FASTIGHETER I LÅNGEVIK AB

RISKBEDÖMNING FARLIGT GODS

DETALJPLAN FÖR LÅNGEVIK 1:12, SOTENÄS KOMMUN

2021-05-20

Riskbedömning Farligt gods

DETALJPLAN FÖR LÅNGEVIK 1:12, SOTENÄS KOMMUN

KUND

Fastigheter i Långevik AB

KONSULT

WSP Environmental Sverige
Box 13033
402 51 Göteborg
Besök: Arenavägen 7
Tel: +46 10-722 50 00
WSP Sverige AB
Org nr: 556057-4880
wsp.com

KONTAKTPERSONER

Jörgen Pettersson, jorgen_p@live.se
Linda Hansson, linda@radhuset.se
Karin Magnusson, karin.magnusson@wsp.com

UPPDRAGSNAMN
RB farligt gods DP Långevik

UPPDRAGSNUMMER
10320834

FÖRFATTARE
Karin Magnusson

DATUM
2021-05-20

ÄNDRINGSDATUM

GRANSKAD AV
Fredrik Larsson

Sammanfattning

WSP har av Fastigheter i Långevik AB fått i uppdrag att genomföra en riskbedömning som underlag till detaljplan för Långevik 1:12 m.fl i Sotenäs kommun. Planområdet ligger öster om väg 174 som är sekundär transportled för farligt gods. Enligt Länsstyrelsen i Västra Götalands län [1] ska riskhanteringsprocessen beaktas för planärenden inom 150 meter från farligt gods-led.

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens och kommunens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan.

Genomförd riskbedömning indikerar att individrisken ligger inom ALARP-området upp till 27 meter från vägkant och blir därefter acceptabel. Kortaste avståndet mellan väg 174 och planerad bebyggelse är ca 35 m. På detta avstånd indikerar beräkningen att individrisknivån till följd av farligt gods-transporterna på väg 174 är mycket låg. Vidare indikerar analyserna att samhällsriksnivån i planområdet efter planerad exploatering är på en låg och acceptabel nivå.

Baserat på resultaten av genomförd riskbedömning bedömer WSP att den planerade utformningen av planområdet är acceptabel ur ett riskhänseende. Inga särskilda skyddsåtgärder bedöms vara skäliga att vidta för planerad bostads- och verksamhetsbebyggelse.

INNEHÅLL

1 INLEDNING 5

1.1 SYFTE OCH MÅL 5

1.2 OMFATTNING 5

1.3 AVGRÄNSNINGAR 5

1.4 STYRANDE DOKUMENT 6

1.5 INTERNKONTROLL 6

2 FÖRUTSÄTTNINGAR 7

2.1 LÅNGEVIK 1:12 7

2.2 VÄG 174 8

3 RISKIDENTIFIERING 9

3.1 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄG 174 9

3.2 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER 10

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING 11

4.1 VÄRDERINGSKRITERIER 11

4.2 INDIVIDRISK 13

4.3 SAMHÄLLSRISK 14

5 DISKUSSION 15

6 SLUTSATSER 15

BILAGA A. METOD FÖR RISKHANTERING 16

BILAGA B. STATISTISKT UNDERLAG 18

BILAGA C. FREKVENSBERÄKNINGAR 21

BILAGA D. KONSEKVENSBERÄKNINGAR 30

BILAGA E. REFERENSER 35

1 INLEDNING

WSP har av Fastigheter i Långevik AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning som underlag till detaljplan för Långevik 1:12 m.fl i Sotenäs kommun. Planområdet ligger öster om väg 174 som är sekundär transportled för farligt gods. Enligt Länsstyrelsen i Västra Götalands län [1] ska riskhanteringsprocessen beaktas för planärenden inom 150 meter från farligt gods-led. Med anledning av länsstyrelsens krav upprättas denna riskbedömning.

1.1 SYFTE OCH MÅL

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla Plan- och bygglagens (2010:900) krav på lämplig markanvändning med hänsyn till risk, samt länsstyrelsens och kommunens krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att efter behov ge förslag på åtgärder.

1.2 OMFATTNING

Riskbedömningen tar huvudsakligt avstamp i nedanstående frågeställningar:

- Vad kan inträffa? (riskidentifiering)
- Hur ofta kan det inträffa? (frekvensberäkningar)
- Vad är konsekvensen av det inträffade? (konsekvensberäkningar)
- Hur stor är risken? (riskuppskattning)
- Är risken acceptabel? (riskvärdering)
- Rekommenderas åtgärder? (riskreduktion)

Mer djupgående beskrivning av riskhanteringsprocessens olika steg och de metoder som använts i riskbedömningen redogörs för i Bilaga A.

1.3 AVGRÄNSNINGAR

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transporter av farligt gods på väg 174. 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. Bedömningen beaktar inte påverkan på egendom, miljö eller arbetsmiljö, personskador som följd av påkörning eller kollision eller långvarig exponering av buller, luftföroreningar samt elsäkerhet.

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

1.4 STYRANDE DOKUMENT

I detta avsnitt redogörs för de dokument som huvudsakligen varit styrande i framtagandet och utformningen av riskbedömningen.

1.4.1 Plan- och bygglagen

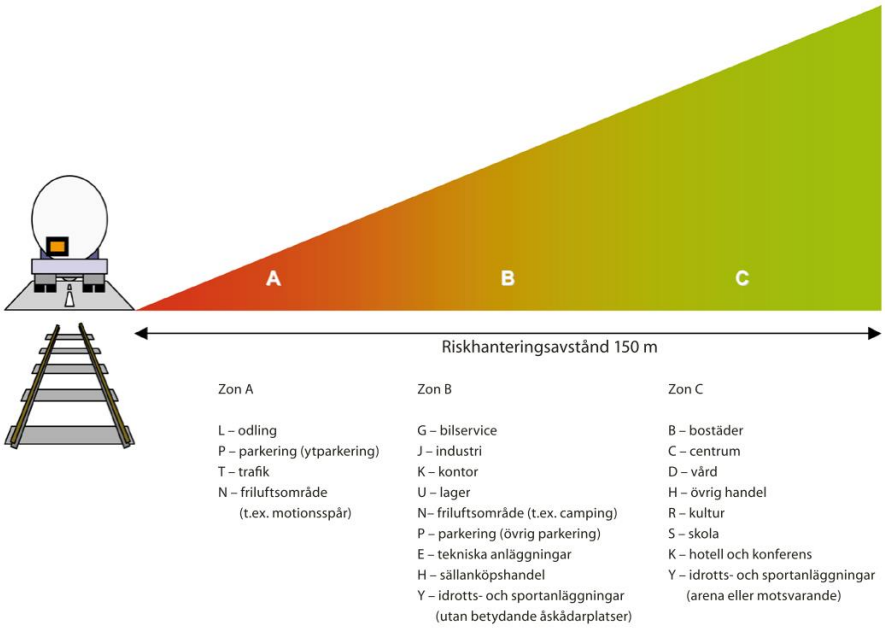
Plan- och bygglagen (2010:900) ställer krav på att bebyggelse lokaliseras till för ändamålet lämplig plats med syfte att säkerställa en god miljö för brukare och omgivning.

> *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 […] människors hälsa och säkerhet, … (PBL 2010:900. 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 […] skydd mot uppkomst och spridning av brand och mot trafikolyckor och andra olyckshändelser, … (PBL 2010:900. 2 kap. 6§)*

1.4.2 Riktlinjer

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 INTERNKONTROLL

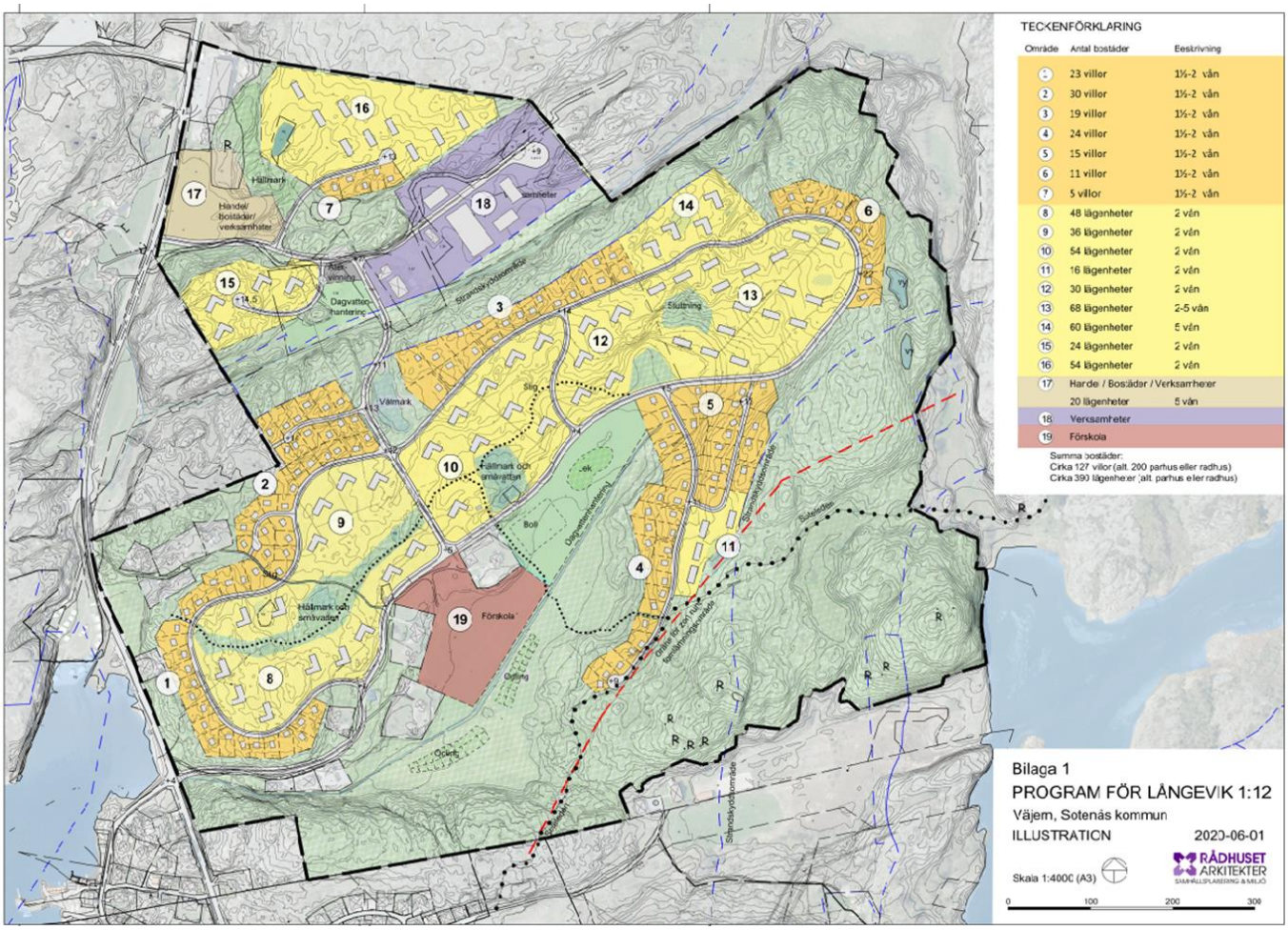
Rapporten är utförd av Karin Magnusson (Civilingenjör Väg och Vattenbyggnad, Senior uppdragsledare Riskhantering) och Veronica Åström (Civilingenjör Riskhantering). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning har varit Fredrik Larsson (Brandingenjör/Civilingenjör Riskhantering).

2 FÖRUTSÄTTNINGAR

I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet med omgivning med syfte att överskådligt redogöra för de förutsättningar och konfliktpunkter som utgör grund för bedömningen.

2.1 LÅNGEVIK 1:12

Arbete pågår med en detaljplan för Långevik 1:12 m fl i Sotenäs kommun. Området är i dag till större delen obebyggt, det är beläget direkt norr om tätbebyggelsen i Väjern och cirka 2,5 km norr om Kungshamn. Planområdet ligger öster om väg 174 vilken utgör en sekundär transportled för farligt gods. Se figur 2 som visar ett utkast till planering av planområdet. Området är ca 45 ha stort och föreslagen exploatering innefattar knappt 600 bostäder, ett mindre handelsområde och en förskola. För ytterligare information om planerad exploatering hänvisas till Planprogram, samrådshandling från 2020 [2].



Figur 2 Illustration, program för Långevik 1:12, Rådhuset Arkitekter 2020-06-01

Av illustrationen ovan framgår att det är område 17 och område 1 som har planerad bebyggelse närmast väg 174. Planeringen av norra delen av planområdet (område 17) pågår. Enligt aktuellt förslag (mars 2021) [4] planeras parkeringsytor nära vägen. Området är plant och i motsvarande nivå som vägen, det finns ett dike mellan vägkant och planområdet. Avståndet mellan vägkant och planerad byggnad för handel/ verksamhet och bostäder är ca 40 m.

I södra delen av planområdet (område 1) är kortaste avstånd mellan vägkant och planerad villabebyggelse ca 35 m.

Totalt antal människor i området har uppskattats till att ca 1500 människor befinner sig i området dagtid och ca 1200 nattetid. Detta baseras på planerad etablering enligt Figur 2 ovan och antaganden om att det finns 2 personer/ lägenhet, 3 personer/ villa och att daglig verksamhet i området innefattar 300 personer. Utifrån detta har persontätheten i planområdet beräknats till ca 1900 personer/km^2 dagtid och ca 1500 personer/ km^2 nattetid vilket bedöms som en konservativ ansats. Vidare har beräkningarna utgått ifrån att alla människor i området befinner sig utomhus vilket är en konservativ hantering.

2.2 VÄG 174

Väg 174, Dinglevägen är utpekad som en sekundär transportled för farligt gods, hastighetsbegränsningen på aktuell vägsträcka är satt till 60 km/h. Mätningar av trafikflödet på väg 174 gjordes senast 2017 i en punkt strax norr om planområdet. Mätningarna visade på en beräknad årsdygnsmedeltrafik ÅDT på cirka 4 500 fordon. En trafikutredning har genomförts gällande planerad exploatering inom Långevik 1:12 [3]. Enligt utredningen uppskattas exploateringen inom Långevik 1:12 totalt alstra ett tillskott om 4800 ÅDT. Andel tung trafik på Dinglevägen beräknas till cirka 10%. Trafikflödet är starkt präglat av säsongsvariationer med ett betydligt större flöde under sommarmånaderna juli och augusti jämfört med övriga delar av året. Ökningen bedöms i huvudsak bestå av persontrafik.

En prognostisering av trafikflöden för horisontår 2040 görs genom en uppräkning med Trafikverkets uppräkningstal för person och lastbilstrafik i Västra Götalands län år 2040 [5] . För att resultatet av riskbedömningen ska bli robust används de prognostiserade trafikflödena för år 2040 som ingångsvärde vid beräkningarna. Se vidare Tabell 1 nedan för sammanställning av prognosticerade trafikflöden. Tillskottet om 4800 ÅDT efter exploatering antas huvudsakligen bestå av persontrafik. Enligt genomförd trafikutredning [3] beräknas andelen tung trafik till 10% medan prognosen indikerar att andelen tung trafik är 5%. För att undersöka känsligheten i indata genomförs beräkningar för ett totalt ÅDT om 10700 fordon och andel tung trafik om både 5% respektive 10%.

Tabell 1. Prognostiserade trafikflöden på väg 174 för horisontår 2040 [6] [5].

Väg 174	**År 2040 TRV prognos**	**År 2040 efter exploatering (indata beräkningar)**
ÅDT Total	5 900	10 700
ÅDT Personbilar	5 424	10 200
ÅDT Lastbilar	474	500
Andel tung trafik	8 %	5 %

3 RISKIDENTIFIERING

I detta kapitel redovisas och beskrivs de olycksscenarier som transporterna av farligt gods på väg 174 kan ge upphov till.

3.1 TRANSPORT AV FARLIGT GODS PÅ VÄG 174

Väg 174 är utpekad som sekundär transportled för farligt gods, någon information om vilka ämnen och vilka mängder som transporteras på aktuell vägsträcka har inte funnits tillgängligt. Utredningen baseras därför på nationellt snitt avseende farligt godstransporter[1] vilket bedöms som en konservativ ansats.

År 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar. Den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2009–2015. För att resultatet av riskbedömningen ska bli robust används dessa siffror som representativa för Väg 174, dvs. 2,5 % av den tunga trafiken på aktuell vägsträcka antas utgöras av farligt gods-transporter.

I Tabell 2 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika ADR-S-klasserna baserat på uppgifter från TRAFA för åren 2009–2015 för hela landet [8]. Utifrån bedömning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka med farligt gods, se avsnitt B.2, 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 i olycksfordonets omedelbara närhet.

Tabell 2. Inbördes fördelning i körda kilometer för de olika ADR-S-klasserna baserat på uppgifter från TRAFA mellan åren 2009–2015 för hela landet [8].

ADR-S-Klass	Andel
Explosiva ämnen och föremål – Klass 1	0,32 %
Brandfarlig gas – Klass 2.1	6,73 %
Giftig gas – Klass 2.3	0,04 %
Brandfarliga vätskor – Klass 3	47,32 %
Oxiderande ämnen och organiska peroxider – Klass 5	2,62 %
Övriga klasser	42,96 %
Summa	**100 %**

[1] Denna hantering har skett i dialog med Räddningstjänsten Sotenäs kommun.

3.2 SAMMANSTÄLLNING AV OLYCKSSCENARIER

Baserat på de farligt gods-klasser som utreds vidare, har ett antal dimensionerande olycksscenarier med potentiellt dödlig konsekvens sammanställts i Tabell 3.

Tabell 3. Övergripande sammanställning över dimensionerande olycksscenarier baserat på rådande förutsättningar.

Explosiva ämnen **Klass 1**	**Brandfarlig gas** **Klass 2.1**	**Giftig gas** **Klass 2.3**	**Brandfarlig vätska** **Klass 3**	**Oxiderande ämnen** **Klass 5.1**
Liten explosion Medelstor explosion Stor explosion	BLEVE Gasmolns-explosion Liten jetflamma Mellan jetflamma Stor jetflamma	Litet läckage Medelstort läckage Stort läckage	Liten pölbrand Medelstor pölbrand Stor pölbrand	Explosion Brand

4 RISKUPPSKATTNING OCH RISKVÄRDERING

I detta kapitel redovisas beräknade individrisk- och samhällsrisknivåer med avseende på identifierade riskscenarier förknippade med transporterna av farligt gods på Väg 174.

4.1 VÄRDERINGSKRITERIER

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 förslag på kriterier för individ- och samhällsrisk [9]. Risker kan kategoriskt delas upp i;

- oacceptabla
- acceptabla med åtgärder och
- acceptabla

Risker som klassificeras som **oacceptabla** värderas som oacceptabelt höga och tolereras ej. Dessa risker kan vara möjliga att reducera genom att åtgärder vidtas.

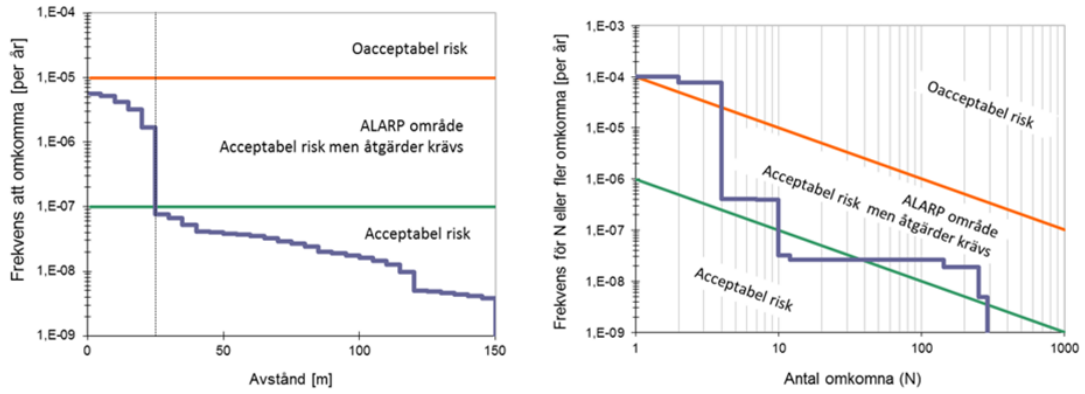
De risker som bedöms vara **acceptabla med åtgärder** behandlas enligt ALARP-principen (As Low As Reasonably Practicable). Risker som ligger i den övre delen, nära gränsen för oacceptabla risker, accepteras endast om nyttan med verksamheten anses mycket stor, och det är praktiskt omöjligt att vidta riskreducerande 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 låga kan värderas som **acceptabla**. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas där åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, genomföras.

I Tabell 4 redogörs för DNV:s uppställda kriterier för värdering av individrisk enligt ovan nämnd kategorisering. Kriterier återfinns i riskvärderingen för bedömning av huruvida risknivån år acceptabel eller ej. Gränserna markeras med heldragna linjer enligt Figur 3. Kriterierna för samhällsrisk är presenterade för ett område om 1 km^2, i föreliggande utredning har dessa skalats om till 0,5 km^2 för att passa planområdet.

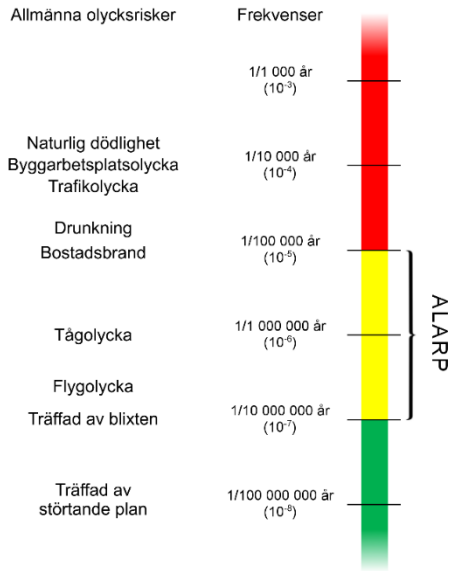
Tabell 4. Förslag till kriterier för värdering av individ och samhällsrisk enligt DNV.

Riskmått	Acceptabel risk	ALARP	Oacceptabel risk
Individrisk	< 10^{-7}	10^{-7} till 10^{-5}	> 10^{-5}
Samhällsrisk	< 10^{-6}	10^{-6} till 10^{-4}	> 10^{-4}



Figur 3. Föreslagna kriterier på individ- och samhällsrisk enligt DNV [9].

Som jämförelse illustreras i Figur ett antal olycksrisker i samhället



Figur 4. Storleksordning på allmänna olycksrisker i förhållande till ALARP-området [10].

Individrisk – Sannolikheten att en individ som kontinuerligt vistas på en specifik plats omkommer. Individrisken är platsspecifik och oberoende av hur många personer som vistas inom det givna området. Syftet med riskmåttet är att kvantifiera risken på individnivå för att säkerställa att enskilda individer inte utsätts för oacceptabel risk.

Individrisk redovisas ofta med en individriskprofil (t.v. i Figur) som beskriver frekvensen att omkomma som en funktion av avståndet till en riskkälla. Kan även redovisas som konturer på karta.

Samhällsrisk – avser risken för att en grupp människor inom ett visst område ska omkomma. Jämfört med individrisk beaktar riskmåttet samhällsrisk även hur stora konsekvenserna kan bli ur ett samhällsperspektiv, med avseende på antalet personer som påverkas vid olika skadescenarier. Hänsyn kan därmed tas till befolkningssituationen inom det aktuella området, i form av befolkningsmängd 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. Samhällsrisken redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna. I F/N-

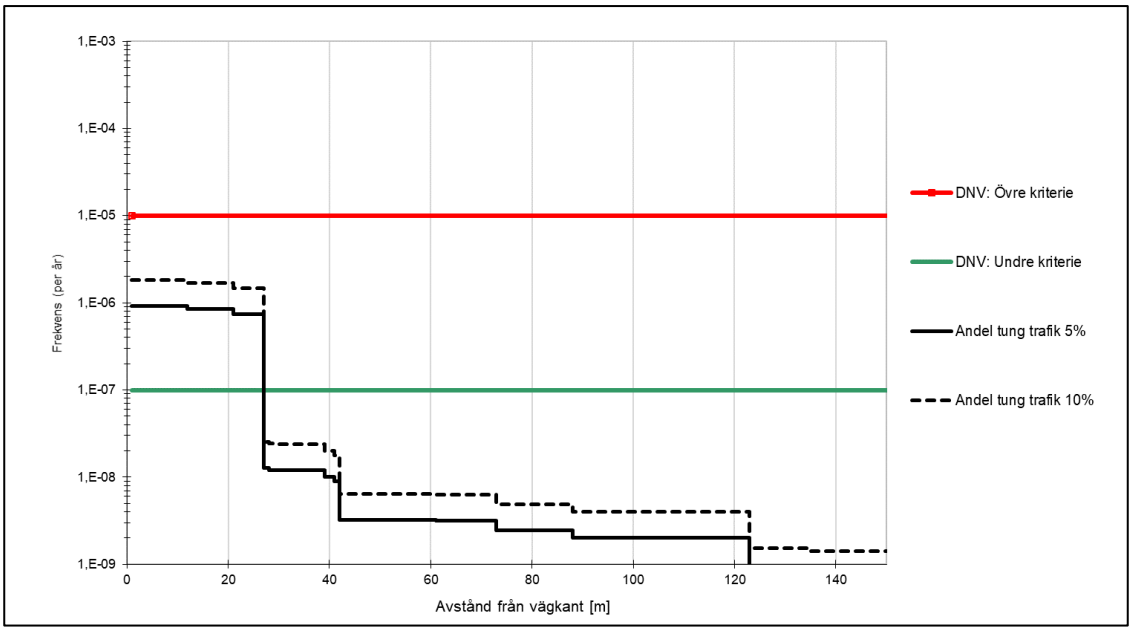
kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

4.2 INDIVIDRISK

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 [11] 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, se Bilaga C. Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, dator-simuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga D.

I Figur illustreras individrisknivån längs aktuell delsträcka av väg 174 med avseende på transporter av farligt gods. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Beräkningarna har genomförts för två scenarion avseende andel tung trafik på 5% respektive 10%.

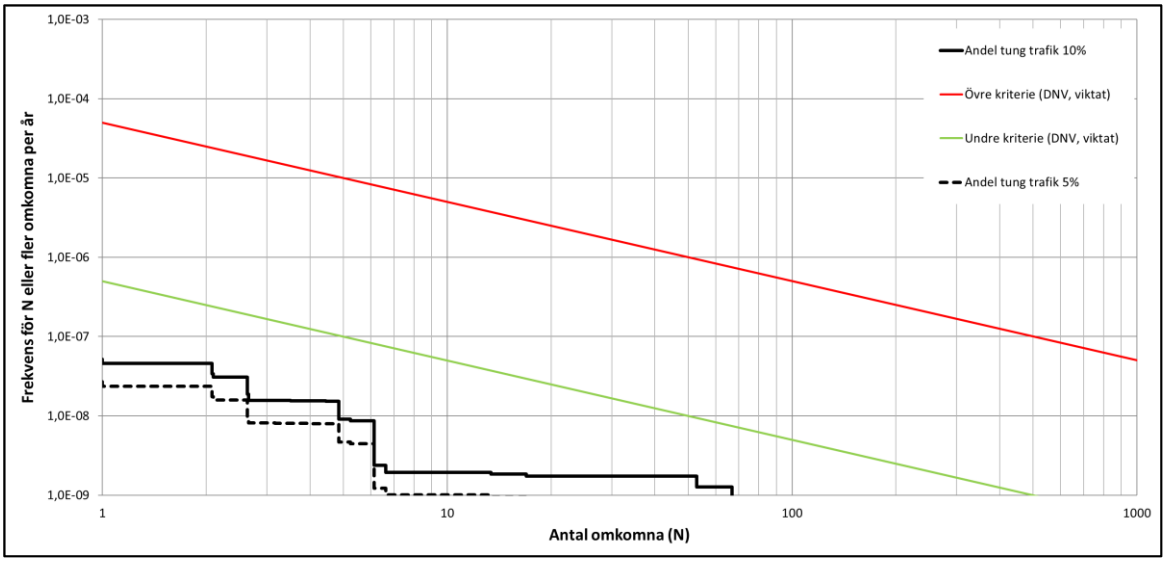
Ur figuren kan utläsas att individrisknivån ligger inom ALARP-området upp till 27 meter från vägkant och blir därefter acceptabel. Kortaste avståndet mellan väg 174 och planerad villabebyggelse i söder är ca 35 m. I norra delen av planområdet är avståndet mellan planerad affärsverksamhet/ bostäder och väg 174 ca 40 meter. På detta avstånd indikerar beräkningen att individrisknivån till följd av farligt gods-transporterna på väg 174 är mycket låg och frekvensen understiger 10^{-8} per år. Givet de låga risknivåerna bedöms inga särskilda skyddsåtgärder, som exempelvis brandskydd av fasader, vara skäliga att vidta i det aktuella fallet.



Figur 5. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Väg 174.

4.3 SAMHÄLLSRISK

I Figur 6 illustreras samhällsrisknivån med avseende på riskpåverkan från farligt godstransporter på väg 174 förbi planområdet. De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området. Beräkningarna har genomförts för två scenarion avseende andel tung trafik på 5% respektive 10%. Figuren indikerar att riksnivån är på en låg och acceptabel nivå.



Figur 6 Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på Väg 174.

5 DISKUSSION

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

- farligt gods-transporter förbi planområdet och
- schablonmodeller som har använts vid sannolikhetsberäkningar.

De antaganden som har gjorts har varit konservativa så att risknivån inom området inte ska 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. [12]

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. [12]

6 SLUTSATSER

Baserat på resultaten av genomförd riskbedömning bedömer WSP att den planerade utformningen av planområdet är acceptabel ur ett riskhänseende. Inga särskilda skyddsåtgärder bedöms vara skäliga att vidta för planerad bostads- och verksamhetsbebyggelse.

BILAGA A. METOD FÖR RISKHANTERING

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

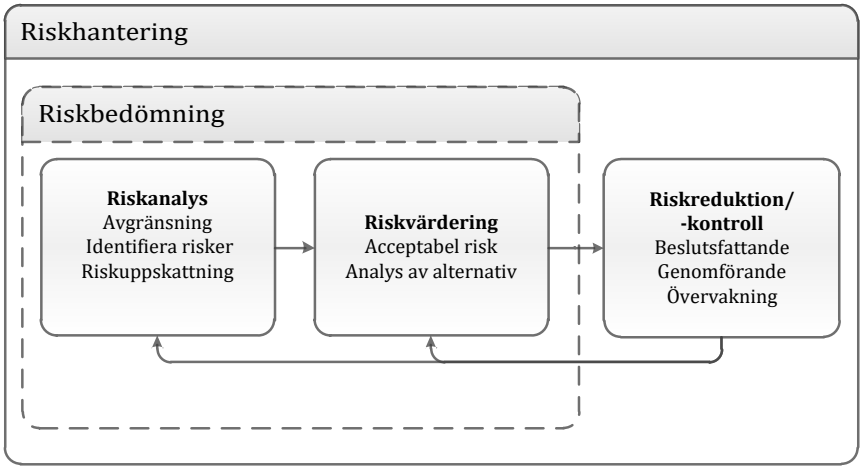
A.1. BEGREPP OCH DEFINITIONER

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 [13] [14], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur .

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 7. Riskhanteringsprocessen.

Efter att riskerna analyserats görs en riskvärdering för att avgöra om riskerna kan accepteras eller ej. Som en del av riskvärderingen kan det även ingå förslag till riskreducerande åtgärder och verifiering av olika alternativ. Det sista steget i en systematisk hantering av riskerna kallas riskreduktion/-kontroll. I det skedet fattas beslut mot bakgrund av den värdering som har gjorts av vilka riskreducerande åtgärder som ska vidtas.

Riskhantering avser hela den process som innehåller analys, värdering och reduktion/-kontroll, medan riskbedömning enbart avser analys och värdering av riskerna.

A.2. RISKANALYSMETODER

I denna riskbedömning tillämpas en kvantitativ metod för att studera vilken riskpåverkan på omgivningen farligt gods-transporterna på Väg 174 medför.

A.2.1 Kvalitativa metoder

I kvalitativa metoder används beskrivningar av typen stor, mellan eller liten, utan försök att närmre precisera sannolikheter för olika utfall utan, eftersom det primära syftet med klassificeringen är att jämföra riskerna med varandra [15]. I denna riskbedömning nyttjas en kvantitativ metod.

A.2.2 Semi-kvantitativa metoder

De semi-kvantitativa metoderna är mer detaljerade än de renodlat kvalitativa metoderna, och innehåller delvis numeriska riskmått. De numeriska måtten behöver inte vara precisa, utan kan beteckna storleksordningar för att jämföra olika alternativ. En riskmatris är ett exempel på ett semi-kvantitativt verktyg [15].

A.2.3 Kvantitativa metoder

Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [16].

BILAGA B. STATISTISKT UNDERLAG

I denna bilaga redovisas det statistiska underlag för transporter av farligt gods som utgjort grund för genomförda bedömningar och beräkningar.

B.1. BERÄKNING AV OLYCKSFREKVENS

I Räddningsverkets (nuvarande MSB) rapport *Farligt gods – riskbedömning vid transport* [11] 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 [17] och den beskrivna metoden benämns VTI-modellen. VTI-modellen analyserar och kvantifierar sannolikheter för olycksscenarier med transport av farligt gods mot bakgrund av svenska förhållanden. Vid uppskattning av frekvensen för farligt gods-olycka på en specifik vägsträcka kan två olika metoder användas. Antingen kan en olyckskvot uppskattas utifrån specifik olycksstatistik för sträckan, eller utifrån nationell statistik över liknande vägsträckor. I denna riskanalys används det andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

Generellt gäller att vägtyper som tillåter högre hastighet är utformade på ett sätt vilket medför en lägre olyckskvot än där lägre hastighetsbegränsning råder. Korsningar, cirkulationsplatser och dylika utformningar ger högst olyckskvot. Antalet singelolyckor och sannolikheten att en olycka leder till en konsekvens med farligt gods (index) ökar med hastigheten.

Antalet trafikolyckor med transport av farligt gods som leder till konsekvens mot omgivningen beräknas enligt nedanstående metodik med indata enligt Tabell 5. Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används prognos för trafikflödet år 2040.

$$Olyckor_{Total}(O) = \text{ÅDT}_{Total} \cdot 365 \cdot Sträcka(km) \cdot OK$$

$$\boldsymbol{Olyckor_{FG}} = O \cdot \left[\left(SiO \cdot \frac{\text{ÅDT}_{FG}}{\text{ÅDT}_{Total}}\right) + (1 - SiO)\left(\frac{2 \cdot \text{ÅDT}_{FG}}{\text{ÅDT}_{Total}} - \frac{\text{ÅDT}_{FG}{}^{2}}{\text{ÅDT}_{Total}{}^{2}}\right)\right] \cdot Index$$

Tabell 5. Indata till frekvensberäkning för farligt gods-olycka enligt *Farligt gods – riskbedömning vid transport.*

Indataparameter	Väg 174
ÅDT_{total}	*10900*
ÅDT_{FG}	*14 / 27*
Hastighetsgräns	*60 km/h*
Olyckskvot (OK)	*1,0*
Andel Singelolyckor (SiO)	*0,23*
Index	*0,08*
Frekvens FG-olycka	$8{,}83 \cdot 10^{-3}$

B.2. FÖRDELNING MELLAN DE OLIKA ADR-S KLASSERNA

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 [18] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på väg delas in i nio olika klasser enligt ADR-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande

risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 6 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 6. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

ADR-S	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
Klass 1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [18].	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 [19].
Klass 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.
Klass 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.
Klass 4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
Klass 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.
Klass 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.
Klass 7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.

Klass 8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [17]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
Klass 9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

År 2015 genomfördes omkring 540 000 inrikes transporter med farligt gods med svenska lastbilar och den totala mängden farligt gods var drygt 16 miljoner ton, fördelat på en total sträcka av cirka 55 miljoner kilometer. Av samtlig tung trafik står farligt gods-transporter för omkring 2,5 % av den totalt tillryggalagda sträckan baserat på ett genomsnitt från 2009–2015. I Tabell 7 redovisas den inbördes fördelningen i körda kilometer för de olika klasserna baserat på uppgifter från TRAFA för åren 2009–2015 för hela landet [8]. Siffrorna anses representativa för utredd sträcka.

Tabell 7. Antalet farligt gods-transporter framräknat enligt beräkningsmodellen samt fördelning mellan ADR-S klasser baserat på körda kilometer för respektive körriktning.

	Väg 174
$ÅDT_{FG}$	14 / 27
ADR-S Klass 1	0,32
ADR-S Klass 2.1	6,73
ADR-S Klass 2.3	0,04
ADR-S Klass 3	47,32
ADR-S Klass 5	2,62
ADR-S Övriga	42,96

BILAGA C. FREKVENSBERÄKNINGAR

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

C.1. ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN OCH FÖREMÅL

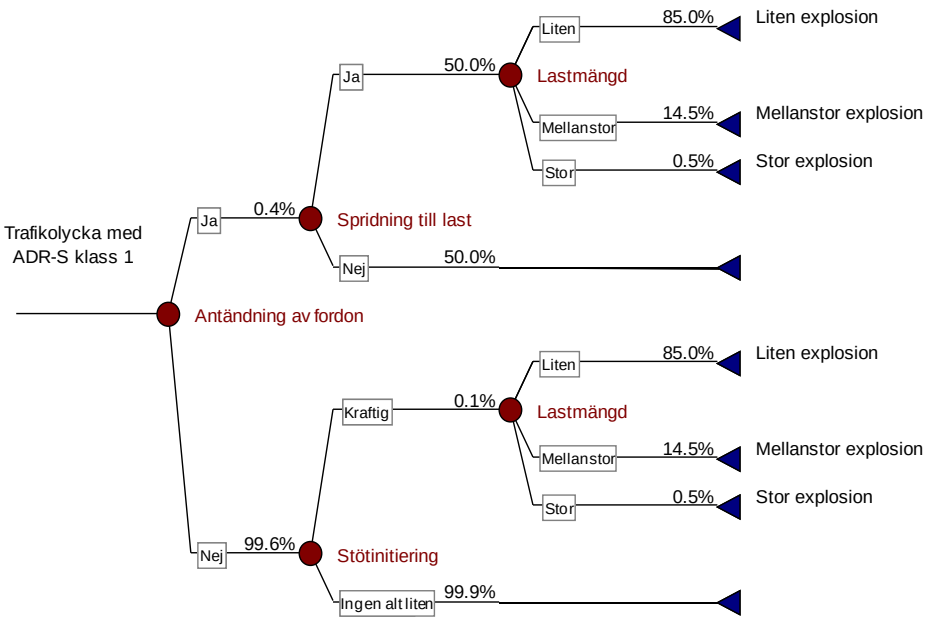
ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål [18]. Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen 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.

C.1.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [20] utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). 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 massexplosiva varor som får transporteras på väg är 16 ton, men de flesta transporter innefattar endast små nettomängder av massexplosiva varor.

C.1.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 2 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 2. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.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 [21]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % [22] [23].

C.1.2.2. BRANDSPRIDNING TILL LASTEN

Sannolikheten för spridning till last och 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 [24], 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 [25], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.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 [26]. Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO [27] 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 %.

C.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 [28] [29].

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) [30] 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 [31]. Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktklasserna uppgår enligt Polisens [32] tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen enligt Tabell 8, för lastmängder av explosiva ämnen.

Tabell 8. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

Lastmängd	Inkluderat viktintervall	Andel	Representativ lastmängd för 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

C.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) [18]. 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.

C.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 giftiga[2]. Brandfarliga gaser är ofta luktfria [33]. Gasol ansätts som dimensionerande ämne att basera beräkningarna på, eftersom gasol på grund av dess låga brännbarhetsgräns samt att den transporteras tryckkondenserad och i stor utsträckning gör ämnet till ett konservativt val [25].

För brandfarliga gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Nedanstående avsnitt beskriver hur en olycka med gods i klass 2.1 kan ta uttryck, samt vilka dimensionerande scenarier och tänkbara skadehändelser som kan uppträda.

C.2.1.1. GASLÄCKAGE

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet [34]. 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 [11].

C.2.1.2. 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 [11] 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 cm^2. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %, 20,8 % och 16,7 % [11].

C.2.1.3. 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

[2] 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.

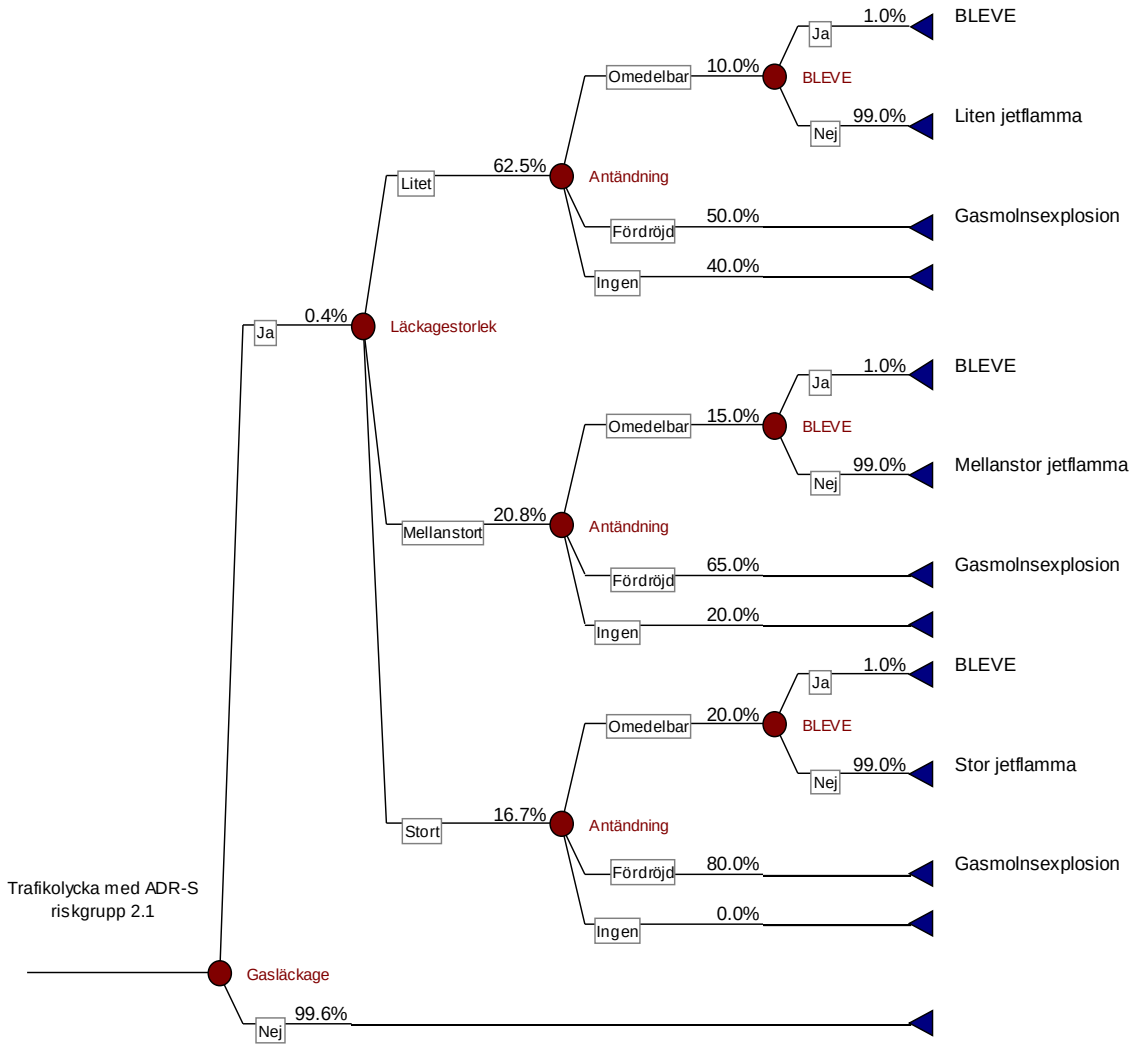
antändning vara 10 %, 50 % respektive 40 % [35], varför dessa värden kan antas gälla för *litet* läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

C.2.1.4. 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 tycket. 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 %.

C.2.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 3 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 3. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.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.

C.2.3.1. REPRESENTATIVT ÄMNE

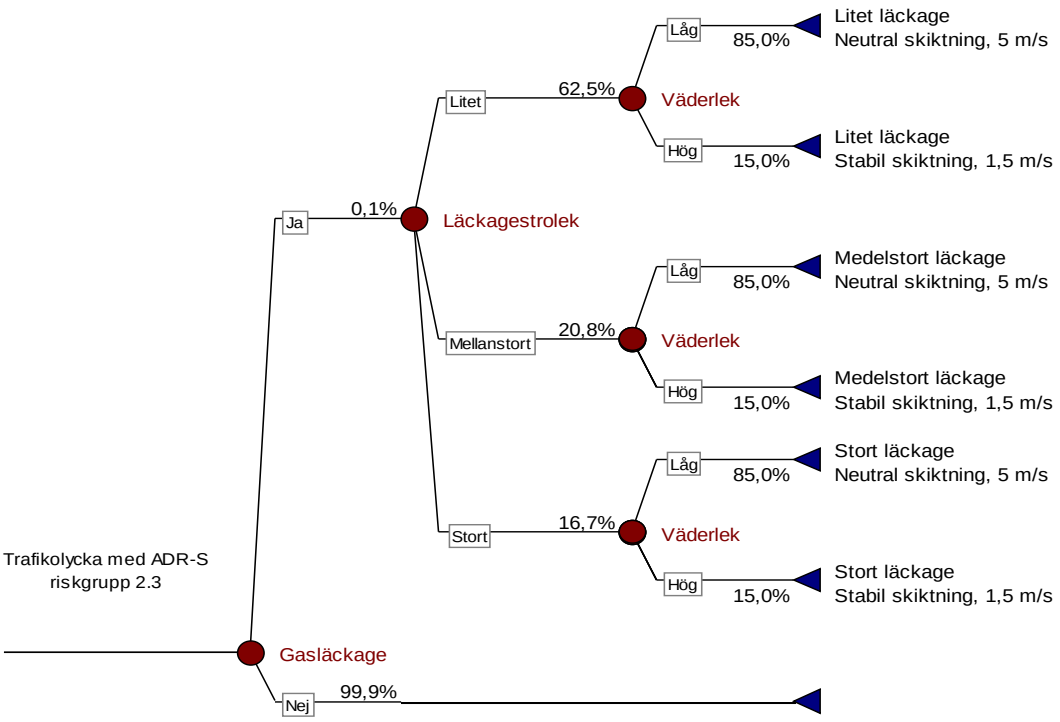
Svaveldioxid är den mest toxiska gas som transporteras på väg, varför ett konservativt antagande i att detta denna utgör dimensionerande ämne ansätts genomgående.

C.2.3.2. TOXIKOLOGISKA GRÄNSVÄRDEN

För att kvantifiera skadeutfallet vid exponering av ett giftigt ämne finns en rad olika gränsvärden. Då riskbedömningen baseras på frekvensen för dödsfall görs ansätts LC_{50} som dimensionerande gränsvärde. LC_{50} är den koncentration där mortaliteten i en normalfördelad population är 50 % för en given exponeringstid. I beräkningarna ansätts konservativt att skadeutfallet inom beräknat konsekvensområde är 100 %.

C.2.4 Händelseträd med sannolikheter

Figur 4 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 4. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.2.4.1. GASLÄCKAGE

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [11]. Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet [34]. Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 [11].

C.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 cm^2. Vid läckage från tjockväggiga tankbilar bedöms sannolikheten för respektive storlek vara 62,5 %; 20,8 % och 16,7 % [11].

C.2.4.3. VÄDERLEK

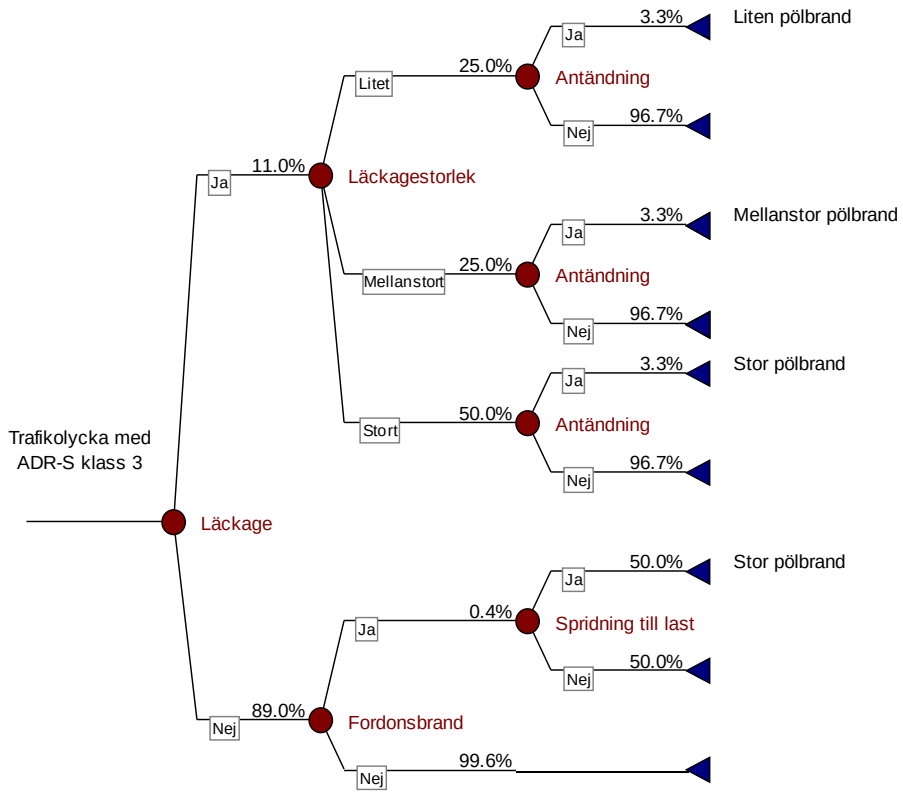
Gasspridning utomhus beror i stort av rådande väderlek där stabilitetsklass och vindhastighet har stor inverkan på resultatet. För att differentiera hur påverkan varierar med dessa parametrar varieras gasspridning i sex scenarier med olika förutsättningar, där ovan nämnda källstyrkor simuleras vid två typer av väderlek – Neutral atmosfärisk skiktning D med en vindhastighet på 5 m/s samt med en Extremt stabil skiktning F med en vindhastighet på 1,5 m/s. Den förstnämnda representerar genomsnittligt väder, vilket förekommer omkring 85 % av tiden, och den sistnämnda representerar ogynnsamt väder vilket ansätts råda under resterande 15 %.

C.3. ADR-S KLASS 3 – BRANDFARLIGA VÄTSKOR

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

C.3.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 5 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 5. Exempel på händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3. Sannolikhet för läckage regleras av index, se Tabell 5.

C.3.1.1. LÄCKAGE

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage definieras av sträckans farligt gods-index, se Tabell 5.

C.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 [36] [37]. Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % [11]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m^2 (*litet*), 200 m^2 (*mellanstort*) samt 400 m^2 (*stort*).

C.3.1.3. ANTÄNDNING

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 [38]. 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 % [27].

C.3.1.4. FORDONSBRAND

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

C.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).

C.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 [18].

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 tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material [39]. Baserat på uppgifter från Yara i Köping [40] och FOI [41] 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 [42].

C.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

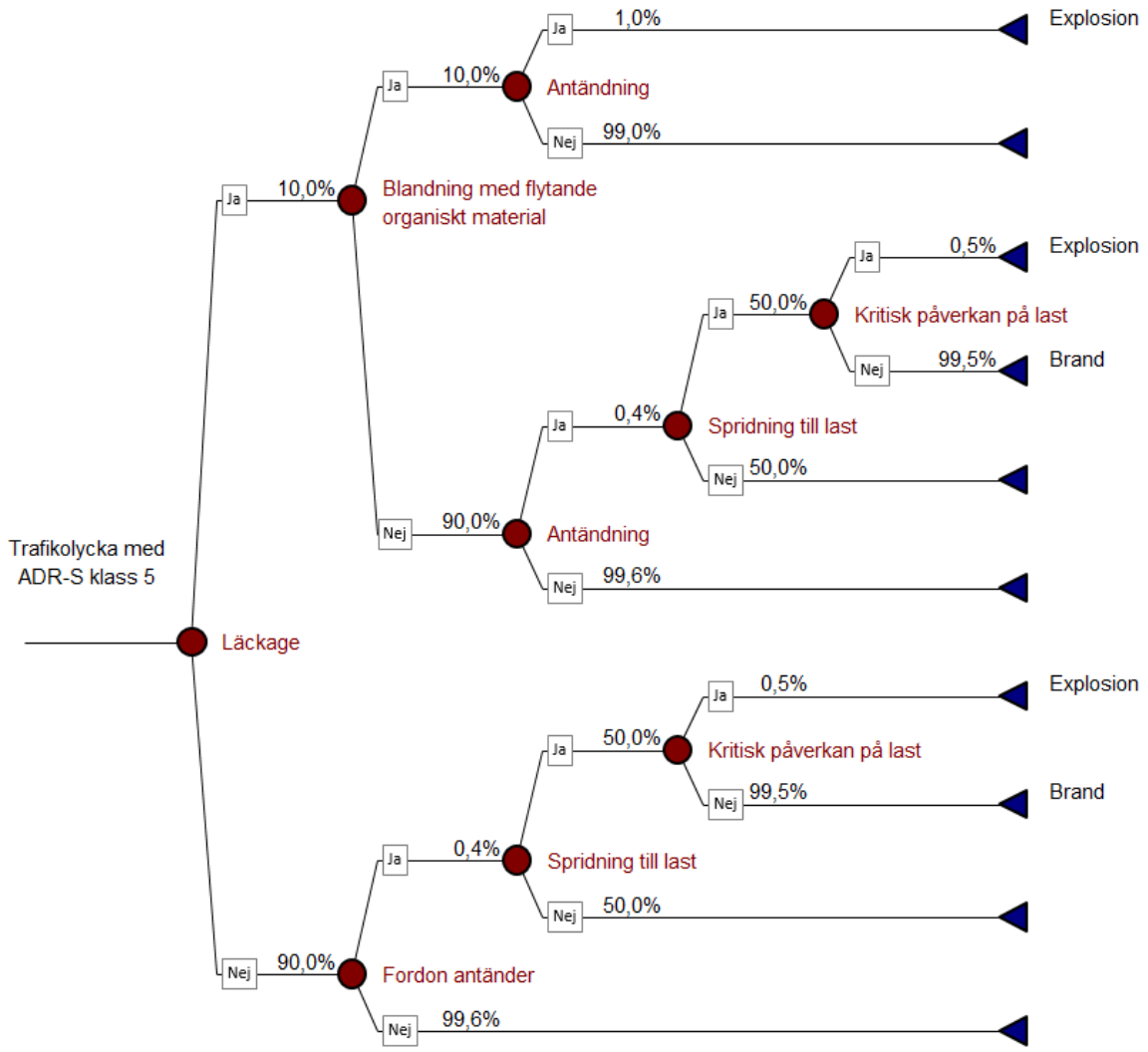
dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne [33]. I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast 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.

C.4.2.1. TRANSPORTERADE MÄNGDER OCH REPRESENTATIVT ÄMNE

Enligt rekommendationer från holländska myndigheter [43], 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.

C.4.2.2. HÄNDELSETRÄD MED SANNOLIKHETER

Figur 6 redovisar ett händelseträd 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 6. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.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 [44]. 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 tryckpåkänning 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.

C.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 blandas med ett organiskt flytande ämne såsom bensin. 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 ammoniumnitraten. Sannolikheten för att ammoniumnitratet ska kontamineras vid en transportolycka ansätts till 10 %.

C.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.

C.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 %.

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

C.4.2.7. 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 %.

C.4.2.8. KRITISK PÅVERKAN PÅ LAST

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C [40]. 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 [39]. Vidare krävs möjlighet till tryckuppbyggnad för att termiskt sönderfall av ren ammoniumnitrat ska kunna övergå till explosivt sönderfall genom deflagration eller detonation [45]. Smälta av ammoniumnitrat tros kunna skapa dessa förutsättningar även om forskningen inom området är bristfällig [45]. Hypotesen är att vätskepelare av smälta kan skapa en egen inneslutning i vilken

trycket kan bli så pass högt att reaktionsförloppet blir explosionsartat [45]. Denna typ av olycksförlopp bedöms vara relativt långsamma och förutsätter troligtvis att ammoniumnitratet utsätts för en relativt kraftig och långvarig brandpåverkan. 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 har inträffat. 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 %.

C.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 D).

BILAGA D. KONSEKVENSBERÄKNINGAR

I detta kapitel beskrivs hur konsekvensområdet och det förväntade skadeutfallet för olika klasser kvantifierats. Beräkningarna redogörs separat för respektive ADR-S klass.

D.1. ANTAGANDE OM OLYCKANS PLACERING

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

D.2. ADR-S KLASS 1 – EXPLOSIVA ÄMNEN

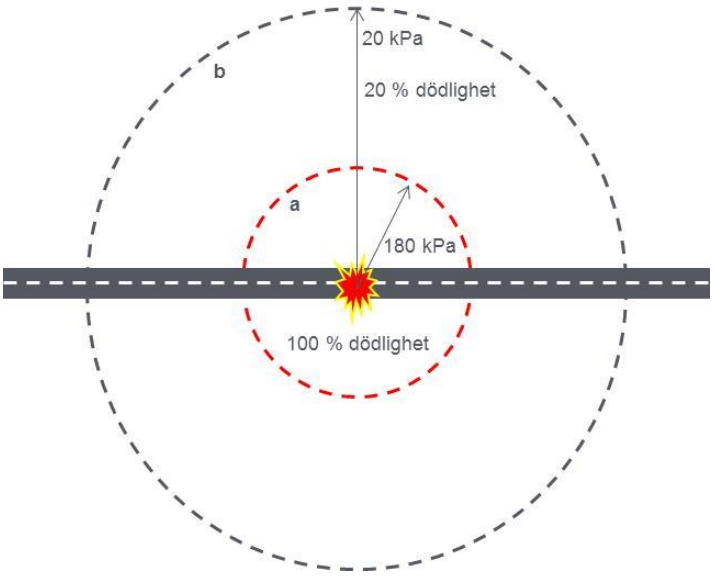
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [46].

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 [47]. 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.

Sammantaget 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 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % 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 enligt Figur 7.



Figur 7. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [48] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 9. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell 9. 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 luftstötvågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd P ≥ 180 kPa	Avstånd P ≥ 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

D.3. 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.

D.3.1 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* [49] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [11] för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 10. Framräknad läckagestorlek för gasol.

Läckagestorlek	Massflöde, Q	Läckagestorlek, ∅	Läckagestorlek, A
Litet	0,09 kg/s	0,32 cm	0,08 cm^2
Mellanstort	0,9 kg/s	1,03 cm	0,83 cm^2
Stort	17,9 kg/s	4,56 cm	16,4 cm^2

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

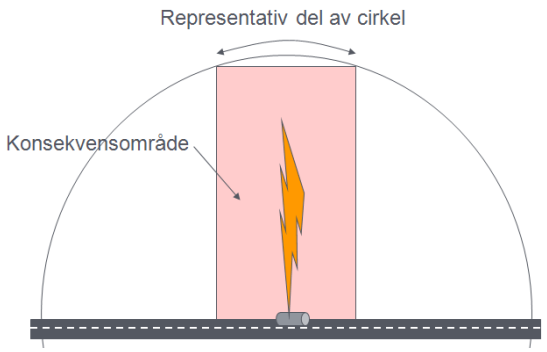
D.3.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [47]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.3.1.2. 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* [47], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [50] 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 8.



Figur 8. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

D.3.1.3. GASMOLNSEXPLOSION

En gasmolnsexplosion 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 [49] 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. Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur 8.

D.3.1.4. KONSEKVENSAVSTÅND ADR-S RISKGRUPP 2.1

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

- BLEVE 170 meter
- Liten jetflamma 5 meter
- Medelstor jetflamma 17 meter
- Stor jetflamma 73 meter
- Gasmolnsexplosion 42 meter

D.3.2 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmen *Spridning Luft* och med *ALOHA* för totalt 6 scenarierenligt Tabell 11. Redovisat konsekvensavstånd för respektive scenario utgörs genomgående av det högre värdet från simulering med de båda programmen. Indata till beräkningarna utgörs av underlag enligt Bilaga C och med en ytråhet på 0,5 m.

Tabell 11. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Väderlek	Avstånd till $LC_{50@30\ min}$	Spridningsvinkel
Litet	Stabilitetsklass D, 5 m/s	10 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	30 meter	30°
Mellanstort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	30 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	150 meter	30°
Stort	Stabilitetsklass D, 5 m/s	135 meter	45°
	Stabilitetsklass F, 1,5 m/s	690 meter	30°

D.4. 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/m^2. 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 [25] [51].

De pölstorlekar som antas kunna bildas vid läckage av brandfarlig vätska har för olycka på väg antagits till 50 m^2 (*litet*), 200 m^2 (*mellanstort*) respektive 400 m^2 (*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 [25]. I Tabell 12 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 12. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m^2) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Avstånd till 15 kW/m^2 från pölkant
Litet utsläpp	50 m^2	12 meter
Mellanstort utsläpp	200 m^2	23 meter
Stort utsläpp	400 m^2	30 meter

D.5. 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.

D.5.1.1. 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 [42]. 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.

D.5.1.2. 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 E. REFERENSER

[1] Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, *Riskhantering i Detaljplanprocessen,* Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.

[2] Rådhuset arkitekter Planprogram för Långevik 1:12 Väjern, Sotenäs kommun, Samrådshandling 2020-06-01

[3] Erik Eidmar, Iterio PM Trafikutredning Långevik 1:12 m fl. 2021-03-31

[4] Rådhuset Arkitekter, Långevik 1_12 Planillustration koncept 2021-03-11

[5] Trafikverket, ”Trafikuppräkningstal - Väganalyser EVA och manuella beräkningar,” 2020.

[6] Trafikverket, *Kartor med trafikflöden - Avsnitt: 7210103 Län: O Vägnummer: 20,* Trafikverket, 2017.

[7] MSB, *Hantering av ANE - Handbok till MSBFS 2018:13 om hantering av ammoniumnitratemulsioner, -suspensioner och geler,* MSB, 2019.

[8] TRAFA, ”Lastbilstrafik 2009-2015 Swedish national and international road goods transport,” Trafikanalys, 2015.

[9] MSB Myndigheten för Samhällskydd och Beredskap, ”Handbok - Hantering av explosiva varor (handbok till MSB:s föreskrifter MSBFS 2019:1),” MSB, 2020.

[10] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk,* Statens Räddningsverk, 1997.

[11] Räddningsverket ”Farligt gods riskbedömning vid transport" 1996.

[12] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.

[13] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1,* 1994.

[14] IEC, *International Standard 60300-3-9,* Geneve: International Electrotechnical Comission, 1995.

[15] ISO, *Risk management - Vocabulary,* Geneva: International Organization for Standardization, 2002.

[16] B. Mattsson, *Riskhantering vid skydd mot olyckor,* Karlstad: Räddningsverket, 2000.

[17] F. Nystedt, *Riskanalysmetoder,* Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.

[18] VTI, *Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg,* Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.

[19] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.

[20] Räddningsverket, *Förvaring av explosiva varor,* Karlstad, 2006.

[21] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10,* Räddningsverket, 2008.

[22] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.

[23] SIKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.

[24] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS),* Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.

[25] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.

[26] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.

[27] S. Lamnevik, *Explosivämneskunskap,* Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.

[28] HMSO, London: Advisory Commitee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.

[29] T. Daggård, *Muntligen 2010-01-11,* Orica Services Nora, 2008.

[30] T. Pålsson, *Muntligen 2008-01-09,* Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.

[31] MSB, *Trafikflöde på väg [Elektronisk]. Hämtad 2010-08-11,* Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.

[32] Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik, *Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB,* 2007.

[33] P. Jansson, *Muntligen 2008-01-16,* 2008.

[34] S. Halmemies, Räddningsverket, 2000.

[35] J. Wahlqvist, *Muntligen 2010-07-08,* Statoil, 2010.

[36] 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.

[37] R. Lindström, *Muntligen: 2010-07-08,* Statoil, 2010.

[38] T. Gammelgåård, *Muntligen: 2010-07-09,* OKQ8, 2010.

[39] SPI, *Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08,* Svenska Petroleum Institutet, 2010.

[40] 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.

[41] L.-H. Karlsson, *Muntligen: 2008-03-18,* Yara International ASA, Köping, 2008.

[42] J. Magnusson, *Muntligen 2008-03-18,* FOI, Tumba, 2008.

[43] R. Forsén, FOI, 2009.

[44] VROM, Ministerier van VROM, 2005.

[45] J. Havai, *Muntligen 2008-04-18,* Yara AB, Köping, 2008.

[46] V. Babrauskas och D. Leggett, ”Thermal decomposition of ammonium nitrate,” *Fire and Materials 2019;1-19,* 2019.

[47] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria,* Stefan Lamnevik AB, 2010.

[48] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.

[49] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.

[50] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.

[51] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.

[52] BBR, Boverket, 2006.

VI ÄR WSP

WSP är en av världens ledande rådgivare och konsultbolag inom samhällsutveckling. Med cirka 50 000 medarbetare i över 40 länder samlar vi experter inom analys och teknik, för att framtidssäkra världen.

Tillsammans med våra kunder tar vi fram innovativa lösningar för en mänsklig, trygg och välfungerande morgondag. Så tar vi ansvar för framtiden.

wsp.com

WSP Sverige AB

121 88 Stockholm-Globen

Besök: Arenavägen 7

T: +46 10-722 50 00

wsp.com