåller betydande osäkerheter av båda sorter, men framförallt kunskapsosäkerhet.

Man kan i teorin hålla isär de olika typerna av osäkerhet och hantera osäkerheten explicit på ett sätt som gör att osäkerheten i slutresultatet kan redovisas, samt vilka parametrar som påverkar slutresultatet mest. Detta är dock mycket arbetskrävande både rent metodmässigt, men också för att ännu mer information då krävs om hur stora osäkerheterna för indata och modellparametrar är. Information som det i många fall är väldigt svårt i att få tag i och där det därför ur ett kostnad-nytta perspektiv kan vara bättre att hantera osäkerheten genom att genomgående ansätta konservativa värden. Detta ger ett kostnadseffektivt sätt att hantera osäkerheten i en utredningssituation, men har nackdelen att resultatet kan bli mycket konservativt, vilket istället kan göra de riskreducerande åtgärderna onödigt omfattande och kostsamma.

Varje vald konservativ parameter fortplantas och gör resultatet än mer konservativt.

Vad gäller Dows egen analys för sin anläggning har inte ÅF haft full insyn i analysens upplägg och väsentliga antaganden vilket gör att ÅF inte heller kan validera resultatet. I Dows riskanalys påpekas att det finns osäkerheter i hur så höga hus som föreslås i utbyggnadscenario 3 i praktiken påverkar konsekvenser i förhållande till beräkningar, särskilt vad gäller gasmolnsexplosioner. Osäkerheten ligger i vilka strukturdynamiska effekter exploderande gasmoln kan ha intill höga konstruktioner. Detta beror delvis på att det är ovanligt med så höga hus intill motsvarande industrier.



En betydande osäkerhet för riskanalysen med avseende på farligt gods är i vilken utsträckning farligt gods transporteras i området samt hur mängden och typen av farligt gods förändras i framtiden. Detta då faktisk statistik är begränsad.

Det finns indikationer på att mängden blir samma inom en överskådlig framtid alternativt minska något [12] generellt. Antalet olyckor per mängd transporterat gods kommer sannolikt att minska i framtiden tack vare positiva trender i teknisk trafiksäkerhet hos fordon samt en trend i att förbättra, reglera och kontrollera organisationen kring tung trafik så som viloscheman och liknande.



7. Riskreducerande åtgärder

På de avstånd som är aktuella, se figur 4, är det av erfarenhet mestadels utsläpp av giftiga gaser och till viss del värmestrålning samt explosionsövertryck som är de olyckstyper som har störst inverkan på risken. Generellt gäller att ökade säkerhetsavstånd ger både lägre individ- och samhällsrisk. Ökade säkerhetsavstånd bedöms sänka samhällsriskerna över hela FN-kurvan från små till stora olyckor.

Samhällsriskerna är något förhöjda i den högra delen av FN-kurvan (dvs. vid olyckor med många dödsfall), se figur 11. Dessa olyckor härrör mestadels från utsläpp av giftiga gaser, varför åtgärder för ventilationskontroll bedöms vara särskilt effektiva för att sänka risknivån i förhållande till kostnad/komplexitet.

Nedan följer de rekommenderade riskreducerande åtgärder för att minska sannolikheten och konsekvenserna av just dessa olyckstyper med motivering:

- **Luftintag för byggnader bör placeras så högt upp och så långt bort från Rohm and Haas som möjligt.**

Förlängt avstånd mellan luftintag och läckagepunkten ger en lägre koncentration av giftiga ämnen i den luft som tränger in i byggnader, därmed minskas också andelen omkomna inomhus. Detta bedöms ha betydande effekt på stora olyckor med giftiga gaser, till höger i F/N-kurvan.

- **Ventilation i byggnader bör utföras så att ventilationen kan stängas av manuellt vid gasutsläpp.**

Denna åtgärd bedöms ha mindre påverkan på risknivån än luftintagens placering. Om ventilationen kan stängas av vid gasutsläpp drabbas färre inomhus av kritiska koncentrationer. Automatisk avstängning är inte praktiskt genomförbart med rimlig kostnad med dagens teknik, men fläktar kan med fördel förberedas med automatisk styr-/reglerfunktion för framtida teknikutveckling.

- **Oskyddade entréer på ny bebyggelse bör inte vara vända mot Rohm and Haas.**

Vid eventuella olyckor som ger kritiska olyckslaster mot/vid bebyggelse kan personer utrymma i skydd av byggnaden om denna åtgärd är vidtagen. Detta bedöms minska antalet omkomna både vid olyckor som ger kritisk värmestrålning och vid utsläpp av giftiga gaser.



- ***I de delar av planområdet som innehåller bostäder bör tyngdpunkten vara så långt bort från Rohm and Haas som möjligt.***
Individrisken sjunker naturligt med ökat avstånd, trots att individrisken i huvudsak är acceptabel utan åtgärder i planområdet exponeras personer för färre olyckor, vilket har genomslag i samhällsrisken.
- ***Området mellan ny bebyggelse och Rohm and Haas bör i allmänhet inte utformas så att det uppmuntrar till stadigvarande vistelse.***
I detta område ligger individrisken högre än vad som är acceptabelt utan åtgärder. Således bör inte marken planeras så att den attraherar större grupper av människor att vistas där långvarigt.

Trots att individrisken med avseende på farligt gods är mycket låg rekommenderas att inte uppföra ny bebyggelse närmare än 30 meter från Österleden respektive Ringvägen då det inom korta avstånd uppkommer påkörningsrisker och andra mekaniska olyckstyper från vägen. Det rekommenderas generellt att inte heller området inom 30 meter från vägen utformas för att uppmuntra till stadigvarande vistelse.

Utbyggnadsscenario 3 innebär betydligt fler personer som vistas inom planområdet vilket naturligt höjer samhällsrisken om inte ytterligare åtgärder vidtas. Utbyggnadsscenario 3 innefattar också höghus nära Rohm and Haas anläggning. Då det återstår vissa osäkerheter i vad effekten av eventuella gasmolnsexplosionen blir på så höga konstruktioner bör vidare analys göras som en förutsättning för att genomföra utbyggnadsscenario 3.

För att genomföra utbyggnadsscenario 3 rekommenderas utöver tidigare nämnda åtgärder följande:

- ***Fasader på nya byggnader närmast Rohm and Haas anpassas för att tåla en viss värmepåverkan utan brandspridning. Ett riktmärke är fasad i obrännbart material och fönster i brandteknisk klass EW30 eller bättre.***
Sådana byggnadstekniska anpassningar minskar risken för brandspridning till byggnader och därmed minskas risknivåerna.
- ***Bärverk i byggnader närmast Rohm and Haas anpassas så att lokal kollaps inte leder till fortskridande ras.***
Detta för att undvika att eventuella explosionsförlopp leder till fortskridande ras i byggnader. Vidare analys behövs för att bestämma dimensionerande explosionsövertryck och varaktighet.



8. Slutsats

Av de tre analyserade riskkällorna är det bara Rohm and Haas som har mer än ett försumbart bidrag till risknivån i planområdet.

Riskenivån för planområdet ligger generellt inom ALARP-området. Det innebär att riskreducerande åtgärder som har en rimlig riskreducerande effekt i förhållande till kostnader och genomförbarhet ska utföras som en förutsättning för utbyggnad. Utbyggnadsscenario 1 och 2 kan genomföras förutsatt att hänsyn tas till de föreslagna riskreducerande åtgärderna.

Utbyggnadsscenario 3 ger en samhällsrisk något närmare gränsen för oacceptabel risknivå är därmed något sämre än scenario 1 och 2 ur risksynpunkt. Med ytterligare riskreducerande åtgärder kan dock risknivån hamna mer i nivå med de risker som samhället accepterar även för scenario 3, utifrån aktuella riskacceptanskriterier.



9. Referenser

- [1] "Riskhantering i detaljplaneprocessen," Länsstyrelsen i Stockholm, Skåne och Västra Götaland, 2006.
- [2] Länsstyrelsen i Skåne, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, RIKTSAM," Länsstyrelsen i Skåne, 2007.
- [3] "Dow Landskrona QRA information and Results v2.1".
- [4] National Fire Protection Association , "NFPA 704: Standard System for the Identification of the Hazards of Materials for Emergency Response".
- [5] R. Oberly och M. Tansy, "LC50 Values for rats acutely exposed to vapors of acrylic and methacrylic acid esters.," *J Toxicol Env Health*, vol. 16, pp. 811-822, 1985.
- [6] HSE 2015, "UK Health and Safety Executive (HSE), Hydrocarbon Release Data (HCRD);," [Online]. Available: <http://www.hse.gov.uk/offshore/hydrocarbon.htm>.
- [7] CCPS 2001, "Layer of Protection Analysis," *Chemical Process Safety*, nr ISBN 0-8169-0811-7, 2001.
- [8] "Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis," Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineer, New York, 1989.
- [9] Tyréns, "Risk- och störningsutredning för Landskrona. Fördjupad bedömning Haldex Brake Productions AB, m.fl.," 2012.
- [10] Haldex Brake Products AB, "Miljörapport 2014".
- [11] "Värdering av Risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.
- [12] Trafikanalys, "Lastbilstrafik 2010 - Swedish national and international road goods transport 2010," Trafikanalys, 2011.
- [13] "RID-S 2013 Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om farligt gods på järnväg (MSFBFS 2012:7)," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2012.
- [14] "Fördjupad översiktsplan för sektorn transporter med farligt gods," Göteborgs stad, Göteborg, 1999.
- [15] "Handbok för riskanalys," Statens Räddningsverk, Karlstad, 2003.
- [16] "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [17] "Kartläggning av farligt godstransporter, September 2006," Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), 2006.



- [18] Trafikverket, "Järnvägsnätsbeskrivning 2015," [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/contentassets/f770e5276a9e4158ab512e85c6e27092/uppdattjnb2015avvik5-6.pdf>. [Använd 24 09 2015].
- [19] "Prognos för godstransporter 2030 - Trafikverkets basprognos 2014: Publikationsnummer 2014:066," Trafikverket.
- [20] "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), 2006.
- [21] "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [22] SPBI, "Svenska Petroleum & Biodrivmedelsinstitutet," 16 Mars 2011. [Online]. Available: <http://spbi.se/blog/2011/03/16/diesel-forsaljningen-steg-i-februari/>. [Använd 28 Februari 2015].
- [23] "Kartläggning av farligt gods transporter Jämtlands län," Länsstyrelsen Jämtlands Län, 2005.
- [24] "Farligt Gods - Riskbedömning vid transport," Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- [25] Trafikverket, "Trafik på väg i rätt tid," 2014. [Online]. Available: <http://www.trafikverket.se/Om-Trafikverket/Trafikverket/Manatlig-trafikrapport/Transport-pa-vag-i-ratt-tid/>. [Använd 28 January 2015].
- [26] U. Björketun, "Olycksdata och linjeföringsmått," Väg- och transportforskningsinstitutet, 2003.
- [27] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [28] H. Alexandersson, "Vindstatistik för Sverige 1961-2004," SMHI, Norrköping, 2006.
- [29] "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [30] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.
- [31] "CAMEO: Downloading, Installing, and Running ALOHA," EPA (United States Environment Protection Agency), 13 01 2014. [Online]. Available: <http://www2.epa.gov/cameo/cameo-downloading-installing-and-running-aloha>. [Använd 06 02 2014].
- [32] A. L. F. A. M. Cox, "Classification of Hazardous Locations, ISBN 0-85295-258-9," Institution of Chemical Engineer, Warwickshire 1990., 1990.
- [33] A. Lönnemark, "Fire suppression and structural protection for cargo train tunnels: Macadam and HotFoam," i *3rd International Symposium on Safety and Security in Tunnels*, Stockholm, 2008.



- [34] U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, "Toxicological profile for Chlorine," Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, 2010.
- [35] U.S. DEPARTMENT OF HEALTH AND HUMAN SERVICES, "Toxicological Profile for Ammonia," Agency for Toxic Substances and Disease Registry, Atlanta, 2004.
- [36] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [37] "Guidelines for quantitative risk assessment," i *The Purple Book*, Ministerie van Verkeer en Waterstaat, 2015.



Bilaga A – Grovanalys och faroidentifiering för farligt gods

A1 Allmänt om farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har egenskaper som kan skada människor, miljö, egendom och annat gods om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar som tagits fram i internationell samverkan [13]. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transportererna ska ske, var dessa transporter får ske och hur godset ska vara emballerat och vilka krav som ställs på fordon för transport av farligt gods. Alla dessa regler syftar till att minimera risker vid transport av farligt gods, d.v.s. för att transport av farligt gods inte i sig ska innebära farlig transport.

Farligt gods delas in i nio olika klasser med hjälp av de så kallade ADR/RID-systemen som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. För varje klass finns också ett antal underklasser som mer specifikt beskriver transporten. I tabell 3 redovisas klassindelningen av farligt gods och en grov beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid en olycka.

Alla dessa klasser transporteras dock inte på alla sträckor, varför transportflödena på aktuell sträcka analyseras vidare i nästa avsnitt.

Tabell 3. ADR-klasser för farligt gods [14], [15].

Klass	Kategori ämnen	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen (Klass 1.1) kan ge skadeområden uppemot 200 m i radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus primärt pga. ras eller kollaps. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och kringflygande delar kan vid stora explosioner ge skadeområden med uppemot 700 m radie [16] .



2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, kväveoxider etc.) brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och icke brännbara, giftiga gaser (klor, svaveldioxid, ammoniak etc.).	Indelas i underklasser där klass 2.1 Brännbara gaser kan ge brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Klass 2.2 Icke giftig, icke brandfarlig gas förväntas inte ha några konsekvenser för liv och hälsa om ett läckage sker utomhus. För klass 2.3 Giftiga gaser kan ge omkomna både inomhus och utomhus till följd av giftiga gasmoln. Konsekvensområden för Klass 2.1 och 2.3 kan båda överstiga 100 meter.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel, industrikemikalier etc. Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekter eller giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte över 30 meter för brännskador. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålningseffekt, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. Kräver normalt sett tillgång till vatten för att utgöra en brandrisk. Mängden brandfarlig gas som bildas står då i proportion till tillgången på vatten.
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentration över 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (exempelvis bensin). Konsekvensområden p.g.a. tryckvågor uppemot 150 m.



6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, cyanider, bekämpningsmedel, sjukhusavfall, kliniska restprodukter, sjukdomsalstrande mikroorganismer etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Transporteras vanligtvis i små mängder.	Utsläpp av radioaktivt ämne, kroniska effekter mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsas till olycksområdet [16]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH).
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

A2 Flödesstatistik för farligt gods i Weibullsholm.

Transporterade mängder farligt gods kring området har studerats från räddningsverkets (nuvarande MSB) kartläggning av farligt godstransporter under september månad 2006 [17]. Upplösningen på underlaget är dock begränsat och transportmängder angivna i ett intervall.

Med den upplösning som finns går det att göra rimliga uppskattningar av transportflöden på Österleden (riksväg 70), samt västkustbanan. På den del av västkustbanan som avgränsar området i öster går inget farligt gods till följd av förbudet av farligt gods i tunneln genom Glumslöv [18]. Istället transporteras godset på järnväg från Helsingborg genom Vallåkra, Tågarp, Teckomatorp och vidare söderut.



Värden för Österleden används för att uppskatta flödet på ringvägen. På grund av låg upplösning i dataunderlaget och osäkerheter kring dagens trafikflöde görs antagandet att ringvägen har samma farligt gods-flöde som Österleden, vilket bedöms som konservativt.

Järnvägsavsnittet som går från västkustbanan ut till hamnen ligger på mer än 150 meters avstånd och har endast en begränsad mängd farligt gods. Vid mätningarna 2006 understeg mängden 10 000 ton och var dominerat av klass 3, brännbara vätskor, som av erfarenhet har ett konsekvensområde på ca 30 meter. Detta järnvägsavsnitt ingår därför inte i vidare analyser.

Trafikverket har i sin prognos för godstransporter 2030 [19] bedömt att godstransporter på väg (i miljard tonkilometer) kommer att öka med ca 53 % exklusive ökningen av malmbrytning i Norrland. Det grundar sig i dels i uppnådd maxkapacitet på järnvägsnätet och dels i införande av svaveldirektivet, vilket väntas göra det mer attraktivt att transportera gods på väg istället för till sjöss. Dessa skäl bedöms inte ha lika stor genomslagskraft för farligt gods-mängden genom Landskrona. Mot bakgrund av dessa data antas i denna utredning att transporter av farligt gods på väg ökar med ca 25 % mellan år 2006 och 2030. Svaveldirektivet förväntas däremot öka efterfrågan på Diesel, varför klass 3 i denna utredning antas öka med 40 % mellan 2006 och 2030. Den generella ökningen på 25 % bedöms inte vara representativt för alla farligt godsklasser. För enskilda klasser har ökningen bestämts utifrån en rimlighetsbedömning.

Av Tabell 4 framgår den uppskattade mängden transporterat gods och antalet transporter av de olika klasserna som passerar det studerade området [20]. Vid uppgifter om intervall har högsta rimliga värden för Österleden/Ringvägen antagits. Vid omräkning av transporterad mängd till antalet transporter antas medellasten vara 15 ton.

Tabell 4. Uppskattade mängder farligt gods på Österleden/Ringvägen.

Klass (ADR)	Kategori	Transporterad mängd per månad 2006 (ton)	Uppskattad transporterad mängd per år 2030 (ton)	Max antal FaGo-transporter år 2030
1	Explosiva ämnen	<50	<600	40
2.1	Brandfarlig gas	<300	<4500	200
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	1000	15000	1000
2.3	Giftig gas	20	300	20
3	Brandfarliga vätskor	7000	117600	7840



4.1	Brandfarliga fasta ämnen, Självreaktiva ämnen och Okänsliggjorda explosivämnen	270	324	22
4.2	Självantändande ämnen	150	1800	120
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	170	2550	170
5.1	Oxiderande ämnen	490	7350	490
5.2	Organiska peroxider	0	0	0
6.1	Giftiga ämnen	90	1350	90
6.2	Smittförande ämnen	140	2100	140
7	Radioaktiva ämnen	0	0	0
8	Frätande ämnen	11600	174000	11600
9	Övriga farliga ämnen och föremål	11500	172500	11500

A3 Grovanalys farligt gods

För att avgöra vilka riskscenarier som bör studeras i detalj vägs informationen om de olika farligt gods-klassernas egenskaper i avsnitt 3.3 ihop med flödesstatistiken i avsnitt 3.3.1. Nedan går resonemanget igenom om beslut för vidare analys för respektive farligt godsklass.

A3.1 Explosiva ämnen (Klass 1)

Enligt uppgifterna som nämns i avsnitt 3.3.1 transporteras bedöms maximalt 600 ton explosiva varor per år på Österleden och Ringvägen i dagsläget. Inom kategorin explosiva ämnen/varor är det primärt underklass 1.1 som utgörs av massexplosiva ämnen som har ett skadeområde på människor större än ett 10-tal meter. Exempel på sådana varor är sprängämnen, krut m.m. Risken för explosion föreligger vid en brand i närheten av dessa varor samt vid en kraftfull sammanstötning där varorna kastas omkull. Skadorna vid en explosion härrör dels till direkta tryckskador men även värmestrålning samt indirekta skador som följd av sammanstörtade byggnader är troliga. Skadorna vid påverkan på varor av klass 1.2 till 1.6 ger inte samma effekt utan rör sig mer om splitter eller



dyl. som flyger iväg från olycksplatsen. Fasader utgör då visst skydd jämfört med öppna fält.

Ämnen i klass 1.1 delas i sin tur in i ytterligare underklasser, klass 1.1A och 1.1B, där klass 1.1A utgör de mest reaktiva ämnena, själva tändämnena. Klass 1.1A får endast transporteras i mängder om 6,25 kg till 18,75 kg varpå skadeområdet begränsas.

Eftersom mängden transporter i klass 1 sammantaget är så liten blir olycksfrekvensen väldigt låg. Med hänsyn till detta och till att transportreglerna för kategori 1.1A begränsar konsekvenserna vid en eventuell olycka konstateras att bidraget till risken i samband med farligt gods-transporter med denna klass kan anses vara försumbar.

En olycka med explosiva ämnen inblandade analyseras därför inte vidare.

A3.2 Gaser (klass 2)

Enligt bedömningarna förekommer en liten mängd brandfarlig respektive giftig gas.

Kondenserad brandfarlig gas (Klass 2.1)

Gasol (propan) är det vanligaste exemplet på kondenserad brandfarlig gas. En olycka som leder till utsläpp av kondenserad brandfarlig gas kan leda till någon av följande händelser:

Jetbrand:

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken [21].

Gasmolnsbrand:

Om gasen vid ovanstående scenario inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en *gasmolnsbrand* med diffusionsförbränning [21].

Gasmolnsexplosion:

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om



gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration, dvs där flamfronten går betydligt långsammare än ljudets hastighet och har en svagare tryckvåg än detonation. En gasmolnsexplosion kan både medföra skador av värmestrålning och skador av tryckvågen [21].

BLEVE:

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand. Trycket i tanken stiger och på grund av den inneslutna mängdens expansion kan tanken rämna. Innehållet övergår i gasfas på grund av den höga temperaturen och det lägre trycket utanför och antänds. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse skall kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan teoretiskt, om än orimligt, finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

Med tanke på den begränsade mängden brandfarlig gas som transporteras bedöms risknivån bli låg. Dock görs ändå en vidare studie av detta scenario för att täcka in olyckstyperna förknippade med brandfarliga gaser.

Kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Läckage av kondenserad giftig gas kan medföra att ett moln av giftig gas driver mot planområdet och kan orsaka allvarliga skador eller dödsfall. Trots att endast en mindre mängd giftig gas bedöms bli transporterat bedöms det motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp eftersom konsekvensområdet vid en olycka kan bli väldigt stort. De tre mest frekvent transporterade gaserna är ammoniak, klorgas och svaveldioxid.

Ammoniak:

Generellt är ammoniak tyngre än luft varför spridning av gasen sker längs marken. Giftig kondenserad gas kan ha ett riskområde på hundra meter upp till många kilometer beroende på mängden gas. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer. Ammoniak har ett IDLH (Immediately Dangerous to Life or Health) på 300 ppm.

Svaveldioxid

Även svaveldioxid är en giftig tung gas som vid ett utsläpp kan ha ett riskområde om flera hundra meter. Gasen har ett IDLH på 100 ppm.

Klor



Klor utgör den giftigaste gasen som här ges som exempel på gaser som kan drabba skyddsområdet. Den kan sprida sig långt likt gaserna ovan och har ett IDLH på 10 ppm.

Det anses motiverat att vidare studera scenarier inom klass 2.3.

A3.3 Brandfarlig vätska (Klass 3)

Utifrån statistikuppgifterna approximeras transporten av brandfarlig vätska uppgå till maximalt ca 180 000 ton på Österleden och Ringvägen uppräknat till år 2030. Den typiska konsekvensen vid en olycka där brandfarliga vätskor är inblandade är ett läckage som vid antändning bildar en pölbrand.

Brandfarlig vätska klassificeras ytterligare i underklasser efter antändningstemperatur där exempel på brandfarlig vätska klass I är bensin och etanol. Båda dessa är extremt lättantändliga och brinner med hög intensitet. Dieselolja och eldningsolja är däremot exempel på brandfarlig vätska klass III och är till skillnad från bensin och etanol svårantändliga vid normal utomhustemperatur utan de behöver först värmas upp (flampunkt > 55°C). Klass III vätskor bedöms därför inte antända vid ett eventuellt utsläpp.

Under februari månad 2011 var försäljningen av bensin, diesel, E85 och eldningsolja fördelat med 36, 49, 2 respektive 13 procent av den totala försäljningen enligt Svenska Petroleum & Biodrivmedelsinstitutet [22]. Utifrån detta görs förenklingen i vidare analys att 50 % av transporterna med brandfarlig vätska innehåller bensin och 50 % innehåller diesel.

Terrängen på Österleden och Ringvägen är generellt plan och öppen vilket möjliggör större pölar.

Vidare studerade scenarier är alltså utsläpp av brandfarlig vätska som leder till pölbrand.

A3.4 Brandfarligt fast ämne (klass 4)

En viss mängd brandfarlig gas kan teoretiskt bildas om läckta ämnen i klass 4 kommer i kontakt med blötsnö eller smältvatten på eller Österleden/Ringvägen. En olycka med klass 4 kan innebära bränder lokalt som ger värmestrålning till omgivningen. En olycka med klass 4 bedöms dock inte som aktuellt då det i dagsläget endast transporteras små mängder i klass 4 samt att transporterad mängd i framtiden också bedöms som liten [17], [23].

Således föreligger ingen betydande risk för personskador till följd av olyckor med klass 4 och inget sådant scenario analyseras vidare.



A3.5 Oxiderande ämne (klass 5)

Enligt statistikuppgifterna förväntas maximalt 7350 ton oxiderande ämnen transporteras på Österleden/Ringvägen. Inga eller väldigt små mängder organiska peroxider förväntas. Teoretiskt kan vissa explosionsfarliga blandningar uppstå under vissa omständigheter. Sannolikheten för att ett scenario med risk för personskada uppkommer även om en olycka med klass 5 sker är dock mycket låg på grund av en kombination av läckage av olika typer av farliga ämnen behöver ske. (se tabell 3).

En olycka med klass 5 bedöms således inte som motiverat att analysera vidare.

A3.6 Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)

Ca 3500 ton giftiga eller smittbärande ämnen förväntas bli transporterade på Österleden/Ringvägen. Vidare analys av klass 6 bedöms inte som aktuellt eftersom en eventuell olycka med klass 6 har även marginell påverkan på personer som inte befinner sig på eller precis intill vägen. (se tabell 1). Det är även

En olycka med klass 6 inblandat analyseras därför inte vidare.

A3.7 Radioaktiva ämnen (klass 7)

Olycka med klass 7 bedöms inte som aktuellt då det i dagsläget troligtvis inte transporteras några radioaktiva ämnen på Österleden och inte heller förväntas göra det inom den överskådliga framtiden.

En olycka med klass 7 inblandat analyseras därför inte vidare.

A3.8 Frätande ämnen (klass 8)

Olyckan med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra m.fl.) ger endast påverkan lokalt vid olycksplatsen då skador endast uppkommer om personer får ämnet på huden. Det bedöms därför inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

A3.9 Övriga farliga ämnen (Klass 9)

Maximalt 172 000 ton av klass 9 förväntas bli transporterat per år på Österleden/Ringvägen. Olyckor i denna klass förväntas inte ha någon spridning och därför förväntas inte personer utanför vägen bli påverkade.

En olycka med klass 9 inblandat analyseras därför inte vidare.



A4 Sammanfattning av scenarier för vidare analys

Riskidentifieringen visar att tre olycksrisker behöver studeras vidare i en fördjupad analys. Dessa är

- Utsläpp och antändning av klass 2.1, brandfarlig gas
- Utsläpp av klass 2.3, giftig gas
- Utsläpp och efterföljande antändning av klass 3 brandfarlig vätska på Österleden/Ringvägen

I bilaga B respektive D redogörs för frekvens- och konsekvensberäkningar för ovanstående olycksscenarier.



Bilaga B – Frekvensberäkningar

B1 Metod

För varje scenario som bedöms utgöra en risk för aktuellt skyddsobjekt, se avsnitt 3.4, görs i denna bilaga frekvensberäkningar med hjälp av händelseträdsmetodik. Detta är en väl etablerad delmetod i riskanalyser för att kunna beräkna slutfrekvensen för ett antal olika händelsekedjor. Trädens grenar, det vill säga de olika möjliga händelsekedjorna, samt de olika grenarnas inbördes sannolikheter, bestäms av litteraturstudier och erfarenhet.

B1.2 Frekvensskalning individrisk

För beräkningen av individrisk skalas frekvensen för de olika skadescenarierna i ett sista steg med scenariots konsekvensbredds (beräknat i bilaga D) relation till studerad sträcka av vägen längs planområdet. Detta innebär att exempelvis en pölbrand med mindre konsekvensavstånd än studerad sträcka får en minskad frekvens (och minskad påverkan på individrisken).

B2 Frekvenser för olyckor på Österleden/Ringvägen

I Räddningsverkets "Farligt gods - riskbedömning vid transport" [24] ges metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt godstransport. Denna riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg (VTI-metoden) analyserar och kvantifierar riskerna med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farlig godsolycka på en specifik vägsträcka finns det två alternativ, dels att använda olycksstatistik för sträckan, dels att skatta antalet olyckor med hjälp av den så kallade olyckskvoten för vägavsnittet. I denna riskanalys används det senare av dessa alternativ.

Olyckskvotens storlek samvarierar med ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning. Med hjälp av beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp kan följande parametrar bestämmas: olyckskvoten, andel singelolyckor och index för farligt godsolyckor.

Enligt Trafikverkets trafikmätning på Österleden [25] från en mätperiod 2012 var trafikmängden i genomsnitt cirka 130 fordon per dygn, varav 34 utgjordes av tung trafik. Motsvarande data för Ringvägen saknas men approximeras med samma trafikflöde som Österleden, vilket bedöms vara konservativt. Vägsträckan som löper parallellt med planområdet är cirka 750 meter för Österleden respektive 500 meter för Ringvägen.



Transportarbetet beräknas till

$130 \text{ (fordon/dygn)} \times 365 \text{ (dygn)} \times 0,75 \text{ (km)} \approx 35\,588 \text{ fordonskilometer per år}$

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

$\text{Antal förväntade fordonsolyckor} = O = \text{Olyckskvot} \times \text{Totalt trafikarbete} \times 10^{-6}$

Där indata för olyckskvoten kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [26]. Österleden och Ringvägen har en hastighetsbegränsning på 50 km/h och en bredd på under tio meter. Den närmast tillämpliga klassen, vanlig väg med bredd 8-10m och maxhastighet 70 km/h ger olyckskvoten 0,30.

Nedan beräknas det förväntade antalet fordonsolyckor med avseende på ovanstående trafikarbete.

$\text{Förväntade fordonsolyckor} = 0,30 \times 35\,588 \times 10^{-6} \approx 0,0107 \text{ olyckor/år}$

$\text{Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor} = O \times ((X \times Y) + (1 - Y) \times (2X - X^2))$

där X = Andelen transporter skyltade med farligt gods och

Y = Andelen singelolyckor på sträckan

Andelen farligt gods på Österleden/Ringvägen av all trafik antas vara $X=2,0 \%$

Uppskattad andel singelolyckor (Y) beror också på parametrar som bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp. För Österleden/ringvägen som är väg som ansluter till tätbebyggt område med medelhastighet 40-50 km/h antas denna vara 0,5

$\text{Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor per år på sträckan}$
 $= 0,0107((0,02 \times 0,5) + (1 - 0,5) \times (2 \times 0,02 - 0,02^2)) = 3,2 \times 10^{-4}$

De ADR-klasser som studeras vidare är ADR-klass 2.2, brännbara gaser, 2.3, giftiga vätskor samt ADR-klass 3, brandfarliga vätskor. Olycksfrekvensen för respektive ADR-klass baseras på andelen transporterad mängd enligt Tabell 5.

Grundfrekvensen för olycka med godtycklig transport av farligt gods på sträckan är $3,2 \times 10^{-4}$.



Tabell 5. ADR-klasser som andelar av total mängd farligt gods med olycksfrekvenser

ADR-klass	Andel	Frekvens för olycka på Österleden/Ringvägen
ADR-klass 2.1, Brandfarliga gaser:	0,92 %	2,95E-06
ADR-klass 2.3, Giftiga gaser:	0,092 %	2,95E-07
ADR-klass 3, Brandfarliga vätskor:	36,1 %	1,16E-04

B3 Frekvens för olycka med brandfarliga gaser.

Läckage av propan

I de flesta fall då en farligt-godstransport kör av vägen eller krockar håller tanken. Tryckkondenserade gaser transporteras i tjockväggiga tryckkärl vilka inte skadas i samma utsträckning som tunnväggiga kärl (jämför brandfarlig vätska). Förutom tankens konstruktion är även miljön runt kring vägen viktig. Längs österleden och ringvägen förekommer få utstickande objekt. Det finns dock vägskyltar och andra fordon som möjligen kan penetrera tanken. Sannolikheten för läckage av propan i samband med olycka ansätts till 0,01 [24].

$$S_{\text{Läckage propan}} = 0,01$$

Storlek på läcka

Vid en olycka med efterföljande läckage är storleken på läckaget avgörande för konsekvenserna. I aktuellt fall antas ett litet läckage (via punktering eller ventil) samt ett större läckage (punktering av tank eller rörbrott) enligt följande.

$$S_{\text{Litet läckage}} = 0,7$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,3$$

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Den brinnande gasen som strömmar ut under tryck bildar en jetflamma. Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och kan ansättas till följande [27]:

$$S_{\text{direkt antändning litet läckage}} = 0,1$$

$$S_{\text{direkt antändning stort läckage}} = 0,2$$

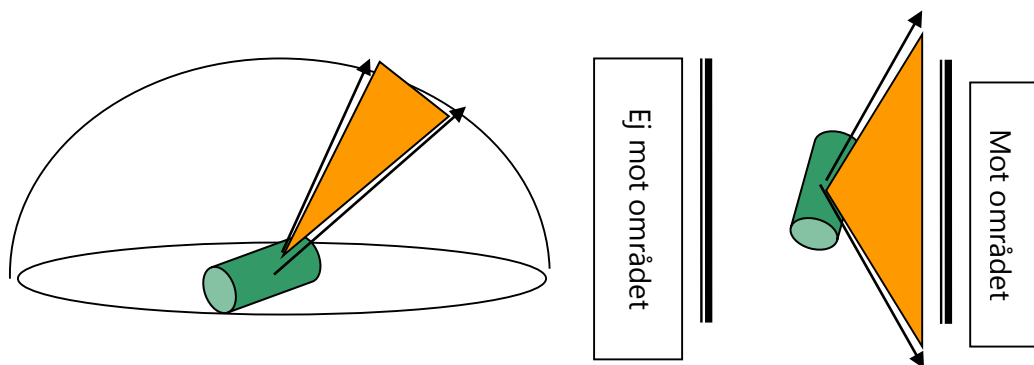
Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken samt trycket i denna. Det krävs dessutom att flammans riktning är mot det aktuella området och med hänsyn både på den vertikala och den horisontella riktningen. Vid en olycka bedöms sannolikheten vara störst för en skada på släpets nedre delar och således sker läckaget i riktning nedåt eller åt sidan. Detta påverkar även jetflammans riktning. För att anta en rimlig sannolikhet att jetflamman är riktad



mot bebyggelsen i planområdet antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet (20°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°), se Figur 13. Till detta vägs sannolikheten att skadan sker på behållarens ovansida genom en ytterligare reduktion på 0,5 vilket anses mycket konservativt.

Sannolikheten för att jetbrand blir riktad in mot området ansätts därmed till:

$$S_{\text{jetbrand mot bebyggelse}} = 20/360 * 135/360 * 0,5 = 0,0104$$



Figur 13. Illustration av jetflammors utbredning vertikalt (till vänster) respektive horisontellt (till höger).

Gasmolnsexplosion

Om gasen vid ett läckage inte antänds omedelbart uppstår ett brännbart gasmoln. Om gasmolnet antänds i ett tidigt skede är luftinblandningen vanligtvis inte tillräcklig för att en explosion ska inträffa. Förloppet utvecklas då till en *gasmolnsbrand* med diffusionsförbränning.

Om gasmolnet inte antänds omedelbart kommer luft att blandas med den brandfarliga gasen. Vid antändning kan en gasmolnsexplosion ske om gasmolnet består av en tillräckligt stor mängd gas/luft av en viss koncentration. För detta krävs som regel ett större läckage [27], men konservativt ansätts även en sannolikhet för mindre utsläpp. En gasmolnsexplosion kan beroende på vindstyrka och riktning inträffa en bit ifrån själva olycksplatsen. Explosionen blir i de allra flesta fallen av typen deflagration.

Sannolikheten för sen antändning sätts till:

$$S_{\text{sen antändning litet läckage}} = 0,01$$

$$S_{\text{sen antändning stort läckage}} = 0,5$$

För att gasmolnsexplosionen ska ge störst skada krävs att gasmolnet driver mot planområdet. Detta antas ske när vindriktningen är mot området. Enligt vinddata i bilaga C ligger vinden mot området ca 42 % av tiden. Sannolikheten för att spridning skall ske mot resp. från planområdet är således:



$$S_{\text{spridning mot området}} = 0,42$$

$$S_{\text{spridning bort från området}} = 0,58$$

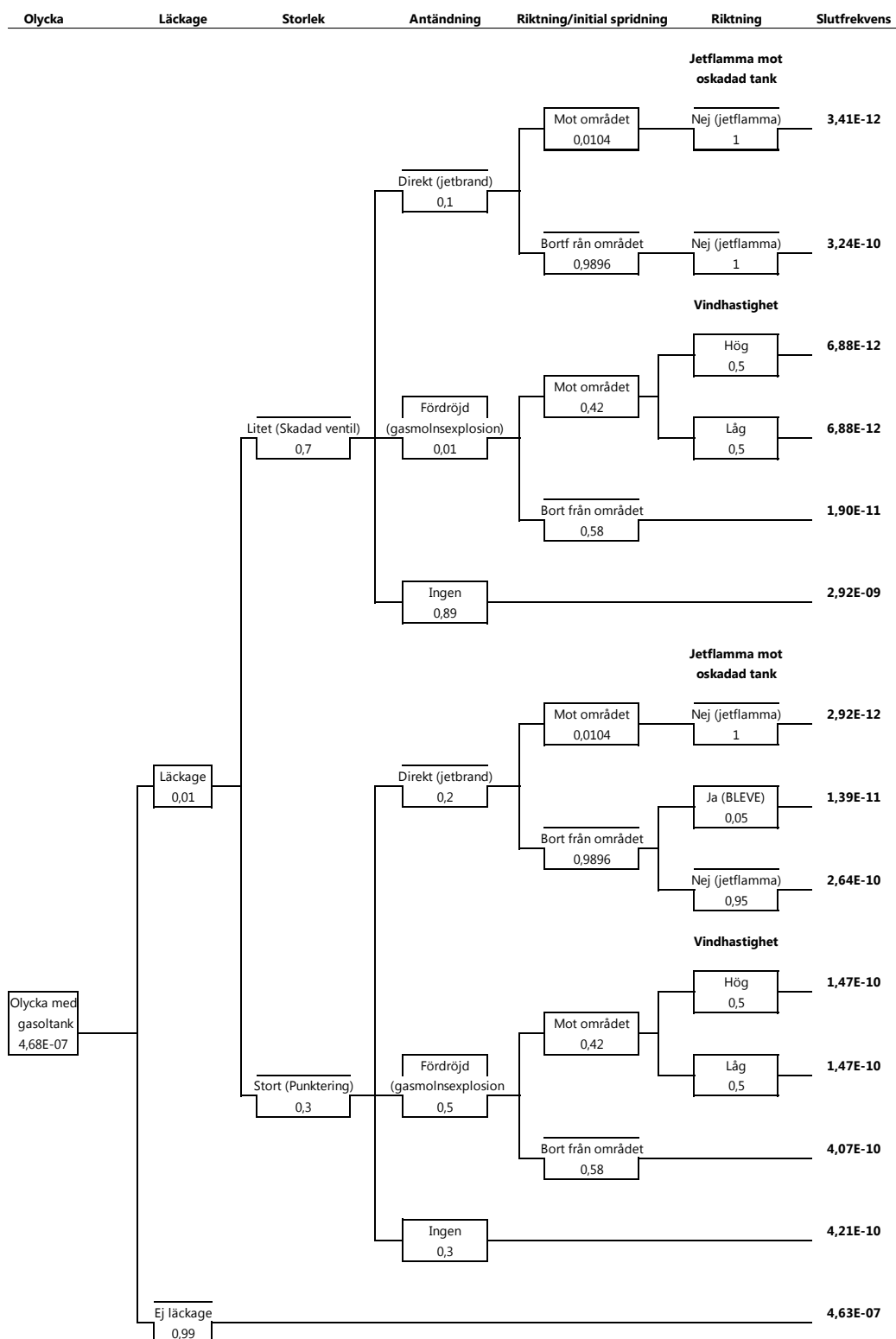
BLEVE

BLEVE är en speciell händelse som kan inträffa om en tank med kondenserad brandfarlig gas utsätts för yttre brand under en längre tid. Vid antändningen bildas ett eldklot med stor diameter under avgivande av intensiv värmestrålning. För att en sådan händelse skall kunna inträffa krävs att tanken hettas upp kraftigt. Tillgänglig energi för att klara detta kan finnas i form av en antänd större läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska. Detta kräver i princip ett släp med gasol i flera tanksektioner samt direkt antändning av ett läckage i ena sektionen (jetbrand). Dessutom krävs att jetflamman ligger an mot den andra sektionen. En jetflamma vid litet läckage antas inte ge upphov till BLEVE. Vid risk för BLEVE på Österleden och Ringvägen bedöms möjligheterna goda att evakuera närområdet då det tar ansevärd tid att hetta upp en tank. Detta beaktas dock inte vilket är mycket konservativt.

Fallet med en jetbrand med riktning mot bebyggelsen enligt ovan anses inte kunna leda till BLEVE utan endast de fall där jetflamman strålar mot en annan tank/sektion. Konservativt antas sannolikheten att en annan tanksektion påverkas av jetflamma till:

$$S_{\text{BLEVE}} = 0,05$$

Händelseträdet för en olycka med brandfarlig gas blir som i Figur 14.



Figur 14. Händelseträd för olycka med brandfarlig gas på Österleden eller Ringvägen.



B4 Frekvens för olycka med giftiga gaser på Österleden och Ringvägen

Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter som en olycka med brandfarlig gas avseende hålstorlek och initial spridning. Således sätts

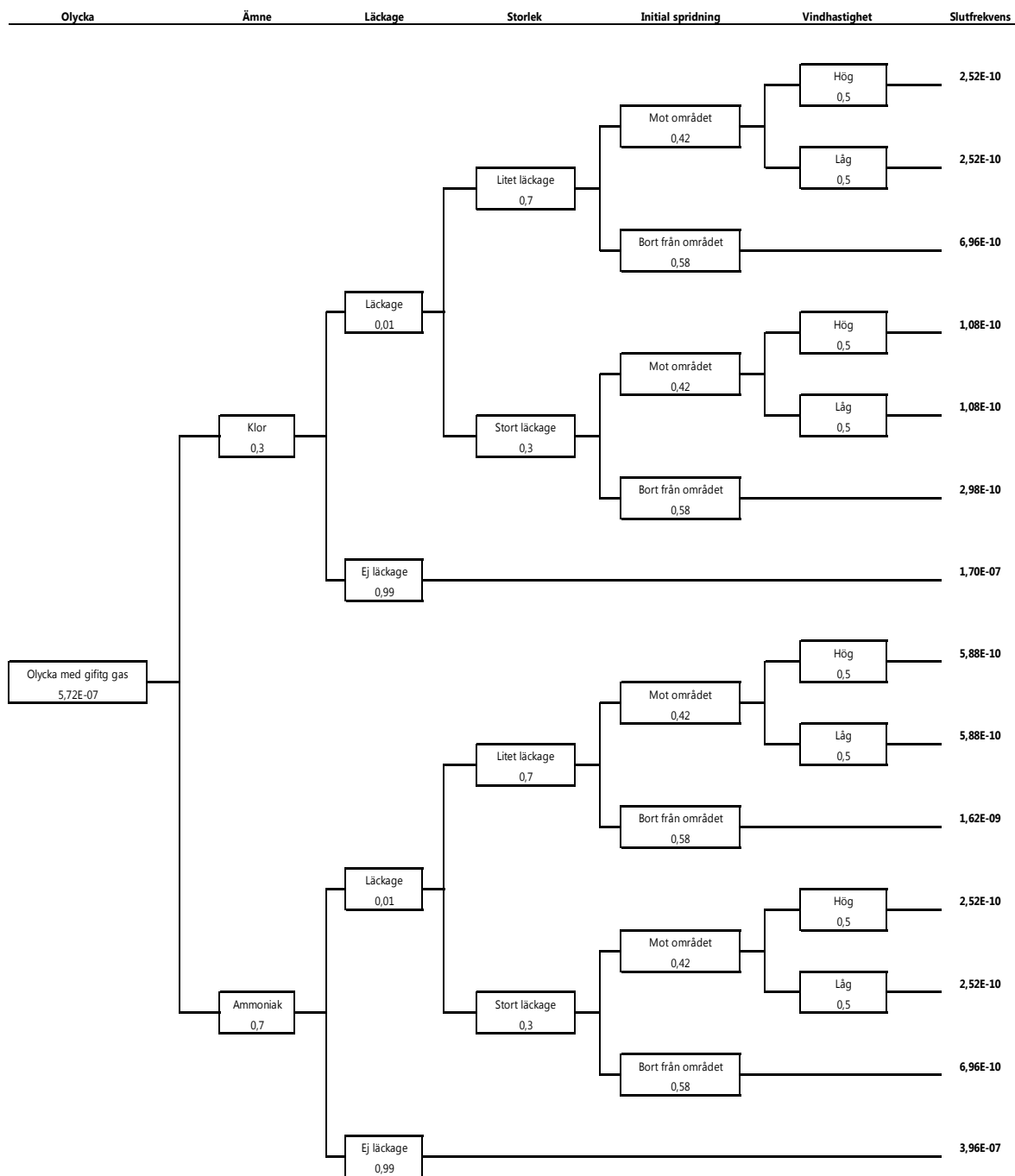
$$S_{\text{läckage}} = 0,01$$

$$S_{\text{Litet läckage}} = 0,7$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,3$$

$$S_{\text{spridning mot området}} = 0,42$$

Typ av gas delas upp i mycket giftiga gaser (klor) och mindre giftiga gaser (ammoniak med flera). Klor och ammoniak är de vanligast förekommande gaserna och får representera giftiga gaser i analysen. Av alla giftiga gaser som transporteras på väg är klor endast en liten del. Andelen klor sätts konservativt till 30 % medan resterande 70 % representeras av ammoniak. Händelseträdet för olycka med giftig gas blir enligt Figur 15.



Figur 15. Händelseträd för olycka med giftig gas på Österleden och Ringvägen.



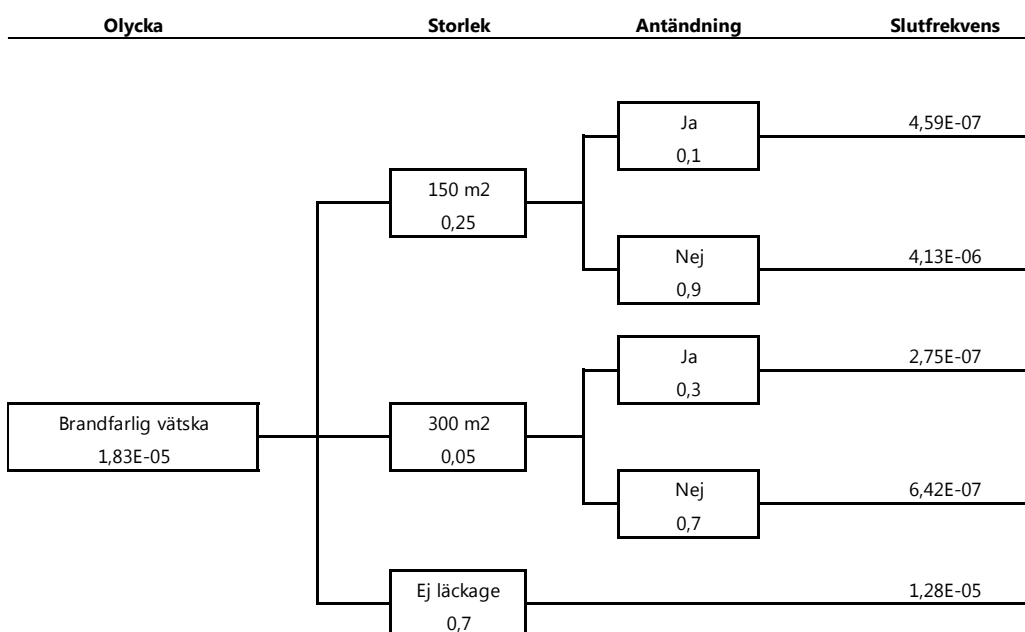
B5 Frekvenser för brandfarliga vätskor på Österleden och Ringvägen

Tankar för bensin etc. utförs för att klara transport av vätska under atmosfärstryck och sannolikheten att tanken skadas vid en olycka så att läckage sker, litet respektive stort, kan med viss konservatism ansättas till 0,25 respektive 0,05 [16].

I Värderingen av sannolikheter tas även hänsyn till att pölens storlek beror på ytorna i området. Ytorna intill Österleden och Ringvägen är i allmänhet plana och hårda, vilket underlättar bildandet av stora pölar. De två läckagestorlekarna antas bilda pölar på 150m² respektive 300m².

Sannolikheten för antändning av en pöl med brandfarlig vätska beror på om en antändningskälla finns i närheten av utsläppet, dels av utsläppets omfattning men även typen av utsläppt vätska. Bensin och etanol antänds t.ex. lättare än diesel och eldningsolja. Detta beaktas dock inte utan konservativt antas att all brandfarlig vätska utgörs av, eller antänds lika lätt som, bensin.

Händelseträdd brandfarlig vätska: Sannolikheten för antändning är något större för ett stort läckage. Sannolikheten för antändning sätts till 0,1 för litet läckage och 0,3 för stort läckage. Händelseträdet blir enligt Figur 16.



Figur 16. Händelseträdd för olycka med brandfarlig vätska på Österleden och Ringvägen.



Bilaga C – Väderdata

C1 Stabilitetsklasser

Beräkningsmodell för spridning av brandfarlig och giftig gas använder sig av Pasquills stabilitetsklasser, se *tabell 6*. I beräkningarna har de två stabilitetsklasserna Stabilitetsklass B och D som är vanliga för Landskrona.

Tabell 6. Pasquills stabilitetsklasser

Vindhastighet (m/s)	Dag: Solinstrålning			Natt: Molntäcke	
	Stark	Medel	Låg	> 50 %	<50 %
<2	A	A-B	B	F	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Vindriktning och styrka

Vindriktningar och vindstyrkor påverkar dispersionen hos utsläpp och i vilken riktning gaser driver. Väderdata för Landskrona har hämtats från SMHI:s rapport "vindstatistik för Sverige 1961-2004" [28].

Vindriktningar som andel av tiden i procent för landskrona är enligt tabellerna nedan.

Tabell 7. Vindriktningar dagtid som andel av tiden [%] samt andel av tiden då vinden är stilla.

	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
Landskrona	8,73	7,37	9,72	10,96	16,10	16,26	13,98	14,85	2,06

Tabell 8. Vindriktningar nattetid som andel av tiden [%] samt andel av tiden då vinden är stilla.

	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
Landskrona	9,23	9,98	10,47	14,97	11,88	16,92	13,12	8,04	5,39



Utifrån detta kan andelen av tiden som gaser driver mot området från Österleden respektive ringvägen summeras till.

	Olycka på Österleden	Olycka på ringvägen
Mot området Dag/natt	43/44	38/31
Ej mot området Dag/natt	57/56	62/69

Med detta görs förenklingen att gaser driver mot området 44% av tiden vid olyckor på österleden och 38% av tiden vid olyckor på ringvägen.



Bilaga D – Konsekvensberäkningar

D1 Metod

Konsekvensavstånd och områden definieras som det avstånd från olyckskällan inom vilket personer förväntas avlida. Hänsyn tas alltså inte till icke livshotande skador om inte detta diskuteras specifikt.

För att beräkna hur många personer som avlider av olyckorna så bestäms personbelastningen för de tre olika utbyggnadscenarierna. Representativ personantal per area jämförs sedan med konsekvensområdets utbredning.

Vissa antaganden har gjorts om förutsättningarna kring planområdet vid beräkningarna av konsekvenser vid en olycka med farligt gods. Trafikflödet av farligt gods antas vara jämnt fördelat över dygnet och året.

D2 Personbelastning

De tre utbyggnadsscenarierna i avsnitt 2.2 används för att beräkna personbelastningen. De areor och populationer som anges i Figur 4 används som underlag. Ur populationerna antas olika stor andel vara närvarande i området vid olika tidpunkter. Då populationer varierar med olika typ av bebyggelse för olika tidpunkter har tiden delats upp i dagtid vardagar, nattetid och helg, se Tabell 9. Uppdelning i tidpunkter för att variera populationen.

Tabell 9. Uppdelning i tidpunkter för att variera populationen.

Tidpunkt	Klockslag	Dagar	Andel av total tid
Dagtid	08:00 till 18:59	Måndag till fredag	0,327
Nattetid	19:00 till 07:59	Hela veckan	0,542
Dagtid i veckodagar	08:00 till 18:59	Lördag och söndag	0,131

Exponeringen och sårbarheten av olyckor beror också på om personer befinner sig inomhus eller utomhus när olyckan sker. För att ta fram en representativ exponering antas populationen variera enligt Tabell 10.

Tabell 10. Andel av total population i procent som befinner sig på en viss tid och plats inom planområdet.

Byggnadstyp	Dagtid			Natt			Helg		
	Tot	Inomh	Utomh	Tot	Inomh	Utomh	Tot	Inom	Utomh
p	.	.	.	.	.	.	.	.	.
Bostäder	30	20	10	100	95	5	70	63	7
Handel	100	90	10	10	9	1	90	81	9
Kontor	100	90	10	1	0,9	0,1	1	0,9	0,1
Industri	100	80	20	10	9	1	20	16	4



Den maximala personbelastningen i personer per kvadratmeter har beräknats med hjälp av uppmätning i Eniros karttjänst online och ger värden enligt Tabell 11.

Tabell 11. Maximal personbelastning per nytt utbyggnadsområde inom planområdet för respektive utbyggnadsscenario.

Development area	Total yta	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
D1	32683 m ²	0,0000	0,0165	0,0559
D2	27858 m ²	0,0201	0,0646	0,1899
D3	70686 m ²	0,0126	0,0126	0,0126
D4	56222 m ²	0,0009	0,0030	0,0500

D3 Olycka med pölbrand på Österleden/Ringvägen

En pölbrand som uppstår kan skada människor dels genom att avge värmestrålning som ger brännskador och dels för att det vid förbränningen bildas giftiga gaser. Pölbränder ger betydande rökplymer som innehåller toxiska gaser och partiklar. Utomhus bedöms dock inte rökplymen innebära fara för människor utan att de har möjlighet att sätta sig i säkerhet för pölbränder så små som 300m² och mindre.

Strålningen från pölen beräknas enligt beräkningsmodell från FOA [29]. Data har valts för bensin. Detta då bensin har högst energivärde och förbränningshastighet av de olika typer av bränsle som kan vara aktuella vilket gör beräkningen konservativ.

Konsekvenserna för två utläppsstorlekar har beräknats, ett stort läckage bedöms kunna ge en pölarea om 300m² och ett litet utsläpp en pölarea om 150m² [30].

Följande data gäller för bensin [29]:

- Förbränningshastighet $b' = 0,048 \frac{\text{kg}}{\text{m}^2\text{s}}$
- Energivärde $h_c = 43,7 \cdot 10^6 \frac{\text{J}}{\text{kg}}$

Vid en pölbrand med en cirkulär pöl approximeras flammans geometri med en cylinder där flammans diameter, d_f är lika stor som pölens diameter, d_p . Flammans höjd, h_f , kan beräknas enligt:

$$h_f = d_p \cdot 42 \cdot \left(\frac{b'}{\rho_a \sqrt{g \cdot d_p}} \right)^{0,61} \quad \text{formel D1}$$



där b' = förbränningshastigheten i $\frac{kg}{m^2s}$ enligt ovan,

ρ_a = luftens densitet = $1,29 \frac{kg}{m^3}$

g = tyngdaccelerationen = $9,81 \frac{m}{s^2}$

Denna formel gäller under förutsättning att $0,8 < h_f / d_f < 4$.

Flamman kommer att fluktuera mycket och den höjd som beräknas är den genomsnittliga flamhöjden under brandförloppet. Då pölen antas vara är cirkulär och flamgeometrin en cylinder är $d_f = d_p$ och beräknas utifrån grundläggande cirkelgeometri. Detta ger $d_f = d_p \approx 14$ m för en pölbrand om $150 m^2$ respektive 19,5 m för en pölbrand om $300 m^2$.

Strålningen per ytenhet från flamman beräknas enligt:

$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4h_f / d_f} \quad \text{formel D2}$$

där h_c = energivärdet i $\frac{J}{kg}$ enligt ovan.

Faktorn 0,35 utgör den andel av den totala energin som omsätts till strålningsvärme.

Vidare beräknas strålningen från en ideal svartkropp blir enligt Stefan-Boltzmanns lag:

$$P_s = \sigma \cdot T^4 \quad \text{formel D3}$$

där P_s = utstrålad effekt [$\frac{W}{m^2}$],

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

T = temperaturen [K].

Approximationen med en svart kropp som strålar ger konservativa. Vid större pölbränder antas strålningen normalt ha sitt ursprung i flammans mitt och här ligger emissionsfaktorn (ϵ) nära 1 varför denna approximation anses rimlig. Närmare flammans mantelyta minskar emissiviteten snabbt. En beräkning baserad på att all strålning kommer från flammans mitt är därför konservativt.

Värmestrålningen från en yta 1 som faller in mot en yta 2 på ett visst avstånd kan då beräknas som:

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12} \quad \text{formel D4}$$



Där P_{12} = infallande strålning från 1 till 2 $[\frac{W}{m^2}]$,

P_1 = strålningen från yta 1 $[\frac{W}{m^2}]$

F_{12} = vinkelkoefficienten för 1 mot 2.

Den atmosfäriska transmissionsförmågan, τ_a , har att göra med det faktum att den utsända strålningen delvis absorberas av luften mellan strålkällan och mottagaren. Den atmosfäriska transmissionsförmågan kan skrivas enligt:

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c \quad \text{formel D5}$$

Där α_w = absorptionsfaktorn för vattenånga och

α_c = absorptionsfaktorn för koldioxid.

Båda faktorerna beror på respektive ämnes partialtryck, längden som strålningen färdas från den strålade ytan till mottagaren, strålningens temperatur och omgivningens temperatur. α_w och α_c bestäms grafiskt utifrån flamtemperaturen och partialtryck från figur 11.2 i [29].

Vinkelkoefficienten (F) definieras som den andelen av strålningen från en yta i alla riktningar som träffar en annan yta (vid fullständig transmissionsförmåga). Den är en rent geometrisk faktor som kan bestämmas för varje ytkonfiguration. Vinkelkoefficienten bestäms grafiskt för en cylinder från figur 11.3 i [29].

Beräkningar utförs vidare utifrån ovanstående förutsättningar för de två olika pölstorlekarna.

Flamhöjd enligt formel D1, utfallande strålning enligt formel D2 och temperatur enligt D3, resultaten samlas i Tabell 12.

Tabell 12. Initial egenskapsberäkning för pölbrand.

Pölstorlek	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m ²)	Temperatur på den strålade ytan/flammans mitt (K)
150 m²	17,6	121	1210
300 m²	22,2	132	1236

Mättad vattenångas tryck vid 100 % luftfuktighet och 20 °C är $p_w = 2340$ Pa.



Luftfuktighet på

50 % antas vilket ger $p_w = 1170$ Pa. Absorptionsfaktorer och transmissionsförmåga bestäms för detta värde i kombination med flammans temperatur. Utifrån höjden på flammorna, pölens radie och avståndet till mottagaren bestäms ett antal olika vinkelkoefficienter. Värmestrålning på olika avstånd beräknas sedan enligt formel D4.

Skadenivån bestäms förutom av strålningsnivån även av strålningens varaktighet. För beräkning av skador på människor redovisas i tabell D4 nedan en varaktighet på 10 s som en rimlig tid tills man satt sig i säkerhet.

Sambandet mellan strålningens varaktighet och skador på människan beskrivs av probitfunktionen $t \cdot P_4/3$. Om denna tidsvägda strålningsdos är över $3 \cdot 10^6$ finns en risk för 2:a gradens brännskador. Risken ökar sedan exponentiellt med ökad strålning. Sannolikheten för andra gradens brännskador utläses sedan ur figur 11.9 i [15].

Beräkningsresultat sammanställs i Tabell 13 nedan.

Tabell 13. Beräkningsresultat i form av strålning och konsekvensavstånd för pölbrand.

Brand	Avstånd från flamfront (m)	α_w	α_c	τ_a	F_{max}	P_{12} (kW/m ²)	$t \cdot P_{12}^{4/3} \cdot 10^6$ (s(W/m ²) ^{4/3})	2:a grad bränn-skada (%)	Andel döda (%)
150 m ²	0 (flamfront)	0,11	0,015	0,875	1	105,9	50,1	100	15
	3	0,12	0,02	0,86	0,45	46,8	16,9	95	14
	13	0,170	0,028	0,802	0,16	15,5	3,9	2	0
	23	0,190	0,030	0,780	0,07	6,6	1,2	0	0
	43	0,22	0,034	0,746	0,025	2,3	0,3	0	0
300 m ²	0 (flamfront)	0,130	0,020	0,850	1	112,2	54,1	100	15
	10	0,170	0,025	0,805	0,28	29,8	9,2	65	10
	20	0,190	0,030	0,780	0,15	15,4	3,85	1	0
	30	0,200	0,032	0,768	0,07	7,1	1,4	0	0
	40	0,220	0,035	0,745	0,05	4,9	0,8	0	0

Sammanfattningsvis kan följande konstateras utifrån beräkningarna, med konsekvensavståndet taget konservativt:



Tabell 14. Konsekvensavstånd för stor respektive mindre pölbrand.

	Pölbrand 150 m ²	Pölbrand 300 m ²
Cirkulärt konsekvensavstånd från flamfront	13 m	20 m
Cirkulärt konsekvensavstånd från pölbrandens centrum	20 m	30 m

Antal döda

Byggnadsdelar som befinner sig inom pölbrandens konsekvensområde bedöms kunna antändas. Dock förväntas alla som är inomhus kunna utrymma och sätta sig i säkerhet vid pölbränder på vägen.

Även personer utomhus förväntas generellt ha tillräckligt med tid för att sätta sig i säkerhet. Ett teoretiskt antal döda beräknas dock baserat på persontäthet utomhus i berörda områden.

Representativ persontäthet tas från medelvärden i berörda områden enligt Tabell 11 och sätts därmed till:

Utbyggnadsscenario	Representativ persontäthet
S1	0,0045 p/m ²
S2	0,0107 p/m ²
S3	0,0395 p/m ²

Av dessa antas konservativt att 10 % befinner sig utomhus vid pölbrandscenariet baserat på antaganden i Tabell 10. Antal döda kan därmed beräknas enligt tabellen nedan.

	Antal döda		
Storlek på pöl	Scenario1	Scenario2	Scenario3
150 m ²	0	0	2
300 m ²	0	2	4

**D4 Olycka med brandfarlig gas på Österleden och Ringvägen**

Som hålstorlekar har uppskattningar baserat på [8] och [29] använts.
Läckagestorlekarna sätts till:

- Litet: 10 mm
- Stort 110 mm

Simuleringar av konsekvensområdet har gjorts i programvaran ALOHA utgiven av amerikanska EPA (United States Environment Protection Agency) [18].

Utsläpp av brandfarlig gas som sedan antänder har simulerats för en låg och en hög vindhastighet. Baserat på vinddata i bilaga C har en simulering gjorts för 2 m/s respektive 6 m/s.

Följande indata har använts i simuleringsprogrammet:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Massa i sektion 20 000 kg
- Rektangulär öppning om 2*1 cm respektive 10*1 cm
- Tankdiameter: 2,5 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Öppet landskap
- Vindhastighet: 2 m/s respektive 6m/s

De kursiva värdena är osäkra då modellen har svårt att hantera låga vindhastigheter och särskilt med små utsläpp. Respektive olyckstyp med tillhörande antal döda och omskalad frekvens presenteras i tabell



Tabell 15. Antal döda med tillhörande omskalad frekvens för respektive olyckstyp av brandfarliga gaser på Österleden och Ringvägen.

Händelse	Läckagestorlek	Antändning	Skadeområdets area (längd x bredd, meter x meter)	Omskalad frekvens	Antal döda		
					S1	S2	S3
BLEVE	-		200 m i radie	6,95E-12	141	336	1140
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (10mm)	Jetflamma	18x16	7,67E-14	1	2	5
		Fördröjd gasmolnsexplosion	Låg vind: 35x20m	3,58E-13	2	4	14
			Hög vind: 20mx20m	2,05E-13	1	2	8
	Stort hål (110mm)	Jetflamma	25 x 20	9,13E-14	1	3	6
		Fördröjd gasmolnsexplosion	Låg vind 80 x 50	7,88E-12	9	21	79
			Hög vind 45 x 10	1,57E-12	1	2	9



D5 Olycka med giftig gas på Österleden/Ringvägen

Aloha, heavy gas model.

Då klor är en av de giftigaste gaserna som antas kunna transporteras på aktuell väg har denna gas använts i beräkningarna. Detta blir konservativt eftersom klor endast utgör en delmängd av de giftiga gaserna. Mängden giftig gas i en transport antas till ca 30 ton.

Spridningsberäkningar har gjorts i programvaran ALOHA utgiven av amerikanska EPA (United States Environment Protection Agency) [18]. Spridningssimuleringar har gjorts enligt definierade scenarier i avsnitt A4 men också för två olika temperaturer, 0° C och 15° C, som bedöms vara representativa för de olika säsongerna i Landskrona. Ett medelvärde av simuleringarna för de olika temperaturerna används sedan för att beräkna konsekvensen. För konsekvensområdets utbredning används LC50 satt till 250 ppm.

50 % inom gasmolnets LC50-avstånd antas omkomma och samtliga utanför molnet bedöms överleva. Koncentrationen inomhus beror av ventilationsomsättningen. Andelen omkomna inomhus approximeras till 20 % av de som befinner sig inomhus men inom skadeområdet.

Tabell 16. Konsekvensområdets utbredning för klorgasläckage vid olika förutsättningar.

Händelse	Vindstyrka (m/s)	Skadeområdets area l x b
Litet läckage	2	80 x 40
	6	35 x 10
Stort läckage	2	600 x 380
	6	420 x 110

Giftiga gasmoln är de konsekvenser som har stort konsekvensområde. Då antalet döda varierar stort mellan tider på dygnet och mellan verksamhetstyper så har beräkningar gjorts för flera olika förutsättningar i respektive scenario, se tabellerna nedan.



Tabell 17. Antal omkomna i planområdet vid utbyggnadsscenario 1 med omskalade frekvenser vid respektive tidpunkt och olycksförutsättning.

	Tidpunkt	Omskalad frekvens	Antal döda
Litet läckage Låg vind	Dag	1,38E-11	4
Litet läckage Hög vind	Dag	3,43E-12	0
Stort läckage Låg vind	Dag	1,30E-10	266
Stort läckage Hög vind	Dag	3,78E-11	54
Litet läckage Låg vind	Natt	2,28E-11	1
Litet läckage Hög vind	Natt	5,69E-12	0
Stort läckage Låg vind	Natt	2,16E-10	164
Stort läckage Hög vind	Natt	6,26E-11	19
Litet läckage Låg vind	Helg	5,50E-12	1
Litet läckage Hög vind	Helg	1,38E-12	0
Stort läckage Låg vind	Helg	5,22E-11	185
Stort läckage Hög vind	Helg	1,51E-11	14

Tabell 18. Antal omkomna i planområdet vid utbyggnadsscenario 2 med omskalade frekvenser vid respektive tidpunkt och olycksförutsättning.

	Tidpunkt	Omskalad frekvens	Antal döda
Litet läckage Låg vind	Dag	1,38E-11	9
Litet läckage Hög vind	Dag	3,43E-12	1
Stort läckage Låg vind	Dag	1,30E-10	634
Stort läckage Hög vind	Dag	3,78E-11	128
Litet läckage Låg vind	Natt	2,28E-11	2



Litet läckage Hög vind	Natt	5,69E-12	1
Stort läckage Låg vind	Natt	2,16E-10	391
Stort läckage Hög vind	Natt	6,26E-11	44
Litet läckage Låg vind	Helg	5,50E-12	3
Litet läckage Hög vind	Helg	1,38E-12	0
Stort läckage Låg vind	Helg	5,22E-11	440
Stort läckage Hög vind	Helg	1,51E-11	35

Tabell 19. Antal omkomna i planområdet vid utbyggnadsscenario 1 med omskalade frekvenser vid respektive tidpunkt och olycksförutsättning.

	Tidpunkt	Omskalad frekvens	Antal döda
Litet läckage Låg vind	Dag	1,38E-11	32
Litet läckage Hög vind	Dag	3,43E-12	3
Stort läckage Låg vind	Dag	1,30E-10	780
Stort läckage Hög vind	Dag	3,78E-11	374
Litet läckage Låg vind	Natt	2,28E-11	9
Litet läckage Hög vind	Natt	5,69E-12	1
Stort läckage Låg vind	Natt	2,16E-10	344
Stort läckage Hög vind	Natt	6,26E-11	164
Litet läckage Låg vind	Helg	5,50E-12	11
Litet läckage Hög vind	Helg	1,38E-12	1
Stort läckage Låg vind	Helg	5,22E-11	624
Stort läckage Hög vind	Helg	1,51E-11	127