

SMÅA HUS

Risicanalys avseende transport av farligt gods förbi fastigheten kv. Sadelmakaren i Rissne, Sundbyberg



Malmö 2011-04-06

COWI AB

Postadress: Södra Förstadsgatan 26, 211 43 MALMÖ
Telefon: 010-850 25 00
Telefax: 010-850 25 10

Dokumentnr: 230479-16/04-rap001

RAPPORTFAKTA

TITEL: RISKANALYS avseende transport av farligt gods förbi fastigheten kv. Sadelmakaren i Rissne, Sundbyberg

REVISION NR: 01

DATUM: 2011-03-21

BESTÄLLARE: SMÅA

COWI:s UPPDRAGSNUMMER: 230479

RAPPORT UTFÖRD AV: Jonas Andersson

RAPPORT GRANSKAD AV: Rebecka Thorwaldsdotter

RAPPORT VERIFIERAD AV: Gert Swenson

Revision nr:	Datum:	Beskrivning
00		

SAMMANFATTNING

SMÅA hus har gett Cowi AB i uppdrag att utföra en riskanalys avseende transporter av farligt gods förbi fastigheten kv. Sadelmakaren i Sundbyberg. Området ligger intill Ulvsundaleden vilket är en primär transportled för farligt gods, varför riskerna behövs utredas. Inom planområdet planeras det för bostadshus. De närmsta planeras cirka 50 meter från leden.

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är tolerabla. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och eventuella skyddsåtgärder kan därmed rekommenderas.

De typer av gods som transporteras på Ulvsundaleden och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv (för planområdet) är främst ADR-klass 1, massexplosiva ämnen, klass 2, brandfarliga eller giftiga gaser, klass 3, brandfarliga vätskor och klass 5, oxiderande ämnen. Övriga klasser ger enbart konsekvenser inom kortare sträckor och tas ej med i denna analys.

Länsstyrelsen i Stockholms län (2000) har angivit följande rekommendationer för avstånd mellan väg med transport av farligt gods och bebyggelse:

- 25 meter byggnadsfritt bör lämnas närmast transportleden
- Tät kontorsbebyggelse närmre än 40 meter från vägkanten bör undvikas
- Sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamheter närmre än 75 meter från vägkant bör undvikas

Enligt Länsstyrelsernas policy (2006) skall riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. Till skillnad från tidigare kriterier från Länsstyrelsen i Stockholm (2000) finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning i Länsstyrelsernas policy, utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden.

Vid nyetableringar eftersträvas ofta en bebyggelsefri zon som har till syfte att bland annat:

- Möjliggöra räddnings- och bärgningsinsatser
- Motverka direkt konflikt mellan avåkande fordon och byggnader
- Begränsa antalet människor som kan utsättas för negativa konsekvenser ifall en olycka skulle inträffa

Med föreslagen markanvändning uppfylls kraven på bebyggelsefri zon inom det närmaste området kring Ulvsundaleden. Närmsta boende planeras cirka 50 meter från vägen. Närmare vägen förväntas personer inte vistas mer än tillfälligt. Gynnsamt är även att det sluttar lätt uppåt mot området vilket innebär att brandfarlig vätska, vilket utgör en betydande del av transporterna, inte kommer kunna påverka området eftersom en sådan brand inte når längre än cirka 40 meter.

I rapporten framgår att bäst skydd ger förebyggande åtgärder mot främst olyckor med kondenserad gas, BLEVE samt massexplosivämne eftersom de når planområdet..

Följande åtgärder föreslås för att uppnå en acceptabel risknivå i enlighet med definitionen för ALARP.

- Se till att uteplats, utrymningsvägar från byggnaderna vetter in mot gården
- Se till att vegetation mellan vägen och planområdet bibehålls eftersom vegetation har kraftigt spädande effekt på toxiska gaser.
- Se till att i planprocessen planera för att räddningstjänsten ska kunna evakuera och göra en insats på ett bra sätt
- Se till att slänten finns kvar upp till planområdet så att brandfarlig vätska inte kan rinna dit
- Uppmuntra inte till stadigvarande vistelse mellan planområdet och vägen.

- **Om** bullerplank uppförs, bör detta utformas för att även ha en riskreducerande effekt i form av spädning av toxisk gas, samt hindra avåkande fordon och spridning av brandfarlig vätska.

Slutsats

Med avseende på beräknad risknivå skall skyddsåtgärder som är lämpliga, sett ur ett kostnads nytta perspektiv, införas. De som presenteras ovan bedömer vi som tillräckliga för att uppnå en acceptabel risknivå.

INNEHÅLL

1	INLEDNING	7
1.1	Bakgrund och syfte.....	7
2	FÖRUTSÄTTNINGAR	8
2.1	Beskrivning av området, planerad markutnyttjande och personantal.....	8
2.2	Närliggande verksamheter	10
2.3	Räddningstjänstens möjlighet till insats	10
2.4	Avgränsningar.....	10
3	TRAFIK OCH TRANSPORTER MED FARLIGT GODS	11
3.1	Ulvundaleden längs med planområdet	11
3.2	Farligt gods på Ulvundaleden.....	11
4	BEDÖMNING AV SANNOLIKHET OCH KONSEKVENSN FÖR OLYCKA VID TRANSPORT AV FARLIGT GODS	13
4.1	Faror vid olycka med farligt gods.....	13
4.2	Olycka med massexplosivt ämne (klass 1.1)	14
4.3	Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)	15
4.4	Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)	15
4.5	Olycka med brandfarlig vätska (klass 3).....	15
4.6	Olycka med oxiderande ämnen (klass 5.1).....	16
4.7	Farligt godsolycka	16
4.8	Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser	17
4.9	Konsekvenser av identifierade händelser	17
5	BEDÖMNING AV RISKNIVÅ	19
5.1	Allmänt	19
5.2	Individrisk	20
5.3	Samhällsrisk	21
5.4	Samhällsrisk för aktuellt område.....	22
5.5	Diskussion kring resultat	22

6	SLUTSATS	23
6.1	Förslag på skyddsåtgärder	24
6.2	Slutlig bedömning.....	24
7	OSÄKERHETS- OCH KÄNSLIGHETSDISKUSSION	25
	BILAGA A - BERÄKNING AV SANNOLIKHET FÖR OLYCKA	31
	BILAGA B - BEDÖMNING AV KONSEKVENSER	37

1 INLEDNING

1.1 Bakgrund och syfte

I samband med förslag till ny bebyggelse på kv. Sadelmakaren skall hänsyn tas till transporter av farligt gods som förekommer på Ulvsundaleden vilket är en primär transportled för farligt gods. Närmsta bebyggelse kommer vara på ett avstånd av 50 meter. Småa hus har gett Cowi AB i uppdrag att utföra en riskanalys med avseende på dessa transporter.

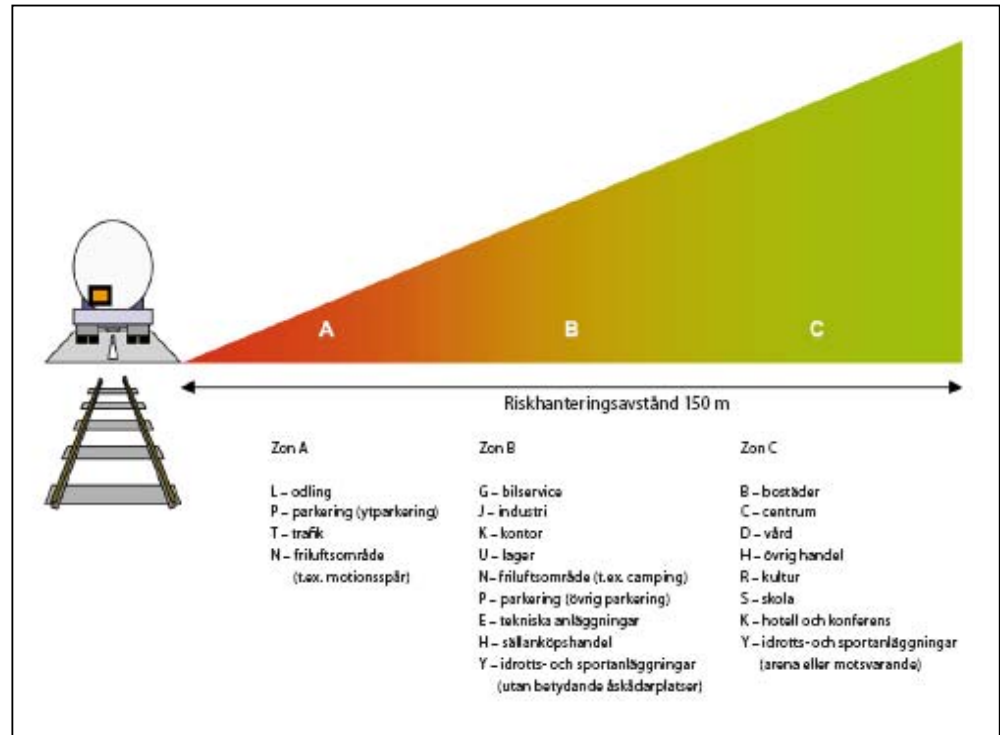
Länsstyrelsen i Stockholms län (2000) har angivit följande rekommendationer för avstånd mellan väg med transport av farligt gods och bebyggelse:

- 25 meter byggnadsfritt bör lämnas närmast transportleden
- Tät kontorsbebyggelse närmre än 40 meter från väggkanten bör undvikas
- Sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamheter närmre än 75 meter från väggkant bör undvikas

Enligt Länsstyrelsernas policy (2006) skall riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled, se fig 1. Till skillnad från tidigare kriterier från Länsstyrelsen i Stockholm (2000) finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning i Länsstyrelsernas policy, utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden. Då nya verksamheter planeras att byggas närmare än 150 meter ifrån väg skall en riskanalys genomföras.

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla med den utformning och det användningsområde som föreslås för området. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och eventuella skydd som minskar risknivån kan därmed rekommenderas.

Riskanalysen omfattar uppskattning och beskrivning av mängder och typer av farligt gods som transporteras på Ulvsundaleden. Baserat på dessa data genomförs sannolikhets- och konsekvensberäkningar av en eventuell olycka med farligt gods. Riskanalysen utmynnar i en värdering av risknivån för de personer som kommer att vistas på området. Riskreducerande åtgärder presenteras om det risken är för hög.



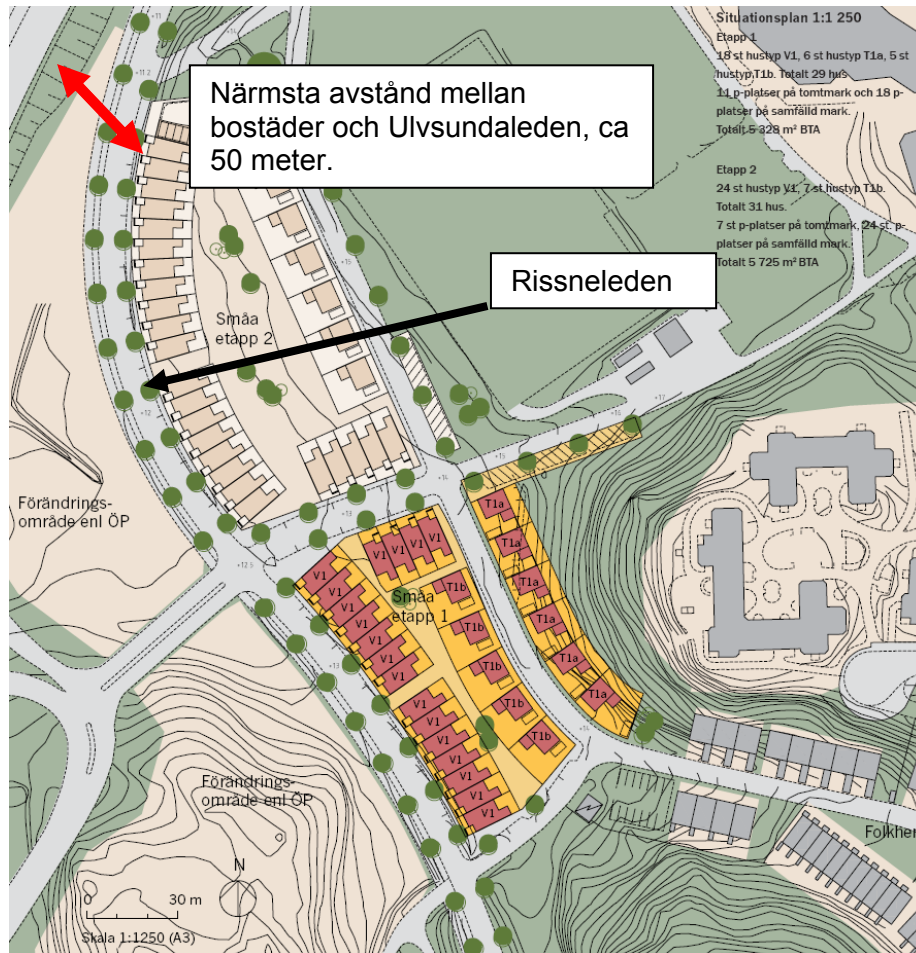
Figur 1. Zonindelning och föreslagen markanvändning för respektive zon utmed transportled för farligt gods. Länsstyrelserna i Stockholm, Skåne och Västra Götalands län har tagit fram policyn där inga exakta avstånd ges utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden.

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

I detta kapitel beskrivs de grundläggande förutsättningarna för studien såsom, planerad verksamhet inom området, dimensionerande scenario, trafiksituation och avgränsningar för riskanalysen.

2.1 Beskrivning av området, planerad markutnyttjande och personantal

Planområdet är beläget öster om Rissneleden och Ulvsundaleden. Syftet är att uppföra nya bostäder i form av marknära boende i stadsradhus och friliggande villor. Enligt plan kommer Rissneleden byggas om och föreslås bli en stadsgata och i och med ombyggnationen kommer även Ulvsundaleden förändras. Enligt uppgift från Sundbybergs kommun kommer förändringen inte påverka flödet av farligt gods.



Figur 2. Översikt över planerad bebyggelse.

Transport av farligt gods kommer främst att påverka etapp 2. De närmsta bostäderna planeras på ca 50 meter. Närmast Ulvsundaleden finns skogsparti, därefter kommer Rissneleden, vilket stämmer väl med Länsstyrelsens rekommendationer för markanvändning. Vid platsinventering av området sågs inga stora klippblock eller fundament som kan vara fara vid avåkning.

Husens uteplats vetter mot gården och de planeras att uppföras i trästomme med putsad fasad. De kommer uppföras i tre våningar. Inget dagis eller skola är planerat i området.

2.1.1 Personintensitet

För att uppskatta personintensiteten för det studerade området har analysen utgått från nedan beskrivningar, antaganden och uppskattningar.

Bostäder:

I bostäderna antas det bo fyra personer. Personantalet beräknas utifrån SCB statistik befinna sig på följande sätt.

- 41 % är borta, d v s vistas inte inom 300 meter från Ulvsundaleden
- 2 % ute på dagtid (mellan 7-19)
- 1 % ute på natt tid (mellan 19-7)
- 16 % inomhus på dagen
- 40 % inomhus på natten

För samhällsriskberäkningar har ett område av 300 meter längs med Ulvsundaleden som vetter mot planområdet beräknats.

Tabell 1. Personantal och vistelse längs med vägen för en sträcka av 300 meter

Avstånd från Ulvsundaleden	Antal bostäder/vistande	Bortrest	Dag		Natt	
			ute dag	inne dag	ute natt	inne natt
0-50 meter	0	-	0	0	0	0
51-100 meter	11/44	18	1	7	1	18
101-150 meter	10/40	17	1	6	1	16
151-200 meter	7/28	12	1	5	1	11

2.2 Närliggande verksamheter

Inga verksamheter i närliggande område bedöms kunna påverka riskbilden för det studerade området.

2.3 Räddningstjänstens möjlighet till insats

Insatstiden för första bil på plats är cirka 9 ½ minut.

Det är viktigt att inse att vid eventuell olycka måste sådant som exempelvis utrymning av byggnader kunna påbörjas utan att insatsstyrkan är på plats.

2.4 Avgränsningar

De risker som behandlas i rapporten har sitt ursprung i eventuella olyckor som kan inträffa på vägen som är en primär led för farligt gods. Riskerna redovisas kvantitativt som individrisk och samhällsrisk.

Risker för miljön ingår inte i analysen.

3 TRAFIK OCH TRANSPORTER MED FARLIGT GODS

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för ämnen och produkter, som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö, egendom och annat gods. Farligt gods delas in i olika ADR-klasser¹ beroende på vilken typ av fara som ämnet kan ge upphov till. Klassificeringen är en internationell överenskommelse avseende regler för transporter av farligt gods i Europa.

För att erhålla en samlad bild över farligt godstransporterna på Ulvsundaleden har tidigare FOI rapport använts som visar på flöden under 2002. Enligt SIKAs prognos kommer godstransporter på väg mellan 2001 till 2020 öka med 30 %. I denna analys uppräknas 2002's flöden med 15 % och i känslighetsanalysen görs en beräkning för en ökning med 100 %.

3.1 Ulvsundaleden längs med planområdet

Längs med studerad sträcka består Ulvsundaleden av ett körfält i vardera riktningen med mitträcke mellan fälten. Hastigheten är, i dagsläget, skyltad till 70 km/h och vägen är svagt svängande med god sikt. Utmed vägen finns ett dungparti och en slänt som sluttar lätt upp mot planområdet vilket är gynnsamt eftersom t ex brandfarliga vätskor hindras från att rinna in mot området.

3.2 Farligt gods på Ulvsundaleden

De typer av gods som transporteras på Ulvsundaleden och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är främst ADR-klass 1.1, 2, 3 och 5. I tabellen nedan presenteras de flöden som presenteras i samt uppräknings med 15 %.

Tabell 2. I tabellen presenteras transporterade mängder som kartlagts för den specifika sträckan.

Farligtgodsklass	Transporterad mängd per år och ton (2002)	Transporterad mängd uppräknat med 15 %
1. Explosiva ämnen	220	253
2.1 Brandfarliga gaser	9600	11040
2.3 Giftiga gaser	2400	2760
3 Brandfarliga vätskor	140000	161000
5 Oxiderande ämnen	6000	6900

För fördelning av transporterade mängder görs följande antaganden:

- 40 % av transporter av brandfarlig vätska består av produkter, ex. bensen, som kan medföra skador på människor vid en eventuell olycka.
- 10 % av klass 1 varor antas utgöra massexplosiva ämnen (klass 1.1).
- För transport av klass 1.1 görs antagandet att medlasten utgörs av ca 13 ton. För resterande ämnen antas transporter innehålla 27 ton.

Med utgångspunkt från ovanstående beräkningar och antaganden har antalet transport av farligt gods beräknats enligt tabell 3 nedan.

¹ ADR=European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road

Tabell 3. Transporter av farligt gods per ADR-klass förbi området (fordon/år) baserat på uppräknad mängd.

ADR-klass	Ämne (Exempel)	Antal fordonstransporter/år
1.1 Massexplosiva ämnen	Dynamit	2
2.1 Brandfarliga Gaser	Propan, Acetylen	409
2.3 Giftiga gaser	Ammoniak, Svaveldioxid	102
3. 1 Brandfarlig vätska	Bensin	2385
5. Oxiderande ämnen	Väteperoxid	256

4 BEDÖMNING AV SANNOLIKHET OCH KONSEKVENSN FÖR OLYCKA VID TRANSPORT AV FARLIGT GODS

En risk brukar behandlas som produkten av sannolikhet och konsekvens.

$$RISK = SANNOLIKHET \cdot KONSEKVENSN$$

För att kunna beräkna risknivån för en eventuell farligt godsolycka krävs därför värden för sannolikheten (frekvensen) för att en olycka inträffar samt konsekvensen av olyckan.

I detta kapitel redovisas inledningsvis generella faror vid olycka med farligt gods och därefter följer en genomgång av de händelseförlopp som kan ge allvarliga konsekvenser vid studerat område.

För beräkning av frekvens av lastbilsolyckor med farligt gods förbi området har statistik från SIKA för åren 2000-2003 över farligt gods olyckor använts tillsammans med uppgifter om transporterat farligt gods.

Sannolikheten för vägolycka med farligt gods har beräknats med hjälp av den beräkningsgång som redovisas i VTI 387:4 och Göteborgs Översiktsplan (1999). Beräkningsgången redovisas i bilaga A.

4.1 Faror vid olycka med farligt gods

Nedan redovisas en sammanställning av huvudsakliga faror med olika kemikalier i de olika ADR-klasserna. Tabellen anger även de riskavstånd som kan vara aktuella för en grov bedömning av allvarlig skadepåverkan på oskyddade människor (FOA, 1995).

Tabell 4. Generella faror med olika transportklasser av farligt gods

Transportklass	Dominerande fara				Riskavstånd
	Explosion	Brand	Förgiftning	Övrig risk	Meter
1. Explosiva ämnen	√				100 - 1 000
		√			< 100
2. Gaser			√		> 1 000
	√				100 - 1 000
3. Brandfarliga vätskor		√			< 100
4. Brandfarliga fasta ämnen		√		√	< 100
5. Oxiderande ämnen		√			<100
	√				100 - 1 000
6. Giftiga ämnen			√		< 100
7. Radioaktiva ämnen				√	< 100
8. Frätande ämnen			√	√	< 100
9. Övriga farliga ämnen				√	< 100

De typer av gods som transporteras på Ulvsundaleden och som kan ge allvarliga konsekvenser avseende människoliv är främst ADR-klass 1.1, 2, 3 och 5. Konsekvensen av olyckor med dessa ämnen redovisas kortfattat nedan.

Förutom rent trafikrelaterade händelser kan olyckssituationer även uppstå i samband med *tekniska fel på tankar* och *behållare* innehållande farligt gods.

Konsekvensen av de nedanstående olyckorna beror på hur många människor som befinner sig inom riskavstånd vid olyckstillfället. Konsekvensens omfattning är även direkt beroende av läckagets storlek, placering på havererad behållare och utströmningsvinkeln. Olyckseffekterna uppskattas och redovisas utförligt i bilaga B. Nedan ges en kort summering av olyckseffekterna för respektive händelse.

4.2 Olycka med massexplosivt ämne (klass 1.1)

Vid transport av massexplosiva ämnen finns risk för explosion som kan orsakas av spontan reaktion, yttre brand eller rörelseenergin som utvecklas vid stötar. På det sätt som massexplosiva ämnen och material förpackas minimeras emellertid risken för detta.

Vid en eventuell olycka kan händelseförloppet utvecklas mycket snabbt och ge svåra konsekvenser. Hur stora konsekvenserna blir beror på mängden transporterat ämne samt avståndet till människor. Hur stora skadorna blir på byggnader beror till stor del på byggnadskonstruktion och material.

En explosion leder till höga tryck i närzonen, trycket minskar sedan med avståndet från explosionen. Dödsfall som direkt följd av tryckvågen vid en fullastad transport (16 ton) kan förväntas inträffa på avstånd upp till 75 meter ifrån olycksplatsen. Dödsfall kan även förväntas i och med att byggnader rasar. Människor tål tryck bättre än vad byggnader gör. Även nyare betongbyggnader med väl sammanhållen stomme kan raseras på ett avstånd av ett par hundra meter från explosionscentrum. Skador på människor inomhus är troliga, liksom dödsfall.

Gränsen för dödliga skador går vid 180 kPa. I tabell 5 sammanställs rimliga tryck för vad byggnader klarar av. Tabell 6 redogör för olika trycks påverkan på människokroppen.

Tabell 5. Maximala infallande tryck för material och byggnader

Material för byggnaden	Maximalt tryck
Träbyggnader och plåthallar	10 kPa
Tegel- och äldre betonghus	20 kPa
Nyare betonghus	40 kPa

Tabell 6. Skador på människan vid olika infallande tryck

Skadenivå på människan	Tryck
Dödlig skada	≥ 180 kPa
Lungskador	180 - 69 kPa
Trumhinneruptur	69 - 21 kPa

4.3 Olycka med kondenserad brandfarlig gas (klass 2.1)

Propan och butan är exempel på kondenserad *brandfarlig* gas. En tankbilsolycka 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 därefter antänds. Därmed bildas en jetflamma. Flammans längd beror av storleken på hålet i tanken.

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.

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.

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.

4.4 Olycka med kondenserad giftig gas (klass 2.3)

Exempel på kondenserad *giftig* gas är svaveldioxid, ammoniak och klor. Gasen transporteras under tryck i vätskeform och vid utströmning till luft förångas vätskan fort och övergår i gasform. Generellt är gaserna tyngre än luft varför spridning av gasen sker längs marken. Giftig kondenserad gas kan ha riskområde på hundra meter upp till många kilometer. Gasen är giftig vid inandning och kan innebära livsfara vid höga koncentrationer.

4.5 Olycka med brandfarlig vätska (klass 3)

Det finns olika typer av brandfarlig vätska, till exempel bensin som har en flampunkt under 21°C och kan antändas vid normala utomhusförhållanden. Brandfarlig vätska, av typen dieselolja, har högre flampunkt och förväntas inte antändas vid lägre temperatur än 55°C.

En tankbilsolycka som leder till utsläpp av *brandfarlig vätska* leder i många fall till en pölbrand (brinnande vätska på marken). Beroende på utformning av området kring vägen kan vätskan antingen sprida sig närmre byggnader eller så kan en utspridning begränsas av exempelvis ett dike.

Beräkningar har visat att en pölbrand på 300 m² inte förväntas ha längre påverkningsområde än max 50 meter (FBE, 2008 a).

Tankarna för bensin är dimensionerade för transport av vätska under atmosfärstryck och bedöms eventuellt kunna skadas så att läckage uppstår då en bil välter.

4.6 Olycka med oxiderande ämnen (klass 5.1)

Exempel på oxiderande ämne är väteperoxid, som är det mest frekvent transporterade ämnet i transportklassen. Väteperoxid, precis som alla oxiderande ämnen, kan reagera explosionsartat eller bilda explosiva produkter med många organiska ämnen (t.ex. aceton och etanol).

4.7 Farligt godsolycka

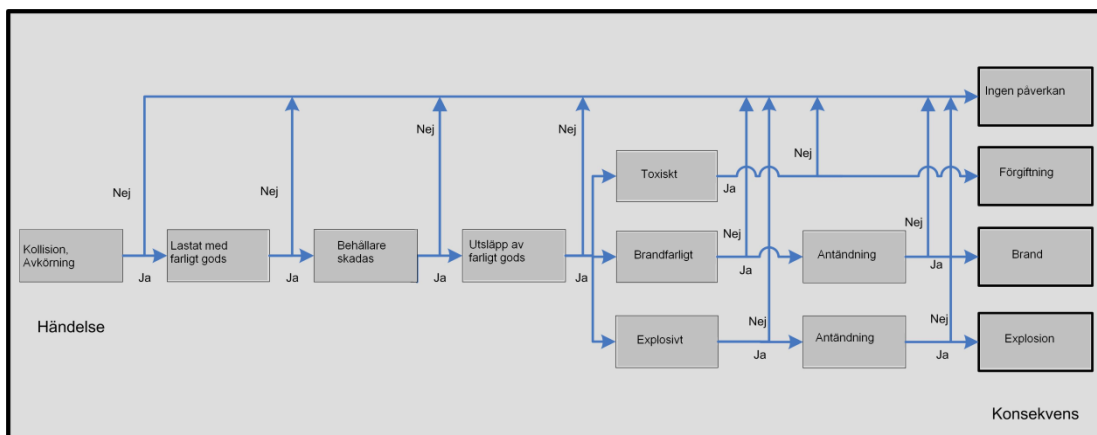
För att en farligt godsolycka skall ske krävs att ett fordon lastat med farligt gods är inblandat i en olycka, t.ex. en kollision eller avåkning. Vidare måste behållare på fordonet skadas så att läckage av ett farligt ämne sker.

Ett utsläppt giftigt ämne sprids som vätska eller gas. Halten av det farliga ämnet avtar med avståndet till ämnet. För att en människa skall komma till skada måste dessa befinna sig inom det område där ämnet uppvisar en skadlig halt.

För brand- och explosionsfarliga ämnen måste dessutom en antändningskälla finnas som kan starta en brand eller ett explosionsförlopp. Även här gäller att människor måste finnas inom riskområdet för att komma till skada.

Riskområdets storlek beror på typ av ämnen och händelse som är dimensionerande.

Detta beskrivs schematiskt i figur nedan.



Figur 3. Schematiskt händelseförlopp vid farligt godsolycka.

4.8 Beräkning av sannolikhet för identifierade olyckshändelser

För att beräkna sannolikheten för att en olycka skall inträffa används faktorer som exempelvis antalet transporter av farligt gods för varje specifik ämnesklass, olycksfrekvenser från SIKA, platsspecifika egenskaper så som vindhastighet, sannolikhet för antändning, explosion etc. Nedan redovisas sannolikhet för respektive händelse, utförliga beräkningar av sannolikheten redovisas i bilaga A.

Tabell 7. Beräknad sannolikhet för olycka med farligt gods på Ulvsundaleden.

Händelse	Sannolikhet (per år)
<i>Olycka med klass 1.1 - massexlosion</i>	$1 \cdot 10^{-7}$
<i>Olycka med klass 2a- Jetbrand</i>	$9 \cdot 10^{-7}$
<i>Olycka med klass 2a- Gasbrand</i>	$5 \cdot 10^{-7}$
<i>Olycka med klass 2a- Gasmolnsexlosion</i>	$8 \cdot 10^{-9}$
<i>Olycka med klass 2a- BLEVE</i>	$9 \cdot 10^{-8}$
<i>Olycka med klass 2b- utsläpp av giftig gas</i>	$4 \cdot 10^{-7}$
<i>Olycka med klass 3 -brandfarlig vätska</i>	$2 \cdot 10^{-7}$
<i>Olycka med klass 5 -explosion</i>	$2 \cdot 10^{-7}$

4.9 Konsekvenser av identifierade händelser

Bedömning av konsekvenser i denna analys baseras på andelen omkomna personer vid en olyckshändelse med transport av farligt gods. För varje identifierad olyckshändelse görs först en intervallindelning vid området om 50 meter från olycksplatsen d v s från Ulvsundaleden. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4, Räddningsverkets *Farligt gods på vägnätet*, FOA (1997), konsekvensberäkningar i PAPA samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering) (RIB, 2009). Utförligare beskrivning av konsekvenser redovisas i bilaga B.

För varje intervall ges två uppgifter på andel omkomna:

- **Andel omkomna utomhus.** Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.
- **Andel omkomna inomhus.** Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed är delvis skyddade.

Tabell 8 anger andelen omkomna av folk som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndintervaller för respektive olycka på väg.

Tabell 8. Andel omkomna av folk som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervaller för respektive olycka på väg.

Olyckshändelse	Intervaller andel omkomna (utomhus/inomhus)			
	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 150 m	150-200 m
Massexplodivt ämne	1 / 0,15	1 / 0,05	0 / 0	0 / 0
Jetbrand	0,8 / 0,1	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Gasbrand	1 / 0,25	0,5 / 0,1	0,1 / 0	0 / 0
Gasmolnexplosion	0,8 / 0,8	0,1 / 0,1	0 / 0	0 / 0
BLEVE	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0	0,4 / 0
Kondenserad giftig gas	1 / 1	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0
Brandfarlig vätska	0,8 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Oxiderande ämne	1 / 0,15	0 / 0,05	0 / 0	0 / 0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet, till exempel kan vädersituationen vara mer eller mindre gynnsam, förutsättningarna för om människor kan sätta sig i säkerhet kan variera och så vidare.

5 BEDÖMNING AV RISKNIVÅ

I detta kapitel kommer beräknad risknivå att presenteras för området. Först redovisas individrisken och därefter presenteras samhällsrisk.

5.1 Allmänt

Riskenivå är ett abstrakt begrepp. Olika individer uppfattar risker på olika sätt och accepterar olika risker beroende på om risken till exempel är frivillig, känd eller gagnar ett intresse.

Som nämnts tidigare kan en risk beskrivas som produkten av sannolikhet (händelsefrekvens) och konsekvens.

$$\text{RISK} = \text{SANNOLIKHET} \cdot \text{KONSEKVENNS}$$

I denna analys behandlas sannolikheter som är så låga att de allra flesta människor inte förmår ta dem till sig. Konsekvenserna är emellertid synnerligen påtagliga. Effekten av en propan-BLEVE eller ett utsläpp av giftig gas *kan* resultera i ett stort antal omkomna eller skadade människor. Händelsefrekvensen för propanolyckor i allmänhet är så låg att den över huvud taget inte skulle beaktas om konsekvensen inte hade varit så stor.

Samhället accepterar hantering av farliga ämnen. Användning av olika kemiska varor innebär också transporter av dessa mellan olika platser. Idag är de flesta konsekvenser kända som orsakas av utsläpp av farliga ämnen. Därför har hanteringen belagts med restriktioner och krav på utrustning, bland annat tankkonstruktion, tankmaterial, och tankkontroll.

Transportolyckor med utsläpp av farliga ämnen som följd har låg sannolikhet. Detta tack vare de restriktioner som råder. Den låga sannolikheten är en viktig parameter som i en bedömning av risknivån skall värderas tillsammans med konsekvenserna på ett balanserat sätt.

Riskacceptans

I riskanalyser kan risknivån presenteras som individrisk och/eller samhällsrisk. Individrisken är lättare att definiera och värdera än samhällsrisk. Samhällsrisk är däremot speciellt nödvändiga att beräkna för områden där verksamheten kan räknas som publik.

Individrisk är risken för en enskild individ som befinner sig i närheten av en riskkälla

Samhällsrisk är risken för en grupp människor som befinner sig i ett riskområde.

Samhällsrisk är direkt beroende av hur många individer som befinner sig i ett riskområde medan individrisken är helt oberoende av antalet personer på riskområdet.

Samhället har lättare att acceptera flera små olyckor med allvarlig konsekvens än ett fåtal med mycket allvarlig eller katastrofal konsekvens. Detta innebär att riskacceptansen eller toleransen blir lägre ju fler människor som förväntas kunna komma till skada. I dagens samhälle har många risker accepterats utan att från början blivit värderade.

Avseende individrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- Den risk som vi utsätts för av naturliga händelser bör inte ökas nämnvärt genom aktiviteter som vi inte råder över.

Avseende samhällsrisk bör följande etiska princip eftersträvas:

- En aktivitet kan godkännas om en välgrundad riskanalys visar att risknivån är acceptabel eller tolerabel.
- En aktivitet kan godkännas om samhällsnyttan av den bedöms vara större än risken.

För denna analys kommer både individrisk och samhällsrisk användas för att analysera risknivån i området.

5.2 Individrisk

Individrisk är risken för en person som befinner sig i närheten av en riskkälla ska omkomma och definieras här som:

För en specifik plats definieras individrisk som summan av frekvensen · andel omkomna för respektive skadehändelse.

DNV har gett förslag till individriskkriterier (SRV, 1997):

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

I denna analys ges två individrisknivåer för området. En *individrisk utomhus* som baseras på oskyddade personer och en plan topografi. Dessutom ges en *individrisk inomhus* som representerar individrisken för personer som befinner sig inomhus.

5.2.1 Individrisk för aktuellt område

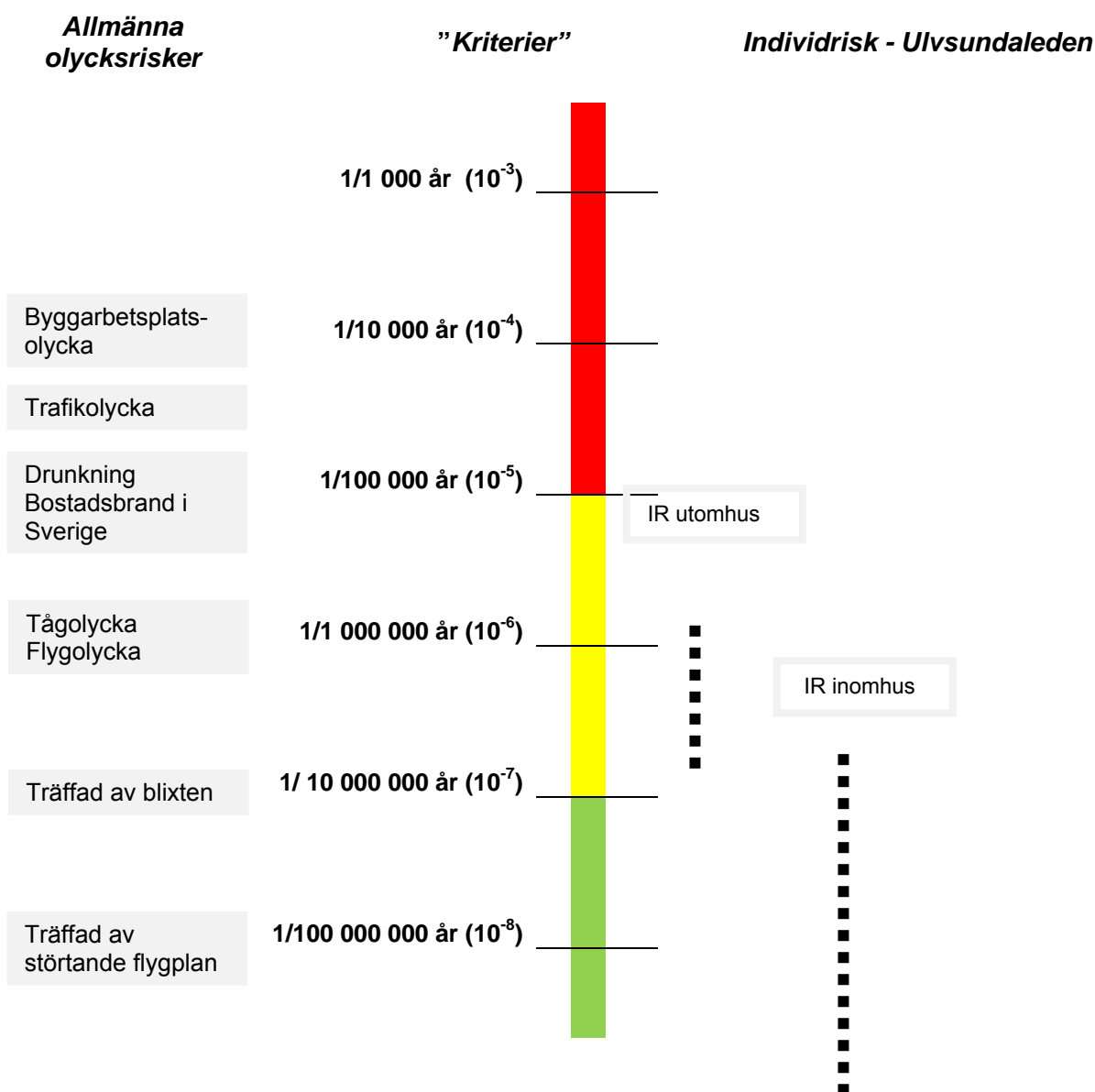
I tabell 9 redovisas individrisken vid olika avstånd från Ulvsundaleden baserad på identifierade olyckshändelser.

Gula siffror i tabellen indikerar att risknivån, enligt de individriskkriterier som DNV föreslagit, ligger inom det område där skyddsåtgärder bör bedömas ur kostnad nytta synpunkt. Gröna siffror indikerar en risknivå som ligger under den nivå som anses som låg och inga behov av skyddsåtgärder anses föreligga.

Tabell 9. Individrisk utomhus och inomhus för 50 meters intervall längs med Ulvsundaleden.

Avstånd	Individrisk för personer på olika avstånd från vägen	
	Ute	Inne
(m)		
0-50	$1,7 \cdot 10^{-6}$	$3,5 \cdot 10^{-7}$
51-100	$4,4 \cdot 10^{-7}$	$7,7 \cdot 10^{-8}$
101-150	$2,5 \cdot 10^{-7}$	$1,4 \cdot 10^{-9}$
151-200	$1,7 \cdot 10^{-7}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

I figur 4 jämförs individrisken för olika avstånd från olycksplatsen med andra risker som finns i samhället.



Figur 4. Individerisknivå längs med Ulvsundaleden jämfört med några andra risker samt DNV's individeriskkriterier. IR=Individerisk. Streckade linjer avser det spann som individerisken ligger mellan på avståndet 0-200 meter ifrån vägen.

I gul del av diagrammet skall ytterligare skyddsåtgärder värderas (ALARP²-området), i det gröna anses risknivån acceptabel utan åtgärd och i det röda området måste skyddsåtgärder införas som minskar risknivån.

5.3 Samhällsrisk

Samhällsrisk är den risk som en eller flera människor (vilka som helst) utsätts för. Samhällsrisken presenteras i F/N diagram där (F) är den summerade olycksfrekvensen för alla händelser som leder till ett visst antal omkomna (N). Generellt är det färre händelser (olyckor) som leder till att många omkommer vilket gör att olycksfrekvensen oftast minskar med ökat antal omkomna.

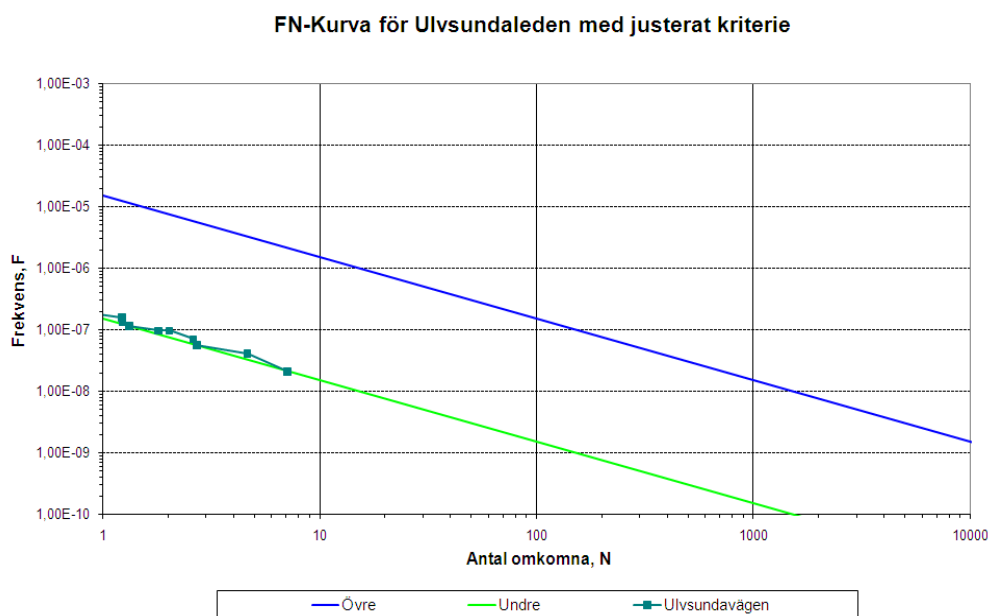
² As low as reasonably practicable

I Sverige finns det idag inga nationellt beslutade gränsvärden för hur hög samhällsrisk som kan accepteras. Varje situation måste diskuteras och värderas utifrån sina förutsättningar såsom risknivå kontra samhällsnytta och möjligheten att minska risknivån genom skyddsåtgärder.

5.4 Samhällsrisk för aktuellt område

I figur nedan presenteras samhällsriskens längs med vägen i ett FN-diagram tillsammans med gränsvärden för acceptabla risker från DNV.

DNV's förslag (grön och blå linje i diagrammet) visar två nivåer, mellan dessa nivåer anses att skyddsåtgärder bör diskuteras. Ursprungligen gäller DNV's kriterier ett område på en kilometer (båda sidor av vägen). I diagrammet har kriterier justerat så att de gäller ett område på cirka 300 meter längs med ena sidan av vägen. Det vill säga acceptanskriteriet för DNV har multiplicerats med 0,15. Även sannolikheten för att en olycka skall inträffa gäller en sträcka på 300 meter när samhällsriskens beräknas.



Figur 5. Samhällsrisk för området längs med Ulvsundaleden i förhållande till föreslagna riskkriterier enligt DNV (grön och blå linje). Kriteriet är justerat för att gälla 300 meter längs med ena sidan av vägen.

5.5 Diskussion kring resultat

Individrisk: Jämfört med de acceptanskriterier ligger individrisken utomhus inom ALARP området d v s inom det område där åtgärder ska vidtas om de är praktiskt genomförbara. Inomhus är risken i stort sett acceptabel eftersom närmsta byggnaden planeras vara 50 meter från vägen.

Samhällsrisk: Jämfört med DNV's kriterier hamnar samhällsriskens inom den zon där skyddsåtgärder skall värderas och vidtas ifall det är praktiskt och kostnadsmässigt motiverade. Detta i samband med att individrisken bedöms som relativt hög så rekommenderas skyddsåtgärder.

6 SLUTSATS

Syftet med riskanalysen är att undersöka om olycksriskerna avseende farligt gods är acceptabla för planområdet. Genom en riskanalys kan möjliga olyckor identifieras och bedömas och eventuella skyddsåtgärder kan därmed rekommenderas.

Länsstyrelsen i Stockholms län (2000) har angivit följande rekommendationer för avstånd mellan väg med transport av farligt gods och bebyggelse:

- 25 meter byggnadsfritt bör lämnas närmast transportleden
- Tät kontorsbebyggelse närmre än 40 meter från väggkanten bör undvikas
- Sammanhållen bostadsbebyggelse eller personintensiv verksamheter närmre än 75 meter från väggkant bör undvikas

Enligt Länsstyrelsernas policy (2006) skall riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meters avstånd ifrån farligt godsled. Till skillnad från tidigare kriterier från Länsstyrelsen i Stockholm (2000) finns inga exakta avstånd för tillåten markanvändning i Länsstyrelsernas policy, utan zonerna är glidande och beroende på platsspecifika egenskaper och förhållanden.

Vid nyetableringar eftersträvas ofta en bebyggelsefri zon som har till syfte att bland annat:

- Möjliggöra räddnings- och bärgningsinsatser
- Motverka direkt konflikt mellan avåkande fordon och byggnader
- Begränsa antalet människor som kan utsättas för negativa konsekvenser ifall en olycka skulle inträffa

Med föreslagen markanvändning uppfylls kraven på bebyggelsefri zon inom det närmaste området kring Ulvsundaleden. Närmsta boende planeras cirka 50 meter från vägen. Närmare vägen förväntas personer inte vistas mer än tillfälligt. Gynnsamt är även att det sluttar lätt uppåt mot området vilket innebär att brandfarlig vätska, vilket utgör en betydande del av transporterarna, inte kommer kunna påverka området eftersom en sådan brand inte når längre än cirka 40 meter.

Ur tabell 8 framgår att bäst skydd ger förebyggande åtgärder mot främst olyckor med kondenserad gas, BLEVE samt massexplosivämne eftersom de når planområdet.

Med dagens utformning bedöms risken som relativt låg.

6.1 Förslag på skyddsåtgärder

Följande åtgärder föreslås för att uppnå en acceptabel risknivå i enlighet med definitionen för ALARP.

- Se till att uteplats, utrymningsvägar från byggnaderna vetter in mot gården
- Se till att vegetation mellan vägen och planområdet bibehålls eftersom vegetation har kraftigt spädande effekt på toxiska gaser.
- Se till att i planprocessen planera för att räddningstjänsten ska kunna evakuera och göra en insats på ett bra sätt
- Se till att slänten finns kvar upp till planområdet så att brandfarlig vätska inte kan rinna dit
- Uppmuntra inte till stadigvarande vistelse mellan planområdet och vägen.
- **Om** bullerplank uppförs, bör detta utformas för att även ha en riskreducerande effekt i form av spädning av toxisk gas, samt hindra avåkande fordon och spridning av brandfarlig vätska.

6.2 Slutlig bedömning

Med avseende på beräknad risknivå skall skyddsåtgärder som är lämpliga, sett ur ett kostnads nytta perspektiv, införas. De som presenteras ovan bedömer vi som tillräckliga för att uppnå en acceptabel risknivå.

7 OSÄKERHETS- OCH KÄNSLIGHETSDISKUSSION

Riskanalyser innefattar alltid ett mått av osäkerhet på grund av begränsat statistiskt underlag över olyckor samt att alla olika typer av konsekvenser kan beräknas med ledning av väder och andra förhållanden vid olyckstillfället.

Resultatet av analysen bygger på ett antal ansatser beträffande trafikunderlag, olycksscenario, olycksfrekvenser, mm. Utgångspunkten i gjorda antaganden och bedömningar har varit att dessa så långt som möjligt med statistik "spegla den verkliga situationen". Målet är en balanserad samlad bedömning.

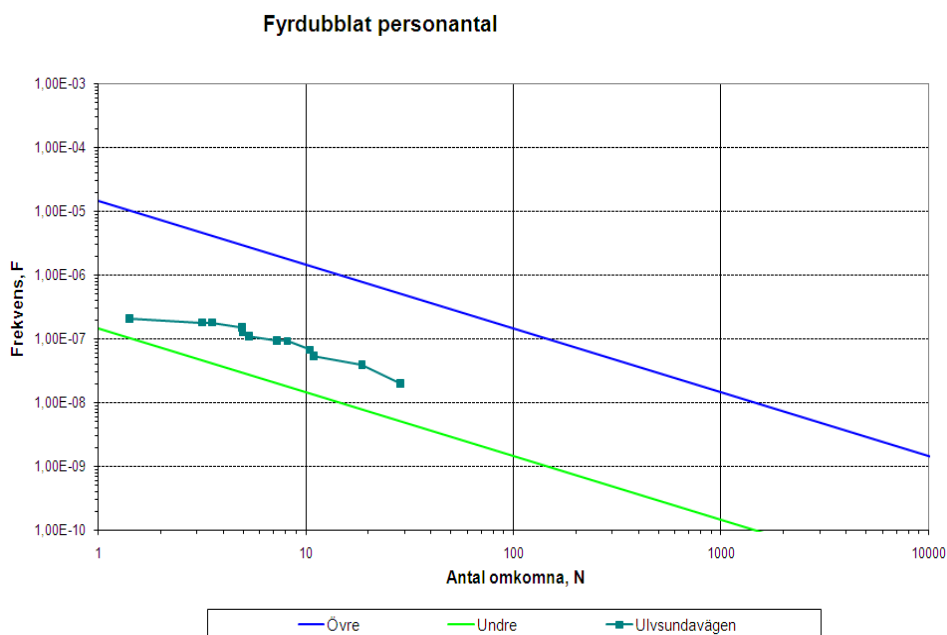
Nedan är exempel på områden som kan påverka resultatet.

- Trafik (antal tankbilar)
- Farligt gods (mängd, ämnen)
- Omgivning (verksamheter, markanvändning och befolkningens mängd)
- Olycksstatistik
- Konsekvenser (brand, explosion, giftig gas, väderlek, topografi)

Genom att genomföra olika simuleringar och variera valda parametrar och situationer kan man få en bild om vad som mest påverkar resultatet.

Personintensitet (endast samhällsrisk påverkas)

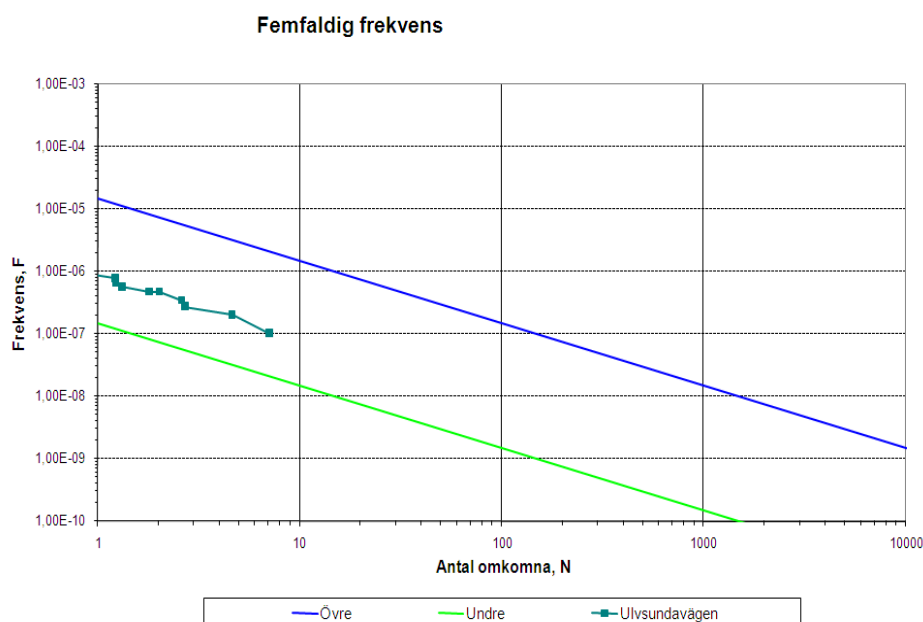
Det är generellt antaganden om personintensiteten som har en stor påverkan på utfallet av en analys, främst antaganden om personer närmast vägen utomhus. Eftersom detta område inte är planlagt för att vistas inom så är det gynnsamt för analysresultatet eftersom övervägande delen av farligt gods på Ulvsundaleden är brännbar vätska som kan ge pölbrand, och att just den händelsen inte direkt påverkar de boende. I FN kurvan nedan presenteras en fyrfaldig ökning av personintensiteten på området. Kurvan visar att resultaten inte påverkas i nämnvärd omfattning jämfört med analysresultatet.



Figur 6. FN-kurva med fyrdubblat antal personer.

Frekvens

De områden som bedöms mest osäkra är olycksstatistik för att olycka skall inträffa och att utfallet blir så som det antagits. Olycksfrekvensen för tankbilstransporter är baserad på statistik från SIKA. Några justeringar för lokala förhållanden har ej gjorts. Detta kan leda till en viss över- eller underskattning av risknivån. Frekvensen antas vara relativt korrekt. Vägen är i en lätt sväng med god sikt och är skyltad till 70 km/h. I nedan FN-kurva presenteras en femfaldig ökning av olycksfrekvensen jämfört med beräknat. Kurvan visar att frekvensökningen inte påverkar resultatet i någon större omfattning.



Figur 7. FN-kurva med femfaldig frekvens.

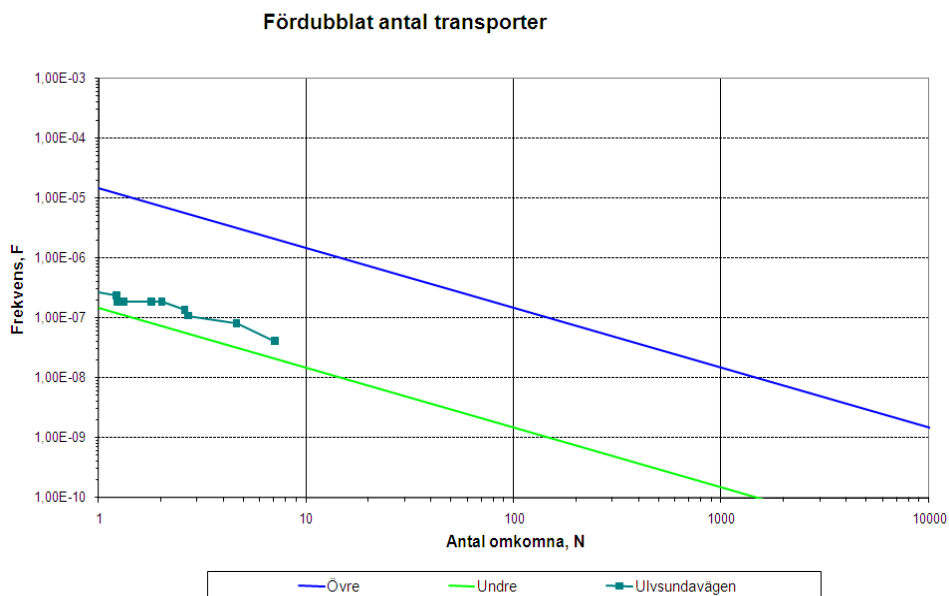
Nedan presenteras hur en femfaldigad frekvens påverkar individrisken. Frekvensökningen påverkar måttligt genom att individrisken inne för området 51-100 meter hamnar inom området där åtgärder rekommenderas.

Tabell 10. Individrisk efter femfaldig frekvensökning.

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från vägen	
	Ute	Inne
0-50	$8,3 \cdot 10^{-6}$	$1,7 \cdot 10^{-6}$
51-100	$2,2 \cdot 10^{-6}$	$3,8 \cdot 10^{-7}$
101-150	$1,2 \cdot 10^{-6}$	$6,8 \cdot 10^{-8}$
151-200	$8,7 \cdot 10^{-7}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

Antal transporter

Osäkerheter finns också i antalet transporter av farligt gods. I denna analys används värden från tidigare FOI rapport med uppgifter om flöden från 2002. Dessa har uppräknats med 15% för att mer motsvara dagsläget. Enligt räddningstjänsten finns det ingen industri eller annan installations som kan vara orsak till ett mycket förhöjt flöde av någon klass. I FN kurvan nedan presenteras en 100%-ig ökning jämfört med analyserat resultat. Kurvan visar att en fördubbling av transporter inte kommer öka samhällsrisken nämnvärt.



Figur 8. FN-kurva med fördubblat antal transporter

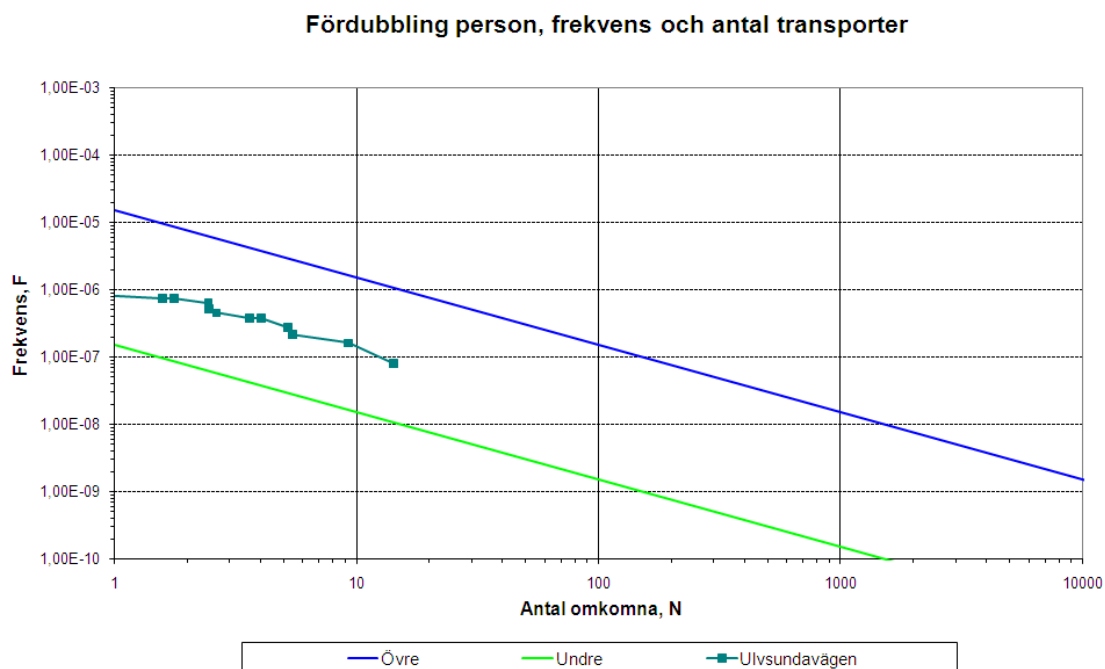
Nedan presenteras hur fördubblat antal transporter påverkar individrisken. Transportökningen påverkar måttligt genom att individrisken inne för området 51-100 meter hamnar inom området där åtgärder rekommenderas.

Tabell 11. Individrisk fördubblade antal transporter

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från vägen	
	Ute	Inne
0-50	$3,3 \cdot 10^{-6}$	$6,9 \cdot 10^{-7}$
51-100	$8,7 \cdot 10^{-7}$	$1,5 \cdot 10^{-7}$
101-150	$4,9 \cdot 10^{-7}$	$2,7 \cdot 10^{-8}$
151-200	$3,5 \cdot 10^{-7}$	$< 1 \cdot 10^{-10}$

Personantal, frekvens och antal transporter

Ovan presenteras enbart ökningars enskilt, därför presenteras nedan en samlad dubbling av personintensitet, olycksfrekvens och antal transporter. FN-kurvan visar att även en fördubbling av alla dessa parametrar hamnar inom ALARP-området.



Figur 9. FN-kurva med fördubbling av antal personer, frekvens och antal transporter

Nedan presenteras hur fördubbling av alla parametrar påverkar individrisken. Även i detta fall hamnar 51-100 meter inom området där åtgärder rekommenderas.

Tabell 12. Individrisk fördubblade av alla

Avstånd (m)	Individrisk för personer på olika avstånd från vägen	
	Ute	Inne
0-50	$6,7 \times 10^{-6}$	$1,4 \times 10^{-6}$
51-100	$1,7 \times 10^{-6}$	$3,1 \times 10^{-7}$
101-150	$9,9 \times 10^{-7}$	$5,4 \times 10^{-8}$
151-200	$7,0 \times 10^{-7}$	$< 1 \times 10^{-10}$

Slutsatsen av känslighetsanalysen är att förändringar i parametrar, även om rätt kraftliga endast påverkar risken så att den finns kvar inom ALARP-området. Därav bedömer vi att presenterade skyddsåtgärder är rimliga.

Referenser

- FBE (1991), *Norra Älvstranden – Riskanalys av farligt gods transporter på hamnbanan, fas 3 februari 1991*. FB Engineering AB
- FBE (1994), *Riskanalys - Lisebergs utvidgning åt öster*, FB Engineering AB
- FBE (2008), *Utförande av skyddsåtgärder för planerad skolgård nära Hamnbanan på Västra Eriksberg, 2008-04-14*, FB Engineering AB
- FOA (1995), *Risker i Västernorrlands län, metodstudie med exempel för samhällsplaneringen* FOA-R-00153-4.5
- FOA (1997), *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor -metoder för bedömning av risker* FOA rapport 97-00490-990-SE
- GÖP (1999), *Översiktsplan för Göteborg Fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS*.
- GÖP (2009), *Översiktsplan för Göteborg. Riksintressen, Miljö- och riskfaktorer*. Antagen 2009-02-26, Stadsbyggnadskontoret
- Lst (2007), *Riklinjer för riskhänsyn i samhällsplanering- Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods, Skåne i utveckling 2007:06, Länsstyrelsen i Skåne län*
- Boverket, Räddningsverket (2006) *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner, Vägledningsrapport*
- SCB hemsida 2011-04-08, *Tidsanvändningsundersökning*, http://www.scb.se/Pages/TableAndChart____27481.aspx
- RIB (2009), *Bfk beräkningsmodell för kemikalieexponering* RIB (Integrerat beslutsstöd för skydd mot olyckor)
- Räddningstjänsten (2011), *Muntliga diskussion med Tomas Markdal och Lars-Olof Bergman på räddningstjänsten Stockholm*.
- SRV (1997), *Värdering av risk* p21-182/97, Räddningsverket
- SRV (1998), *Farligt gods på vägnätet - underlag för samhällsplanering* B20-209/98, Räddningsverket
- SRV (1999), *Sverigeatlas 1999. Rekommenderade färdvägar för transporter av farligt gods* B20-174/99, Räddningsverket
- SRV (2008), *Kartläggning av farligt godstransporter september 2006*, Räddningsverket
- SIKA (2005), *Transporter och kommunikationer*, SIKA's Årsbok 2005
- VTI (1994), *Konsekvensanalys av olika olycksscenarier av farligt gods på väg och järnväg*. VTI rapport Nr 387:4
- FOI (2005) *Riskanalys Bromma Center*, FOI Memo 1301, april 2005

Bilaga A

Beräkning av sannolikhet för olycka

VÄG

BILAGA A - BERÄKNING AV SANNOLIKHET FÖR OLYCKA

Detta kapitel innehåller sannolikhetsberäkningar för de händelser som tidigare definierats och identifierats och som kan leda till utsläpp av farligt gods som påverkar omgivning kring väg. Här åskådliggörs händelseförloppet vid en olycka med hjälp av ett händelsetråd för propanolycka, se figur A.1. Varje delhändelse är försedd med ett löpnummer och bakgrunden till den förväntade utvecklingen presenteras på sidorna före händelsetrådet.

Olycksstatistik från 2000 till 2003 (SIKA 2000, 2001, 2002, 2003) visar att olyckor med tankbilar inblandade i Sverige har minskat under de senaste åren från trettitalet till endast 8 stycken år 2003. Detta innebär $\sim 1 \cdot 10^{-7}$ olyckor per fordonskilometer och år med tankbil, räknat på total körsträcka med farligt gods. Statistiken omfattar även händelser som lett till personskada, varför flertalet olyckor inte är olyckor där det farliga godset läckt ut.

För beräkning av individrisk används resonemang och värden enligt nedan. För samhällsrisk justeras sannolikheten för att en olycka skall inträffa genom att multiplicera med 0,3. Detta görs för att kriteriet som används för samhällsrisk justerats för att gälla ett område motsvarande 600 meter.

Vindriktning och platsspecifika parametrar, allmän händelse

Det är rimligt att antaga att 33 % av alla situationer har vindriktningen från olycksplatsen mot området. Vindriktning tas med i beräkningen för de händelser där den påverkar händelseförloppet och konsekvensen.

Vindriktning: ca 33 % av fallen mot området

A.1 Olycka med massexplösivt ämne

Vid en olycka bedöms att 10 % av fallen leder till explosion av lasten.

Utöver risken för olycka med transport av farligt gods finns risken för brand i fordonet som är skattat till $1 \cdot 10^{-7}$ enligt Sv. försäkringsförbundets statistikavdelning. Det antas att 50 % av brand i fordon resulterar i en explosion (GÖP, 1999). Sannolikheten för explosion blir därmed:

$$0,1 \cdot 1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} + 1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 1.1}} \cdot 0,5$$

Explosion*olycka*Antal klass 1.1 + Brand i fordon*antal klass 1.1*explosion

A.2 Olycka med brandfarlig gas (propan) - väg

Sannolikheten för olycka med brandfarlig gastransport beräknas enligt nedan och kommer att användas för att beräkna de delhändelser som redovisas i figur A.1. Alla brandfarliga gaser antas ha samma egenskaper som propan. Antal transporter med brandfarlig gas fås från tabeller i rapportdelen.

$$1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 2.1}}$$

Läckage av propan, Händelse 1

Det finns få utstickande föremål längs en väg som kan orsaka hål i behållare för propan, men det finns stolpar, bropelare, vägräckesändrar och annat längs en väg som i vissa fall kan penetrera en behållare. Med anledning av detta antas att en olycka av 25 leder till utsläpp av propan, (FBE, 1991).

$$\text{Läckage propan: } 1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0.04$$

Jetbrand, omedelbar antändning, Händelse 2

Det anges (FBE, 1994) att jetbranden utgör 58 % av alla händelser.

Jetbrand, omedelbar antändning: $1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0.04 \cdot 0.58$

Olycka*Läckage*Jetbrand

Gasbrand, omedelbar antändning, Händelse 3

Det anges (FBE, 1994) att "pölbranden" utgör 29 % av alla händelser. I och med att *propan* har en så låg kokpunkt som -40°C kommer ingen pöl av vätska att bildas. Istället bildas ett tungt gasmoln som antänds.

Gasbrand, omedelbar antändning: $1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0.04 \cdot 0.29 \cdot 0.33$

Olycka*Läckage*Gasbrand, omedelbar antändning*Vindriktning

Gasbrand, fördröjd antändning, Händelse 4

Det anges (FBE, 1991) att gasbranden utgör cirka 2,55 % av alla händelser.

Gasbrand, fördröjd antändning: $1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0.04 \cdot 0.025 \cdot 0.33$

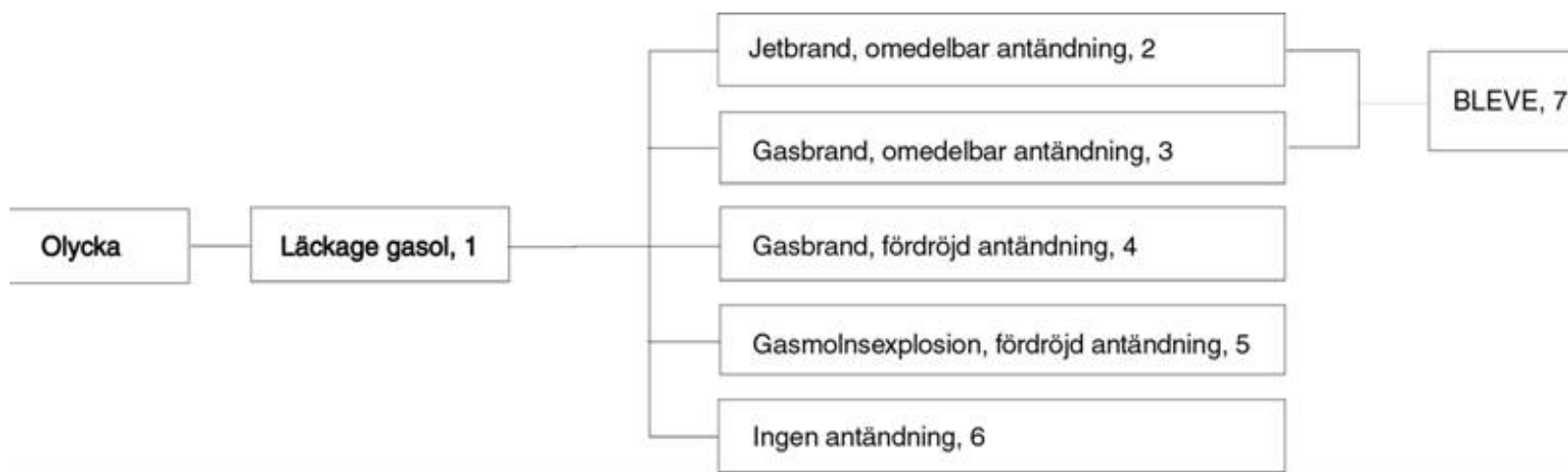
Olycka*Läckage*Gasbrand, fördröjd antändning*Vindriktning

Gasmolnexplosion, fördröjd antändning, Händelse 5

Gasmolnexplosion utgör cirka 0,5 % av alla händelser enligt (FBE, 1991).

Gasmolnexplosion: $1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass 2.1}} \cdot 0.04 \cdot 0.005 \cdot 0.33$

Olycka*Läckage*Gasmolnexplosion*Vindriktning



Figur A.1. Händelseträd, brandfarlig kondenserad gas, exempelvis propan

Ingen antändning, Händelse 6

Statistisk information indikerar att bilolyckor som leder till behållarskador resulterar i så mycket gnistbildning att antändning i de allra flesta fall sker på olycksplatsen.

Ingen antändning: 0

BLEVE, Händelse 7

BLEVE antas vara en följdhändelse av jetbrand, pölbrand och gasbrand. Enligt FBE, (1991), är frekvensen för BLEVE 10 % av jetbrand.

$$BLEVE: 1 \cdot 10^{-7} * N_{\text{klass 2.1}} * 0.04 * 0.58 * 0.10$$

Olycka * Läckage * (Jetbrand) * andel

A.3 Olycka med giftig gas

I enlighet med resonemanget för propanolycka (brandfarlig gas) blir sannolikheten för utsläpp av giftig gas:

$$10^{-7} * 0.04 * N_{\text{klass 2.3}} * 0.33$$

Olycka * Läckage * antal transporter med giftig gas * Vindriktning

A.4 Olycka med brandfarlig vätska bensin

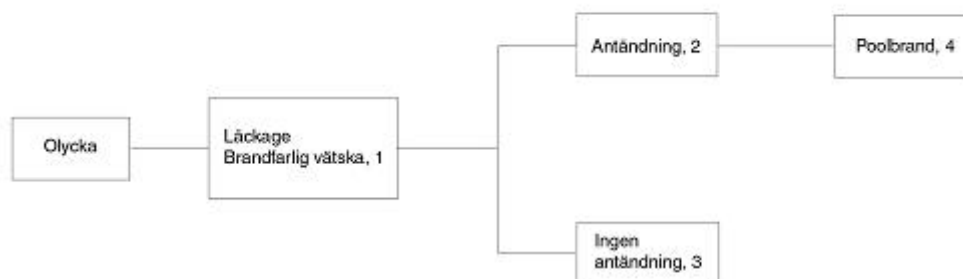
Händelse utvecklingen vid olycka med brandfarlig vätska redovisas med händelsetråd i figur A.2. Sannolikheten blir enligt nedan.

$$1 \cdot 10^{-7} * N_{\text{klass 3}} * 0.1 * 0.1 * 0.1$$

Olycka * antal transporter * Läckage * Antändning * Pölbrand

Här antas att 10 % av de antända läckagen leder till pölbrand. Resterande antas ge mindre konsekvenser än vid pölbrand. Resonemanget kan kanske anses som icke konservativt, men även om man sätter faktorn pölbrand till 1 förändras inte samhällsriskerna nämnvärt då pölbrand påverkar personer utomhus inom 0-40 meter ifrån vägen och även om det kan befinna sig människor längs med detta område är det ett begränsat antal.

**Händelseutveckling efter
utsläpp av farligt gods.
(Händelseträd: Brandfarlig vätska)**



Figur A.2. Händelseutveckling efter utsläpp av brandfarlig vätska

A.5 Olycka med oxiderande ämne - väg

Sannolikheten för olycka med oxiderande ämnen är i Göteborgs översiktsplan satt till $4,5 \cdot 10^{-9}$ för transport genom en typbebyggelse på 2 km. Samma räknegång som används i Göteborgs översiktsplan använd i denna analys vilket redovisas nedan.

För farligt godsolycka krävs att både det oxiderande ämnet och brännbart material är inblandat. Att ett emballage, för oxiderande ämne, går sönder och att innehållet kommer ut på marken har antagits ske i 10 % av fallen vid en olycka. Sannolikheten för en "sidokrasch" med farligt godsfordon, som leder till bränsleläckage från fordonets bensintank, är 15 % och sannolikheten att antändning sker antas vara hög, ca 50 %. Med ovan antaganden och beräkninggång enligt Göteborgs översiktsplan kan sannolikheten för olycka med oxiderande ämnen på väg beskrivas enligt följande:

$$1 \cdot 10^{-7} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot 0,1 \cdot 0,15 \cdot 0,5$$

$$\text{Olycka} \cdot N_{\text{klass5.1}} \cdot \text{emballage sönder} \cdot \text{sido krasch} \cdot \text{antändning}$$

Bilaga B

Bedömning av konsekvenser

BILAGA B - BEDÖMNING AV KONSEKVENSER

I tabell B.1 nedan redovisas respektive farligt godsklass och möjliga konsekvenser i händelse av olycka. Konsekvenser har här beskrivits ur 3:e persons synpunkt.

Tabell B.1 Relevanta typer av farligt gods och möjliga olyckskonsekvenser.

RID/ADR Klass	Möjliga konsekvenser i händelse av olycka	Kommentarer
1 Explosiva ämnen	Övertryck som kan skada/rasera byggnader, ge upphov till splitter och skada på människor	Massexplosiva ämnen kan ge effekter på flera tiotal- upp till något hundratal meter beroende på tillgänglig mängd.
2 Brännbar gas	Jetflamma – värmestrålning Brännbart gasmoln – gasmolnsbrand Gasmolnsexplosion BLEVE	Direkta effekter oftast begränsade till närområdet ¹ . Små effekter utanför gasmolnet, mkt allvarliga konsekvenser för personer som omfattas av molnet. Oftast begränsade övertryck vid fritt gasmoln. Personskador kan uppkomma genom splitter och raserade byggnader. Värmestrålning kan ge effekter inom några hundratal meter, "missiler" kan ge effekter på längre avstånd.
2 Giftig gas	Gasmoln – toxiska effekter	Kan ge effekter över mycket stora områden beroende på ämne, tillgänglig mängd, utflöde, atmosfäriska förhållanden och topografi.
3 Brandfarliga vätskor	Pölbrand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet. Allvarligare konsekvenser kan uppstå beroende på lutning, risk för brandspridning, mm
4 Brandfarliga fasta ämnen, mm	Brand – värmestrålning	Risk för brännskador oftast begränsade till närområdet.
5 Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Brand – värmestrålning Explosion i händelse av blandning med andra brännbara ämnen	Risk för brännskador, oftast begränsade till närområdet. I händelse av explosion kan effekter jämförbara med klass 1 uppstå.
6 Giftiga ämnen, mm	Toxiska effekter	Risker begränsade till närområdet
7 Radioaktiva ämnen	Strålskada	Ger normalt ej upphov till akuta effekter, däremot kan kroniska effekter uppstå.
8 Frätande ämnen	Frätskada	Risker begränsade till närområdet
9 Övrigt	-	Risker begränsade till närområdet

Området kring vägen har delats in i 50 meters intervall för att beskriva konsekvensen av en olycka på olika avstånd från olycksplatsen. Konsekvensbedömningen baseras på Göteborgs översiktsplan (1999), VTI rapport 387:4, Räddningsverkets *Farligt gods på vägnätet*, FOA (1999), konsekvensberäkningar i PAPA samt simuleringar i programmet Bfk (Beräkningsmodeller för kemikalieexponering) (RIB, 2009).

¹ "Närområde" är inte ett entydigt definierat begrepp men avser i detta sammanhang några tiotal meter (t.ex. i samband med pölbrand) eller direkt exponering (t.ex. i samband med utsläpp av frätande ämnen).

För varje avståndsintervall om 50 meter från väg ges två uppgifter på andel omkomna:

- **Andel omkomna utomhus.** Baseras på oskyddade personer samt att topografin för olycksplats och omgivning är plan. Denna uppgift är mycket konservativ och anger en teoretiskt högsta andel omkomna.
- **Andel omkomna inomhus.** Baseras på de personer som befinner sig inomhus och därmed är delvis skyddade.

Tabell nedan anger andelen omkomna av folk som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervaller för respektive olycka på väg.

Tabell B.2. Andel omkomna av folk som befinner sig utomhus respektive inomhus inom olika avståndsintervaller för respektive olycka på väg.

Olyckshändelse	Intervaller andel omkomna (utomhus/inomhus)			
	0 - 50 m	50 - 100 m	100 - 150 m	150-200 m
Massexplodivt ämne	1 / 0,15	1 / 0,05	0 / 0	0 / 0
Jetbrand	0,8 / 0,1	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Gasbrand	1 / 0,25	0,5 / 0,1	0,1 / 0	0 / 0
Gasmolnexplosion	0,8 / 0,8	0,1 / 0,1	0 / 0	0 / 0
BLEVE	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0	0,4 / 0
Kondenserad giftig gas	1 / 1	1 / 0,25	1 / 0,1	1 / 0
Brandfarlig vätska	0,8 / 0	0 / 0	0 / 0	0 / 0
Oxiderande ämne	1 / 0,15	0 / 0,05	0 / 0	0 / 0

Andel omkomna är behäftat med osäkerhet på grund av att det inte med säkerhet går att förutsäga det exakta händelseförloppet, till exempel kan vädersituationen vara mer eller mindre gynnsam, förutsättningarna för om människor kan sätta sig i säkerhet kan variera och så vidare.

B.1 Konsekvenser för massexplodivt ämne

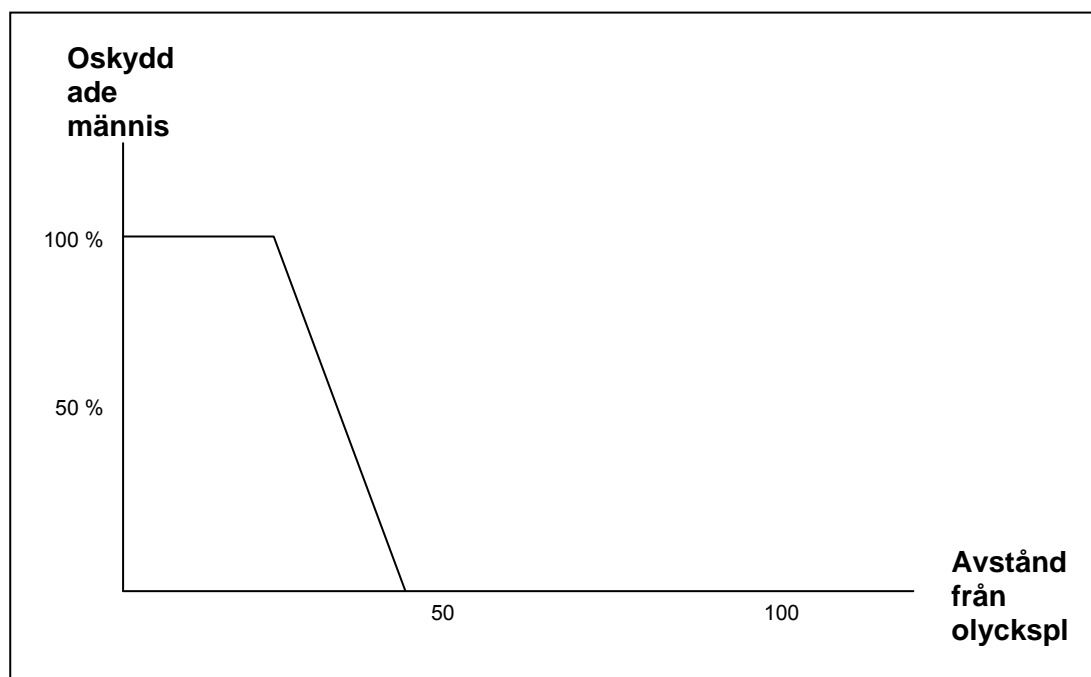
Tabell B.3. visar andel omkomna på olika avstånd vid olycka med massexplodivt ämne för personer utomhus eller inomhus baseras på Göteborgs översiktsplan (1999). För personer inomhus beror andel omkomna inte enbart av avståndet från explosionscentrum utan även av huruvida det står andra hus eller objekt som skydd för explosionen (första respektive andra radens hus).

Tabell B.3 Andel omkomna vid olycka med massexplodivt ämne på väg (15 ton).

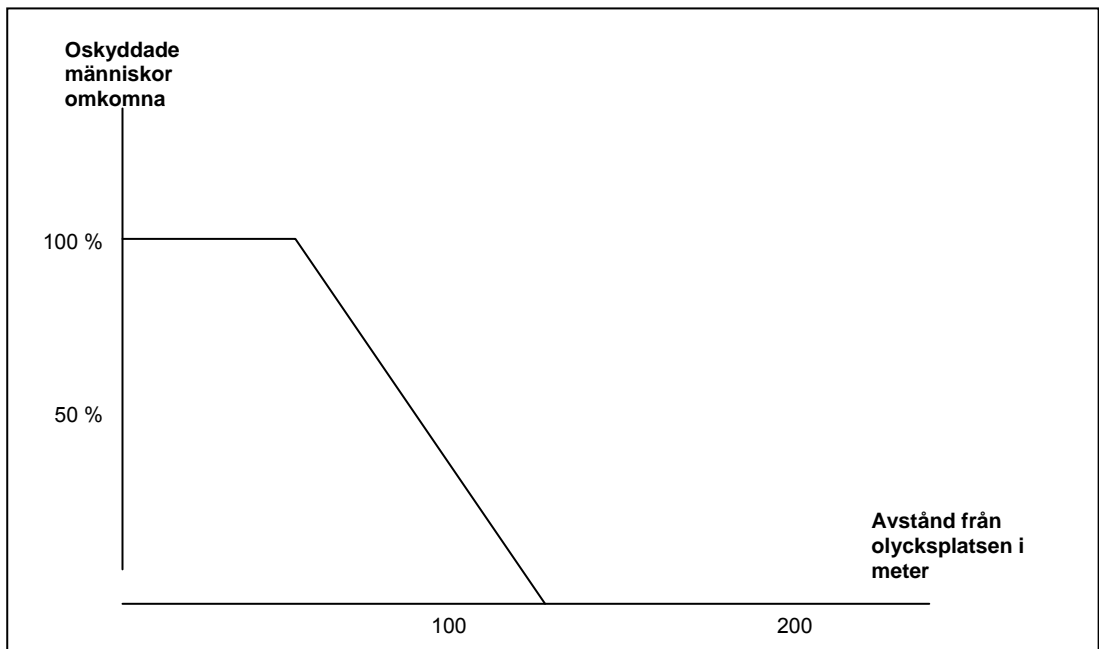
Personers vistelseplats vid olycka	Andel omkomna 0-50 meter från väg	Andel omkomna 50-100 meter från väg
Utomhus	100 %	100 %
Första radens hus	15 %	5 %
Andra radens hus	5 %	--

B.2 Konsekvenser för utsläpp av propan vid olycka med lastbil

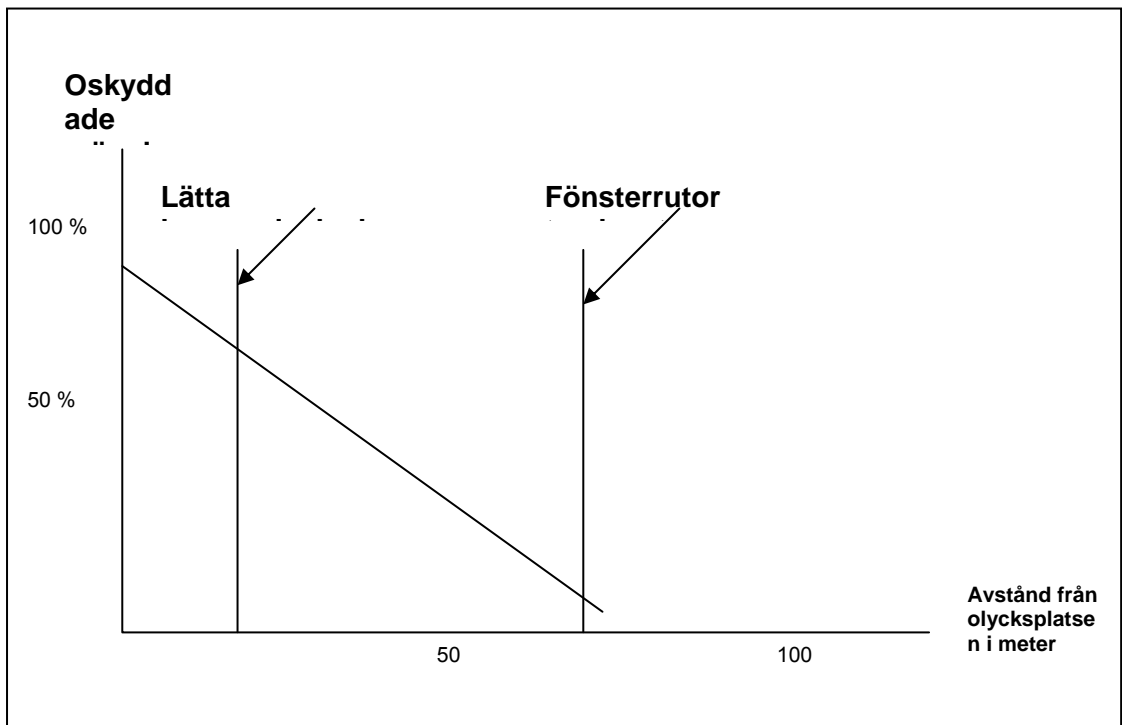
I följande figurer redovisas andel oskyddade människor omkomna för utsläpp av brandfarlig kondenserad gas vid en lastbilsolycka.



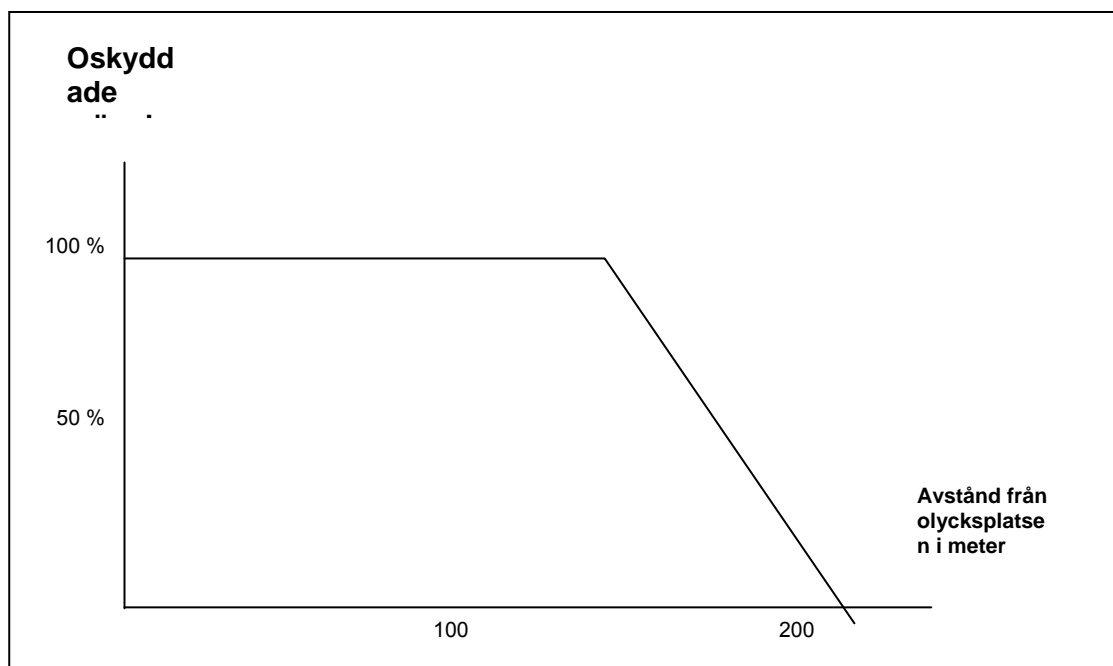
Figur B.1 Risknivå: Propan, jetbrand



Figur B.2 Risknivå: Propan, gasbrand omedelbar antändning



Figur B.3 Risknivå: Propan, gasmolnexplosion (P=frekvens)



Figur B. 4 Risknivå, Brandfarlig gas, BLEVE (P=frekvens)

Tabell B.4 Andel omkomna vid utsläpp av giftig gas (svaveldioxid och klor) för olika avstånd från utsläppspunkten, inomhus och utomhus.

Avstånd (meter)	Andel omkomna (%)			
	Inomhus SO ₂	Inomhus Cl	Utomhus SO ₂	Utomhus Cl
20	-	-	100	100
90	0	13	100	100
200	0	4	100	100
300	0	0	97	90
400	0	0	76	75
500	0	0	36	57

B.4 Konsekvenser vid utsläpp av oxiderande ämne

Oxiderande ämne kan tillsammans med organiska ämnen bli explosivt. Maximalt kan en explosiv blandning av ca 3 ton erhållas vid en olycka med fordon på väg, och konsekvenserna är lika de som sker vid olycka med massextosivt ämne (GÖP, 1999).

För oxiderande ämnen beräknas dödliga skador ske inom 30 meter. Väggar kan raseras inom 70 meter ifrån explosion (GÖP, 1999). För en explosion med 3 ton förväntas inga personer att omkomma på längre avstånd än 50 meter.