



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Riskbedömning för detaljplan

Transport av farligt gods på E16

Genomfart Hofors, Hofors kommun

2015-02-04

Uppdragsgivare

Hofors Kommun
813 81 HOFORS

WSP kontaktperson

Gustav Nilsson
WSP Brand & Risk
121 88 Stockholm
Besök: Jungmansgatan 10
Tel: +46 10 7225000
WSP Sverige AB
Org nr: SE556057488001
Styrelsens säte: Stockholm
<http://www.wspgroup.se>

Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning				
Datum	2015-02-04			
Handläggare	Gustav Nilsson			
Signatur	GNi			
Granskare	Katarina Herrström			
Signatur	KH			
Godkänd av	Björn Yndemark			
Signatur	BY			
Uppdragsnummer	10189790			
Rapportnummer				
Filnamn				

Sammanfattning

WSP har på uppdrag av Hofors kommun ombetts utreda risken utmed väg E16 genom Hofors i samband med framtagande av ny detaljplan för vägen genom samhället. Riskbedömningen utförs som komplement till redan upprättad miljökonsekvensbeskrivning per önskemål från Gästrike Räddningstjänst och Länsstyrelsen Gävleborg.

Riskbedömningen har utförts med kvantitativa beräkningar baserat på lokala trafikförutsättningar och nationella genomsnitt för transport av farligt gods, samt kvalitativa resonemang baserade på erfarenhet och litteratur. Risken har beräknats för både individ- och samhällsnivå.

Utförda beräkningar för individrisk visar att det inom 25 meter från väggkant krävs åtgärder för att risknivån skall kunna bedömas som acceptabel. Föreslagna åtgärder för att uppnå en skälig riskreduktion är:

- *Skyddsavstånd*
Ingen ny bebyggelse för stadigvarande vistelse får upprättas inom 25 meter från E16. Åtgärden kombineras med fördel med *Avåkningskydd* och *Väggkant* för att säkerställa att avståndet till riskkällan begränsas till 25 meter.
- *Avåkningskydd*
Avåkningskydd bör anordnas på känsliga väggavsnitt samt där fastigheter som angränsar till E16 är belägna lägre än körbanan där byggnad för stadigvarande vistelse är placerad inom 25 meter från väggkant.
- *Väggkant*
Någon form av kant eller mur som avgränsar körbanan bör implementeras för att begränsa utbredningen av eventuellt vätskespill vid olycka med transport brandfarlig vätska. Detta kan ske i form av trottoarkant mellan körfältet och gång-/cykelbanan.
- *Brandskyddad fasad*
Krav bör ställas på brandskyddad fasad, inkluderat brandskyddade glas, på nybyggnation inom 25 meter från väg. Åtgärden gäller endast ytor som vetter mot körbanan.

Vid implementering av ovanstående punkter bedöms att tillräcklig riskreduktion erhålls ur ett skälighetsperspektiv.

Samhällsriskberäkningarna visar att risken är på en acceptabel nivå, vilket i huvudsak beror på en låg persontäthet, samt att antalet transporter av farligt gods är lågt. Även vid utförd känslighetsanalys, i vilken befolkningstätheten mångdubblas, är risknivån relativt låg, varför inga riskreducerande åtgärder behöver implementeras ur ett samhällsriskperspektiv.

Riskpåverkan från drivmedelsstation belägen på Hofors 13:146 har bedömts som acceptabel med kvalitativ bedömning.

Innehåll

1	Inledning.....	5
1.1	Bakgrund.....	5
1.2	Syfte och mål.....	5
1.3	Avgränsningar.....	5
1.4	Styrande dokument.....	6
1.5	Samråd.....	7
1.6	Underlagsmaterial.....	7
1.7	Internkontroll.....	7
2	Områdesbeskrivning.....	8
2.1	Planområdet.....	8
2.2	Persontäthet.....	8
3	Omfattning av riskhantering och metod.....	12
3.1	Begrepp och definitioner.....	12
3.2	Metod för riskuppskattning.....	12
3.3	Metod för riskvärdering.....	14
3.4	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder.....	15
4	Riskidentifiering.....	16
4.1	Transportleder för farligt gods.....	16
4.2	Sammanställning av olycksscenarier.....	17
5	Riskuppskattning.....	18
6	Riskreducerande åtgärder.....	20
6.1	Skyddsavstånd.....	20
6.2	Avåkningsskydd.....	20
6.3	Mur, vall eller plank.....	20
6.4	Disposition av byggnad.....	20
6.5	Brandskyddad fasad.....	21
6.6	Reglerad verksamhet.....	21
6.7	Sammanfattning av rekommenderade åtgärder.....	21
7	Diskussion.....	22
8	Slutsatser.....	23

Bilagor

Bilaga A.	Statistiskt underlag.....	24
Bilaga B.	Frekvensberäkningar.....	24
Bilaga C.	Konsekvensberäkningar.....	35
Bilaga D.	Känslighetsanalys.....	42
Bilaga E.	Riskbedömning drivmedelsstation.....	43
Bilaga F.	Referenser.....	44

1 Inledning

WSP har av Hofors kommun fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för del av väg E16 som löper genom Hofors. Riskbedömningen avser beskriva riskbilden från vägvägnittet mot kringliggande bebyggelse och därmed utgöra grund för bedömning av detaljplanens lämplighet, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.1 Bakgrund

Ny detaljplan är under utveckling för del av E16 genom Hofors kommun, med syfte att möjliggöra utbyggnad och justering av vägvägnittet inom planområdet.

Väg E16 är klassificerad som primärled för transport av farligt gods. Avståndet till de byggnader som är placerade på fastigheter utmed E16 varierar från omkring 10 till 40 meter. Riskutredningen utförs som komplement till upprättad MKB enligt önskemål i remissvar (dnr: 201.2014.01113.28798) från Gästrikre Räddningstjänst och yttrande (dnr: 402-71-56-14) från Länsstyrelsen Gävleborg.

Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Länsstyrelsen Gävleborg har beslutat att i sin riskhantering arbeta utifrån denna riskpolicy [2].

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsens och räddningstjänstens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad förändring av berört vägvägnitt, med avseende på närhet till kringliggande bebyggelse.

Målet med riskbedömningen är utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan, samt vid behov ge förslag på riskreducerande åtgärder.

1.3 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på väg E16. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser eller buller har inte beaktats.

Resultatet av riskbedömningen gäller under angivna förutsättningar. Vid förändring av förutsättningarna behöver riskbedömningen uppdateras.

Risk med avseende på drivmedelsstation utöver dess drivmedelstransporter bedöms kvalitativt med utgångspunkt i Räddningsverkets handbok för *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [3] och redovisas i bilaga E.

1.4 Styrande dokument

Plan- och bygglagen (2010:900) anger följande:

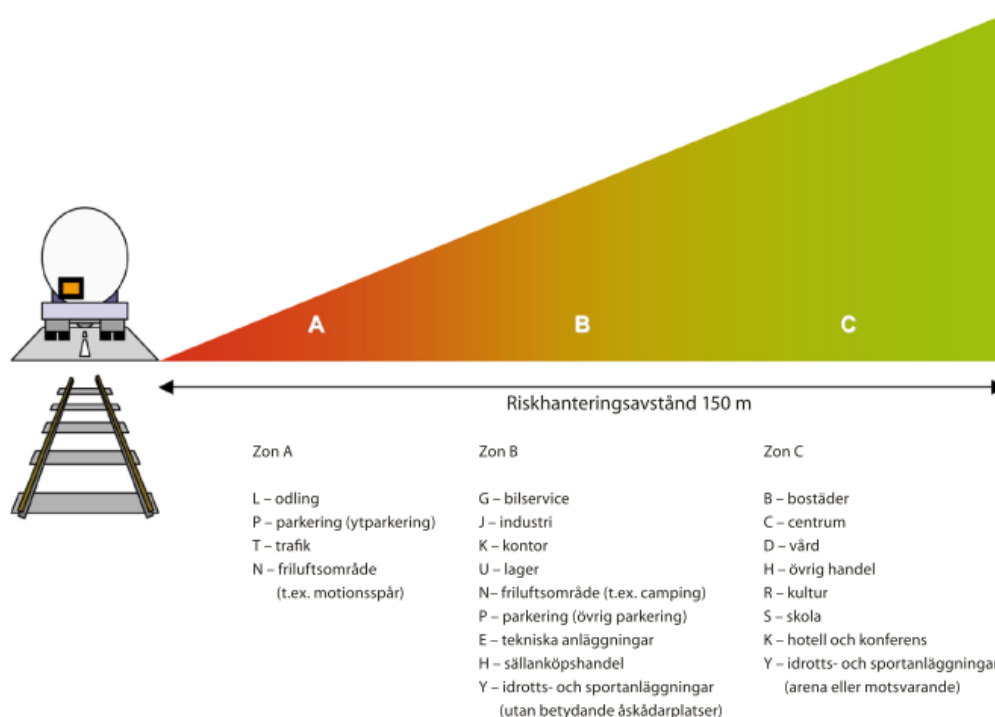
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

1. människors hälsa och säkerhet, ... (2 kap. 5§)

Vid planläggning och i ärenden om bygglov enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk utformas och placeras på den avsedda marken på ett sätt som är lämpligt med hänsyn till:

2. skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, ... (2 kap. 6§).

Länsstyrelserna i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands läns gemensamma dokument *Riskhantering i detaljplaneprocessen* [1] anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I figur 1 illustreras lämplig markanvändning i anslutning till transportleder för farligt gods. Zonerna har inga fasta gränser, utan riskbilden för det aktuella planområdet är avgörande för markanvändningens placering. En och samma markanvändning kan därmed tillhöra olika zoner.



Figur 1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods [1].

1.5 Samråd

Länsstyrelsen i Gästriklands län har i yttrande (dnr: 402-71-56-14) *Samråd för detaljplan genomfart Hofors* uttryckt att kommunen bör:

... komplettera planbeskrivning och MKB [map. risk] utifrån ett fastighetsägarperspektiv.

... redovisa konsekvenserna av ett plangenomförande för att underlätta för beröra fastighetsägare att förstå vad planen innebär för dem. Detta gäller exempelvis [...] risk och säkerhet.

I yttrandet framgår även att det finns motstridigheter mellan planbeskrivningen och vad som framgår i MKB:n. Detta dokument ämnar klargöra den riskbild som är förenlig med föreslagen detaljplan, samt redogöra för behovet av eventuell åtgärdsimplementering i syfte att sudda ut eventuella frågetecken, oklarheter och otillräckliga resonemang i tidigare presenterade handlingar.

1.6 Underlagsmaterial

Arbetet baseras i huvudsak på följande underlag:

- Planbeskrivning – *Detaljplan för Del av E16, Genomfart Hofors*, Hofors kommun, Gävleborgs län (Dnr 542/10), 2014-10-03.
- Miljökonsekvensbeskrivning – *Detaljplan för Del av E16, Genomfart Hofors*, WSP (10189790), 2014-10-03.
- Riskbedömning – *Transport av farligt gods på E16, Del av fastigheterna Hofors 13:161 och 5:25*, WSP (10184119), 2013-08-19.
- Riskbedömning – *PM, Detaljplan genomfart Hofors*, WSP (10189790), 2014-06-02.
- Plankarta - *Detaljplan för Del av E16, Genomfart Hofors*, 2014-10-03.

1.7 Internkontroll

Rapporten är utförd av Gustav Nilsson (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering) med Björn Yndemark (Brandingenjör) som uppdragsansvarig. I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Katarina Herrström (Brandingenjör/ Civilingenjör Riskhantering).

2 Områdesbeskrivning

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning.

2.1 Planområdet

Planområdet för E16 genom Hofors omfattar en total area omkring fem hektar. Utmed vägen ligger varierad tätortsbebyggelse i form av handel, bostäder och arbetsställen. Minsta avstånd mellan E16 och byggnader belägna på fastigheter utmed vägsträckningen varierar mellan 10 till 40 meter.

Berört vägavsnitt har en sträckning på omkring 1,5 km med bebyggelse på båda sidor, vilket utgör underlag i beräkning av olycksfrekvens. Vägen är utpekad som riksintresse för kommunikationer och utgör rekommenderad väg för transporter med farligt gods.

Nästkommande tre sidor redogör för berört planområde genom Hofors.

Enligt en bullerutredning [6] gjord 2010 för området är trafiken på E16 (Faluvägen) 8 700 fordon/dygn, varav tung trafik är 820 fordon/dygn. Enligt en generell prognos [7] som extrapoleras till år 2030 är trafiken år 2030 totalt 10 616 fordon/dygn och den tunga trafiken 1 001 fordon/dygn, vilket används i beräkningarna i denna analys.

I framtagna miljökonsekvensbeskrivning framgår att ett mål med vägsträckningens omarbetning är att sänka hastigheten. Exakt vilka hastigheter som åsyftas framgår inte, men givet befintliga begränsningar bedöms det röra sig om hastigheter omkring 30 till 50 km/h. Dessa hastigheter används därför vid framtagandet av en dimensionerande olyckskvot, vilken ligger till grund för frekvensberäkningar för farligt godsolyckor med skadlig utgång.

Sträckor med låg hastighet genererar generellt en högre olyckskvot (dvs. högre olycksfrekvens) än sträckor med högre hastighetsbegränsning. Dock är frekvensen för en olycka vilken leder till läckage eller annan skadeverkan lägre då de olyckor som sker är av mer lindrig karaktär.

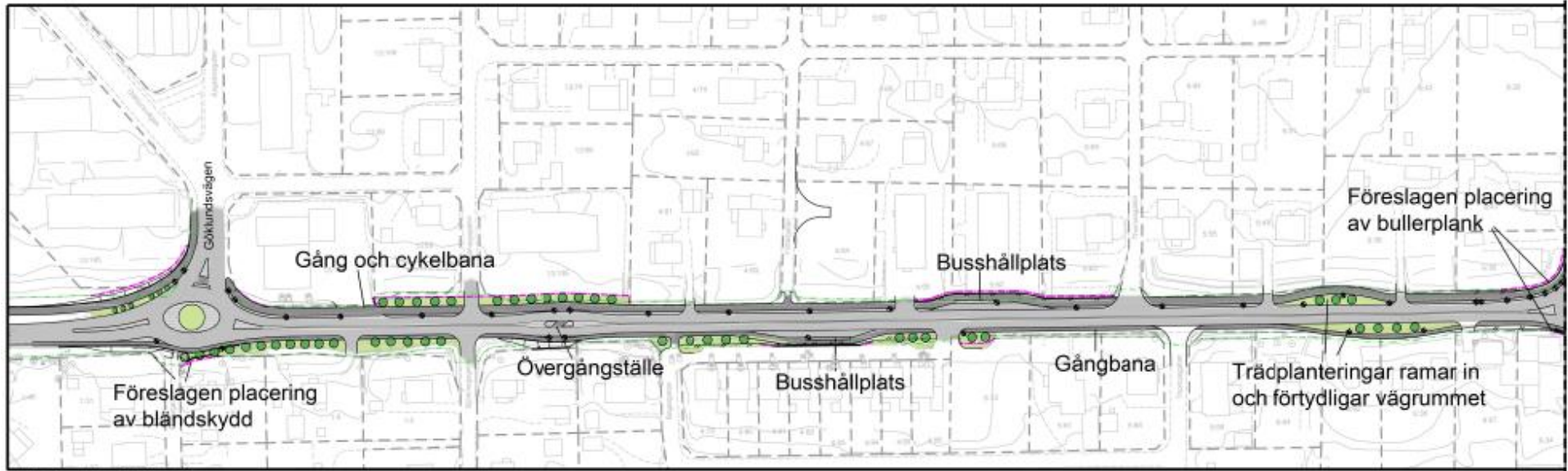
För att erhålla konservativ utdata baseras därför beräkningarna på en olyckskvot för låg hastighet (30 km/h) och ett olycksindex (antal olyckor som leder till konsekvens) för en något högre hastighet (50 km/h).

2.2 Persontäthet

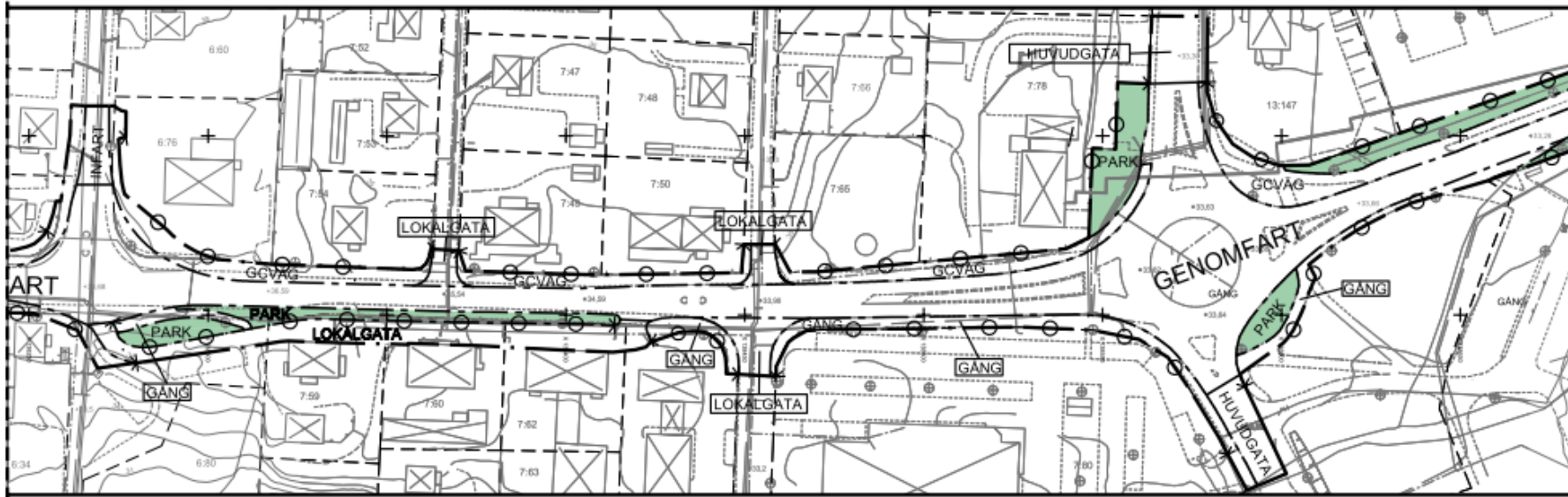
Persontätheten i Hofors kommun är enligt Statistiska centralbyrån 23 personer/km² [8] [9]. Kommunen har inga egna tillgängliga uppgifter [10]. För att ta höjd för framtida förändringar används 100 personer/km² som persontäthet i beräkningarna och känslighetsanalys med 1000 personer/km². Persontätheten ansätts till densamma under dag som natt.



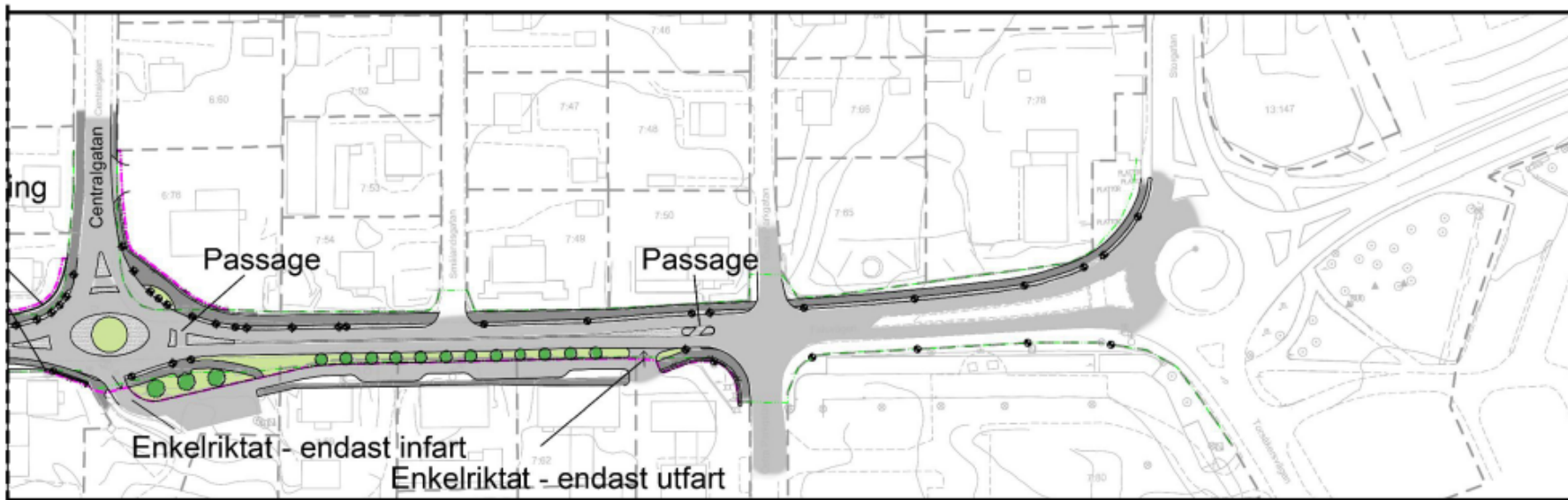
Plankarta, Del 1 av 3



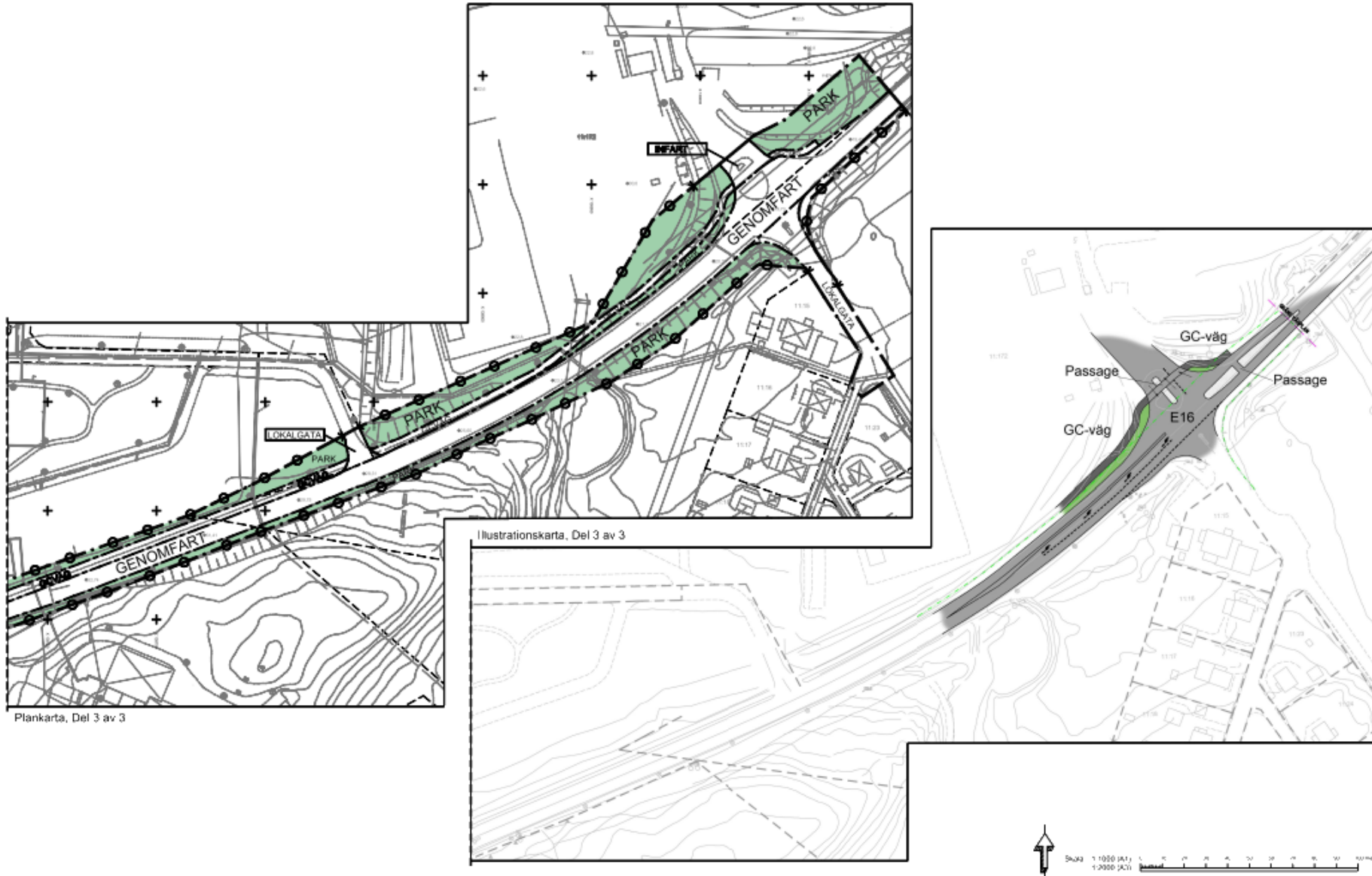
Illustrationskarta, Del 1 av 3



Plankarta, Del 2 av 3



Illustrationskarta, Del 2 av 3



3 Omfattning av riskhantering och metod

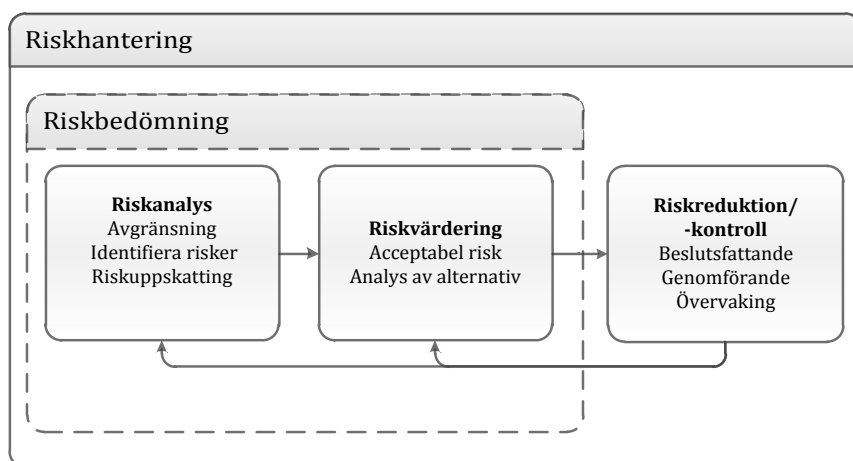
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

3.1 Begrepp och definitioner

Begreppet risk avser kombinationen av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser. Sannolikheten anger hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och kan beräknas om frekvensen, d.v.s. hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, är känd.

Riskanalys omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system [11] [12], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 2. Riskidentifieringen är en inventering av händelseförlopp (scenarier) som kan medföra oönskade konsekvenser, medan riskuppskattningen omfattar en kvalitativ eller kvantitativ uppskattning av sannolikhet och konsekvens för respektive scenario.

Sannolikhet och frekvens används ofta synonymt, trots att det finns en skillnad mellan begreppen. Frekvensen uttrycker hur ofta något inträffar under en viss tidsperiod, t.ex. antalet bränder per år, och kan därigenom anta värden som är både större och mindre än 1. Sannolikheten anger istället hur troligt det är att en viss händelse kommer att inträffa och anges som ett värde mellan 0 och 1. Kopplingen mellan frekvens och sannolikhet utgörs av att den senare kan beräknas om den första är känd.



Figur 2. Riskhanteringsprocessen.

Efter att risken analyserats görs en riskvärdering för att bedöma om risken kan accepteras eller ej. Denna ligger sedan till grund för behovet att implementera riskreducerande åtgärder som ett led i att uppnå en acceptabel riskbild.

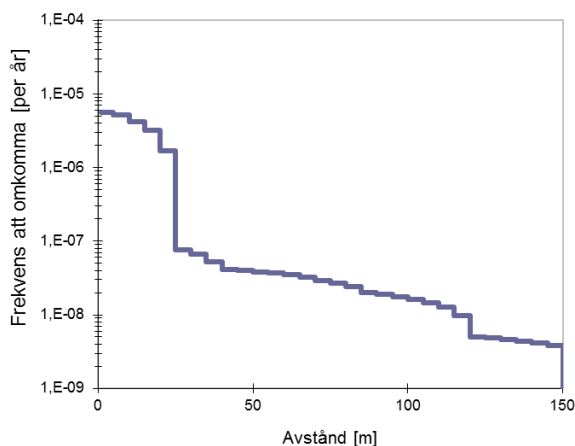
3.2 Metod för riskuppskattning

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport [13] beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys vilken återfinns i *Bilaga B - Frekvensberäkningar*.

3.2.1 Individrisk

Individrisken är sannolikheten att omkomma för en person som kontinuerligt vistas på en specifik plats, t.ex. på ett visst avstånd från en industri eller transportled, oftast utomhus [14]. Individrisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 3.

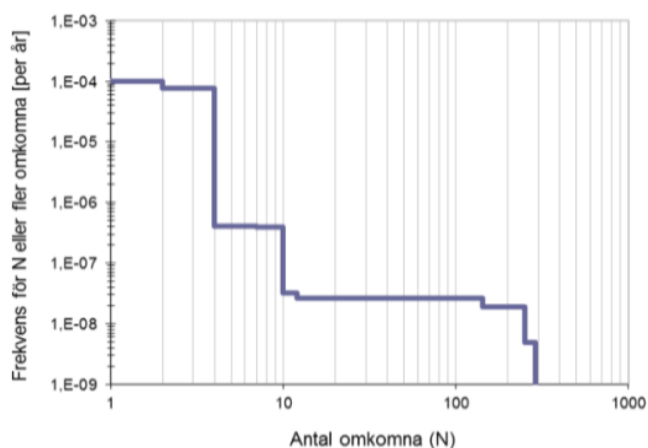


Figur 3. Exempel på individriskprofil.

3.2.2 Samhällsrisk

Riskmättet samhällsrisk beaktar även hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningstäthet och persontäthet. Hänsyn tas även till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året och låg under andra tider.

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 4, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 4. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

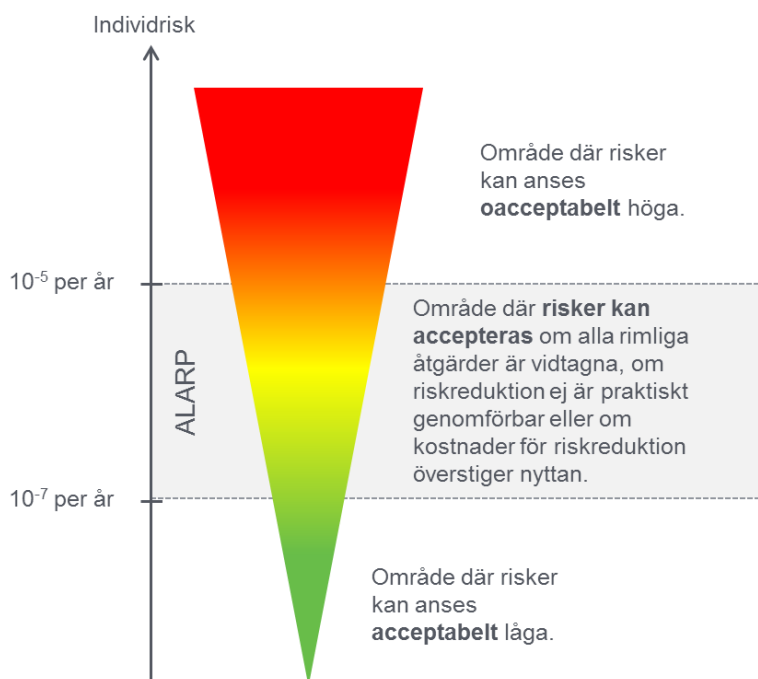
I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

3.3 Metod för riskvärdering

Både individrisk och samhällsrisk används vid uppskattning av risknivån i ett område, så att risknivån för den enskilde individen beaktas samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas.

3.3.1 Riskkriterier, individ- och samhällsrisk

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilket tillvägagångssätt eller vilka kriterier som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. Praxis vid riskvärderingen är att använda Det Norske Veritas (DNV) förslag på riskkriterier [14] gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 5.



Figur 5. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas [14]:

Risker som klassificeras som *oacceptabla* värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera per åtgärdsimplementering.

De risker som bedöms tillhöra den andra kategorin värderas som acceptabla om alla rimliga åtgärder är vidtagna. Risker i denna kategori ska behandlas med ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande åtgärder. I den nedre delen av området bör inte lika hårda krav ställas på riskreduktion, men möjliga åtgärder till riskreduktion ska beaktas. Ett kvantitativt mått på vad som är rimliga åtgärder kan erhållas genom kostnads-nyttoanalys.

De risker som kategoriseras som acceptabla fordrar inte explicit åtgärdsimplementering. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

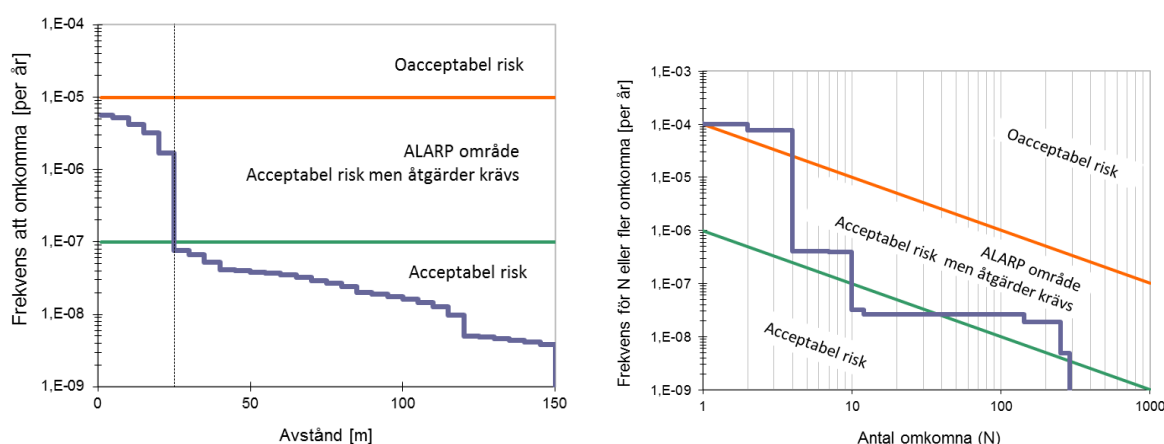
För individrisk föreslog DNV [14] följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker, under vissa förutsättningar, kan accepteras:
 10^{-5} per år
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga:
 10^{-7} per år

För samhällsrisk föreslog DNV [14] följande kriterier:

- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras:
 $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga:
 $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1

Ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller ej. Den övre gränsen markeras med röd streckad linje, och den undre med grön, se Figur 6.



Figur 6. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [14].

I denna riskbedömning redovisas individrisknivå och samhällsrisk för 1 km².

3.4 Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder

Om risknivån bedöms som ej acceptabel ska riskreducerande åtgärder identifieras och föreslås. Exempel på vanligt förekommande riskreducerande åtgärder anges i Boverkets och Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [15], vilken är lämplig att använda som utgångspunkt. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som bedöms ge störst bidrag till risknivån utifrån de lokala förutsättningarna. För att rangordna och värdera åtgärders effekt kan med fördel kostnads-effekt- eller kostnads-nyttoanalys användas. Riskbilden efter de valda åtgärdernas genomförande bör verifieras.

4 Riskidentifiering

4.1 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [16] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio olika klasser enligt de så kallade ADR-S som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. I Tabell 1 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 1. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [16].	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m [17].
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. 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, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m.
6	Giftiga ämnen, smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp 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 begränsade till närområdet [18]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Utifrån beskrivningarna i Tabell 1 samt statistik över transporterade mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen: klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom vid olycksfordonets omedelbara närhet.

4.1.1 Transport av farligt gods på E16

Av den tunga trafiken har andelen farligt gods antagits utgöra 2,5 % [18]. För andel av respektive farligt gods-klass har riksgenomsnittet för total transportsträcka från åren 2008-2013 använts [19] [20] [21] [22] [23].

Tabell 2. Trafikdata och beräkning av grundfrekvens för olycka med farligt godstransport. [24]

Indataparameter	Värde
ÅDT [fordon per dygn]	10616 fordon
Hastighetsgräns	30-50 km/h
Antal fordon med FG	25 fordon
Olyckskvot	2
Andel singelolyckor	0,15
Index farligt gods-olycka	0,03
Antal olyckor med FG per år	0,033 olyckor
Förväntat tidsspann mellan olycka med FG	30 år

4.2 Sammanställning av olycksscenarier

Följande scenarier bedöms kunna påverka planområdet:

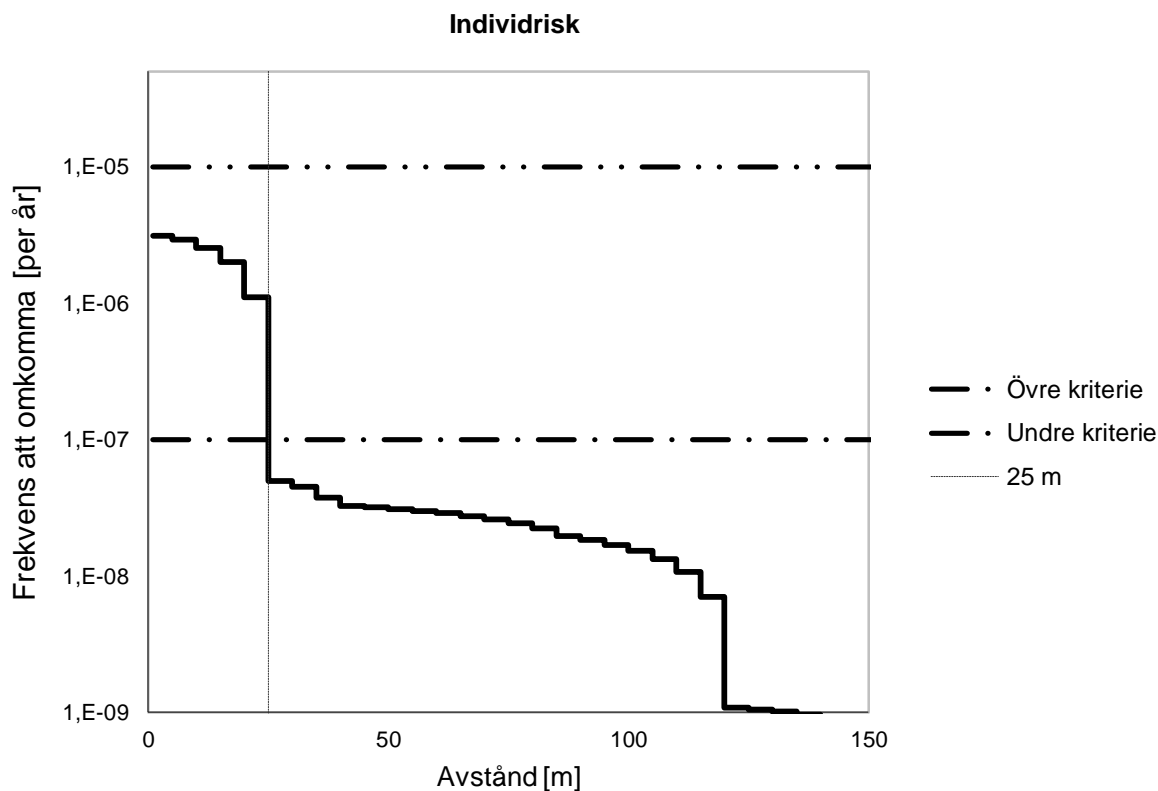
- Farligt gods-olycka med explosiva ämnen (ADR-S klass 1).
- Farligt gods-olycka med gas (ADR-S klass 2).
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (ADR-S klass 3)
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen, organiska peroxider (ADR-S klass 5).

5 Riskuppskattning

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för området med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med farligt gods. Individ- och samhällsrisknivå värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.3.1.

5.1.1 Individrisknivå

I Figur 7 illustreras individrisknivån för aktuellt område utmed E16. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området, se avsnitt 3.3.1.



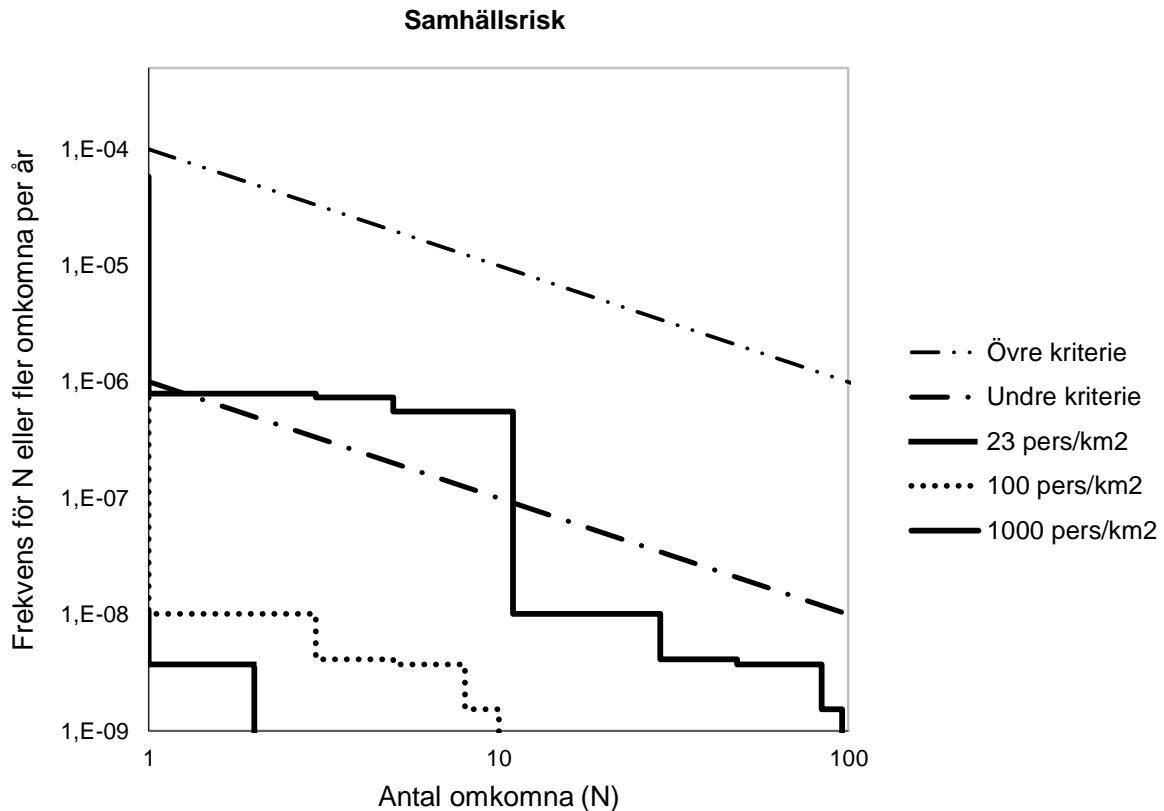
Figur 7. Individrisk med avseende på farligt gods-transporter på E16.

Upp till avstånd om 25 meter från väg kräver beräknad individrisk att åtgärder, som bedöms effektiva ur ett kostnad-nytta perspektiv, ska implementeras. Vid avstånd överstigande 25 meter från väggkant är individrisken acceptabel, varför inga riskreducerande åtgärder fordras.

Känslighetsanalys visar att explicit oacceptabel risk uppnås först då antalet transporter av farligt gods ökar med omkring 700 procent.

5.1.2 Samhällsrisknivå

Samhällsrisknivån är beräknad för en sträcka om 1 km. Beräkningar har utförts för tre olika befolkningstätheter: 23, 100 respektive 1000 personer/km². Resultatet av beräkningarna för samhällsrisk åskådliggörs i Figur 8.



Figur 8. Samhällsrisk med avseende på farligt gods-transporter på E16.

Beräknad samhällsrisknivå utmed E16 genom Hofors bedöms vara acceptabel. Känslighetsanalys utförd med faktor 10 på redan tilltagen befolkningstäthet genererar ett riskmått i den nedre delen av ALARP, vilket visar att det även vid en mångfaldig populationsökning och förtätning av närområdet inte uppstår särskilt höga risknivåer. Baserat på resultatet i känslighetsanalysen bedöms att inga åtgärder kopplade till samhällsrisk erfordras.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder kan antingen vara sannolikhetsreducerande eller konsekvensbegränsande. I samband med fysisk planering är det utifrån Plan- och bygglagen svårt att reglera sannolikhetsreducerande åtgärder, eftersom riskkällorna och åtgärderna i regel är lokaliserade utanför området, eller regleras med andra lagstiftningar. De åtgärder som föreslås kommer därför i första hand vara av konsekvensbegränsande art. Åtgärdernas lämplighet och riskreducerande effekt baserar sig i huvudsak på bedömningar gjorda i Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner [15]. De åtgärder som bedöms kunna reducera riskerna utgörs av nedanstående förslag.

6.1 Skyddsavstånd

Åtgärden innebär att skyddsvärt objekt inte får placeras inom ett visst avstånd från en riskkälla. Inom ett skyddsavstånd kan mindre störningskänsliga verksamheter finnas, liksom skyddsanordningar, t.ex. vall och plank. Skyddsavstånd som riskreducerande åtgärd har hög tillförlitlighet och fungerar oberoende av andra åtgärder. Åtgärden är mest effektiv på korta avstånd, och effektiviteten avtar med avståndet.

Skyddsavstånd mellan E16 och befintlig bebyggelse är svårt att reglera, eftersom den huvudsakliga utformningen och placeringen av både väg och befintliga byggnader styrs av befintliga förutsättningar. Bebyggelse av närliggande fastigheter bör dock beaktas i framtida byggprocesser, så att detta utförs på ett sätt vilket inte genererar en oskäligen risknivå för byggnadens brukare.

Individriskberäkningarna visar på en acceptabel risk vid avstånd större än 25 meter från väkant. Det bedöms skäligen att inte tillåta ytterligare bebyggelse utöver befintlig inom detta avstånd.

6.2 Avåkningsskydd

Genom att förse vägen med avåkningsskydd minskar sannolikheten att en farligt gods-transport kör av vägen och välter. Åtgärden bedöms ge god effekt i synnerhet där angränsande fastigheter är belägna lägre än körbanan. Avåkningsskydd ska anpassas efter rådande behov baserat på fordonstyp och hastighet.

6.3 Mur, vall eller plank

En mur eller annan avskärmande konstruktion kan bjuda olika typer av riskreduktion beroende på utformning, placering och materialval. Exempel är strålningsreduktion, skydd mot tryckvåg vid explosion, begränsning av vätskespill eller reducerad risk vid avåkning.

I berört fall skulle en låg mur kunna användas för att kombinera avåkningsskydd med begränsning av pölutbredning vid olycka med brandfarlig vätska ADR-S klass 3. Ett plank för strålningsreduktion bedöms inte vara en gångbar lösning för berört planområde ur riskreducerande eller estetiskt perspektiv.

6.4 Disposition av byggnad

Åtgärden innebär disposition av lokaler i en byggnad för att uppnå ett skydd mot olyckor. Exempelvis planeras en byggnad så att inga eller få personer vistas i den del som är närmst godsleden. Utrymningsvägar bör förläggas så att de inte mynnar mot riskkällan. Dock kan åtgärden möjligen förbises vid ändring av byggnaden, och tillförlitligheten är sådant fall tveksam. Dessutom innebär åtgärden uppenbarligen en begränsning av byggnadens användning.

Åtgärden bedöms inte vara gångbar för bostäder, men bör kunna tillämpas i andra typer av verksamhet av verkstads- eller lagertyp. Åtgärden är endast tillämpbar vid nybyggnation och har således ingen effekt för befintliga förhållanden.

6.5 Brandskyddad fasad

Åtgärden innebär att fasad, inklusive fönster och dörrar, utförs i brandteknisk klass, samt att krav ställs på byggnadens svårantändlighet. Fasader utförda i brandteknisk klass ska förhindra brandspridning genom väggen under en viss tid, beroende på brandens intensitet. Denna åtgärd betyder dock inte att fasaden inte kan antändas eller att brandspridning inte kan ske via fasaden till vind eller liknande. Därför kan åtgärden behöva kompletteras med krav på svårantändlighet, och därmed krav på fasadmaterial. Brandskyddad fasad fördröjer således brandspridning vidare in i en byggnad. Åtgärden kan regleras med detaljplan, och bör då införas som funktionsbaserad bestämmelse, eftersom fasad, fönster och ventilation ska fungera ihop.

Åtgärden kan vara svår att kombinera med bostäder eller andra byggnader som används för stadigvarande vistelse, eftersom det finns risk att brandklassade fönster öppnas trots att det kräver en nyckel.

Åtgärden är endast tillämpbar vid nybyggnation och har således ingen effekt för befintliga förhållanden.

6.6 Reglerad verksamhet

Genom att reglera vilken typ av verksamhet som får bedrivas utmed E16 kan nybyggande inom föreslaget skyddsavstånd (25 meter) begränsas till fristående byggnader utan stadigvarande vistelse som förråd, garage eller dylikt.

6.7 Sammanfattning av rekommenderade åtgärder

Eftersom WSP:s bedömning är att riskreduktion för att kontrollera individrisken är en förutsättning för att planområdets inneboende riskbild ska anses vara acceptabel föreslås att nedanstående åtgärder implementeras. Beräknad riskbild innebär att åtgärdsimplementering ska ske i en skäligen utsträckning med en god kostnad-nytta.

- *Skyddsavstånd*
Ingen ny bebyggelse för stadigvarande vistelse får upprättas inom 25 meter från E16. Åtgärden kombineras med fördel med *Avåkningskydd* och *Väggkant* för att säkerställa att avståndet till riskkällan begränsas till 25 meter.
- *Avåkningskydd*
Avåkningskydd bör anordnas på känsliga vägvägningsnitt samt där fastigheter som angränsar till E16 är belägna lägre än körbanan där byggnad för stadigvarande vistelse är placerad inom 25 meter från väggkant.
- *Väggkant*
Någon form av kant eller mur som avgränsar körbanan bör implementeras för att begränsa utbredningen av eventuellt vätskespill vid olycka med transport brandfarlig vätska. Detta kan ske i form av trottoarkant mellan körfältet och gång-/cykelbanan.
- *Brandskyddad fasad*
Krav bör ställas på brandskyddad fasad, inkluderat brandskyddade glas, på nybyggnation inom 25 meter från väg. Åtgärden gäller endast ytor som vetter mot körbanan.

7 Diskussion

Riskbedömningar av detta slag är alltid förknippade med osäkerheter, om än i olika stor utsträckning. Osäkerheter som kan påverka resultatet kan vara förknippade med bl.a. det underlagsmaterial och de beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på. De beräkningar, antaganden och förutsättningar som generellt är belagda med störst osäkerheter är:

- Personantal inom området,
- utformning och disposition av etableringar,
- farligt gods-transporter förbi planområdet,
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar och antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadesscenario.

Antaganden har utförts på ett konservativt sätt för att säkerställa att risknivån inom området inte underskattas.

Vid analyser av detta slag råder ibland brist på relevanta data, behov av att göra antaganden och förenklingar och svårigheter att få fram tillförlitliga uppgifter som dessutom är mer eller mindre osäkra. Dessa svårigheter innebär att olika riskanalyser/riskanalytiker ibland kan komma fram till motstridiga resultat på grund av skillnader i antaganden, metoder och/eller ingångsdata. [25]

Det finns flera skäl till varför systematiska riskanalyser är att föredra framför andra mer informella eller intuitiva sätt att hantera den stora, men långt ifrån fullständiga, kunskapsmassa som finns beträffande riskerna med farligt gods. Användning av riskanalysmetoder av den typ som presenteras i VTI Rapport 389:1 och som använts i detta projekt innebär att befintlig kunskap insamlas, struktureras och sammanställs på ett systematiskt sätt så att kunskapsluckor kan identifieras. Detta medför att analysens förutsättningar kan prövas, ifrågasättas och korrigeras av oberoende. Metoden innebär också att de antaganden och värderingar som ligger till grund för olika skattningar tydliggörs för att undvika missförstånd vid information, diskussion och förhandling mellan beslutsfattare, transportörer och allmänhet. Riskanalyser utgör därigenom ett viktigt led i den demokratiska process som omger transporter av farligt gods i samhället. [25].

8 Slutsatser

WSP:s samlade bedömning av riskbilden kring E16 genom Hofors är att skäligen åtgärder ska implementeras för att sänka individrisknivån inom ett avstånd om 25 meter från väg. Beräknad samhällsrisk är acceptabel, vilket i huvudsak beror på en låg persontäthet i närområdet, samt en begränsad mängd transporter av farligt gods utmed E16 genom samhället.

Föreslagna åtgärder som bör implementeras för att uppnå en acceptabel individrisknivå är:

- *Skyddsavstånd*
Ingen ny bebyggelse för stadigvarande vistelse får upprättas inom 25 meter från E16. Åtgärden kombineras med fördel med *Avåkningskydd* och *Väggkant* för att säkerställa att avståndet till riskkällan begränsas till 25 meter.
- *Avåkningskydd*
Avåkningskydd bör anordnas på känsliga vägvagnsnitt samt där fastigheter som angränsar till E16 är belägna lägre än körbanan där byggnad för stadigvarande vistelse är placerad inom 25 meter från väggkant.
- *Väggkant*
Någon form av kant eller mur som avgränsar körbanan bör implementeras för att begränsa utbredningen av eventuellt vätskespill vid olycka med transport brandfarlig vätska. Detta kan ske i form av trottoarkant mellan körfältet och gång-/cykelbanan.
- *Brandskyddad fasad*
Krav bör ställas på brandskyddad fasad, inkluderat brandskyddade glas, på nybyggnation inom 25 meter från väg. Åtgärden gäller endast ytor som vetter mot körbanan.

Vid implementering av ovanstående bedöms att tillräcklig riskreducering erhålls ur ett skälighetsperspektiv. Att inga ytterligare åtgärder fordras beror delvis på att riskbilden för de boende utmed vägen inte försämras i och med ombyggnaden av vägvagnsnittet.

Beräkningar för samhällsrisk visar att nivåerna är av acceptabla mått. Detta styrks genom utförd konsekvensanalys vilken trots mångdubbel befolkningstäthet resulterar i den nedre halvan av ALARP.

Bilaga A. Statistiskt underlag

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods som ligger till grund för kommande bedömningar och beräkningar.

A.1. Beräkning av olycksfrekvens

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [13] presenteras metoder för beräkning av frekvens för trafikolycka samt trafikolycka med farligt gods-transport på väg. Rapporten är en sammanfattning av Väg och- transportforskningsinstitutets rapport [18] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarioer med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Frekvensen för farligt gods-olycka uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för vägsträckan. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2030.

A.2. Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

År 2013 skedde omkring 321 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var ungefär 6,8 miljoner ton, fördelat på en totalt körd stäcka av cirka 55 miljoner kilometer [23].

Tabell 3 redovisar fördelningarna mellan ADR-S-klasserna utifrån ett medelvärde av antalet körda kilometer med transporter av farligt gods över hela landet, år 2008-2013, vilket anses representera den undersökta vägsträckan [7] och [24]. [19] [20] [21] [22] [23]

Tabell 3. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser för respektive alternativ.

ADR-S klass	Andel av transporter	Antal transporter per dygn
Klass 1	1,20 %	0,3 transporter
Klass 2.1	5,12 %	1,3 transporter
Klass 2.3	0,03 %	0,0075 transporter
Klass 3	60,4 %	15 transporter
Klass 5	3,18 %	0,8 transporter
Övriga	30,1 %	7,5 transporter
Totalt	100 %	25 transporter

Bilaga B. Frekvensberäkningar

I frekvensberäkningarna beräknas en grundfrekvens för olyckor med transporter av farligt gods på en 1 km lång vägsträcka enligt VTI-modellen. Med hjälp av händelseträdsmetodik beräknas sedan frekvenser för respektive olycksscenario för de olika klasserna. Händelseträden utvecklas i kommande avsnitt för respektive ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

B.1. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [16]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

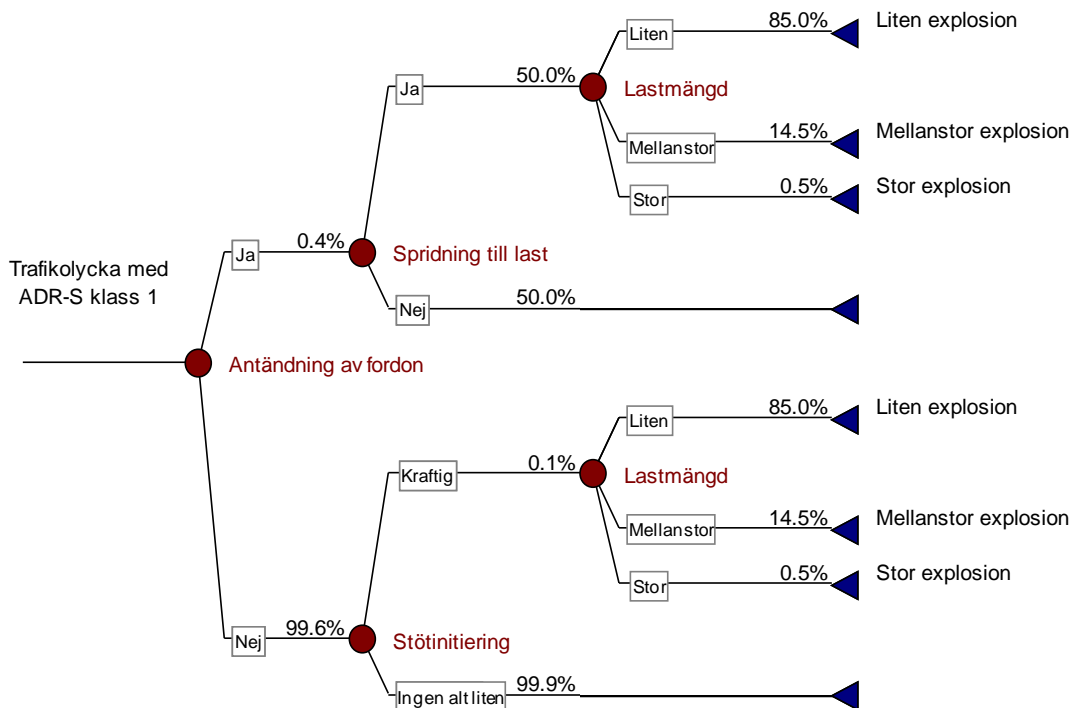
B.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [26] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexlosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

Transporterad mängd är avgörande för explosionsverkan. Maximal mängd massexplösiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplösiva varor.

B.1.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 9 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett involverande ett fordon lastat med explosiva ämnen. Dessa sannolikheter ligger till grund för frekvensberäkningar och motiveras i texten.



Figur 9. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

B.1.2.1. Antändning av fordon

De brandscenarier som kan leda till påverkan på lasten bedöms i huvudsak kunna uppkomma om transporten är involverad i en olycka som föranleder brand eller till följd av fordonsfel som leder till brand, till exempel överhettade bromsar eller elektriska fel.

Tillgänglig statistik över omfattningen av bränder inom transportsektorn är begränsad. Utifrån tillgänglig statistik från olika länder (bland annat Japan och Tyskland) anges en olyckskvot på cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [27]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [28] [29].

B.1.2.2. Brandspridning till lasten

Sannolikheten för spridning till last med efterföljande detonation beror på vilken typ av ADR-S klass som involveras, vilket ämne, brandens storlek, mängden transporterat ämne med mera.

En fransk studie av fordonsbränder i tunnlar visar att 4 av 10 bränder släcks av personer på plats [30], med hjälp av enklare släckutrustning. Sådan släckutrustning finns dock sällan tillgänglig på ytvägnäten, men regelverken för transporter av farligt gods ställer krav på transportören att ha handbrandsläckare, och andelen släckta bränder i ADR-S klassade transporter bedöms vara något högre än vid andra olyckor.

Resterande bränder antas bli släckta av räddningstjänsten, men då osäkerheter råder om insatstiden kan det inte förutsättas att räddningstjänsten alltid förhindrar att branden sprider sig till den explosiva lasten. Utifrån detta resonemang görs samma bedömning som i Göteborgs fördjupade översiktsplan [31], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

B.1.2.3. Stöt

Med stöt avses sådan med intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [32]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [33] anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

Med hänsyn till den utveckling som skett inom fordonsutformning och trafiksäkerhet de senaste 20 åren antas sannolikheten för en stötinitierad detonation vara lägre än de 0,2 % som HMSO anger. Utifrån ovanstående bedöms sannolikheten för att en stöt initierar en detonation vara 0,1 %.

B.1.2.4. Fördelning mellan lastmängder

Genomfartstrafik respektive transporter till centrallager bedöms vanligen utgöras av maximalt lastade fordon, vilket motsvarar en last på 16 ton med fordon av EX/III-klass. Detta har framkommit i intervjuer med tillverkare och transportörer av explosiva ämnen [34] [35].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [36] anger att genomfartstrafik utgör omkring 0,5 % av alla transporter med farligt gods. Transporter med 16 ton antas därmed utgöra mindre än 0,5 % av samtliga transporter i klass 1. Detta överensstämmer med uppgifter från tre stora transportörer, som anger att andelen transporter med så stora lastmängder utgör mindre än 1 % av det totala antalet transporter med explosiva varor [37]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [38] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i

Tabell 4, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell 4. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat	Andel	Representativ lastmängd för
-----------	------------	-------	-----------------------------

	viktintervall		konsekvensberäkningar
Mycket stor	(16 000 kg)	0,5 %	16 000 kg
Mellanstor	(500-5000 kg)	14,5 %	1 500 kg
Liten	(<500 kg)	85 %.	150 kg

B.2. ADR-S Klass 2 – Gaser

ADR-S klass 2 omfattar rena gaser, gasblandningar och blandningar av en eller flera gaser med ett eller flera andra ämnen samt föremål innehållande sådana ämnen.

Gaser tillhörande ADR-S klass 2 är indelade i olika riskgrupper beroende på dess farliga egenskaper; brandfarliga gaser (riskgrupp 2.1.), icke brandfarliga, icke giftiga gaser (riskgrupp 2.2) samt giftiga gaser (riskgrupp 2.3) [16]. Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brandfarliga gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

B.2.1 ADR-S Riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

ADR-S riskgrupp 2.1 omfattas av brandfarliga gaser, exempelvis väte, propan, butan och acetylen. Här utgör brand den huvudsakliga faran, och gaserna är vanligtvis inte giftiga¹. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [39]. Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg [31].

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typen av antändning. Om den, under tryck, läckande gasen antänds omedelbart uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med hjälp av vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot är en så kallad BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion).

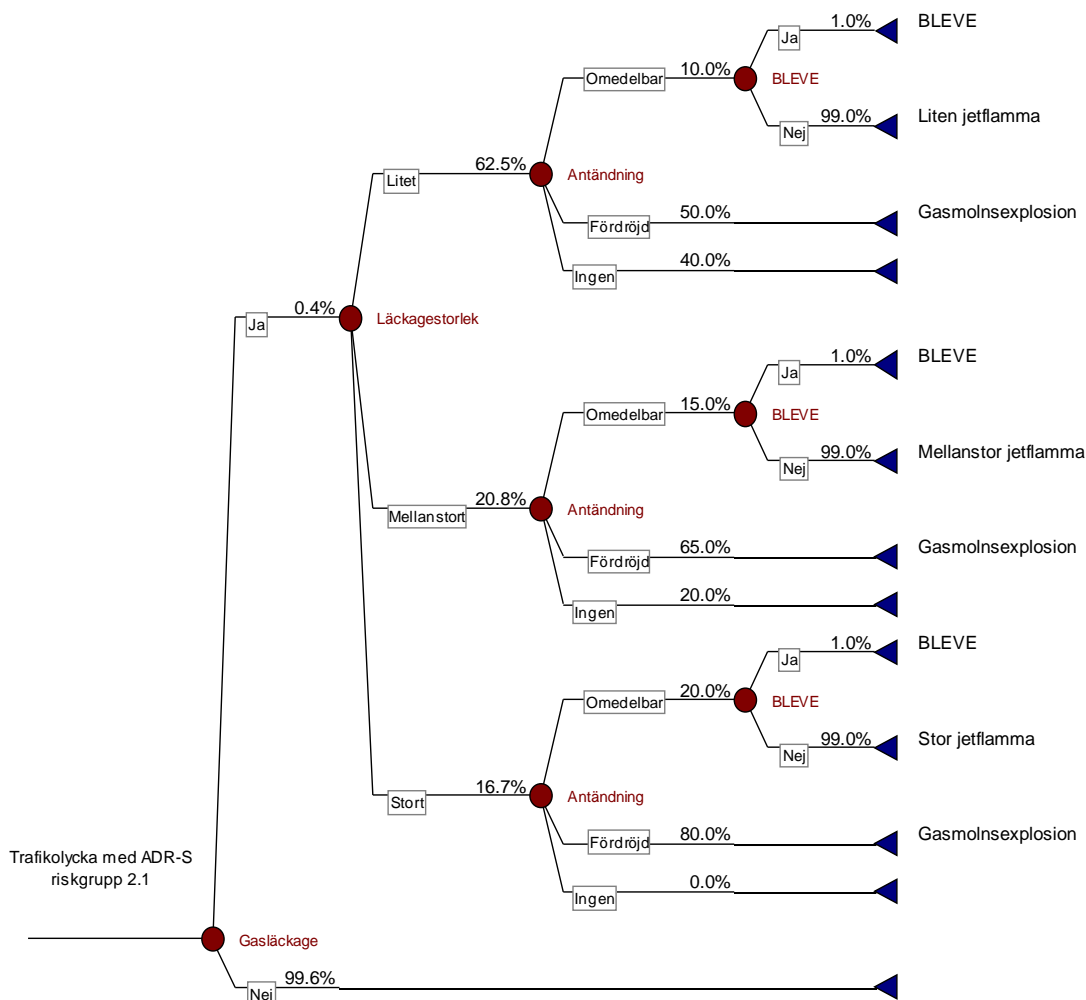
B.2.1.1. Representativt ämne

Gasol antas utgöra ett representativt ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns och det faktum att den ofta transporteras tryckkondenserad gör den till ett konservativt val.

B.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 10 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

¹ Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.



Figur 10. Händelseträ med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

B.2.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [40]. Erfarenheter från utländska studier visar att sannolikheten för läckage av det transporterade godset då sänks till 1/30 av värdet för läckage i tankbil med ADR-S klass 3 [13] av sannolikheten för icke trycksatta kärl.

B.2.2.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av brandfarlig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där utsläppsstorlekarna är definierade i [13] utifrån massflöde: 0,09 kg/s (*litet*), 0,9 kg/s (*medelstort*) respektive 17,9 kg/s (*stort*). Med gasol som gas har arean på läckaget beräknats till 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [13].

B.2.2.3. Antändning

När ett läckage av brandfarlig gas, klass 2.1, har skett finns det en risk att gasen antänds. Antändningen kan inträffa direkt eller vara fördröjd. En direkt antändning antas leda till att en jetflamma uppstår, medan en fördröjd antändning kan innebära att en gasmolnsexplosion inträffar. För ett utsläpp som är mindre än 1500 kg anges sannolikheterna för direkt antändning, fördröjd antändning

och ingen antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [41], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

B.2.2.4. BLEVE

En BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion) kan inträffa om en tank med tryckkondenserad gas värms upp så snabbt att tryckökningen leder till att tanken rämnar. Detta resulterar i att den kokande vätskan (tryckkondenserad gas) momentant släpps ut och antänds. Detta resulterar i ett mycket stort eldklot. En BLEVE antas kunna uppstå i en oskadad tank, utan fungerande säkerhetsventil eller där säkerhetsventilen inte snabbt nog hinner avlasta trycket. Det krävs då att en direkt antändning har skett vid en intilliggande tank och orsakat jetflamma som är riktad direkt mot den oskadade tanken. Sannolikheten för att ovan givna förutsättningar ska infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

B.2.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

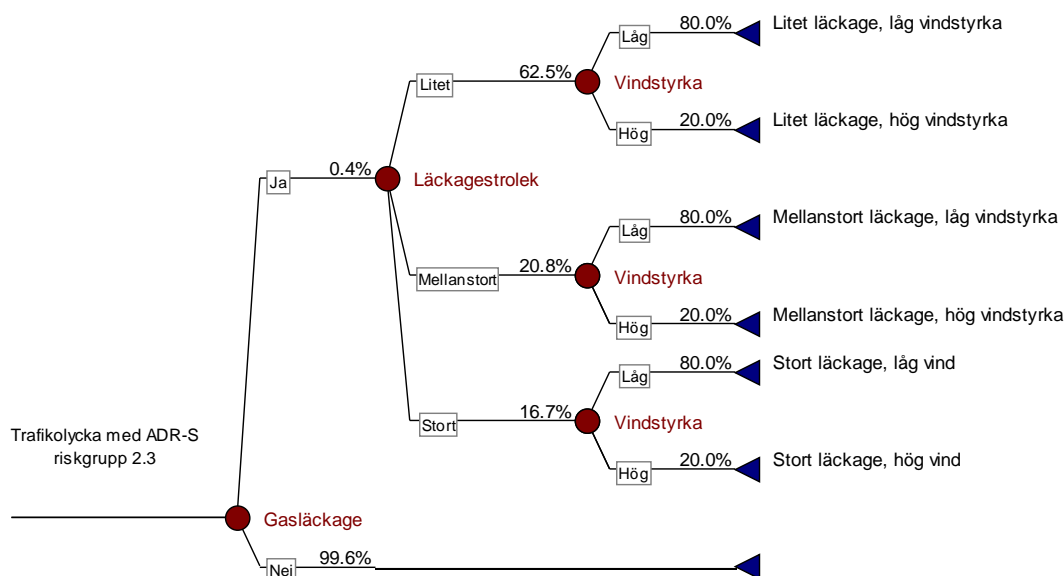
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

B.2.3.1. Representativt ämne

Valet av representativ giftig gas som beaktas vidare i analysen baseras på IDLH-värdet, *Immediately Dangerous to Life and Health*, vilket avser den koncentration som vid exponering innebär omedelbar fara för människors liv eller som ger upphov till irreversibla skador. Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, så fortsättningsvis beaktas konsekvenser av en olycka med svaveldioxid.

B.2.4 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 11 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 11. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

B.2.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [13]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [40]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [13] av sannolikheten för icke trycksatta kärl.

B.2.4.2. Läckagestorlek

Ett läckage till följd av en olycka med en transport av giftig gas antas kunna bli *litet*, *medelstort* eller *stort*, där storlekarna är definierade utifrån utsläppets källstyrka. Storleken på läckaget är samma som för ADR-S klass 2.1 det vill säga 0,1; 0,8 respektive 16,4 cm². Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [13].

B.2.4.3. Vindstyrka

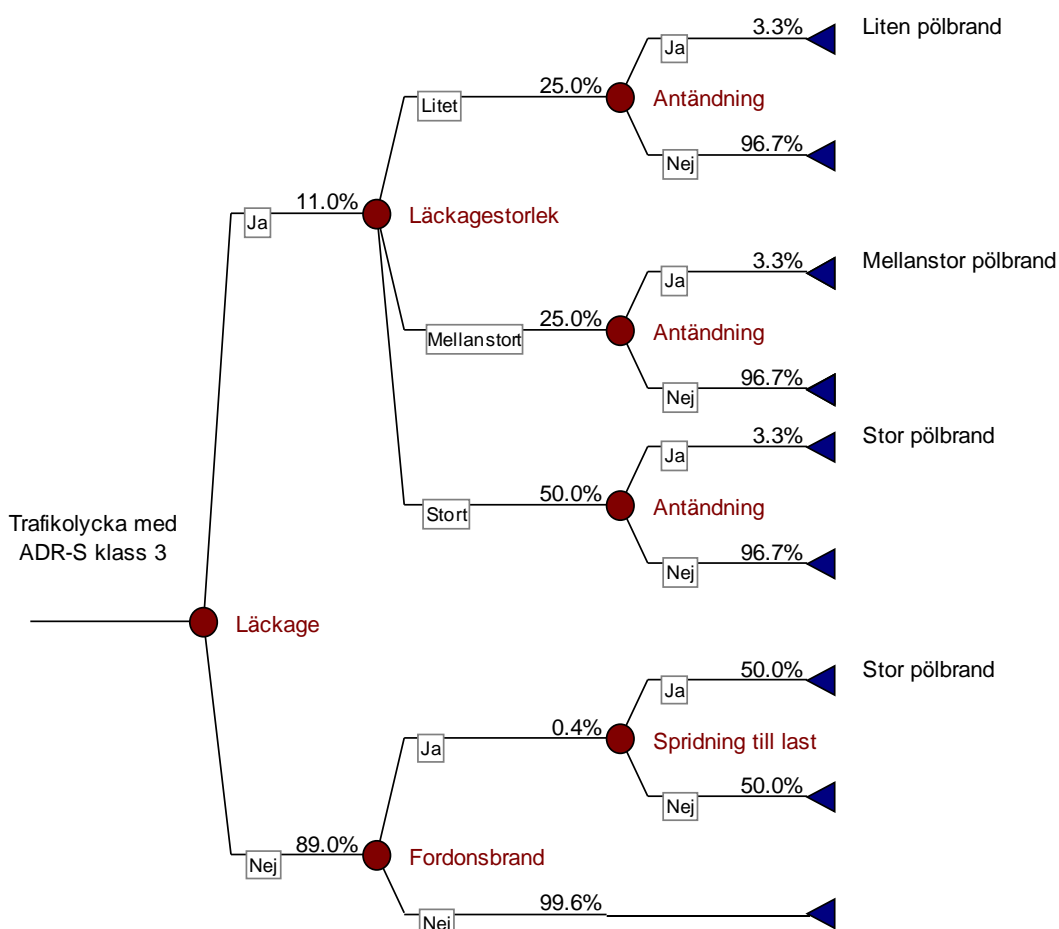
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s [42]. Vindhastighet över 4 m/s betecknas i denna analys som hög och vindhastighet lägre än 4 m/s betecknas som låg. Utifrån detta antas sannolikheten för hög respektive låg vindhastighet vara 20 respektive 80 procent.

B.3. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

ADR-S klass 3 omfattar brandfarliga vätskor, exempelvis bensin, E85, diesel- och eldningsolja, lösningsmedel etc. De flesta transporter av farligt gods utgörs av brandfarliga vätskor.

B.3.1 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 12 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 12. Händelseträäd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

B.3.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 0,03 [13].

B.3.1.2. Läckagestorlek

Storleken på läckaget varierar beroende på tankbilens storlek och typ. Enligt uppgifter från transportbolagen, när det gäller klass 3-produkter, är det vanligast att tankbilar med släp transporterar godset [43] [44]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [13]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

B.3.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [45]. Sannolikheten för antändning av läckage med diesel på väg är mycket låg på grund av dess höga flampunkt, medan sannolikheten för antändning av ett bensinläckage är större. Förenklat (och konservativt) antas samtliga transporter av brandfarlig vätska vara bensin. Sannolikheten att antändning sker givet läckage av bensin, oberoende av om det är litet, mellanstort eller stort, är 3,3 % [33].

B.3.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt B.1.2) är denna cirka 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

B.4. ADR-S Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

ADR-S klass 5 är indelad i två riskgrupper; oxiderande ämnen (riskgrupp 5.1) och organiska peroxider (riskgrupp 5.2).

B.4.1 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.1

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera eller understödja brand i andra ämnen, samt i vissa fall detonera [16].

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckupbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [46]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [47] och FOI [48] kan en detonation uppstå om ammoniumnitrat blandas med ett flytande organiskt material såsom diesel, bensin, vegetabiliska oljor, eller om ett annat explosivämne detonerar i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. För att en blandning mellan ammoniumnitrat och organiskt material ska detonera krävs en homogen blandning samt tillförsel av tillräckligt stor energi. Natriumklorat är ett annat ämne som ingår i ADR-S riskgrupp 5.1 och har liknande egenskaper [49].

B.4.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

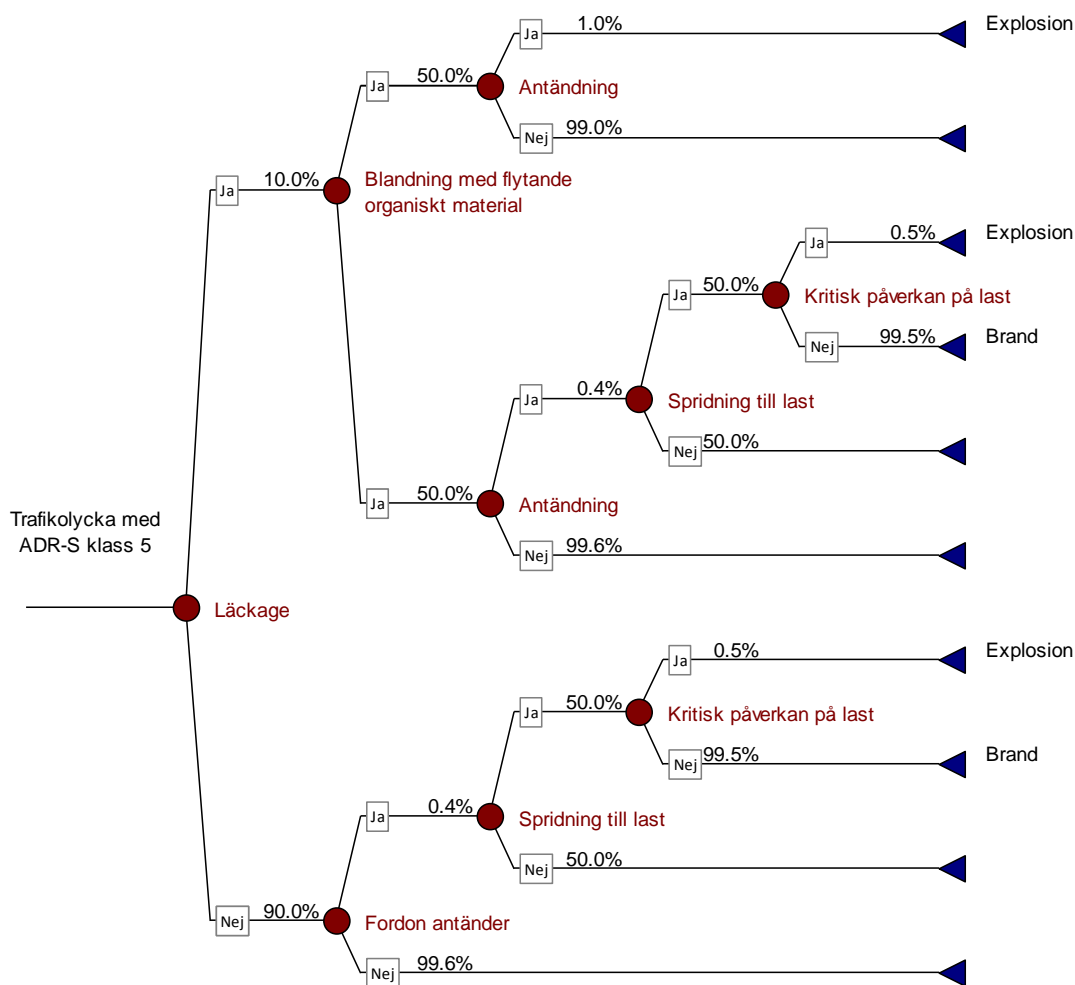
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [39]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

B.4.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [50], bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

B.4.2.2. Händelsesträd med sannolikheter

Figur 13 redovisar ett händelsesträd som utvecklar förloppet efter att ett fordon lastat med ammoniumnitrat varit inblandat i en trafikolycka. De sannolikheter som anges i figuren motiveras i efterföljande textavsnitt.



Figur 13. Händelseträ med sannolikheter för ADR-S klass 5.

B.4.2.3. Läckage

Sveriges enda producent av ammoniumnitrat utgörs i dagsläget av Yara AB i Köping. Ammoniumnitrat transporteras som prillade produkter (fasta korn), paketerade i säckar om 1000 kg. Transporterade mängder med bil omfattar ca 36 ton [51]. Säckarna utgörs av två lager, en tjock innersäck av plast samt en yttre av väv, vilka är sammansvetsade upp till. Då ett utsläpp endast bedöms kunna ske om säcken påverkas av ett vasst föremål eller av en stor tryckpåkning antas sannolikheten för utsläpp uppgå till 10 %. Detta bedöms som en konservativt vald siffra, och styrks av att utsläpp av ammoniumnitrat i samband med transportolycka inte förekommit på Yara under de 12 år som verksamheten har bedrivits.

B.4.2.4. Blandning med flytande organiskt material

Antändning och sönderfall genom deflagration eller detonation kan ske i samband med en olycka som involverar ammoniumnitrat om det först blandas med ett organiskt flytande ämne såsom. Idealt för att ett explosivt förlopp ska inträffa är att ammoniumnitratet blandas med bränslet homogent eller att de blandas under längre tid så att bränslet kan absorberas av ammoniumnitrat. Till följd av begränsat statistiskt underlag ansätts kontaminering av utsläppt ammoniumnitrat ske i 50 % av de fall olycka leder till utsläpp.

B.4.2.5. Antändning av blandning

För att blandningen av ammoniumnitrat och bränsle ska explodera krävs att energi tillförs. I denna bedömning har explosion till följd av olyckan antagits ske med en sannolikhet av 1 %. Antagandet baseras på statistik avseende antändning av ett utsläpp med brandfarlig vätska och bedöms vara en konservativ uppskattning då brandfarlig vätska antas vara mer lättantändlig.

B.4.2.6. Antändning av oblandat gods

Sannolikheten för en antändning efter ett utsläpp av lasten, men utan att den blandats med organiskt material, bedöms utifrån ämnets egenskaper vara lika stor som sannolikheten att fordonet i sig fattar eld vid olyckan, det vill säga 0,4 %.

B.4.2.7. Antändning av fordon vid olycka

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt B.1.2) är denna cirka 0,4 %.

B.4.2.8. Brandspridning till lasten

För att ett explosivt förlopp ska ske i detta fall krävs tillförsel av energi i form av antingen en brand eller detonation i eller i kontakt med ammoniumnitratmassan. Sannolikheten för att fordonsbranden ska sprida sig till lastutrymmet beror bland mycket annat på fordonets utformning och hur lasten förvaras. Enligt tidigare resonemang antas sannolikheten för brandspridning till lasten vara 50 %.

B.4.2.9. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [47]. Antändning av ammoniumnitrat/bränsleblandning kan övergå till ett självunderhållande sönderfall (som behandlats ovan) medan ren ammoniumnitrat är så stabil att ett eventuellt sönderfall upphör då värmekällan avlägsnas [46]. Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

B.5. Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 1 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga C).

Bilaga C. Konsekvensberäkningar

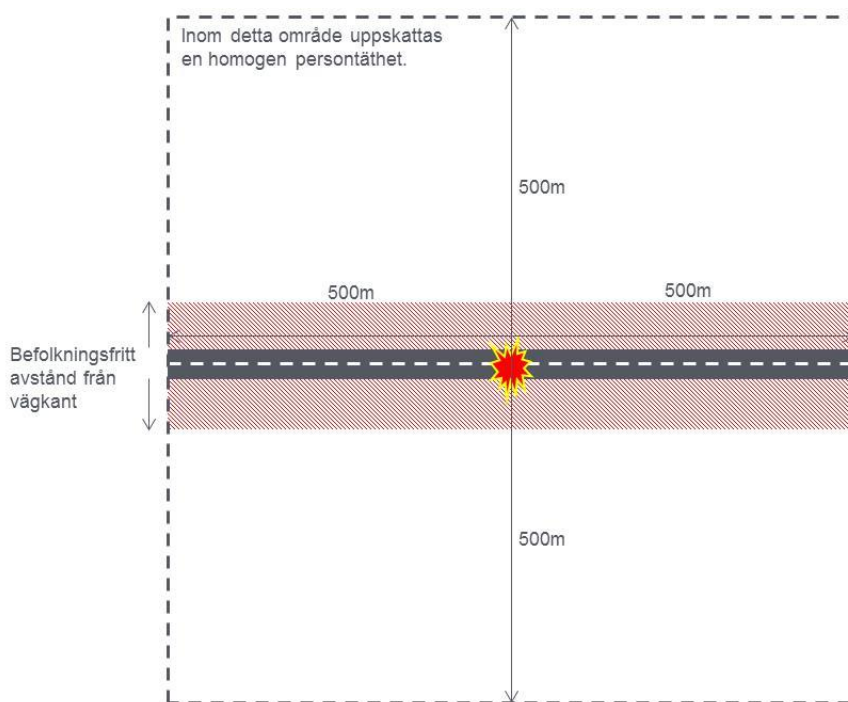
Tabell 5 visar samtliga identifierade scenarier som kan ge upphov till konsekvenser i form av omkomna. Uppdelningar i två olika konsekvensindex för explosioner beror på att två olika konsekvensavstånd särskiljs, vilket förklaras vidare i C.3. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

Tabell 5. Samtliga scenarier som kan ge upphov till dödliga konsekvenser.

ADR-S Klass	Konsekvensindex	Scenario
1	1a	Liten explosion
	1b	
	2a	Mellanstor explosion
	2b	
	3a	Stor explosion
	3b	
2.1	1	BLEVE
	2	Liten jetflamma
	3	Gasmolnsexplosion
	4	Mellanstor jetflamma
	5	Stor jetflamma
2.3	1	Litet läckage låg vindstyrka
	2	Litet läckage hög vindstyrka
	3	Mellanstort läckage låg vindstyrka
	4	Mellanstort läckage hög vindstyrka
	5	Stort läckage låg vindstyrka
	6	Stort läckage hög vindstyrka
3	1	Liten pölbrand
	2	Mellanstor pölbrand
	3	Stor pölbrand
5	1a	Explosion
	1b	
	2	Brand

C.1. Persontäthet

I samhällsrisikberäkningar uppskattas hur många personer som kan antas uppehålla sig i området kring vägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer. Riskbedömningen grundar sig på att analysera olyckor från centrum av väg E16, samt åt 500 meter i vardera riktningen enligt Figur 14.



Figur 14. Principskiss för hur persontätheten har räknats fram. Personerna inom hela området antas befinna sig jämt utspridda över ytan.

Området har en uppskattad dimensionerande persontäthet på 100 personer per kvadratkilometer både dag- och nattetid, dvs. under alla dygnets timmar.

Som grund för uppskattningen ligger data från statistiska centralbyrån om 23 pers/km² [8] [9]. Datan gäller som genomsnitt för hela kommunen varför värdet har viktats med avseende på att vägen går genom en del av samhället som bedöms ligga över kommunsnittet.

Grundantagandet är att personer uppehåller sig jämnt utspridda över hela ytan, även närmast väggkant. Detta antagande är grovt, och i aktuellt fall utgör cirka 10 meter ett befolkningsfritt avstånd från väggkant. Därför subtraheras personantalet inom detta område från resultatet för varje olycksscenario i samhällsrisken. Hur stort detta avstånd är anges i respektive undersökt alternativ. För individrisken är detta avstånd oväsentligt, eftersom riskmättet anger hur stor frekvensen är att en fiktiv person som uppehåller sig på ett givet avstånd under ett års tid omkommer.

C.2. Antagande om olyckans placering

Konsekvenser som uppstår vid olycksscenerierna antas utgå från väggkant närmast området.

Om det finns en mittbarriär eller avståndet mellan två körriktningar är stort används ett differentierat konsekvensavstånd. Individriskkurvor från respektive körfält slås ihop till en, där det ena körfältets konsekvensavstånd korrigerats för att gälla för det ökade avståndet från väggkanten. Grafen visar fortfarande risken på ett avstånd från väggkant närmast området.

C.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [52].

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splitterverkan vara försumbart. Vad gäller trycknivåer, och de direkta skador som de ger upphov till, går gränsen för lungskador vid omkring 70 kPa och direkt dödliga skador kan uppkomma vid 180 kPa [53]. Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

Sammanlagt bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två zoner, med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan, beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts vad gäller konsekvenserna:

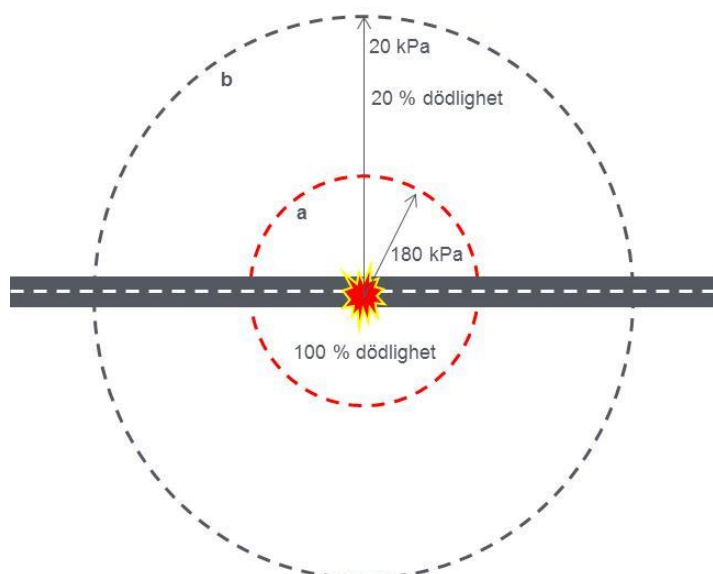
- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 procent av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 procent av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa i enlighet med Figur 15.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [54] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 6. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 6. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötstågen.

Konsekvens	Godsmängd	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd till $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 meter	41 meter
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 meter	88 meter
Stor explosion	16 000 kg	62 meter	193 meter



Figur 15. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

C.4. ADR-S klass 2 – Gaser

En viktig faktor för spridningen av en gas vid ett läckage är påverkan av vinden, både för scenarier med brandfarliga och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

Samtliga vindriktningar antas ha samma sannolikhet, vilket innebär att konsekvensområdets utbredning har samma sannolikhet i alla riktningar från läckaget.

C.5. ADR-S riskgrupp 2.1 – Brandfarliga gaser

Vid beräkning av konsekvenserna av en farligt gods-olycka med utsläpp av brandfarlig gas (gasol) uppskattas det grovt att samtliga transporter utgörs av tankbilar, och att mängden gas i en tankbil är 25 ton.

Programvaran *Spridning Luft* [55] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [24], för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 7. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde	Läckagestorlek - diameter	Läckagestorlek - area
Litet	17,9 kg/s	0,32 centimeter	0,08 cm ²
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 centimeter	0,83 cm ²
Stort	0,09 kg/s	4,56 centimeter	16,37 cm ²

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

- Gasen antas vara propan (gasol).
- Hålet antas vara intryckt utifrån.
- En jetflamma antas vara horisontell.

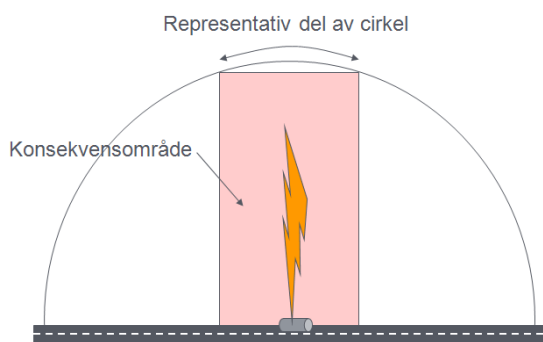
C.6. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [53]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

C.7. Jetflamma

En jetflamma kan uppstå om ett utsläpp av en brännbar gas antänds och förbränns direkt i anslutning till själva läckaget. En mycket kraftig stående flamma uppstår då när gasen trycks ut från kärlet.

Konsekvenserna av en jetflamma har beräknats utifrån exempel 11.3.3 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [53], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [56] används sedan för att beräkna ett riskavstånd dit 50 % antas få dödliga skador av strålningen inom tiden $t = 10$ s. För frekvensreducering med hänsyn till att en jetflammas konsekvensområde inte är cirkulärt används en metod med en representativ del av en cirkel, enligt Figur 16.



Figur 16. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

C.8. Gasmolnexplosion

En gasmolnexplosion kan uppstå vid en fördröjd antändning av en utsläppt gasmassa som hunnit sprida sig och inte längre befinner sig under tryck. Konsekvensområdet beror på hur gasen sprids i omgivningen, vilket i sin tur beror på en mängd faktorer som vind, stabilitetsförhållanden, hinder, utströmmande flöde och densitet, med mera.

Vid en antändning förbränns hela den gasvolym som befinner sig inom brännbarhetsområdet. I det fysiska område där detta sker blir konsekvenserna mycket allvarliga med dödliga förhållanden. Utanför detta område förväntas dock konsekvenserna bli lindriga, men strålningspåverkan kan uppkomma.

Programvaran Spridning Luft [55] används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns. Gasmolnexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 15.

C.9. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

Nedan sammanställs de framräknade konsekvensavstånden för ADR-S klass 2.1.

Tabell 8. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

Index	Scenario	Konsekvensavstånd
1	BLEVE	170 meter
2	Liten jetflamma	5 meter
3	Gasmolnexplosion	42 meter
4	Mellanstor jetflamma	17 meter
5	Stor jetflamma	73 meter

C.10. ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* [55]. Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad (ytråhet 1 m), stabilitetsklass B.

För låg vindstyrka används vindhastigheten 2 m/s och för hög vindstyrka 6 m/s. Konsekvensområdet approximeras sedan med en cirkelsektor enligt Figur 16, och resultaten redovisas i Tabell 9.

Tabell 9. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Vindhastighet	Avstånd till <100 ppm	Spridningsvinkel
Litet	2 m/s	27 meter	55 grader
	6 m/s	29 meter	27,2 grader
Mellanstort	2 m/s	88 meter	59,2 grader
	6 m/s	96 meter	29,2 grader
Stort	2 m/s	458 meter	52,2 grader
	6 m/s	461 meter	25,6 grader

C.11. ADR-S klass 3

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [31] [57].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) respektive 400 m² (*stort*). All brandfarlig vätska (bensin, diesel och E85) antas i beräkningarna utgöras av bensin, vilket bedöms vara konservativt.

Strålningsberäkningar har genomförts med hjälp av handberäkningar [31]. I Tabell 10 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 10. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölarea	Avstånd från pölkant till infallande strålning > 15 kW/m ²
Litet utsläpp	50 m ²	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m ²	22,5 meter
Stort utsläpp	400 m ²	30 meter

C.12. ADR-S klass 5

TVå typer av olycksscenarier med påverkan på omgivningen har identifierats i samband med olyckor med oxiderande ämnen och organiska peroxider: Explosion och brand.

C.12.1.1. Explosion

Konsekvenserna av en explosion i en last med ammoniumnitrat beror till stor del på mängden som deltar i explosionen. I de flesta fall kan man anta att det är tillgången på organiskt material (exempelvis fordonsbränsle) som är den begränsande faktorn. En normal lastbil antas medföra 400 liter diesel i tanken, vilket leder till att en ammoniumnitrat/dieselblandning kan bildas, som motsvarar upp till 4,1 ton trotyl [49]. Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

Resultaten visar att personer i omgivningen omkommer inom drygt 30 meter, medan byggnader skadas inom drygt 120 meter.

C.12.1.2. Brand

En brand som inkluderar ämnen i ADR-S klass 5 är mycket intensiv, eftersom dessa ämnen är brandunderstödjande. Grovt antas en sådan brand motsvara en stor pölbrand så som den beaktas inom ADR-S klass 3 ovan. Konsekvensavståndet blir därmed 30 meter.

Bilaga D. Känslighetsanalys

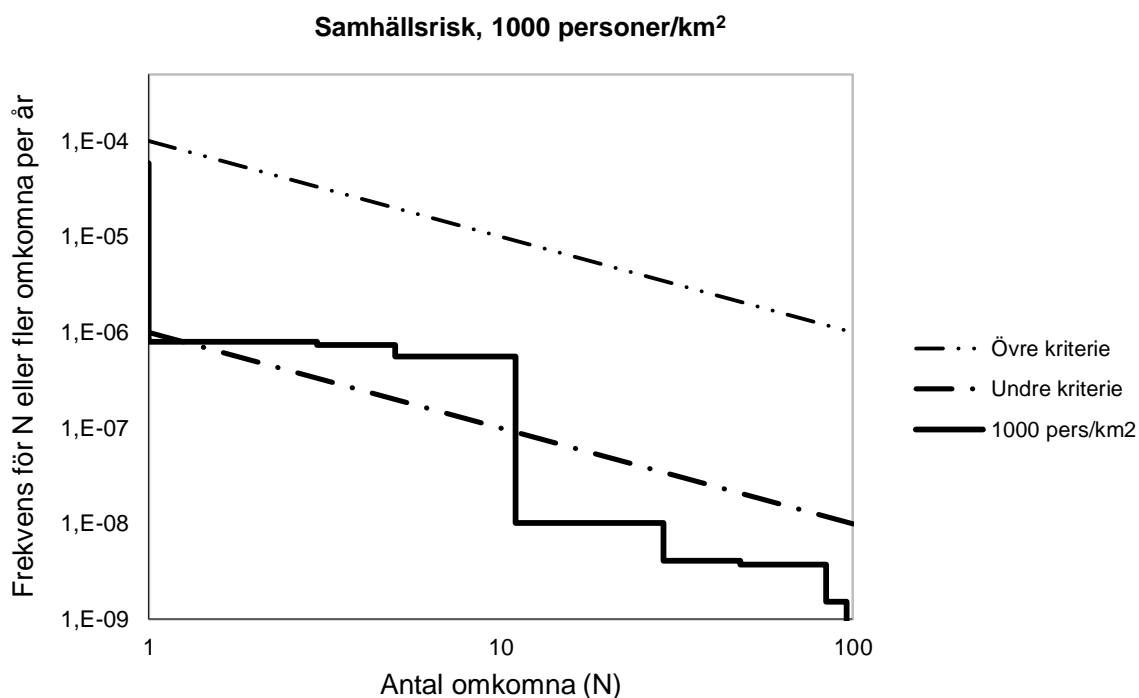
Känslighetsanalys används för att minimera inverkan av osäkerheter genom att verifiera hur sårbart en beräkning eller ett system är för förändrade förutsättningar.

Vid beräkningar av individ- och samhällsrisik med avseende på farligt gods ut med E16 genom Hofors har känslighetsanalys utförts genom att variera befolkningstätheten i närområdet, samt antalet transporter av farligt gods.

Resultaten av känslighetsanalysen är att utrett system är okänsligt för relativt stora förändringar i indata, dvs. att det krävs kraftigt riskökande förändringar för att generera ett oacceptabelt riskmått i utrett planområde.

Oacceptabel individrisk enligt DNV:s bedömningskriterier erhålls vid en ökning av farligt gods-transporter omkring 700 procent. Detta bedöms vara en orimlig ökning, vilket styrker att det beräknade riskmålet enligt figur 7 är representativt för dimensionering av åtgärdsimplementering för riskreduktion.

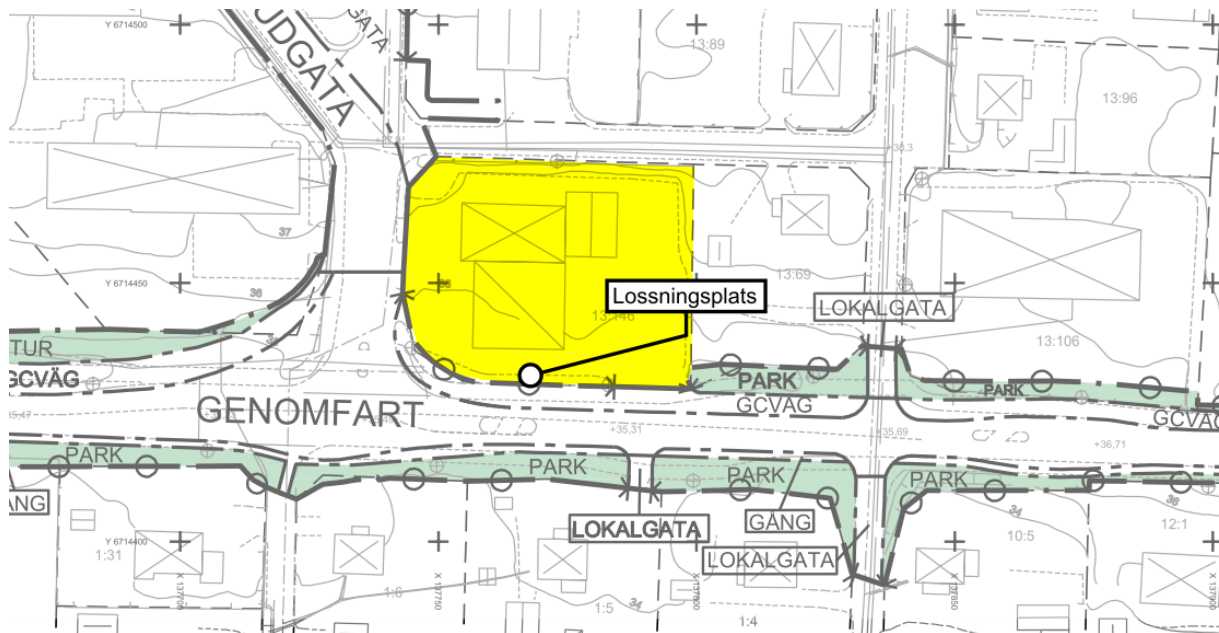
Vid beräkning av samhällsrisik har persontätheten i området alternerats för att undersöka hur det påverkar den beräknade risken. Även vid en persontäthet om 1000 personer/km², vilket är 4000 procent mer än befolkningstätheten för Hofors enligt SCB erhålls en risknivå i låga ALARP.



Figur 17. Känslighetsanalys för ökande befolkningstäthet (1000 pers/km²).

Bilaga E. Riskbedömning drivmedelsstation

Denna riskbedömning upprättas på uppdrag av Hofors kommun och utgör komplement till upprättad kvantitativ riskbedömning i samband med detaljplaneförändring av E16 genom Hofors. Utredd riskkälla utgörs av drivmedelsstation belägen på Hofors 13:146 enligt figur



Figur 18. Inplacering av drivmedelsstation (gul) relativt omgivningen. Avståndet från lossningsplatsen till närmaste bostadsbebyggelse är omkring 30 meter

Transporter till och från drivmedelsstationen är invägda i riskutredningen med avseende på farligt gods för E16, varför denna bedömning avgränsas till att endast behandla risk kopplad till drivmedelsstationen i sig, inkluderat lossning och tankning.

Riskbedömningen tar grund i Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, MSB) publikation *Hantering av brandfarliga gaser och vätskor på bensinstationer* [3] och utförs per kvalitativa resonemang och bedömningar. Enligt Räddningsverkets handbok är rekommenderat skyddsavstånd från lossningsplats och mätarskåp till bostadsbebyggelse 25 respektive 18 meter. I liggande detaljplaneförslag överskrids avståndet från mätarskåp, varför riskkällan bedöms acceptabel.

Lossningsplatsen är belägen 20 meter från närmaste fastighet för bostadsbebyggelse, *Hofors 1:5*. Fastighetens närmast belägna byggnad ligger dock på ett avstånd omkring 30 meter från lossningsplatsen. Det bedöms otroligt att fastigheten kommer bebyggas på ett avstånd inom 25 meter från lossningsplatsen givet fastighetens utformning samt läge relativt vägen.

Givet ovanstående förutsättningar och riktlinjer bedöms att drivmedelsstationen belägen på *Hofors 13:146* inte genererar en betydande risknivå vilket fordrar särskild åtgärdsimplementering för riskreduktion mot angränsande fastigheter.

Bilaga F. Referenser

- [1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen*, Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
- [2] L. i. G. I. Klara Virdby (Samtal 2011-01-11). Planavdelningen.
- [3] B. Herlin, Hantering av brandafarliga gaser och vätskor på bensinstationer, Räddningsverket, 2008.
- [4] Länsstyrelsen i Stockholms Län, Stockholm: Länsstyrelsen, 2003.
- [5] Länsstyrelsens i Stockholms län, ”Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer,” 2000.
- [6] WSP Akustik, *Teknisk rapport, Hofors kommun (förhandskopia)*, 2010-12-22.
- [7] SIKÅ, Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
- [8] Statistiska centralbyrån (SCB), *Folkmängd i riket, län och kommuner 30 juni 2013 och befolkningsförändringar 1 april - 30 juni 2013*, 2013.
- [9] Statistiska centralbyrån (SCB), *Kommunarealer den 1 januari 2012*, 2012.
- [10] A. Hagljung, *Muntligen 2013-07-05*, Hofors Kommun.
- [11] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [12] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [13] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [14] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [15] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [16] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [17] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor*, Karlstad, 2006.
- [18] VTI, *Konsekvensanalys av olika olycks scenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [19] TRÅFA, ”Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2009,” Trafikanalys, 2010.
- [20] TRÅFA, ”Lastbilstrafik 2010 Swedish national and international road goods transport 2010. Statistik 2010,” Trafikanalys, 2011.
- [21] TRÅFA, ”Lastbilstrafik 2011 Swedish national and international road goods transport 2011. Statistik 2011,” Trafikanalys, 2012.
- [22] TRÅFA, ”Lastbilstrafik 2012 Swedish national and international road goods transport 2012. Statistik 2012,” Trafikanalys, 2013.
- [23] TRÅFA, ”Lastbilstrafik 2013 Swedish national and international road goods transport 2013. Statistik 2013,” Trafikanalys, 2014.
- [24] TRÅFA, Trafikanalys, 2010.
- [25] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [26] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [27] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [28] SIKÅ, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
- [29] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.

- [30] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [31] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [32] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap*, Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
- [33] HMSO, London: Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
- [34] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11*, Orica Services Nora, 2008.
- [35] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09*, Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
- [36] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11*, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
- [37] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB*, 2007.
- [38] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16*, 2008.
- [39] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.
- [40] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [41] G. Purdy, "Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous Materials*, vol. 3 (1993), pp. 229-259, 1993.
- [42] H. Alexandersson, Norrköping: Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.
- [43] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08*, Statoil, 2010.
- [44] T. Gammelgård, *Muntligen: 2010-07-09*, OKQ8, 2010.
- [45] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08*, Svenska Petroleum Institutet, 2010.
- [46] G. Marlair och Kordek, M-A, "Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers," *Journal of Hazardous Materials*, pp. A123. pp 13-28, 2005.
- [47] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18*, Yara International ASA, Köping, 2008.
- [48] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18*, FOI, Tumba, 2008.
- [49] R. Forsén, FOI, 2009.
- [50] VROM, Ministerier van VROM, 2005.
- [51] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18*, Yara AB, Köping, 2008.
- [52] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [53] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [54] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [55] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [56] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [57] BBR, Boverket, 2006.

WSP Sverige AB

Box 574

20125 Malmö

Tel: +46 10 7225000

Fax: +46 10 7226345

<http://www.wspgroup.se>

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

