



Norrköpings kommun, Stadsbyggnadskontoret

Riskutredning Norra Vilbergen, Norrköping



Malmö 2016-05-30
ÅF-Infrastructure AB
Brand och Risk
Uppdragsnummer
722642

ÅF-Infrastructure AB, Hallenborgs gata 4, Box 585 SE-201 25 Malmö
Telefon +46 10 505 00 00. Fax +46 10 505 38 01. Säte i Stockholm. www.afconsult.com
Org.nr 556185-2103. VAT nr SE556185210301

Riskutredning Norra Vilbergen 160530

**ÅF-Infrastructure AB****Brand & Risk**BORLÄNGE – GÄVLE – GÖTEBORG
MALMÖ – LINKÖPING
TROLLHÄTTAN – STOCKHOLM**DOKUMENTINFORMATION**

OBJEKT/UPPDRAG	Riskutredning Norra Vilbergen
UPPDRAGSGIVARE	Norrköpings kommun, stadsbyggnadskontoret
REFERENSPERSON	Azita Taheri
UPPDRAGSNUMMER	703487

UPPDRAGSANSVARIG	Anders Egilsson Civilingenjör i riskhantering & Brandingenjör anders.egilsson@afconsult.com	Telefon 010 – 505 73 82
HANDLÄGGARE	Johan Hellstrand Civilingenjör i riskhantering & Brandingenjör johan.hellstrand@afconsult.com	Telefon 010 – 505 70 73
INTERNKONTROLL	Anders Egilsson	

DATUM	DOKUMENTSTATUS/VERSION
2016-05-30	Version A



Sammanfattning

Som en del i planarbetet kring utbyggnaden av Norra Vilbergen har denna utredning gjorts för att bedöma risknivån för området. Riskkällan som har studerats är Söderleden (E22), som är väg där farligt gods transporteras. I analysen har även förändringar i framtida transport på aktuell väg inkluderats.

Ett antal möjliga olycksscenarier har identifierats och dessa används för att beräkna riskmått individrisk och samhällsrisk genom beräkning av frekvens och konsekvens för varje olycksscenario. Skyddsobjekt är personer som befinner sig inom byggnaderna samt utomhus inom området. Konsekvenser definieras utifrån risk för dödsfall bland dessa personer till följd av farligt godsolyckor på E22.

Jämfört med relevanta riskacceptanskriterier från DNV är den beräknade risknivån i området huvudsakligen inom det så kallade ALARP-området. I närheten av E22 finns ett antal säkerhetshöjande åtgärder redan i nuläget. Bland annat finns avåkningsrække, vägbanan är nedsänkt och säkerhetsavstånd till område med vegetation. De olyckor som medför störst konsekvenser för området är spridning av brännbar och giftig gas. Det bedöms dock ej rimligt att kräva åtgärder avseende detta med hänsyn till områdets skyddshöjande åtgärder eller ur ett kostnad-nytta-perspektiv. Frekvensen av pölbränder är stor i området och vid byggnation nära E22, närmare än 40 m, bedöms det rimligt att utföra åtgärder på fasad. Även förskolan kan placeras minst 40 m från E22.

Riskreducerande åtgärder

Med tanke på att det är pölbränder som medför störst bidrag till den absoluta risknivån bör i första hand eventuella resurser riktas mot att skydd av byggnader i närheten av E22. Lämpliga åtgärder vid byggnation nära E22 är följande:

- För bostadshusen kan minsta avstånd till E22 sänkas till 30 meter om fasad mot vägen utförs i brandteknisk klass EW30 samt med icke-öppningsbara fönster, med undantag för mindre vädringsluckor.
- För bostadshusen kan minsta avstånd sänkas till 20 meter om fasad mot vägen utförs i brandteknisk klass EI30 samt med icke-öppningsbara fönster, med undantag för mindre vädringsluckor.



Innehållsförteckning

1	INLEDNING.....	5
1.1	Bakgrund och mål.....	5
1.2	Metod.....	5
1.2.1	Disposition.....	6
1.2.2	Metodosäkerhet.....	6
1.2.3	Begreppslista.....	6
1.3	Avgränsningar.....	7
1.4	Styrande lagstiftning och riktlinjer.....	7
2	OMRÅDESBESKRIVNING.....	8
2.1	Allmänt.....	8
2.2	Studerat objekt.....	9
2.3	Skyddsobjekt.....	10
2.4	Riskkällor.....	11
2.4.1	Transporter av farligt gods på E22.....	14
3	RISKINVENTERING OCH GROVANALYS.....	18
3.1	Identifiering av risker för aktuellt område.....	18
3.1.1	Explosiva ämnen (Klass 1).....	18
3.1.2	Gaser (Klass 2).....	18
3.1.3	Brandfarlig vätska (Klass 3).....	20
3.1.4	Brandfarligt fast ämne (klass 4).....	21
3.1.5	Oxiderande ämne (klass 5).....	21
3.1.6	Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6).....	21
3.1.7	Radioaktiva ämnen (klass 7).....	21
3.1.8	Frätande ämnen (klass 8).....	21
3.1.9	Övriga farliga ämnen (Klass 9).....	22
3.2	Sammanfattning scenarion för vidare analys.....	22
4	SAMMANVÄGNING AV SANNOLIKHET OCH KONSEKvens.....	23
4.1	Individrisk.....	23
4.2	Samhällsrisk.....	23
4.3	Beräkning av sannolikhet och konsekvens.....	24
5	RISKVÄRDERING.....	25
5.1	DNVs kriterier för tolerabel risk.....	25
5.2	Områdets risk – beräkningsresultat och riskvärdering.....	27
5.2.1	Resultat individrisk.....	27
5.2.2	Resultat samhällsrisk.....	27
5.2.3	Resultatdiskussion.....	28
6	OSÄKERHET.....	30
6.1	Allmänt om osäkerhet.....	30



RISKUTREDNING

2016-05-30

4 (67)

7	RISKREDUCERANDE ÅTGÄRDER	31
8	SLUTSATS	32
9	REFERENSER.....	33



1 Inledning

1.1 Bakgrund och mål

Denna riskutredning är genomförd i syfte att utreda och analysera risknivån i samband med utökad bebyggelse av Norra Vilbergen i Norrköping. Anledningen till att en riskutredning anses behövas är närheten till E22.

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

Riskutredningen är sammanställd på uppdrag av Norrköpings kommun.

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. Också de principer för hur risken värderas slås fast. Därefter tar *riskinventeringen* vid, som syftar till att definiera de riskscenarier som är specifika för den studerade processen. Därefter görs en *sammanvägning av sannolikhet och konsekvensen* för de identifierade riskscenarierna, för att erhålla en uppfattning om risknivån.

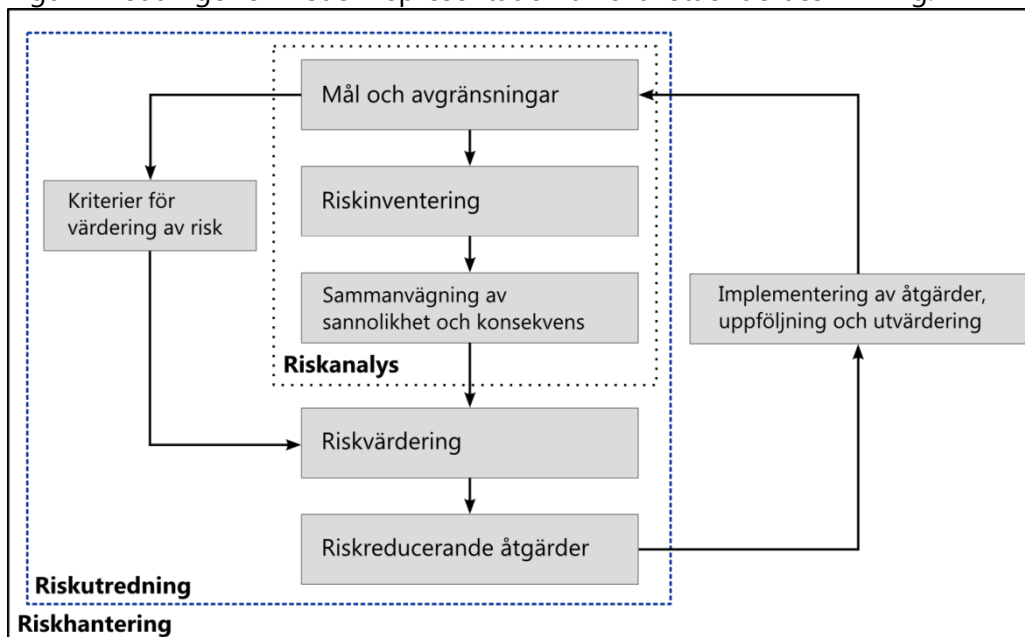
I *riskvärderingen* jämförs resultatet från riskanalysen med principer för hur risken skall värderas, för att komma fram till om risken är tolerabel eller ej. Slutsatser dras utifrån detta resultat om behovet av *riskreducerande åtgärder*.

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.

Metoden följer i stort de riktlinjer som Länsstyrelserna i Skåne, Stockholm och Västra Götaland tagit fram [1].



Figur 1 nedan ger en visuell representation av ovanstående beskrivning.



Figur 1. Illustration av riskhanteringsprocessen. Denna riskutredning innefattar det som 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 Kapitel 1 Inledning samt att den för riskinventeringen viktiga områdesbeskrivningen för tydlighetens skull har ett eget kapitel (Kapitel 2).

1.2.2 Metodosäkerhet

I alla riskutredningar av den här typen ingår osäkerheter, både vad det gäller använda modeller och deras avgränsningar, samt indata till dessa modeller. Metodiken är enligt praxis att osäkerheten i huvudsak hanteras genom användning av konservativa värden. Läs mer i kapitel 6.

Resultaten för denna analys bedöms som konservativa på grund av att de modeller som är praxis för skattning av frekvens för olycka är konservativa. Läs mer om detta i avsnitt 5.2.3 – Resultatdiskussion.

1.2.3 Begreppslista

- *Risk*: Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens. I denna utredning används två riskmått; Individrisk och Samhällrisk som båda visar risken genom sammanvägning av sannolikhet och konsekvens, men med lite olika perspektiv. Se kapitel 4.



- *LC50, LD50*: Förkortning för Lethal Concentration 50 % respektive Lethal Dose 50 %. Den genomsnittliga dosen/koncentrationen för dödsfall, d.v.s. där 50 % av de exponerade personerna dör inom en viss exponeringstid.
- *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.
- *ALARP*: Förkortning för "As Low As Reasonably Practicable". Risknivå där åtgärder skall göras för att minska risknivån så långt som det ger en rimlig nytta i förhållande till de resurser som riskreduktionen kräver.

1.3 Avgränsningar

De risker som har studerats är sådana som är förknippade med plötsligt inträffade händelser (olyckor) som har sitt ursprung i transporter av farligt gods. Enbart risker som kan innebära konsekvenser i form av personskada på personer inom den studerade delen av planområdet beaktas. Det innebär att ingen hänsyn har tagits till exempelvis skador på miljön, skador orsakade av långvarig exponering, materiella skador eller skador på personer och objekt utanför planområdet.

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 givits ut gällande vilka typer av riskanalyser som bör utföras och vilka krav som ställs på dessa. I denna utredning har Länsstyrelsernas i Skåne, Stockholms samt Västra Götalands län gemensamma dokument Riskhantering i detaljplaneprocessen beaktats [1]. I denna anges att riskhanteringsprocessen ska beaktas i detaljplaneprocessen inom 150 meter från en transportled för farligt gods.

I lagstiftningen förekommer det inte några angivna skyddsavstånd från väg där farligt gods transporteras till bebyggelse. Däremot finns något mer specificerade riktlinjer för lämplig markanvändning utgivna av några av landets länsstyrelser och myndigheter.

2 Områdesbeskrivning

2.1 Allmänt

Det studerade området är beläget söder om E22 i Norrköping. I dagsläget finns på området bland annat bostäder och förskola. Området önskas att bebyggas med ungefär 1100 bostäder i form av lägenheter och även med ytterligare samhällsservice i form av förskoleverksamhet. Skissen nedan ger en översiktlig bild av utformningen.

De delar av Vilbergen som ingår i aktuell utredning är följande:

- Smaragden 1
- Safiren 1-2
- Topasen 1-2



Figur 2. Illustration över planområdet söder om E22 där norr motsvarar uppåt på bilden.

I dagsläget transporteras det relativt lite farligt gods på aktuell sträcka med hänsyn till närheten till E4 samt att mycket transporteras genom centrum, förbi tågstationen. I framtiden finns det önskemål om att förflytta transporten via centrum till aktuell sträcka på E22 vilket gör att både mängden farligt gods samt sorterna farligt gods på sträckan kommer att öka.



2.2 Studerat objekt

Syftet med planen är att utöka antalet bostäder och att komplettera med den utökade samhällsservicen i form av förskoleverksamhet som kommer att krävas i området.

Avståndet från E22 till de närmst belägna befintliga bebyggelsen är 50 m. Det finns ett önskemål för den nya bebyggelsen att placera en förskola på ungefär 50-90 m avstånd till E22 vilket understiger det avstånd som denna typ av verksamhet utan extra riskhänsyn får placeras. Detta ska särskilt beaktas i aktuell riskutredning.

E22 är utformad med motorvägsstandard utförd med 2 körbanor i respektive riktning. Färdriktningarnas körbanor är avskilda med mitträcke. E22 ligger dessutom nedsänkt i jämfört med planområdet längs med stora delar av området, se figur 3, förutom en del där körbanan endast är nedsänkt ungefär 1 m, se figur 4. Vägen har avåkningsräcke längs hela planområdets utsträckning.



Figur 3. Visar utseendet av E22 bredvid aktuellt planområde. Bilden är hämtad ur PM Riskbedömning upprättad 2016-03-31 [2].



Figur 4. Påvisar den höjdskillnad som finns mellan körbana och planområdet som ligger till höger på bilden. Bilden är hämtad ur PM Riskbedömning upprättad 2016-03-31 [2].

2.3 Skyddsobjekt

Denna riskutredning fokuserar på personsäkerhet. Skyddsobjekt är personer som vistas inom det studerade området, både i och utanför byggnader.

Eftersom delar av området ligger inom 150 m från farligt gods-led, E22, konstateras att det är rimligt att beakta riskhanteringsprocessen.

Området kommer att bebyggas med bostäder samt förskola vilket gör att människor kommer att vistas där under hela dygnet. Persontätheten under dygnet kommer dock variera, uppdelningen av tiden sker enligt tabell 1. Personmängden i Vilbergen var ungefär 4700 st år 2014 och förväntas vara relativt konstant fram till 2019 [3]. Trots att rapporten påvisar att befolkningsutvecklingen bedöms vara konstant till 2019 bedöms det rimligt att addera befolkningsökningen i och med nybyggnationen av bostäder inom planområdet, d.v.s. de 1100 lägenheterna.

Aktuellt planområde omfattar inte hela Vilbergen utan ungefär en tredjedel. Då det saknas kunskap om storlek på nya lägenheter görs uppskattningen att i snitt 3 personer kommer att bo per lägenhet. Detta medför att personmängden



i området bedöms vara ca **5000** personer efter utvecklingen av planområdet. Områdets storlek är ungefär 307000 m².

Antalet personer som kan exponeras för olyckor inom området redovisas i tabell 1 för respektive del av planområdet vid olika tidpunkter. I beräkningarna antas det att persontätheten är lika stor i hela planområdet. Området närmast vägen där ingen bebyggelse finns kommer en korrigerig ske vid beräkning av samhällsrisk. Detta då inga personer förväntas befinna sig där.

Tabell 1. Redovisar uppdelningen av tiden.

Tidperiod	Tider	Dagar	Del av tiden
Dagtid vardagar	06-18	Måndag - Fredag	0,357
Nattetid alla dagar	18-06	Måndag - Söndag	0,5
Dagtid helger	06-18	Lördag - Söndag	0,143

Beroende på när en olycka inträffar kommer alltså olika många personer att påverkas. Området består till allra största del av bostäder vilket innebär att personer ofta är på jobb eller i skolan på dagtid och hemma på kvällar. På helger är det fler som förväntas vara hemma även på dagarna. För förskolan bedöms hälften vara ute på dagtid. För sammanfattning se tabell 2.

Tabell 2. Skattningar på personantal på platser inom området fördelat på olika personbelastningar.

	Dagtid vardagar		Nattid		Helger dagtid	
	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus
Bostäder (Andel)	20 %	10 %	95 %	5 %	63 %	7 %
Bostäder (Antal)	1000	500	4750	250	3150	350
Förskola	60	60	0	0	0	0
Totalt	1060	560	4750	250	3150	350

2.4 Riskkällor

I denna riskutredning utgör E22 riskkälla. På båda dessa transporteras farligt gods. E22 har två körbanor i vardera riktningen som är avgränsade med mitträcke.

Utifrån uppgifter från SRV [4] har en analys gjorts i syfte att kartlägga antalet farligt godstransporter samt typ av gods och mängd per transport som passerar området. Detta är nödvändigt för att kunna beräkna konsekvenserna av olika olycksscenarioer och studera sannolikheten för olika scenarion. Dessutom har en studie utförts i aktuellt område där trafiken på aktuell



vägsträcka har undersökts [2]. Med tanke på att det finns önskemål att leda om transport som tidigare passerat centrum till aktuell sträcka kommer mängden farligt gods på sträckan att öka.

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana farliga egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar, ADR/RID som tagits fram i internationell samverkan [5]. 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 ej 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 nedan 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. Klasser av farligt gods med konsekvensbeskrivning [6] [7].

Klass	Kategori ämnen	Beskrivning	Konsekvensbeskrivning för liv och hälsa
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier etc.	Tryckpåverkan och brännskador. En 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 [8].



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, gasmolnexplosion 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 [8]. Personskador kan dock uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

2.4.1 Transporter av farligt gods på E22

Trafikverket har i sin prognos för godstransporter 2030 [9] bedömt att godstransporter på väg kommer att öka med ca 53 % exklusive ökningen av malmbygning i Norrland. I denna utredning antas att transporter av farligt



gods på väg ökar i samma utsträckning som övriga godstransporter, dvs. ca 50 % mellan år 2006 och 2030.

På E4 förbi Norrköping transporteras en stor mängd av både gods och farligt gods. Delar av detta flöde antas i framtiden bli omdirigerat till E22 genom Norrköping. Det bedöms inte vara rimligt att anta att all trafik omdirigeras med hänsyn till det extremt konservativa antagandet det skulle vara.

Av tabell 4 framgår mängden transporterat gods för E4 och antalet transporter av de olika klasserna som passerar det studerade området [4]. Vid uppgifter om intervall har högsta värdet antagits, vilket kan anses vara konservativt. För ADR klass 1 har istället ett rimligt värde för dagens nivå uppskattats. Vid omräkning av transporterad mängd till antalet transporter antas medellasten vara 15 ton. För ADR klass 1 antas medellasten vara 5 ton.

Tabell 4. Beräknade mängder av transporterat farligt gods på E4 fördelat på ADR-klasser.

Klass (ADR)	Kategori	Transporterad mängd per månad 2006 (ton)	Transporterad mängd per år 2030 (ton)	Antal FaGo-transporter år 2030
1	Explosiva ämnen	<70	<400	80
2.1	Brandfarlig gas	1800	32400	2160
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	4400	79200	5280
2.3	Giftig gas	25	450	30
3	Brandfarliga vätskor	82500	1485000	99000
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, Självreaktiva ämnen och Okänsliggjorda explosivämnen	270	3240	216
4.2	Självantända ämnen	80	1440	96
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	170	3060	204
5.1	Oxiderande ämnen	490	8820	588
5.2	Organiska peroxider	0	0	0
6.1	Giftiga ämnen	430	7740	516
6.2	Smittförande ämnen	710	12780	852
7	Radioaktiva ämnen	49 (Kollin)	882 (kollin)	882 (kollin)
8	Frätande ämnen	34800	626400	41760



9	Övriga farliga ämnen och föremål	11500	207000	13800
----------	----------------------------------	-------	--------	-------

Med hänsyn till ovanstående redovisning av mängden farligt gods på E4 finns det anledning att inkludera samtliga olika slags farligt gods för aktuell vägsträcka på E22, förutom organiska peroxider 5.2. Det anses som tidigare nämnt inte skäligen att anta samma värden på E22 som E4.

Den mängden som i nuläget transporteras på E22 kartlades i samma rapport [4] och redovisas i tabell 5.

Tabell 5: Beräknade mängder av transporterat farligt gods på E22 fördelat på ADR-klasser.

Klass (ADR)	Kategori	Transporterad mängd per månad 2006 (ton)	Transporterad mängd per år 2030 (ton)	Antal FaGo-transporter år 2030
1	Explosiva ämnen	0	0	0
2.1	Brandfarlig gas	1800	32400	2160
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	4400	79200	5280
2.3	Giftig gas	0	0	0
3	Brandfarliga vätskor	33000	594000	39600
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, Självreaktiva ämnen och Okänsliggjorda explosivämnen	270	3240	216
4.2	Självantända ämnen	0	0	0
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	0	0	0
5.1	Oxiderande ämnen	490	8820	588
5.2	Organiska peroxider	0	0	0
6.1	Giftiga ämnen	90	1620	108
6.2	Smittförande ämnen	140	2520	168
7	Radioaktiva ämnen	49 (Kollin)	882 (kollin)	882 (kollin)
8	Frätande ämnen	11600	208800	13920
9	Övriga farliga ämnen och föremål	11500	207000	13800



Jämförelsen av de 2 transportlederna visar att det överlag är mer transport på E4 och den innehåller dessutom transport av fler olika ämnen. För flertalet ADR-klasser erhöles samma värde på mängden farligt gods. Detta bedöms bero på att de intervall som finns är breda och att den maximala mängden har valts. Därmed kommer mängden för dessa ADR-klasser ej att utökas i aktuell analys. Mängden brandfarliga vätska (klass 3) och frätande ämnen (klass 8) skiljer sig kraftigt åt. För att ta hänsyn till ökningen av transport ökas mängden med 50 % för E22. I de fall mängden på aktuell sträcka E22 ej finns registrerad görs ett antagande att hälften av mängden förflyttas till E22. De mängder som kommer användas i riskutredningen redovisas i tabell 6.

Tabell 6: Beräknade mängder av transporterat farligt gods på E22 fördelat på ADR-klasser efter förflyttad transport.

Klass (ADR)	Kategori	Transporterad mängd per månad 2006 (ton)	Transporterad mängd per år 2030 (ton)	Antal FaGo-transporter år 2030
1	Explosiva ämnen	0	<200*	40*
2.1	Brandfarlig gas	1800	32400	2160
2.2	Icke giftig, icke brandfarlig gas	4400	79200	5280
2.3	Giftig gas	0	225*	15*
3	Brandfarliga vätskor	33000	891000**	59400**
4.1	Brandfarliga fasta ämnen, Självreaktiva ämnen och Okänsliggjorda explosivämnen	270	3240	216
4.2	Självantända ämnen	0	720*	48*
4.3	Ämnen som utvecklar brandfarlig gas vid kontakt med vatten	170	1530*	102*
5.1	Oxiderande ämnen	490	8820	588
5.2	Organiska peroxider	0	0	0
6.1	Giftiga ämnen	90	2430**	162**
6.2	Smittförande ämnen	140	3780**	252**
7	Radioaktiva ämnen	49 (Kollin)	882 (kollin)	882 (kollin)
8	Frätande ämnen	11600	313200**	20880**
9	Övriga farliga ämnen och föremål	11500	207000	13800

* Värde motsvarar halva värdet av transporten på E4.

** Värdet är ökat med 50 %.



3 Riskinventering och grovanalys

3.1 Identifiering av risker för aktuellt område

För att avgöra vilka riskscenarion som bör studeras i detalj vägs informationen om de olika farligt gods-klassernas egenskaper i avsnitt 3.1 ihop med flödesstatistiken i avsnitt 3.2. Nedan går resonemanget igenom om beslut för vidare analys klass för klass samt för övriga identifierade risker.

3.1.1 Explosiva ämnen (Klass 1)

Enligt statistikuppgifterna som diskuteras tidigare förekommer det uppskattningsvis maximalt 200 ton per år på E22.

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 mm. 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 en parkering i markplan.

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, beroende på klassning av förpackning och fordon, varpå skadeområdet begränsas. Övriga ämnen inom underklass 1.1 får transporteras upp till 16 000 kg, förutsatt att fordonet håller högsta fordonsklass (EX/III) enligt regler för transport av farligt gods på väg [10]. Fordon av denna klass har en lång rad barriärer som motverkar olyckor med fordonet, brand i fordon och spridning av brand till last varför sannolikheten för detonation minskar ytterligare.

Eftersom mängden transporter i klass 1 sammantaget är så liten samt strängt regelverk för transporter blir olycksfrekvensen väldigt låg. Med hänsyn till detta konstateras att bidraget till risken i samband med farligt gods-transporter med denna klass är försumbar. Scenariot förväntas dock få stora konsekvenser varför olycka med klass 1 på E22 studeras dock vidare.

3.1.2 Gaser (Klass 2)

Enligt statistikuppgifterna som diskuteras tidigare förekommer det transporter brandfarliga gaser på E22. Transport av giftiga gaser förekommer ej i nuläget,



men i och med viljan att förflytta delar av transporterna från E4 har denna vara bedömts finnas på vägsträckan.

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 [8].

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 [8].

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 [8].

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 finnas i form av en antänd läcka i en annan närstående tank med brandfarlig gas eller vätska.

Det bedöms som motiverat att ytterligare analysera dessa olyckstyper.



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. Det bedöms därför motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp. 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 AEGL-3-värde (Acute Exposure Guideline Levels) 30 min på 1600 ppm [11]. Detta värde motsvarar att det finns risk att någon i befolkningen kan få livshotade skador eller dö.

Svaveldioxid

Även svaveldioxid är en giftig tung gas som vid ett utsläpp kan ha ett riskområde om flera hundra meter. Gasen har ett AEGL-3 (30 min) på 30 ppm [12].

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 AEGL-3 (30 min) på 28 ppm [13].

Det anses motiverat att vidare studera scenarier inom klass 2.3.

3.1.3 Brandfarlig vätska (Klass 3)

Brandfarlig vätska transporteras på E22.

En möjlig olycka med brandfarlig vätska är ett spill som bildar en pöl som senare antänds. Sannolikheten för en brand i diesel bedöms vara avsevärt lägre än för bensin som är mer lättantändligt.

En större pölbrand som antänds direkt kan ha ett konsekvensområde på ca 30 m [14]. Avståndet till närmaste belägna byggnad är 50 m. Pölbränder har av erfarenhet inte ett konsekvensområde som har betydande påverkan in på planområdet. Med hänsyn till att olyckdrabbade fordon ska stanna på vägen med tanke på kanträcke samt att sidan av vägen är försedd med dike som är nedsänkta bedöms risk för påverkan på människor inom området vara mycket låg. Med hänsyn till att kunna klargöra huruvida bebyggelse kan upprättas närmare än vad de är i dagsläget utreds dock brandfarlig vätska vidare.



3.1.4 Brandfarligt fast ämne (klass 4)

Eftersom dessa ämnen transporteras i fast form sker ingen spridning i samband med en olycka. För att brandfarliga fasta ämnen (ferrokisel, vit fosfor m.fl.) skall leda till brandrisk krävs att det t.ex. att de vid olyckstillfället kommer i kontakt med vatten varvid brandfarlig gas kan bildas. Risken utgörs av strålningspåverkan i samband med antändning av brandfarlig gas. Eftersom en sådan brand begränsas till olycksplatsen och strålningsnivåerna endast är farliga för människor i närheten av branden, bedöms det inte motiverat att ytterligare analysera risken i samband med olyckor med dessa typer av farligt gods. Detta med hänsyn till att avståndet till byggnader är 50 m.

3.1.5 Oxiderande ämne (klass 5)

Flertalet oxiderande ämnen (väteperoxid, natriumklorat m.fl.) kan vid kontakt med vissa organiska ämnen orsaka en häftig brand. Vid kontakt med vissa metaller kan det sönderdelas snabbt och frigöra stora mängder syre som kan underhålla en eventuell brand.

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. Teoretiskt kan en olycka med klass 5 orsaka de två principiella olyckorna brand och explosion, varför dessa studeras vidare.

3.1.6 Giftiga och smittbärande ämnen (klass 6)

Arsenik, bly, kadmium, sjukhusavfall etc. är exempel på dessa ämnen. För att människor skall utsättas för risk i samband med dessa ämnen krävs att man kommer i fysisk kontakt med dem eller förtäring. Det bedöms därför inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

3.1.7 Radioaktiva ämnen (klass 7)

Mängden radioaktiva ämnen som transporteras per väg bedöms vara mycket liten. Därtill är transportförutsättningarna sådana att det kan antas vara osannolikt att en olycka leder till spridning av godset. Dessutom sker transporter med små mängder per transport samt väl förpackat. Därför bedöms bidraget till risken vara försumbar och det är inte motiverat att ytterligare analysera risk för dessa transporter.

3.1.8 Frätande ämnen (klass 8)

Olyckan med läckage av frätande ämnen (saltsyra, svavelsyra, NaCl 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.

3.1.9 Övriga farliga ämnen (Klass 9)

Transporter med farligt gods inom denna kategori utgörs av exempelvis magnetiska material eller airbags. Konsekvenserna bedöms inte bli sådana att personer inom planområdet påverkas, eftersom en spridning inte förväntas. Det bedöms därför inte motiverat att ytterligare analysera denna olyckstyp.

3.2 Sammanfattning scenarion för vidare analys

Riskidentifieringen visar att följande olycksrisker behöver studeras vidare i en fördjupad analys:

- Explosiva ämnen (klass 1) (Explosion)
- Brandfarlig gas (klass 2.1) (Explosion/gasmolnsbrand, Jetflamma och BLEVE)
- Giftig gas (klass 2.3) (Giftigt gasmoln)
- Brandfarlig vätska (klass 3) (Pölbrand)
- Oxiderande ämnen (klass 5) (Brand och explosion)

I bilaga A, B och C redogörs för sannolikhets- och konsekvensberäkningar för ovanstående scenarion.



4 Sammanvägning av sannolikhet och konsekvens

Inom samhällsplaneringen är det främst två metoder som används för sammanvägning av sannolikhet (i form av relativ frekvens) och konsekvens. Beskrivning av dessa följer nedan.

4.1 Individrisk

Individrisken visar risken för en individ på olika avstånd från riskkällan. Detta görs genom att sannolikheten beräknas för att en hypotetisk person som står ett år på ett visst avstånd från riskkällan avlider. Ingen hänsyn tas till mängden personer som förväntas befinna sig på dessa avstånd.

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 individen 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 individrisken redovisas i en graf.

Individrisken är ett verktyg som är lämpligt att använda vid bedömning av var en verksamhet bör placeras i förhållande till exempelvis en farligt godsled, i detta fall E22.

4.2 Samhällsrisk

Samhällsrisk beräknas för att studera riskens inverkan på samhället. Den tar hänsyn till hur många människor som kan drabbas av ett visst utfall. Samhällsrisk 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 och $p_{f,i}$ definieras enligt individrisken ovan.

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

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

Där f_i är frekvensen för sluthändelse i och N_i är antalet beräknade dödsfall för scenario i . Analysområdet för samhällsriskerna sätts till aktuellt planområde. Områdets sträckning sätts till 0,8 km längs med E22.

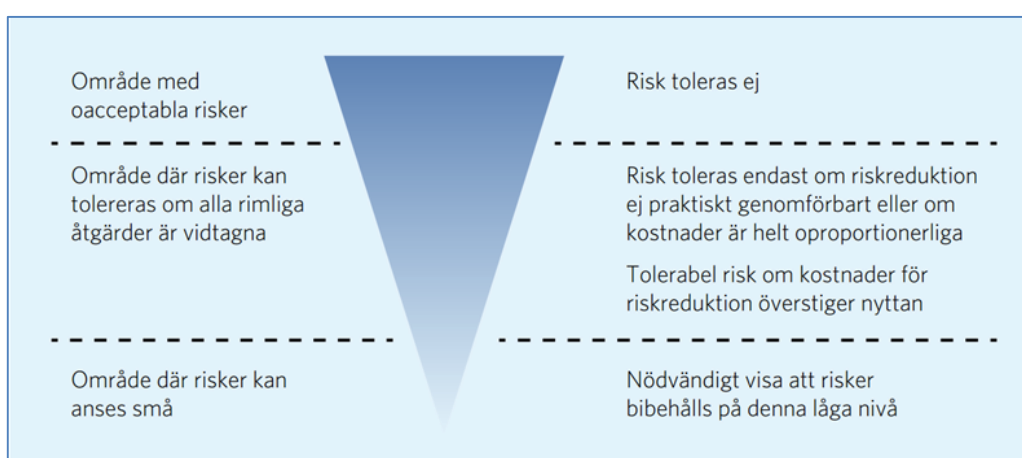
4.3 Beräkning av sannolikhet och konsekvens

Beräkningarna för de parametrar som behövs till individrisk- och samhällsriskberäkning enligt ovan utförs i Bilaga A - Frekvensberäkningar, och Bilaga C - Konsekvensberäkningar. Resultatet presenteras i avsnitt 5.2.

5 Riskvärdering

5.1 DNVs kriterier för tolerabel risk

Det finns i Sverige inget nationellt beslut över vilka kriterier som skall tillämpas vid riskvärdering inom samhällsbyggnadsprocessen. Det Norske Veritas har på uppdrag av Räddningsverket tagit fram förslag på riskkriterier gällande individ- och samhällsrisk som kan användas vid riskvärdering [15]. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens skall inträffa. Risker kan kategoriskt placeras i tre fack. De kan vara acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se figur 5 nedan.



Figur 5. Principiella kriterier för riskvärdering [15].

Följande förslag till tolkning rekommenderas [15].

- De risker som hamnar inom område med oacceptabla risker värderas som oacceptabelt stora och tolereras ej. 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 område 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 [15] 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 [15] 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

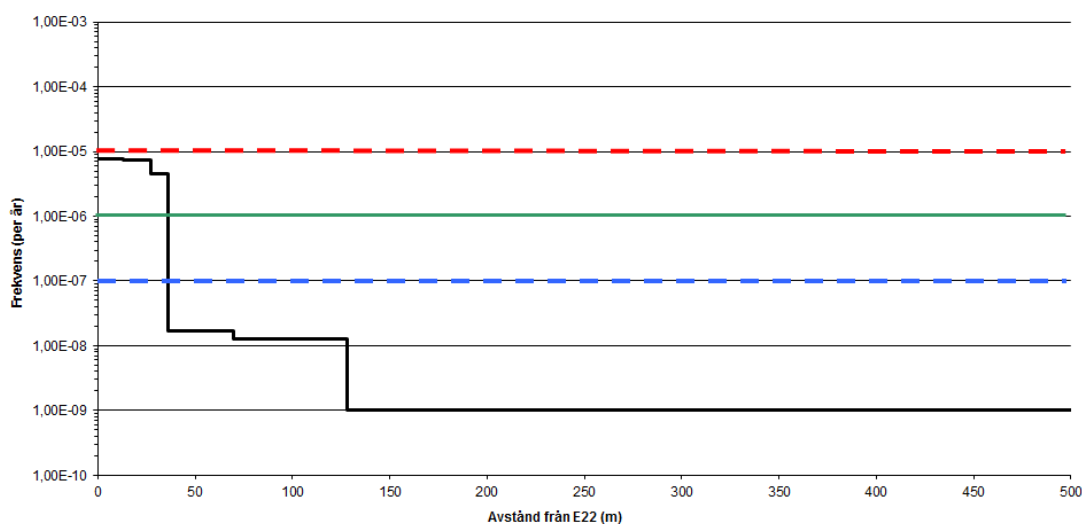
Samhällsriskens frekvenskriterier är definierade som antal olyckor per kilometer och år som påverkar båda sidor av en linjekälla som exempelvis en farligt gods led. Studeras en kortare eller längre sträcka och/eller endast ledens bidrag till samhällsrisk på ena sidan skall alltså frekvenskriterierna skalas om. Detta har gjorts i beräkningarna för figurer avseende samhällsrisk. Eftersom endast ena sidan av E22 beaktas halveras samhällsriskens frekvenskriterier. Dessutom är den bedömda sträckan endast vilket medför att frekvenskriterierna för samhällsrisk minskas ytterligare då de är framtagna per km. Detta innebär att för $N=1$ död är frekvenskriteriet $4 \cdot 10^{-5}$ för den övre gränsen i ALARP-området respektive $4 \cdot 10^{-7}$ för den undre gränsen efter omskalning. Lutningen på FN-kurvan är fortsatt -1.



5.2 Områdets risk – beräkningsresultat och riskvärdering

5.2.1 Resultat individrisk

Resultatet för individriskberäkningarna för E22 visas i form av individriskkurva i figur 6 nedan.



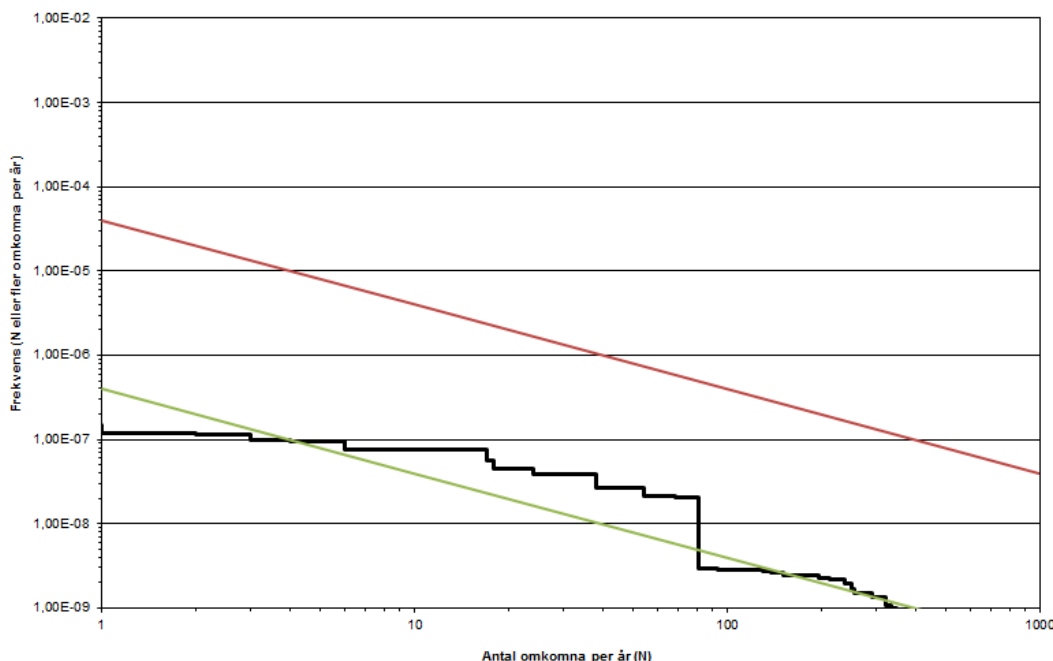
Figur 6. Individriskkurva för aktuellt område med bidrag från E22. Observera att det endast är risken för planområdet som har analyserats i detalj inom ramen för riskutredningen. Nära noll meter ifrån E22 finns andra olyckstyper som i praktiken höjer individrisken något i området mellan E22 och planområdet

5.2.2 Resultat samhällsrisk

Tabellen nedan sammanfattar konsekvenser vid de olika händelser som har studerats och frekvensen för N eller fler döda.



Samhällsrisken för aktuellt område i relation till riskacceptkriterierna visas i figur 7.



Figur 7. Samhällsrisik för aktuellt område tillsammans med omskalade riskacceptanskriterier från DNV.

Samhällsrisik för aktuellt område tillsammans med omskalade riskacceptanskriterier. Röd linje visar det övre kriteriet i ALARP-området och grön linje visar den undre.

5.2.3 Resultatdiskussion

Inom ramen för DNVs riskacceptanskriterier ligger risknivån inom ALARP-området för delar av området avseende på individrisk och samhällsrisken för större olyckor ligger inom ALARP-området. Dock ligger hela området under den övre gränsen för både individrisk och samhällsrisik. Utifrån individrisken kan man se att det är olämpligt att lägga en förskola på kortare avstånd än 40 m, men lämpligt avseende risknivån på 40 m eller längre. För individrisken är det pölbränder som gör att risken nära vägen drivs upp. Närmast oacceptabel gräns är samhällsrisik är stora olyckor. Stora läckage av giftig gas och brännbar gas är de olycks kategorier som gör att samhällsrisken hamnar inom ALARP-området. Därmed ska ALARP-principen användas för att åtgärder särskilt bör värderas för dessa olyckor, se kapitel 7 om riskreducerande åtgärder.

Resultaten bedöms som konservativa eftersom de metoder som är praxis för att skatta frekvens av olycka är konservativa. Vid uppräknigen av godstrafiken till 2030 har det inte tagits hänsyn till utvecklingen av säkrare fordon, där



trenden är att fler säkerhetssystem såsom autobroms, progressiv farthållare och liknande blir standard i nya fordon. Skattningen av olycka med farligt gods blev genom beräkning med VTI-metoden 1 olycka per 11,7 år. Detta medför att en sådan olycka sker per år på 12 km väg på E22. Det anses uppenbart orimligt att anta sådana konservativa värden i aktuellt område varför frekvensen korrigerades en faktor 10 till att inträffa 1 gång per 112 år. Detta är fortfarande ett konservativt värde då det årligen på en sträcka av 133 km ska ske en olycka med farligt gods vilket uppenbarligen inte stämmer med verkligheten.

Modellerna som har använts för att skatta dessa parametrar är dock praxis och bedöms som de mest relevanta i dagsläget.



6 Osäkerhet

6.1 Allmänt om osäkerhet

En riskutredning som denna innehåller betydande 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 tillgänglig. Denna 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 är i många fall väldigt svår att få tag i och därför kan det vara bättre ur ett kostnad-nytta perspektiv 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 dyra. Varje vald konservativ parameter fortplantas och gör resultatet än mer konservativt.



7 Riskreducerande åtgärder

Eftersom risknivåerna för det studerade området hamnar inom ALARP-området utifrån DNVs riskacceptanskriterier anses det rimligt att värdera riskreducerande åtgärder för att kunna genomföra planförslaget.

Den olyckstyp som driver samhällsriskerna närmast den oacceptabla gränsen är stora utsläpp av giftig gas och brännbar gas. Det finns enligt [16] en mängd olika riskreducerande åtgärder beroende på vilka risker som finns. För aktuell transportled finns redan flertalet av dessa åtgärder. Vägbanan är nedsänkt i jämförelse med planområdet vilket gör att en naturlig vall finns. Mellan vägen och bebyggelse finns även ett skyddsavstånd på ca 50 m med vegetation som förbättrar skyddet. Vägbanan är dessutom av motorvägsstandard med räcken både mellan vägbanor och vid sidan av vägen. Sammantaget medför det ett högt skydd.

Med hänsyn till de låga sannolikheterna för brännbara och giftiga gaser i relation till aktuella riskacceptanskriterier bedöms det ej rimligt att införa åtgärder ur ett kostnad/nyttaperspektiv. Däremot ska åtgärder vidtas mot bränder om det önskas bygga så nära vägen att pölbränder når området. Om byggnader placeras minst 40 m från E22 krävs ej åtgärder. Vid kortare avstånd krävs följande:

- För bostadshusen kan minsta avstånd till E22 sänkas till 30 meter om fasad mot vägen utförs i brandteknisk klass EW30 samt med icke-öppningsbara fönster, med undantag för mindre vädringsluckor.
- För bostadshusen kan minsta avstånd sänkas till 20 meter om fasad mot vägen utförs i brandteknisk klass EI30 samt med icke-öppningsbara fönster, med undantag för mindre vädringsluckor.



8 Slutsats

Risken i samband med det analyserade detaljplanförslaget ligger även väl under DNVs kriterier för acceptabel risk både med avseende på individrisk och på samhällsrisk. Båda riskmåttan ligger dock en bit in på ALARP-området, vilket innebär att riskreducerande åtgärder som kan genomföras till en rimlig kostnad i förhållande till riskreduktionen rekommenderas. Det bedöms ej rimligt med hänsyn till kostnad att införa åtgärder för att begränsa spridning av giftiga gaser och brännbar gas med hänsyn till att området omkring E22 redan är utformat med många skyddshöjande åtgärder. Bidraget från pölbränder är dock stort på korta sträckor vilket medför att hänsyn till detta ska tas vid byggnation närmare än 40 m. Det gäller även förskolan som kan placeras så att ingen yta av gården är inom 40 m från E22.

De riskreducerande åtgärder som föreslås är lämpliga för nya byggnader inom området.

Utöver detta utgör inte riskhänsyn något skäl för att utbyggnad inte ska kunna ske enligt planförslaget.



9 Referenser

- [1] "Riskhantering i detaljplaneprocessen," Länsstyrelsen i Stockholm, Skåne och Västra Götaland, 2006.
- [2] J. Englund, "PM Riskbedömning - Detaljplaneprogram för Vilbergen," VAP, 2016.
- [3] Ekonomi- och styrningskontoret, "Definitiv befolkningsprognos 2015-2019 med utblick mot 2024 - Kommun- och delområdesprognos," Ekonomi- och styrningskontoret, Norrköping, 2015.
- [4] "Kartläggning av farligt gods transporter, September 2006," Statens Räddningsverk (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap), 2006.
- [5] "RID-S 2013 Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om farligt gods på järnväg (MSFBFS 2012:7)," Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2012.
- [6] "Fördjupad översiktsplan för sektorn transporter med farligt gods," Göteborgs stad, Göteborg, 1999.
- [7] "Handbok för riskanalys," Statens Räddningsverk, Karlstad, 2003.
- [8] "Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," Väg- och trafikforskningsinstitutet, 1994.
- [9] "Prognos för godstransporter 2030 - Trafikverkets basprognos 2014: Publikationsnummer 2014:066," Trafikverket.
- [10] Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap (MSB), "Transport av farligt gods, Väg och järnväg," 2011. [Online].
- [11] EPA, "Ammonia Results - AEGL Program," United States Environmental Protection Agency, 1 10 2015. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/ammonia-results-aegl-program>. [Använd 28 04 2016].
- [12] EPA, "Sulfur Dioxide Results - AEGL Program," United States Environmental Protection Agency, 1 10 2015. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/sulfur-dioxide-results-aegl-program>. [Använd 28 04 2016].
- [13] EPA, "Chlorine Results - AEGL Program," United States Environmental Protection Agency, 1 10 2015. [Online]. Available: <https://www.epa.gov/aegl/chlorine-results-aegl-program>. [Använd 28 04 2016].
- [14] Länsstyrelsen i Skåne, "Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen, RIKTSAM," Länsstyrelsen i Skåne, 2007.
- [15] "Värdering av Risk," Statens Räddningsverk, Karlstad, 1997.



- [16] Räddningsverket, Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006, Karlstad: Räddningsverket, 2006.
- [17] "Farligt Gods - Riskbedömning vid transport," Räddningsverket, Karlstad, 1996.
- [18] "Prognos för personresor 2030 - Trafikverkets basprognos 2014. Publikationsnummer 2014:071," Trafikverket.
- [19] HMSO, *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.*, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [20] G. Purdy, "Risk analys of the transportation of dangerous goods by road and rail," Elsevier Science Publishers B.V, Amsterdam, 1993.
- [21] SIKÄ, "Prognoser för person och godstransporter 2020. SIKÄ Rapport 2005:10," SIKÄ, 2000.
- [22] H. Alexandersson, "Vindstatistik för Sverige 1961-2004," SMHI meteorologi, 2006.
- [23] "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker," Försvarets forskningsanstalt (FOA), 1998.
- [24] TNO, Methods for the calculation of physical effects "Yellow Book", The Hague, 2005.
- [25] "BBR21," i *Boverkets byggregler BFS2014:3*.



Bilaga A – Frekvensberäkningar

Denna bilaga innehåller frekvensberäkningar för de händelser som tidigare definierats och identifierats för godstrafik och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar omgivningen.

A1 – Olycka på E22 med farligt gods för respektive klass

I Räddningsverkets "Farligt gods - riskbedömning vid transport" [17] 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 vägvägnittet. 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 (se nedan).

Frekvensskalning individrisk

För beräkningen av individrisk skalas frekvensen för de olika skadescenarierna i ett sista steg med scenariots konsekvensbredd i (beräknat i bilaga B) relation till studerad sträcka längs planområdet. Detta innebär att exempelvis en pölbrand med mindre konsekvensavstånd än studerad sträcka får en minskad frekvens (och minskad påverkan på individrisken). Ett utsläpp av t.ex. klor som skulle haft ett större konsekvensområde än studerad sträcka får istället en uppskalning av frekvensen. Detta gör att hänsyn även tas till olyckor som kan ske utanför studerad sträcka och ändå påverka studerat område.

Frekvens för Olycka på E22

Enligt rapport utförd för aktuell sträcka på E22 var trafikmängden 2011, ÅDT, på E22 22 660 fordon, varav 1586 utgjordes av tung trafik [2]. Vägsträckan som löper parallellt med planområdet är cirka 800 meter. Trafikverket prognosticerar att antalet personresor kommer att öka med ca 28 % mellan 2010 och 2030 [18]. I denna ökning inkluderas ej den ökade transporten med hänsyn till ändring av flödesväg. Förändringen som kommer ske beror främst på att andelen transport med farligt gods kommer att öka och inte i sig ÅDT. Detta medför att korrigeringen sker genom att anta att en större andel av ÅDT utgörs av farligt gods. För analysen antas totala antalet fordon per dygn på



aktuell sträcka öka med motsvarande tillväxt till $22\,660 \cdot 1,28 = 29\,005$ fordon/dygn, varav 2030 utgörs av tung trafik.

$29\,005$ (fordon/dygn) \times 365 (dygn) \times $0,8$ (km) = $8\,469\,400$ fordonskilometer per år

Vid bedömning av antal förväntade fordonsolyckor används följande ekvation:

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. E22 utgörs av väg av motorvägsstandard med hastighetsgräns 70 km/h vilket ger olyckskvot = 0,60.

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

Förväntade fordonsolyckor = $0,6 \times 8\,469\,400 \times 10^{-6} = 5,1$ olyckor/år

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 vägsträckan

Antalet farligt godstransporter på E22 beräknas till 285 stycken/dygn från tabell 6 (103825/365). Enligt tidigare genomförd undersökning för området framkom det att antalet farligt godstransporter bedömdes vara ungefär 160 stycken/dygn [2]. Att antalet är större från genomförd riskidentifiering beror av att hänsyn tagits till det ökade flödet. Försättningsvis kommer 285 stycken/dygn att användas och därmed bedöms hänsyn ha tagit till den ökade trafiken med farligt gods på E22. Andel fordon skyltade med farligt gods beräknas genom att dividera antalet beräknade farligt godstransporter per dygn med ÅDT. Detta medför $X = 285/29\,005 = 0,0098 \approx 1$ %.

Uppskattad andel singelolyckor (Y) kommer från beräkningsmatris för farligt godsolyckor efter bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp, och för E22 (motorväg med medelhastighet 70 km/h) är denna 0,30.

Antal fordon skyltade med farligt gods i trafikolyckor = $5,1 \times ((0,0098 \times 0,3) + (1 - 0,3) \times (2 \times 0,0098 - 0,0098^2)) = 8,5 \times 10^{-2}$ per år.



De ADR-klasser som studeras vidare är ADR-klass 1, 2.1, 2.3, respektive 5. Andelen farligt gods från respektive ADR-klass av den totala andelen farligt godstransporter fördelar sig enligt följande:

Frekvens för olycka med farligt gods blir således $8,5 \times 10^{-2}$. Detta motsvarar att en farligt godsolycka händer 1 gång på drygt 11 år på aktuell sträcka om 800 m. Detta bedöms ej rimligt i förhållande till verkligheten utan beror av antaganden i modellen. Detta medför att en korrigering utförs genom att frekvensen minskas med en faktor 10. Frekvensen för olycka med farligt gods är $8,5 \times 10^{-3}$.

Tabell 7. ADR-klasser som studeras vidare med beräknade olycksfrekvenser.

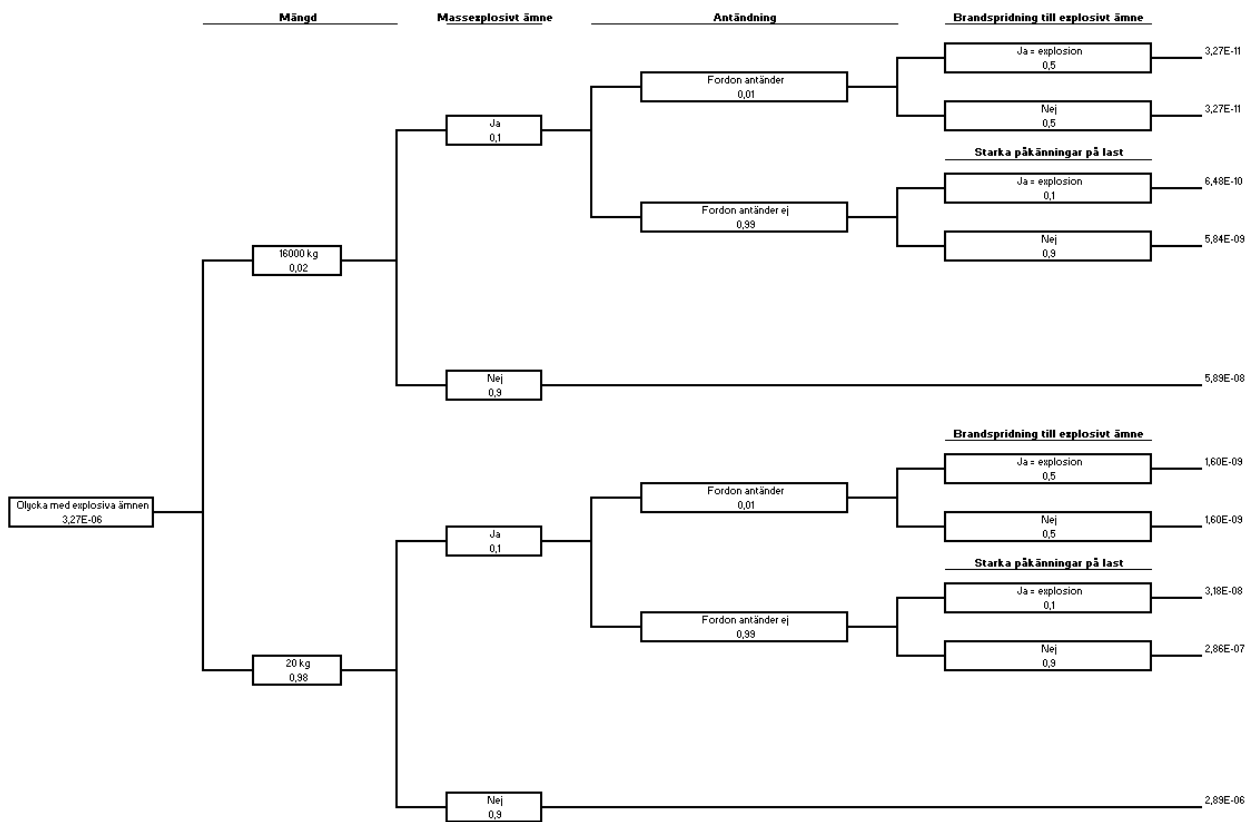
ADR-klass	Andel	Frekvens för olycka på E22
ADR-klass 1, Explosiva ämnen:	0,04 %	3,27E-06
ADR-klass 2.1, brandfarliga gaser:	2,1 %	1,77E-04
ADR-klass 2.3, giftiga gaser:	0,015 %	1,23E-06
ADR-klass 3, brandfarlig vätska	57,2 %	4,86E-03
ADR-klass 5, oxiderande ämnen:	0,56 %	4,76E-05

**A2 - Olycka med klass 1 - explosiva ämnen på E22**

Beroende på fordonsklass kan olika mängder av klass 1 transporteras, vilket ger olika scenarier. Med högsta fordonsklass kan maximal mängd massexplosiva varor transporteras i upp till 16 ton per transport, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor. Olyckan som sker delas upp i 16 000 kg klass 1.1b respektive 18.75 kg klass 1.1a, som konservativt får representera hela klass 1. Statistikunderlaget för klass 1 är begränsat. Men för analysen antas grovt att cirka 2 % av antal transporter har den maximala mängden 16 ton, och resterande har 18.75kg, avrundat till 20 kg massexplosiva ämnen i klass 1.1a

Reaktion i det explosiva materialet kan uppstå vid brand som sprider sig till lasten eller om godset utsätts för mycket kraftig stöt vid en kollision. Dock krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s för att initiera en reaktion. HMSO [19] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2%. Denna sannolikhet används konservativt i beräkningarna. Sannolikheten att en brand i fordonet sprider sig till lasten beror av fordonsklass. Den högsta transporterade mängden förutsätter högsta fordonsklass. Utifrån detta antas en brand sprida sig till fordonet i 10 % av fallen för den maximala mängden 16 ton, och 50% av fallen för 20 kg, vilket i praktiken är mycket konservativt.

Händelseträdet för olyckor med explosiva ämnen som ligger till grund för frekvensberäkningar presenteras i figur 8.



Figur 8. Händelsetråd vid olycka med explosiva ämnen.



A3 - Olycka med brandfarlig gas (propan/gasol) på E22

Läckage av propan

När en lastbil lastad med farligt gods råkar ut för en olycka leder det oftast inte till utsläpp av farligt gods. I de flesta fall 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 med hela vägen finns kanträcke vilket gör att det bedöms vara få objekt som kan skada en behållare. Sannolikheten för läckage av propan i samband med olycka ansätts till 0,01 [15].

$$S_{\text{Läckage propan}} = 0,01$$

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. De enskilda händelserna nedan reduceras med följande faktorer beroende på läckagestorlek.

$$S_{\text{Litett läckage}} = 0,7$$

$$S_{\text{Stort läckage}} = 0,3$$

Jetbrand

En jetbrand uppstår då gas strömmar ut genom ett hål i en tank och direkt antänds. Därmed bildas en jetflamma.

Sannolikheten för direkt antändning beror på utsläppets storlek och kan ansättas till följande [20]:

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

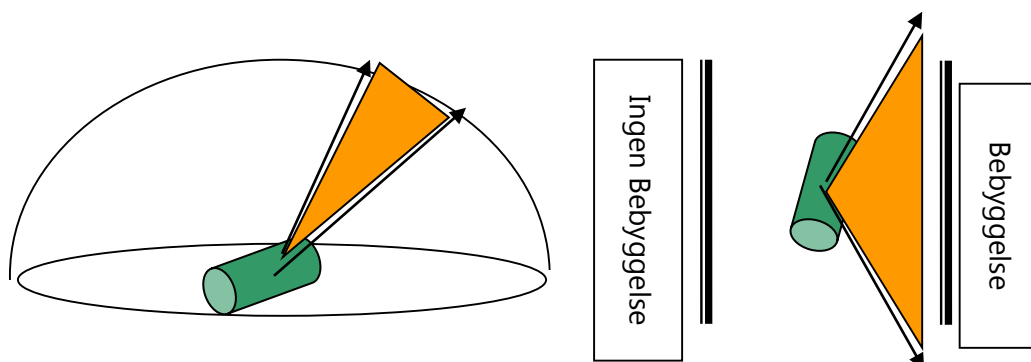
$$S_{\text{direkt antändning stort läckage}} = 0,2$$

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 till den vertikala och också den horisontella riktningen. Vid en olycka bedöms sannolikheten vara störst för en skada på lastbilens 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 antas den påverkande zonen vara inom en vinkel på 20° i vertikalplanet (20°/360°) samt i horisontalplanet (135°/360°), se figur 9. 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 till:

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



Figur 9. 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 [20] 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 B ligger vinden mot området 26,6 % av tiden. Sannolikheten för att spridning skall ske mot resp. från planområdet är således:



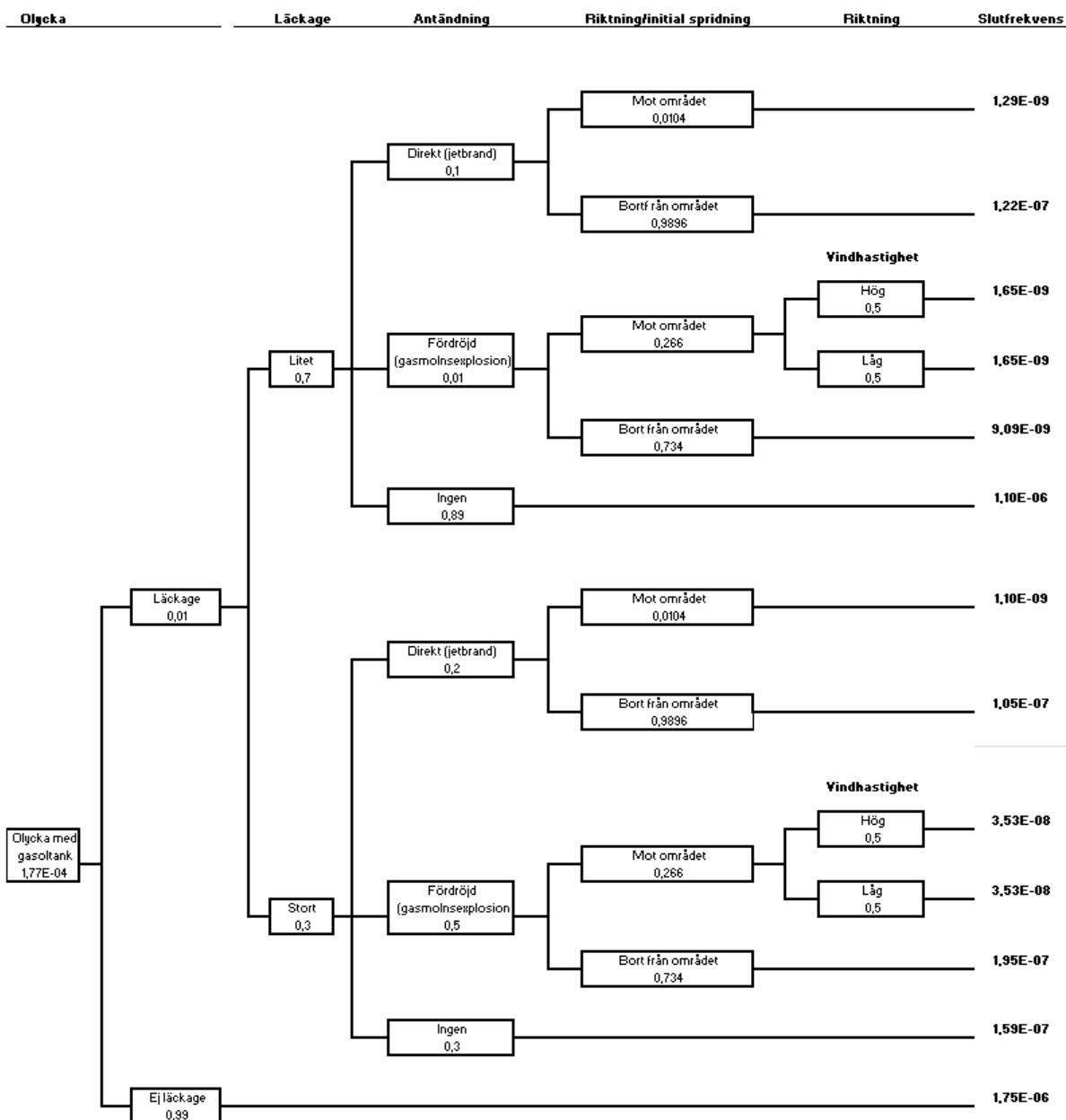
$S_{\text{spridning mot området}} = 0,266$

$S_{\text{spridning bort från området}} = 0,734$

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 godståg med gasol i flera tankar samt direkt antändning av ett läckage i ena tanken (jetbrand). Dessutom krävs att jetflamman ligger an mot den andra tanken. Med hänsyn till att det ej finns någon järnvägstrafik inom aktuellt område utan endast vägtrafik bedöms sannolikheten för BLEVE som så liten att den ej bidrar till risken i området.

En översiktlig bild av händelseträdet som har använts för brandfarlig gas redovisas i figur 10.



Figur 10. Händelsetråd med frekvenser för olycksförlopp vid olycka med brännbar gas på E22.

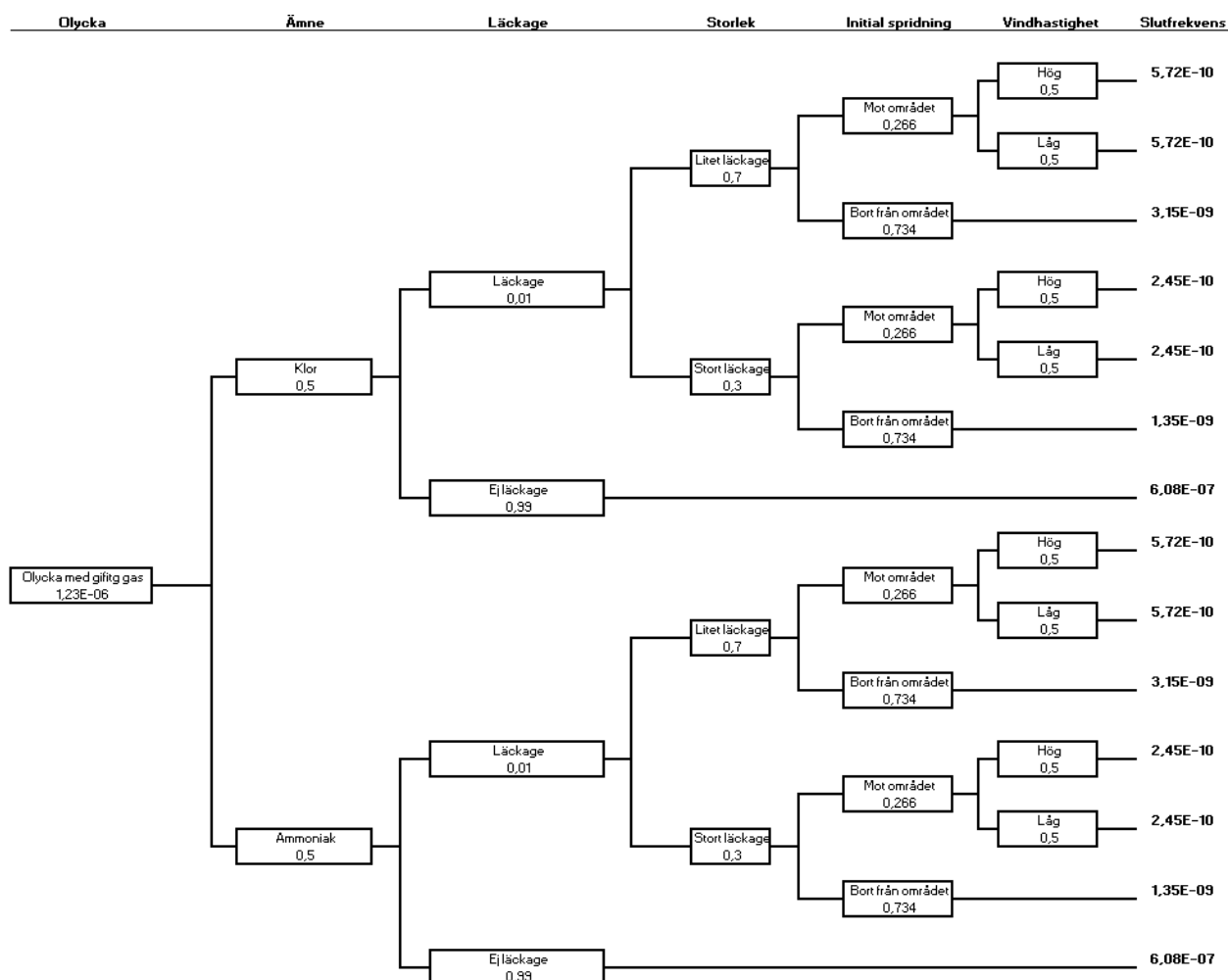


A4 - Olycka med giftig gas på E22

Vid en olycka med giftig gas ansätts samma sannolikheter som en olycka med brandfarlig gas avseende hålstorlek och initial spridning. Gasen antas utgöra klor eller ammoniak som är de vanligaste förekommande gaserna med störst skadeområde. Sannolikheten för att en lastbil ska innehålla respektive ämne ansätts till 0,5.

Släckage = 0,01; Slitet läckage = 0,7; SStort läckage = 0,3
Spridning mot området = 0,266

Sannolikhet för spridning mot området är lika med sannolikheten för vindriktning mot området, se bilaga B. Sammanfattning för sannolikheter för olycka med giftig gas redovisas i figur 11.



Figur 11. Händelsetråd med frekvenser för olycksförlopp vid olycka med giftig gas på E22.



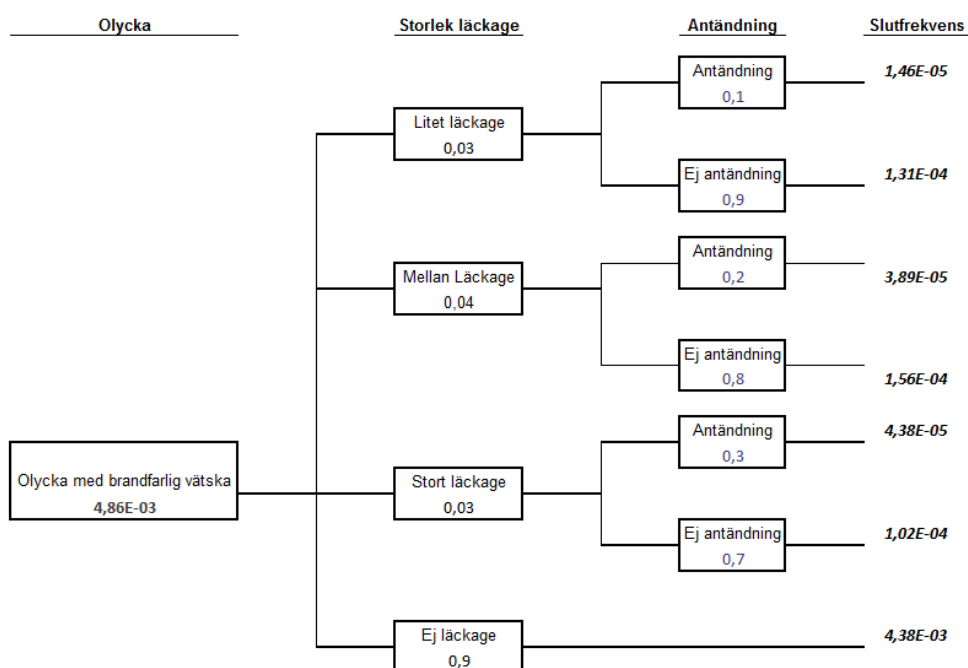
A5 - Olycka med brandfarlig vätska på E22

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, bedöms enligt källa konservativt till 0,25 respektive 0,05 [21]. Då en pölbrand kan variera mycket i storlek väljs tre olika storlekar benämnda liten, mellan och stor pölbrand. Då sannolikheten 0,7 anses väl konservativt ansätts 0,9 för ej läckage. Med tanke på underlaget på väg i form av asfalt som då kan medföra större risk för större pölbränder ansätts sannolikheten för liten, mellan och stor pölbrand ansätts till 0,03, 0,04 respektive 0,03 istället för en högre sannolikhet för små pölbränder.

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.

Vid ett momentant eller större utsläpp är risken stor att ingen åtgärd hinner vidtas innan bensinen antänds. Vid kontinuerligt mindre läckage bedöms dock möjligheten att förhindra en antändning vara större. Det antas därför att antändning av en större bensinpöl sker i 30 % av fallen med läckage och att en brand i en mindre pöl sker i 10 % av fallen [20]. För mellanbranden används 20 % av fallen.

Detta ger ett händelsetråd för olika potentiella händelser enligt figur 12



Figur 12. Händelsetråd med frekvenser för olycksförlopp vid olycka med brandfarlig vätska på E22.



Sammanfattningsvis blir det tre olika slutscenarier med potentiell skada på planområdet. Dessa sammanfattas i tabell 8.

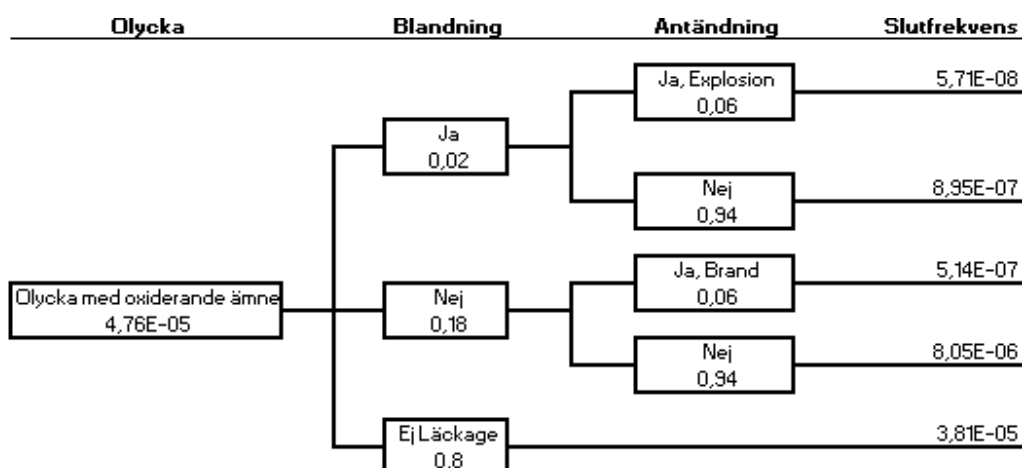
Tabell 8. Olycksscenarier klass 3 Brandfarliga vätskor

Scenario	Slutfrekvens från händelseträd	Frekvens efter avståndsskalning*
Liten pölbrand	1,46E-05	4,01E-07
Mellan pölbrand	3,89E-05	2,82E-06
Stor pölbrand	4,38E-05	4,49E-06

*Används för individriskberäkning, se avsnitt *Frekvensskalning individrisk*

**A6 - Olycka med Oxiderande ämne på E22**

Principiellt kan läckage av oxiderande ämnen eller organiska peroxider medföra brand eller explosion. Explosion är möjligt vid de fall det oxiderande materialet sammanblandas organiskt material vid olyckan, exempelvis fordonets bränsle. Sannolikheten för läckage antas vara samma som vid läckage av farligt gods klass 3, dvs. 20%. Sannolikheten att lasten vid läckage sammanblandas med organiskt material i form av fordonets bränsle antas vara 10%. Sannolikheten för antändning givet läckage är enligt [19] 3,3 % oavsett läckagestorlek. Sannolikheten bedöms dock vara större för större pölar, varför den för största pölstorleken istället antas vara 6%. Sannolikheten för antändning sätts till densamma som för att antända en stor pöl av farligt gods klass 3, dvs 6 %. Med hjälp av dessa uppskattningar kan nu händelseträdet konstrueras enligt figur 13.



Figur 13. Händelsetråd med frekvenser för olycksförlopp vid olycka med oxiderande ämne på E22.



Bilaga B – Väderdata

B1 Stabilitetsklass

Beräkningsmodellen använder sig av Pasquilles stabilitetsklasser. I beräkningarna har de två stabilitetsklasser som är vanligast i Norrköping använts. Stabilitetsklass D som sannolikt uppkommer vid vindhastigheter över 3 m/s bedöms vara en vanlig stabilitetsklass i området under både dag- och nattetid. Även stabilitetsklass C är vanligt förekommande i Sverige. Figuren visar att vindhastigheten under hela året i genomsnitt är mellan 2-3 m/s. Stabilitetsklass C och D kommer att utvärderas i rapporten tillsammans med stabilitetsklass B med hänsyn till att de är de vanligaste förekommande samt att de bedöms överensstämma med aktuellt område. Stabilitetsklass A och E är ovanliga varför de exkluderas.

Följande vindhastigheter har uppmätts för Norrköping (SMHI) (%) [22]:

	Jan	Feb	Mar	Apr	Maj	Jun	Jul	Aug	Sep	Okt	Nov	Dec
Norrköping (SMHI)	2,9	3,0	3,0	2,8	2,7	2,5	2,2	2,2	2,3	2,5	2,7	2,7

B2 Vindhastighet

Vindens hastighet påverkar till stor del resultatet av spridningen. Väderdata från SMHI för åren 1991-2004 används, se ovan. Medelvindhastigheten under åren var 2,6 m/s. Spridningen från en olycka blir värre i olyckans närhet om lägre värde används samtidigt som avståndet som koncentrationer når kan vara större vid höga vindhastigheter. För aktuellt planområde innebär detta att både låga och högre vindhastigheter ansätts, beroende på att området har en relativt stor utbredning och människor förutsätts vara likformigt placerade på ytan. Med tanke på att inga personer antas befinna sig i den absoluta närheten bedöms ännu lägre vindhastigheter ej nödvändiga i analysen. Vindhastigheter är genomsnitt under en månad vilket gör att låga och höga vindhastigheter exkluderas och syns ej i sammanställningen. För att undersöka ett brett vindspektra har i analysen 2,0 m/s använts för svag vind samt 7 m/s för stark vind. Sannolikheten för de två fallen ansätts till:

$$S_{\text{svag vind}} = 0,5$$

$$S_{\text{stark vind}} = 0,5$$



B3 Vindriktning

Vindriktningen inverkar vid spridning av giftig gas. Vid vindriktning bort från området bedöms ej personer som vistas på området kunna omkomma.

Följande vinddata har uppmätts för Norrköping (SMHI) (%) [22]:

	N	NO	O	SO	S	SV	V	NV	Lugnt
Norrköping (SMHI)	7,3	6,4	11,8	11,5	8,5	17,7	19,9	9,0	7,8

Observera att värdena anger varifrån det blåser.

Det blåser mot planområdet vid vindriktning från N, NO och NV. Detta motsvarar 22,7 % av fallen. Det blåser från planområdet vid vindriktning från S, O, SV, SO, V och NV vilket motsvarar 69,5 % av fallen. Frekvensen för vindstilla (lugnt) fördelas på båda fallen vilket ger:

Vindriktning mot området: 26,6 %

Vindriktning bort från området: 73,4 %

Därav erhålls följande sannolikheter för att spridning av gas sker mot eller från området:

$$S_{\text{mot området}} = 0,266$$

$$S_{\text{från området}} = 0,734$$



Bilaga C – Konsekvensberäkningar

Inom aktuellt kapitel presenteras de beräkningar avseende konsekvenser som har utförts. Konsekvensberäkningarna avseende samhällsrisk tar hänsyn till personer som både befinner sig inomhus och utomhus samt att en olycka kan inträffa olika tider på dygnet. Personer som befinner sig inomhus är generellt sätt säkrare då de skyddas av byggnadens konstruktion. För att ta hänsyn till detta har det antagits att endast 25 % av de personer som bedömts omkomma vid olyckorna utomhus omkommer om de är inomhus.

C1 Olycka med klass 1 Explosivt ämne

Människor som exponeras för en explosion utsätts för en tryckhöjning som är skadlig över vissa gränsvärden. Konsekvenserna av explosioner representeras av resulterande tryckhöjning och den effekt den har på personerna i planområdet.

Människors skador utgörs i första hand av skador på trumhinnor, därefter påverkas lungor och andra inre organ och dödliga skador kan uppkomma. I tabell 9 nedan redovisas uppgifter på skador på människor vid olika tryckskillnader när de exponeras för en explosion utomhus [23].

Tabell 9. Gränsvärden för skador på människor vid explosionsövertryck utomhus.

Skada	Infallande tryck (kPa)
Gräns för lungskador (alla skadade)	70
Gräns för dödliga skador (1% döda)	180
10% döda	210
50% döda	260
90% döda	300
99% döda	350

För individriskkurvan används värdet där 1 % förväntas omkomma, 180 kPa vilket är konservativt med en faktor 100.

Människor kan också omkomma om de vistas inomhus i en byggnad som kollapsar på grund av övertryck och draglasters påverkan på bärverket. Typiska värden för byggnadsverks tålighet visas i tabell 10. Moderna fönster antas gå sönder vid 10 kPa. För byggnadsstommar antas 20 kPa.

Tabell 10. Gränsvärden för skador på byggnadsstomme för olika konstruktioner.

Byggnadsmaterial	Trycktålighet
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa



För analysen av konsekvenser som omfattar explosiva ämnen används standardberäkning enligt TNT-ekvivalentmetoden i "Yellow book" [24]. Det massexplosiva ämnet representeras av TNT, varvid massan TNT räknas om till ekvivalent massa brännbar metangas i ett hypotetiskt gasmoln. Trycket från gasmolnsexplosion beräknas därefter.

Vi söker därför den massa av brännbar gas som motsvarar en bestämd mängd TNT från nedanstående samband:

$$m_{gas} = \frac{m_{TNT} \cdot \Delta H_d(TNT)}{\Delta H_c(gas) \cdot Y}$$

Där

m_{gas} = ekvivalent massa gas i brännbart gasmoln som bidrar till gasmolnsexplosion [kg]

m_{TNT} = massa TNT [kg]

$\Delta H_c(gas)$ = förbränningsvärme gas [J/kg]

$\Delta H_d(TNT)$ = förbränningsvärme TNT [J/kg]

Y = effektivitetsfaktor [-]

Effektivitetsfaktorn Y beror på gasens reaktivitetsgrad och anges i [24] till

Y = 0.2

$\Delta H_c(CH_4)$ = 5,6E+07 [J/kg]

$\Delta H_d(TNT)$ = 4,19E+06 [J/kg]

Med ovanstående formel kan massan TNT omvandlas till ekvivalent massa metangas enligt tabell 11.

Tabell 11. TNT-ekvivalenter av Metan.

Massa TNT [Kg]	Massa CH4 [Kg]
20	7,5
16 000	5970

För att kunna bestämma trycket vid olika avstånd från explosionens centrum bestäms ett dimensionslöst avstånd enligt formeln nedan [23].

$$\bar{R} = \frac{R}{(E/P_0)^{1/3}}$$

Där

\bar{R} = Dimensionslöst avstånd [-]

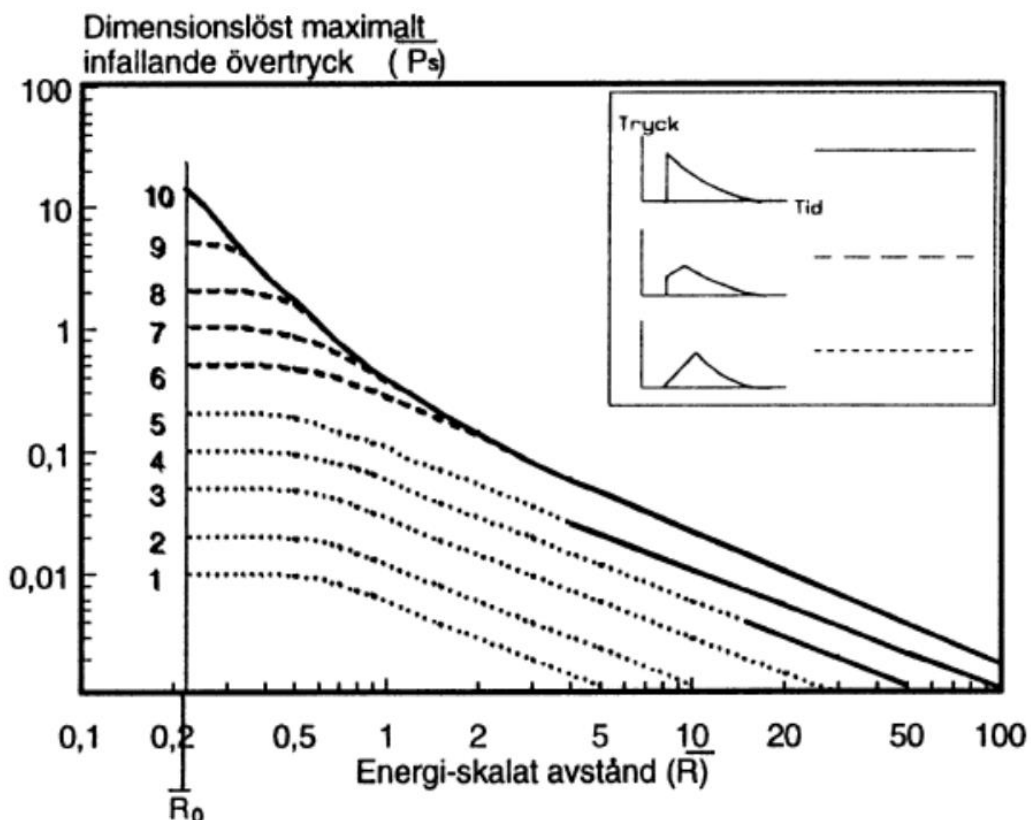
R = Verkligt avstånd från explosionens centrum [m]

E = Energimängd i gasmolnet [J]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]



Därefter kan det dimensionslösa trycket bestämmas med hjälp av figur 14 nedan [23].



Figur 14. Maximalt dimensionslöst tryck. För beräkningarna har detonationsklass 8 antagits då den motsvarar medelvärdet i den mest representativa formen på tryck-tidsbandet.

Med hjälp av det dimensionslösa trycket utläst ur figur 14 kan explosionsövertrycket bestämmas genom

$$\bar{P} = \frac{P_s}{P_0}$$

Där

\bar{P} = Dimensionslöst tryck [-]

P_s = Explosionstryck [Pa]

P_0 = Atmosfärstryck [Pa]

Trycket beräknas för intervallen i tabell 12. Trycket beräknas för ytterkanten i respektive område och approximeras linjärt i intervallet.

**Tabell 12. Potentiellt explosionsövertryck i området vid olycka med massexplosivt ämne.**

Område	Explosionsövertryck	Område	Explosionsövertryck
	20 kg explosivämne		16 000 kg explosivämne
1-5 m	3000 kPa – 607 kPa	1-40 m	456 kPa – 456 kPa
5-15 m	607 kPa – 7 kPa	40-65 m	456 kPa – 180 kPa
		65-90 m	180 kPa – 38 kPa

Antalet döda i olycka med explosivämnen kan nu bestämmas genom att jämföra personbelastningen med de aktuella övertrycken i området, tabell 12 och gränsvärden för skador på människor från tabell 9.

Avståndet till 50% döda för 20 kg explosivämne sätts till 8 m för individrisken, medan nivån för 16 000kg beräknas till 65 m .

Tryck över 10 kPa antas få glas/fönsterrutor att gå sönder, tryck över 20 kPa antas få bärverk att kollapsa generellt. Byggnadsdelar som först exponeras för explosion antas absorbera en del av energin. Det har i beräkningar för samhällsrisik antagits att 25 % av de som befinner sig inomhus inom ytan omkommer. Detta ger antal döda vid olycka med explosiva ämnen enligt tabell 13.

Tabell 13. Antal döda vid olycka med explosiva ämnen för de olika fördelningarna.

	Dagtid vardagar		Nattid		Helger dagtid	
	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus
Antal döda 20 kg	0	0	0	0	0	0
Antal döda 16 000 kg	2	4	8	2	5	2



C2 Olycka med brandfarlig gas

Mängden brandfarlig gas i en lastbil antas till ca 20 ton. Vilket motsvarar maximalt transporterad mängd på väg.

Vidare antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga lastbilar eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns och medföra att antändning kan inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen än med andra gaser.

Två olika utsläppsstorlekar (för jetflamma och gasmoln) antas enligt följande:

- Litet - punktering (hålstorlek 20 mm)
- Stort - medelstort hål (hålstorlek 100 mm)

För respektive scenario beräknas, med simuleringsprogrammet *ALOHA*, konsekvenserna av de möjliga följdhändelserna vid tankbilsolycka med brandfarlig gas:

- jetflammans längd vid omedelbar antändning
- det brännbara gasmolnets volym

För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, tiden till antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. I beräkningarna antas att utsläppet sker nära vätskefas, då detta ger värden mellan det sämsta och bästa utfallen. De värsta konsekvenserna uppstår om utsläppet sker i vätskefasen.

De indata som använts i ALOHA för att simulera konsekvensområden för jetflamma och gasmoln presenteras nedan:

- Lagringstemperatur: 15°C
- Tankdiameter: 2 m
- Tanklängd: 19 m
- Tankfyllnadsgrad: 65 %
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Vindhastighet: 2 m/s, 7 m/s (endast 7 m/s för jetbrand)

Planområdet börjar som närmast ca 50 m från E22. Vid bedömningen av antalet omkomna antas 100 % av de som vistas utomhus inom konsekvensområdet att omkomma. Inomhus i de byggnader som ligger inom skadeområdet beräknas 25 % omkomma. För att ta hänsyn till omgivningen



med att vägbanan ligger nedsänkt samt vegetation har konsekvensavståndet sänkts med 60-70 % i fallen med fördröjd gasmolnsexplosion.

För de olika olyckorna som har analyserats redovisas skadeområdet, alltså området inom vilka personer har bedömts omkomma vid respektive olycka i tabell 14.

Tabell 14. Skadeområdets utsträckning inom planområdet.

Händelse	Läckagestorlek	Antändning	Skadeområdets area (längd x bredd, meter x meter)
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (20mm)	Jetflamma	15 x 26
		Fördröjd gasmolnsexplosion 2 m/s	50 x 86
		Fördröjd gasmolnsexplosion 7 m/s	15 x 70
	Stort hål (100mm)	Jetflamma	67 x 116
		Fördröjd gasmolnsexplosion 2 m/s	320 x 540
		Fördröjd gasmolnsexplosion 7 m/s	175 x 120



I tabell 15 redovisas hur många personer som förväntas omkomma för respektive olycka med brandfarlig gas.

Tabell 15. Förväntat antal omkomna i olyckor vid olika personantal inom området.

Händelse	Dagtid vardagar		Nattid		Helger dagtid	
	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus
Jetflamma (20 mm)	0	0	0	0	0	0
Fördröjd gasmolns- explosion (20 mm) - 2 m/s	0	0	0	0	0	0
Fördröjd Gasmolns- explosion (100 mm) - 7 m/s	0	0	0	0	0	0
Jetflamma (100 mm)	2	4	8	2	5	2
Fördröjd Gasmolns- explosion (100 mm) - 2 m/s	1	3	6	1	4	2
Fördröjd Gasmolns- explosion (100 mm) - 7 m/s	18	38	81	17	54	24



C3 Olycka med giftig gas

Det transporteras olika giftiga gaser på vägarna. Då klor är en av de giftigaste gaserna som transporteras har denna gas använts i beräkningarna och presenteras som extremt giftig gas. En vanlig gas som transporteras är ammoniak som representerar giftiga gaser. Mängden giftig gas i en transport antas till ca 20 ton. För att bestämma hur stor del av planområdet som utsätts för klorkoncentrationer/ammoniakkoncentrationer som kan vara dödliga används simuleringsprogrammet ALOHA.

De indata som använts för att simulera konsekvensområden presenteras nedan:

- Kemikalie: Klor, ammoniak
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus
- Vindhastighet: 2 m/s, 7 m/s (endast 7 m/s för jetbrand)

100 % inom gasmolnets AEGL-3-avstånd antas omkomma och samtliga utanför molnet bedöms överleva. Detta antagande är extremt konservativt och avståndet kommer att korrigeras i efterhand. 10 % av de som befinner sig inomhus men är inom skadeområdet bedöms omkomma.

Vid beräkning av konsekvensområde för klor används AEGL-3 = 28 ppm.
Vid beräkning av konsekvensområde för ammoniak används AEGL-3 = 1600 ppm.

I tabell 16 och tabell 17 redovisas skadeområdet för olyckor med giftig gas för utsläpp av klor respektive ammoniak.

Tabell 16. Skadeområdets maximala utbredning för olika storlekar på gasläckor och vindstyrkor för klor.

Händelse	Vindstyrka (m/s)	Skadeområdets area l x b
Litet läckage (2,4 kg/s)	2	1030 x 300
	7	880 x 100
Stort läckage (60 kg/s)	2	3890 x 1620
	7	4710 x 500



Tabell 17. Skadeområdets maximala utbredning för olika storlekar på gasläckor och vindstyrkor för ammoniak.

Händelse	Vindstyrka (m/s)	Skadeområdets area l x b
Litet läckage (2,4 kg/s)	2	113 x 32
	7	122 x 18
Stort läckage (60 kg/s)	2	540 x 154
	7	640 x 86

I tabell 18 redovisas hur många som förväntas omkomma vid utsläpp av giftig gas. I de fall området på skadeområdet översteg området har det antagits att samtliga förväntas omkomma.

Tabell 18. Antal förväntade omkomna i olyckor med giftig gas vid olika antal personer inom området.

Händelse	Dagtid vardagar		Nattid		Helger dagtid	
	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus	Inomhus	Utomhus
Litet läckage, 2 m/s (Klor)	254	536	1137	239	754	335
Litet läckage, 7 m/s (Klor)	72	151	321	68	213	95
Stort läckage, 2 m/s (Klor)	1060	560	4750	250	3150	350
Stort läckage, 7 m/s (Klor)	1060	560	4750	250	3150	350
Litet läckage, 2 m/s (Ammoniak)	2	4	8	2	5	2
Litet läckage, 7 m/s (Ammoniak)	1	2	5	1	3	1
Stort läckage, 2 m/s (Ammoniak)	65	137	292	61	193	86
Stort läckage, 7 m/s (Ammoniak)	44	93	196	41	130	58



C5 Olycka med klass 3 – brandfarlig vätska.

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. Utomhus är dock den betydande faran värmestrålning, varför konsekvensberäkningar görs för detta. En hög värmestrålning kan även sprida branden till närliggande byggnader, medan byggnader på kort sikt utgör ett skydd mot direkt värmestrålning för personer som vistas inomhus.

Strålningen från pölen beräknas enligt beräkningsmodell från FOA [23]. Data har valts för bensen detta då bensen har högst energivärde och förbränningshastighet av de olika typer av bränsle som kan vara aktuella vilket gör beräkningen konservativ.

Konsekvenserna för tre storlekar på utsläpp som antänds har beräknats. Dessa storlekar har antagits utifrån förutsättningarna i marken att bilda pölar, se bilaga A om frekvensberäkningar. Ett stort läckage bedöms kunna ge en pölarea på 300m², ett mellanstort på 150m² och ett litet på 20m².

Följande data gäller för bensen [23]:

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

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:

$$h_f = d_p \cdot 42 \cdot \left(\frac{b'}{\rho_a \sqrt{g \cdot d_p}} \right)^{0,61} \quad \text{formel B1}$$

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

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

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

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 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 m² respektive 19,5 m för en pölbrand om 300 m².

Strålningen per ytenhet från flaman beräknas enligt:



$$P = \frac{0,35 \cdot b' \cdot h_c}{1 + 4h_f / d_f} \quad \text{formel B2}$$

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:

$$P_s = \sigma \cdot T^4 \quad \text{formel B3}$$

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:

$$P_{12} = P_1 \cdot \tau_a \cdot F_{12} \quad \text{formel B4}$$

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:

$$\tau_a = 1 - \alpha_w - \alpha_c \quad \text{formel B5}$$

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 strålände ytan till mottagaren, strålningens temperatur och omgivningens temperatur. α_w och α_c bestäms grafiskt utifrån flamtemperaturen och partialtryck från figur 11.2 i [23].



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 11.4 i [23].

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

Flamhöjd enligt formel B1, utfallande strålning enligt formel B2 och temperatur enligt B3, resultaten samlas i tabell 19.

Tabell 19. Initial egenskapsberäkning för pölbrand vid E22.

Pölbrandsarea	Flamhöjd (m)	Utfallande strålning (kW/m ²)	Temperatur på den strålade ytan/flammans mitt (K)
20 m ²	8,7	93,4	1133
150 m ²	17,4	121,4	1209
300 m ²	22,2	132,5	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 B4.

Skadenivån bestäms förutom av strålningsnivån även av strålningens varaktighet. För beräkning av skador på människor redovisas i tabell 20 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 $t * P^{\frac{4}{3}}$. 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 [23].

Klädsel påverkar personskador från värmestrålningen. Det är endast bar hud som skadas vid kortvarig exponering. Den andel av människokroppen som är oskyddad vid normalt påklädda personer (huvud, nacke, händer och underarmar) är ca 20 %. Även om 20 % av kroppen får brännskador kan man räkna med att ca 15 % av befolkningen med en jämn åldersfördelning dör av skadorna [23]. Således beräknas först andelen som får andra gradens brännskador, därefter antas 15 % av dessa omkomma av skadorna.



Beräkningsresultat sammanställs i tabell 20 nedan.

Tabell 20. Beräkningsresultat strålning och konsekvens av pölbrand vid väg.

Brand	Avstånd från flamfront [m]	α_w	α_c	τ_a	F_{max}	P12 [kW/m ²]	$t * P_{\frac{4}{3}} * 10^6$ [s(W/m ²) ^{4/3}]	2:a gradens brännskada [%]	Andel döda [%]
20 m ²	0	0	0	1	1	91,86	41,45	100	15
	5	0,092	0,0148	0,893	0,32	26,26	7,8	45	7
	7,5	0,112	0,0176	0,87	0,215	17,19	4,43	3	0,45
	9	0,125	0,0196	0,85	0,15	11,78	2,68	0	0
150 m ²	0	0	0	1	1	119,45	58,83	100	15
	10	0,13	0,02	0,85	0,46	46,7	16,82	95	14
	20	0,17	0,0266	0,8	0,17	16,39	4,16	2	0,3
	24	0,177	0,028	0,795	0,129	12,25	2,82	0	0
300 m ²	0	0	0	1	1	130,36	66,10	100	15
	20	0,171	0,0266	0,80	0,269	28,14	8,56	56	8,4
	30	0,194	0,0308	0,775	0,15	15,16	3,75	1,5	0,2
	33	0,199	0,032	0,7689	0,12	12,47	2,89	0	0

Sammanfattningsvis kan följande konstateras utifrån beräkningarna, med konsekvensavståndet taget konservativt, se tabell 21.

Tabell 21. Konsekvensavstånd för pölbrand.

	Pölbrand 20 m ²	Pölbrand 150 m ²	Pölbrand 300 m ²
Konsekvensavstånd från flamfront	8 m	22 m	31 m
Konsekvensavstånd från pölbrandens centrum	13 m	27 m	36 m

Konsekvensavståndet är beräknat som det avstånd då strålningsnivån understiger 15 kW/m², vilket även kan antända byggnadsdelar som ligger inom konsekvensavståndet. Som jämförelse kan sägas att Boverkets byggregler [25] kräver att en byggnad som antänds inte vid någon tidpunkt skall stråla med högre än 15 kW/m² på intilliggande byggnader under ett 30 minuters brandförlopp. Det är endast om brandfarlig vätska rinner mot planområdet som bränder kan antända byggnader inom planområdet. Pölbrändernas konsekvensområde når ej fram till någon fasad och massavbrinningen gör att strålningsnivåerna minskar med tiden. Eftersom möjligheterna för att brandfarlig vätska ska rinna mot byggnader är starkt begränsade krävs ej åtgärder för husen avseende strålningspåverkan från pölbränder om konsekvensavståndet överstiger till byggnader vilket det gör i dagsläget.



Med hänsyn till områdets utformning med dike bredvid vägen bedöms det orimligt att pölen når längre än 5 m bort från vägen. Detta medför att pölbranden för den stora branden och mellanbranden får ett kortare konsekvensavstånd samtidigt som den lilla pölbranden får ett längre konsekvensavstånd. Detta beror av att dess radie är mindre än 5 m.

Med tanke på avståndet till planområdet ges ej något bidrag till samhällsrisk.

C5 Olycka med klass 5 – oxiderande ämne.

De två konsekvenserna av olycka med klass 5 – oxiderande ämne är pölbrand och explosion. Tillgången på organiskt material som ämnet kan reagera med antas vara begränsat till mängden drivmedel i fordonet, vanligen inte mer än 400 kg.

Pölbrand

Pölbrand antas ge samma konsekvenser som en medelstor pölbrand från farligt gods klass 3. För konsekvensberäkning se avsnitt C4. Med tanke på avståndet till planområdet ges ej något bidrag till samhällsrisk.

Explosion

Explosionsförloppet approximeras till detsamma för en mindre explosion av farligt gods klass 1. För konsekvensberäkning se bilaga C1. Med tanke på avståndet till planområdet ges ej något bidrag till samhällsrisk.



C5 Sammanfattning konsekvensberäkningar.

Frekvenser från bilaga A ger en relation mellan frekvenser och konsekvenser som visas i tabell 22.

Tabell 22. Olyckor med frekvenser och antal omkomna som indata till FN-Kurvan.

Händelse	Tid	Inomhus/ utomhus	Frekvens	Antal döda
Gasol stort utsläpp jetbrand	Dagtid vardagar	Antal inomhus	3,94E-10	2
Gasol stort utsläpp jetbrand	Dagtid vardagar	Antal utomhus	3,94E-10	4
Gasol stort utsläpp jetbrand	Nattid	Antal inomhus	5,52E-10	8
Gasol stort utsläpp jetbrand	Nattid	Antal utomhus	5,52E-10	2
Gasol stort utsläpp jetbrand	Helger dagtid	Antal inomhus	1,58E-10	5
Gasol stort utsläpp jetbrand	Helger dagtid	Antal utomhus	1,58E-10	2
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp hög vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	1,26E-08	1
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp hög vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	1,26E-08	3
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp hög vind	Nattid	Antal inomhus	1,76E-08	6
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp hög vind	Nattid	Antal utomhus	1,76E-08	1
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp hög vind	Helger dagtid	Antal inomhus	5,04E-09	4
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp hög vind	Helger dagtid	Antal utomhus	5,04E-09	2
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp låg vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	1,26E-08	18
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp låg vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	1,26E-08	38
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp låg vind	Nattid	Antal inomhus	1,76E-08	81
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp låg vind	Nattid	Antal utomhus	1,76E-08	17
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp låg vind	Helger dagtid	Antal inomhus	5,04E-09	54
Fördröjd gasmolnsbrand gasol stort utsläpp låg vind	Helger dagtid	Antal utomhus	5,04E-09	24
Klor läckage litet hög vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	2,04E-10	72
Klor läckage litet hög vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	2,04E-10	151
Klor läckage litet hög vind	Nattid	Antal inomhus	2,86E-10	321
Klor läckage litet hög vind	Nattid	Antal utomhus	2,86E-10	68
Klor läckage litet hög vind	Helger dagtid	Antal inomhus	8,17E-11	213



Klor läckage litet hög vind	Helger dagtid	Antal utomhus	8,17E-11	95
Klor läckage litet låg vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	2,04E-10	254
Klor läckage litet låg vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	2,04E-10	536
Klor läckage litet låg vind	Nattid	Antal inomhus	2,86E-10	1137
Klor läckage litet låg vind	Nattid	Antal utomhus	2,86E-10	239
Klor läckage litet låg vind	Helger dagtid	Antal inomhus	8,17E-11	754
Klor läckage litet låg vind	Helger dagtid	Antal utomhus	8,17E-11	335
Klor läckage stort hög vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	8,75E-11	1060
Klor läckage stort hög vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	8,75E-11	560
Klor läckage stort hög vind	Nattid	Antal inomhus	1,22E-10	4750
Klor läckage stort hög vind	Nattid	Antal utomhus	1,22E-10	250
Klor läckage stort hög vind	Helger dagtid	Antal inomhus	3,50E-11	3150
Klor läckage stort hög vind	Helger dagtid	Antal utomhus	3,50E-11	350
Klor läckage stort låg vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	8,75E-11	1060
Klor läckage stort låg vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	8,75E-11	560
Klor läckage stort låg vind	Nattid	Antal inomhus	1,22E-10	4750
Klor läckage stort låg vind	Nattid	Antal utomhus	1,22E-10	250
Klor läckage stort låg vind	Helger dagtid	Antal inomhus	3,50E-11	3150
Klor läckage stort låg vind	Helger dagtid	Antal utomhus	3,50E-11	350
Ammoniak läckage litet hög vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	2,04E-10	1
Ammoniak läckage litet hög vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	2,04E-10	2
Ammoniak läckage litet hög vind	Nattid	Antal inomhus	2,86E-10	5
Ammoniak läckage litet hög vind	Nattid	Antal utomhus	2,86E-10	1
Ammoniak läckage litet hög vind	Helger dagtid	Antal inomhus	8,17E-11	3
Ammoniak läckage litet hög vind	Helger dagtid	Antal utomhus	8,17E-11	1
Ammoniak läckage litet låg vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	2,04E-10	2
Ammoniak läckage litet låg vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	2,04E-10	4



Ammoniak läckage litet låg vind	Nattid	Antal inomhus	2,86E-10	8
Ammoniak läckage litet låg vind	Nattid	Antal utomhus	2,86E-10	2
Ammoniak läckage litet låg vind	Helger dagtid	Antal inomhus	8,17E-11	5
Ammoniak läckage litet låg vind	Helger dagtid	Antal utomhus	8,17E-11	2
Ammoniak läckage stort hög vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	8,75E-11	44
Ammoniak läckage stort hög vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	8,75E-11	93
Ammoniak läckage stort hög vind	Nattid	Antal inomhus	1,22E-10	196
Ammoniak läckage stort hög vind	Nattid	Antal utomhus	1,22E-10	41
Ammoniak läckage stort hög vind	Helger dagtid	Antal inomhus	3,50E-11	130
Ammoniak läckage stort hög vind	Helger dagtid	Antal utomhus	3,50E-11	58
Ammoniak läckage stort låg vind	Dagtid vardagar	Antal inomhus	8,75E-11	65
Ammoniak läckage stort låg vind	Dagtid vardagar	Antal utomhus	8,75E-11	138
Ammoniak läckage stort låg vind	Nattid	Antal inomhus	1,22E-10	292
Ammoniak läckage stort låg vind	Nattid	Antal utomhus	1,22E-10	61
Ammoniak läckage stort låg vind	Helger dagtid	Antal inomhus	3,50E-11	194
Ammoniak läckage stort låg vind	Helger dagtid	Antal utomhus	3,50E-11	86
Stor mängd fordon antänder	Dagtid vardagar	Antal inomhus	1,17E-11	2
Stor mängd fordon antänder	Dagtid vardagar	Antal utomhus	1,17E-11	4
Stor mängd fordon antänder	Nattid	Antal inomhus	1,64E-11	8
Stor mängd fordon antänder	Nattid	Antal utomhus	1,64E-11	2
Stor mängd fordon antänder	Helger dagtid	Antal inomhus	4,68E-12	5
Stor mängd fordon antänder	Helger dagtid	Antal utomhus	4,68E-12	2
Stor mängd fordon antänder ej	Dagtid vardagar	Antal inomhus	2,31E-10	2
Stor mängd fordon antänder ej	Dagtid vardagar	Antal utomhus	2,31E-10	4
Stor mängd fordon antänder ej	Nattid	Antal inomhus	3,24E-10	8
Stor mängd fordon antänder ej	Nattid	Antal utomhus	3,24E-10	2
Stor mängd fordon antänder ej	Helger dagtid	Antal inomhus	9,27E-11	5



RISKUTREDNING

2016-05-30

67 (67)

Stor mängd fordon antänder ej	Helger dagtid	Antal utomhus	2
--	---------------	------------------	---