



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Fördjupad riskbedömning för detaljplan

Transporter av farligt gods

Detaljplan för bostäder med mera vid Smörgatan inom stadsdelen Kallebäck i Göteborg

2017-03-31

Rev: 2018-01-30

Uppdragsgivare

Hans Svensson
Wallenstam AB (publ)
Kungsportsavenyn 2
401 84 Göteborg
hans.svensson@wallenstam.se

WSP kontaktperson

Dan Jernberg
WSP Sverige AB
Box 13033
40251 Göteborg
Tel: +46 10 722 50 00
Fax: +46 10 722 74 20
www.wspgroup.se

Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revidering 1	Revidering 2	Revidering 3
Anmärkning	-	Lagt till text om FÖP99s bedömningskriterier	Förtydliganden krav på (samt effekt av) skyddsåtgärder, uppdatering av samtliga beräkningar	Förtydliganden av explosionskrav i sammanfattning och kap 6.2.2
Datum	2017-02-28	2017-03-03	2017-03-31	2018-01-30
Handläggare	Erik Svedberg Fredrik Larsson	Erik Svedberg	Erik Svedberg	Erik Svedberg
Signatur	ES FL	ES	ES	ES
Uppdragsledare	Dan Jernberg	Dan Jernberg	Dan Jernberg	Dan Jernberg
Signatur	DJ	DJ	DJ	DJ
Granskare	Katarina Herrström	-	Katarina Herrström	Katarina Herrström
Signatur	KH	-	KH	KH
Uppdragsnummer	10246105	10246105	10246105	10246105

Sammanfattning

WSP har av Wallenstam AB i Göteborg fått i uppdrag att fördjupa ursprunglig riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för bostäder med mera vid Smörgatan i stadsdelen Kallebäck, Göteborg. Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsen i Västra Götalands läns krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led.

Utan riskreducerande åtgärder är nivån för individrisk och samhällsrisk för planområdet att betrakta som oacceptabel. Planförslaget bedöms dock vara genomförbart förutsatt att ett antal föreslagna riskreducerande åtgärder genomförs:

Åtgärder för zon 2

- Personantalet i byggnaden får inte överskrida 1250 personer.
- Avståndet mellan byggnaden och vägens (E6) östra vägkant får inte understiga 30 meter. Denna yta ska lämnas bebyggelsefri och får inte uppmuntra till stadigvarande vistelse.
- Byggnaden skall dimensioneras för en sprängkraft orsakad av 1500 kg trotyl. Explosionen förutsetts ske på E6:an i mitten av det närmsta körfältet. Slutgiltig konstruktion ska godkännas av byggnadskonstruktör med expertis inom explosionslaster.
- Byggnadsdelar som vetter mot E6 får inte upprättas som heltäckande glasfasader. Glasytor och andra öppningar (luftinsläpp, öppna plan etc.) begränsas på dessa fasaddelar.
- För lokaler i byggnadsdelar som vetter mot riskkällorna där fler än 30 personer regelbundet kan komma att vistas bör explosionsklassat glas övervägas. Detta är dock inget krav.
- Byggnaden utformas till en sammanhängande byggnadskropp utan genomgående öppningar.
- Ventilationen för byggnaden kompletteras med nödavstängningsmöjlighet i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida (fasad som vetter bort från E6).
- De två första våningsplanen ovan mark i byggnaden ska utgöras av parkeringsdäck. Undantag kan göras för en mindre, icke publik, gymnastiksal i den södra huskroppen (ej läktare) och en sällanköphandel i byggnadens norra huskropp.
- Samtliga personentréer till byggnaden ska vetta mot lokalgatan i planområdet (bort från riskkällorna).
- Ytterväggar inkl. glaspartier utformas med brandtekniskt avskiljande funktion i lägst EI 30 och så att risken för brandspridning längs med fasadytan begränsas enligt 5:551, punkt 3, i Boverkets byggregler.
- Husraden närmast E6 ska kunna utrymmas i riktning bort från riskkällorna.

Åtgärder för zon 3

- Taknivåerna för byggnader inom 80 meter ifrån E6 får inte vara mer än 10 meter högre än byggnaden inom zon 2.
- Ventilation för samtliga byggnader ska så långt som det är möjligt förses med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida (bort från E6) av respektive byggnad, samt förses med central nödavstängningsmöjlighet.

Åtgärder för zon 4

- Inga krav på riskreducerande åtgärder.

För de riskreducerande åtgärder som inte kan regleras i detaljplan bör exploitör och kommun tillsammans komma fram till hur åtgärderna ska implementeras och följas upp.

Riskbedömningen gäller vid redovisade antaganden och förutsättningar. Skulle dessa ändras behöver riskbedömningen uppdateras.

Innehållsförteckning

1	Inledning.....	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och mål	5
1.3	Avgränsningar.....	5
1.4	Styrande dokument.....	6
1.5	Underlagsmaterial.....	7
1.6	Fördjupning.....	7
1.7	Internkontroll	7
2	Områdesbeskrivning	8
2.1	Planområde	8
2.2	Infrastruktur.....	10
3	Omfattning av riskhantering och metod.....	12
3.1	Begrepp och definitioner.....	12
3.2	Metod för riskinventering.....	12
3.3	Metod för riskuppskattning.....	13
3.4	Metod för riskvärdering	14
3.5	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder.....	17
4	Riskidentifiering.....	18
4.1	Identifiering och beskrivning av riskkällor.....	18
4.2	Transportleder för farligt gods.....	18
4.3	Sammanställning av olycksscenarier	19
5	Riskuppskattning och riskvärdering.....	20
5.1	Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter	20
5.2	Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter.....	21
6	Riskreducerande åtgärder.....	22
6.1	Behov av riskreducerande åtgärder.....	22
6.2	Förslag på riskreducerande åtgärder	22
6.3	Sammanfattning av rekommenderade åtgärder.....	24
6.4	Uppskattad risknivå med vidtagna åtgärder.....	26
7	Risk och räddningstjänst	27
7.1	Insatstid för räddningstjänsten	27
7.2	Tillgänglighet för räddningstjänst	27
7.3	Brandvattenförsörjning.....	27
8	Diskussion och osäkerheter	28
9	Slutsatser	29
	Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg	30
	Bilaga B. Konsekvensuppskattningar – väg	42
	Bilaga C. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – järnväg	51
	Bilaga D. Konsekvensuppskattningar – järnväg	59
	Bilaga E. Skyddseffekter av föreslagna åtgärder	64
	Bilaga F. Referenser.....	76

1 Inledning

WSP har av Wallenstam AB i Göteborg fått i uppdrag att fördjupa ursprunglig riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för bostäder med mera vid Smörgatan i stadsdelen Kallebäck i Göteborg.

1.1 Bakgrund

Syftet med detaljplanen är att pröva ny markanvändning på Kallebäck 3:3, där Arlas mejeri tidigare låg. Tomten som är drygt 100 000 m² anges i gällande översiktsplan som verksamhetsområde men planläggs med att bebyggas med ca 1500 bostäder samt adekvat social service i form av skola, äldreboende med mera. Detaljplanen kommer även att medge bland annat handel och kontorsverksamhet. Enligt ett framtaget exploateringsförslag kommer planen medge plats för ca 3000 boende och ca 2000 arbetsplatser.

Planområdet angränsar till Rv 40, E6, Västkustbanan och Kust till kust-banan. På samtliga dessa leder transporteras farligt gods. Därtill planeras för ytterligare utbyggnad av järnvägen, då Götalandsbanan tillkommer med två spår väster om planområdet. På Götalandsbanan kommer dock ej godstransporter förekomma.

Bebyggelse inom planområdet planeras på ett avstånd om drygt ca 30 meter från E6. Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led [1]. Med anledning av länsstyrelsernas krav upprättas denna riskbedömning.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsen i Västra Götalands läns krav på beaktande av riskhanteringsprocessen vid markanvändning intill farligt gods-led. Riskbedömningen upprättas som ett underlag för fattande av beslut om lämpligheten med planerad markanvändning, med avseende på närhet till farligt gods-leder.

Målet med riskbedömningen är att utreda och värdera riskpåverkan på planområdet och vid behov ge förslag på åtgärder.

1.3 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses risker förknippade med transport av farligt gods på Rv 40, E6, Västkustbanan och Kust till kust-banan. För järnväg studeras även urspårningsrisker. 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/emissioner eller buller har inte beaktats.

Beräkningarna baseras på att E6 förblir i befintligt läge och att järnvägsspåren är belägna väster om detta läge. Vid framtida förändringar av transportkorridoren, t.ex. flytt av E6 österut vid tillkomst av Götalandsbanan, kommer riskbedömningen att behöva revideras.

1.4 Styrande dokument

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

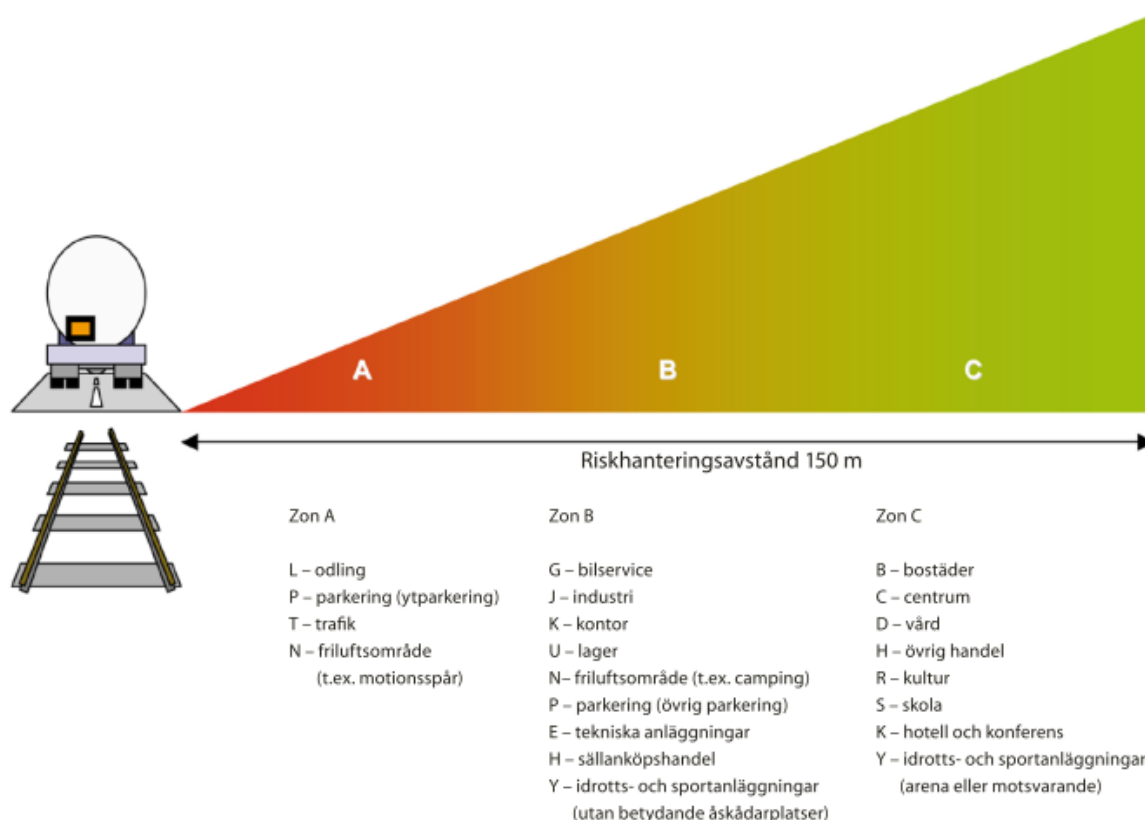
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

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§).

Länsstyrelsernas i Skånes, Stockholms samt Västra Götalands län 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 Underlagsmaterial

Arbetet baseras på följande underlag:

- Riskbedömning, Transporter av farligt gods, FÖP Mölndalsåns dalgång, WSP, 150401.
- Illustrationsplan, Nyréns arkitekter, 2016-01-22.
- Trafikbullerutredning, ÅF, 2015-03-09.
- Bedömning av explosionslaster och byggnadsskador vid Smörgatan i stadsdelen Kallebäck, SWECO, 2016-11-17, samt med tillägg 2017-02-09.

1.6 Fördjupning

Denna riskbedömning är en fördjupning av den tidigare genomförda riskbedömningen för området ”*Detaljerad riskbedömning för detaljplan. Transporter av farligt gods. Detaljplan för bostäder med mera vid Smörgatan inom stadsdelen Kallebäck i Göteborg, WSP, Göteborg, 2016*” [2].

Fördjupningen avser mer detaljerade beräkningar för olycksscenarioer med explosion (klass 1 och klass 5) på väg E6, inklusive ett förändrat personantal/markanvändning inom planområdet.

Riskbedömningen har även uppdaterats utifrån räddningstjänstens remissvar på ursprunglig riskbedömning [3]. Förändringarna mot den tidigare riskbedömningen berör i huvudsak följande kapitel:

- Kapitel 2.1 Planområde
- Kapitel 6 Riskreducerande åtgärder
- Kapitel 7 Risk och räddningstjänst
- Delkapitel i bilaga B.1 Persontäthet
- Delkapitel i bilaga B.3 ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen
- Bilaga E Skyddseffekter av föreslagna åtgärder

1.7 Internkontroll

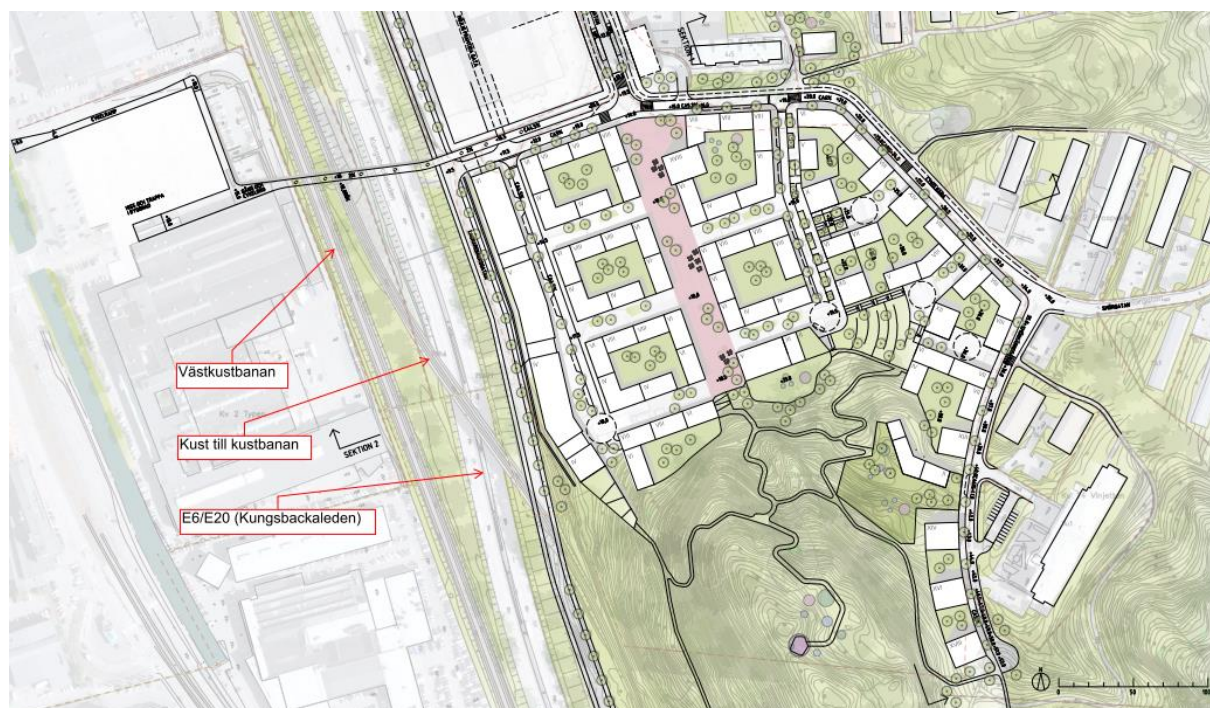
Rapporten är upprättad av Erik Svedberg (Civilingenjör i Riskhantering) och Fredrik Larsson (Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering) med Dan Jernberg (Civilingenjör i Riskhantering) som uppdragsansvarig. Rådgivande för explosionsberäkningar inkl. riskreducerande åtgärder för explosiver har varit Johan Magnusson (Sweco Structures AB). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Ansvarig för denna granskning är Katarina Herrström (Brandingenjör och Civilingenjör i Riskhantering).

2 Områdesbeskrivning

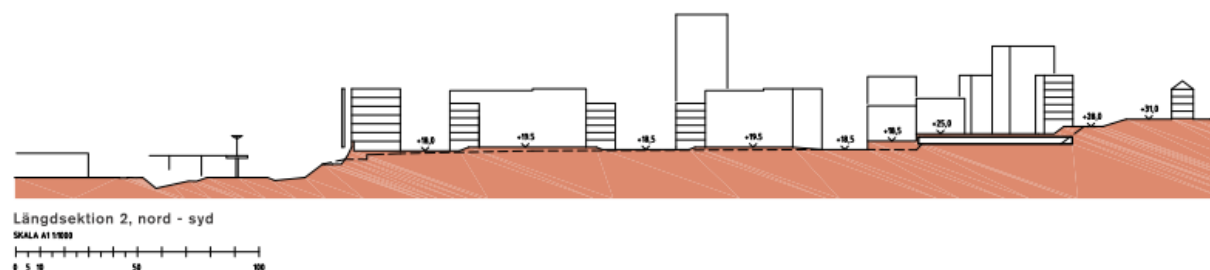
I detta kapitel ges en översiktlig beskrivning av planområdet och dess omgivning.

2.1 Planområde

En ny detaljplan för området är under framtagande, se Figur 2. Syftet med detaljplanen är att möjliggöra byggnation av bostäder samt social service i form av förskola, äldreboende med mera. Detaljplanen kommer även att medge bland annat handel och kontorsverksamhet. Bebyggelsen uppförs med varierande antal våningar, se sektion i Figur 3. Totalt innefattar detaljplanen 1500 bostäder (enligt uppgift ca 3000 boende) och 2000 arbetsplatser inom en yta om ca 100 000 m². Bebyggelse inom planområdet planeras på ett avstånd om drygt ca 30 meter öster om E6.



Figur 2. Beskrivande bild över planområdet.



Figur 3. Sektion 2 (med placering enligt Figur 2) av planområdet.

För att enklare beskriva förutsättningarna inom planområdet har området delats upp på fyra zoner, se Figur 4.



Figur 4. Schematisk zonindelning av planområdet.

Zon 1 innefattar området mellan E6 och första kontorsbyggnaden. Detta område utgörs endast av infrastruktur/lokalgata och inga personer är förväntade att vistas här. Zon 2 utgörs huvudsakligen av kontorsbyggnad med ca 1200 arbetsplatser. I byggnaden kommer det även finnas parkeringsdäck, sällanköpshandel och en icke publik gymnastiksal utan läktare. Övriga delar inom zon 2 bedöms öka personantalet med ca 50 personer. Zon 3 utgörs av bostäder, skola och rekreationsområde, inklusive lokalgator. Bostäderna inom zon 3 möjliggör för ca 3500 boende. Skolbyggnaden möjliggör för ca 1000 personer. Zon 4 utgörs av bostäder och rekreationsområde, inklusive lokalgator. Inom zon 4 förväntas som mest 1600 personer vistas.

För en mer detaljerad beskrivning av respektive zon med avseende på beräkningarna se bilaga B.1.

2.2 Infrastruktur

I följande avsnitt beskrivs den infrastruktur som löper invid planområdet.

2.2.1 E6

Direkt väster om planområdet löper E6/E20 (Kungsbackaleden) i nordsydlig riktning. Vägen utgör motorväg med tre filer i vardera riktningen i höjd med planområdet. E6 är utpekad som primär transportled för farligt gods och är starkt trafikerad. Hastighetsbegränsningen är 70 km/h norr om Kallebäcksmotet och variabel, men maximalt 80 km/h söder om detsamma. Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, fordon/årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 87 100 fordon/dygn på E6/E20 förbi planområdet [4]. Samtliga farligt gods-klasser är tillåtna på E6.

2.2.2 Riksväg 40

Då riksväg 40 är belägen ca 300 meter från planområdet kommer denna transportled inte studeras vidare då konsekvensavstånd för olyckor på denna vägsträckning inte ger riskbidrag på det avstånd där planområdet är beläget.

2.2.3 Västkustbanan

Parallellt med E6 löper Västkustbanan, vilken utgör transportled för farligt gods. Samtliga farligt gods-klasser transporteras på Västkustbanan och år 2030 förväntas ca 230 persontåg och 60 godståg passera området per dygn [4].

2.2.4 Kust till kustbanan

Kust till kust-banan är i dagsläget en enkelspårig järnväg och är av interregional betydelse. Den sträcker sig mellan Göteborg och Kalmar samt Karlskrona via bland annat Borås. Banan trafikeras av godståg (inklusive farligt gods) och persontåg. Enligt prognos kommer banan att trafikeras av ca 75 persontåg/dygn och 15 godståg/dygn år 2030 [4].

2.2.5 Götalandsbanan

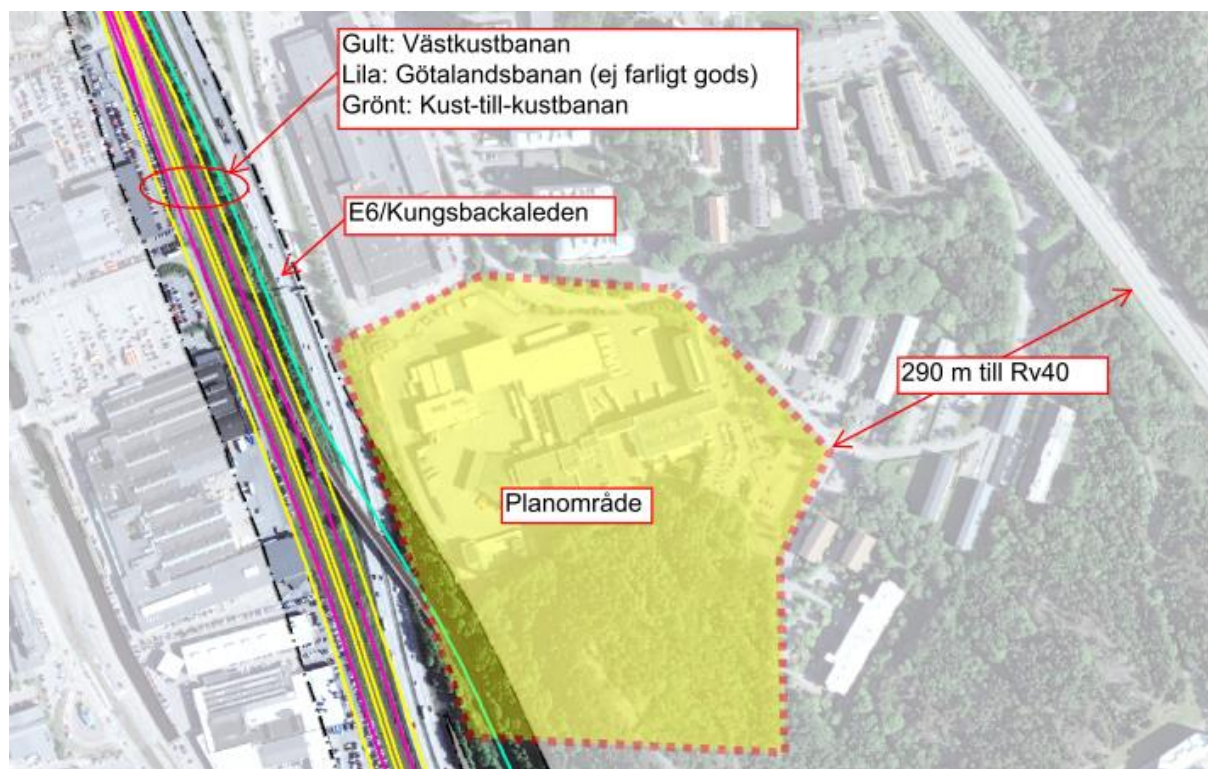
Trafikverket har låtit upprätta en förstudie för den etapp av Götalandsbanan som enligt planen ska sträcka sig mellan Almedal och Mölnlycke [5]. Götalandsbanan planeras för snabbtåg och projekteras inte för annat gods än av lättare typ, t.ex. posttåg. Farligt gods ska enligt uppgift inte trafikera banan [6]. Banan kommer enligt planerna att trafikeras av ca 210 persontåg/dygn år 2030 [4].

Det finns enligt förstudien ett antal olika alternativa sträckningar för banan mellan Almedal och Mölnlycke [5]. Göteborgs och Mölndals stad bedriver planarbetet utifrån det alternativ i förstudien som benämns M1½. Detta alternativ innebär att banan löper parallellt med Västkustbanan från Almedal, angör Mölndals station för att sedan böja av åt sydost och vidare mot Mölnlycke. Oavsett valt alternativ kommer Götalandsbanan passera väster om studerat planområde.

2.2.6 Framtida förändringar av trafikinfrastruktur

Då Götalandsbanan tillkommer i planområdets närhet kan transportkorridoren behöva revideras. Planering pågår vid upprättande av denna riskbedömning. I Figur 5 ges en översiktlig illustration över hur spårområdet kan se ut när Götalandsbanan tillkommer. Gula linjer illustrerar Västkustbanan, vilken kompletteras från två till fyra spår (de båda yttersta spåren tillkommer). Götalandsbanan (lila linjer) planeras få ett spår i vardera riktningen och placeras utanför de nuvarande spåren för Västkustbanan. I samband med detta flyttas Kust till kust-banan österut och en ny järnvägsbro ovan E6 planeras precis i höjd med studerat planområde [7].

Exploatören planerar att uppföra byggnation ca 30 meter öster om befintligt läge för E6 [7]. I dagsläget planeras E6 att flyttas 7 meter öster ut i förhållande till dagens placering. Under arbetet med detaljplanen har husraden närmast E6 flyttats motsvarande strecka för att fortsatt bibehålla 30 meters avstånd till vägen [8].



Figur 5. Översiktlig illustration över hur spårområdet kan komma att gestaltas när Götalandsbanan tillkommer.

Osäkerheterna kring framtida förändringar av trafikinfrastrukturen är vid upprättande av denna rapport stora. Utgångspunkt för beräkningarna tas i Figur 5 ovan. Se även avgränsning i avsnitt 1.3. Det förutsätts att avstånden mellan planområdet och väg E6 förblir samt att spåren kompletteras väster om E6 med fördelning och ungefärliga lägen enligt Figur 5. Vid förändringar som avviker från detta behöver riskbedömningen revideras.

3 Omfattning av riskhantering och metod

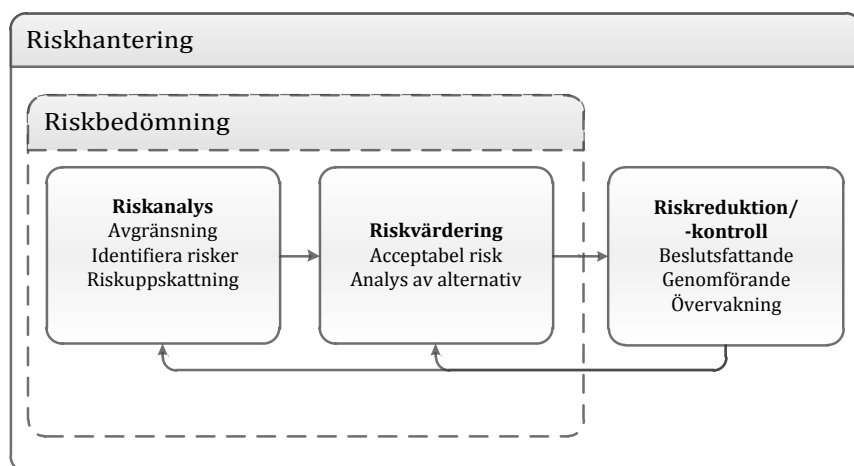
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

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 [9] [10], riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 6. 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 6. 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.

3.2 Metod för riskinventering

För att ta reda på vilka risker som föreligger inom aktuellt planområde har kartstudier genomförts. Information från Göteborgs Stad, Trafikverket och Räddningstjänsten Storgöteborg har tillsammans med kartstudierna utgjort riskinventeringen.

3.3 Metod för riskuppskattning

Riskbedömningen utgör i aktuellt fall en kvantitativ bedömning av de skadescenerier som kan inträffa vid transport av farligt gods i planområdets närhet. Kvantitativa metoder är helt numeriska och beskriver således risker med kvantitativa termer, exempelvis förväntat antal omkomna per år [11].

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverket) rapport [12] beräknas frekvensen för att en järnvägsolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på den aktuella sträckningen. För beräkning av frekvenser/sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys.

Frekvensberäkningarna redovisas i Bilaga A.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar redovisas mer omfattande i Bilaga B.

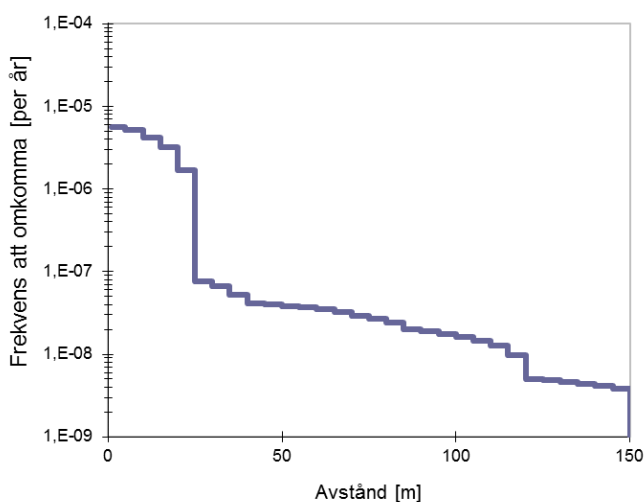
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttet individ- och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåttet, individ- och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område så att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande (individperspektiv), samtidigt som hänsyn tas till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som samtidigt påverkas (samhällsperspektiv).

3.3.1 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 [13]. 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 7.

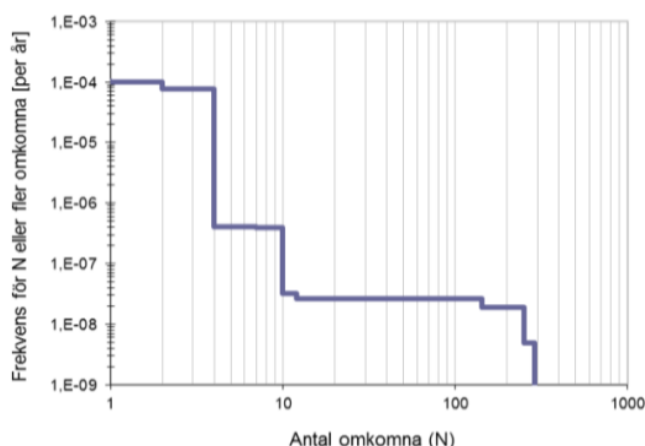


Figur 7. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 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 befolkningens mängd 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), se Figur 8, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 8. Exempel på F/N-kurva för beskrivning av samhällsrisk.

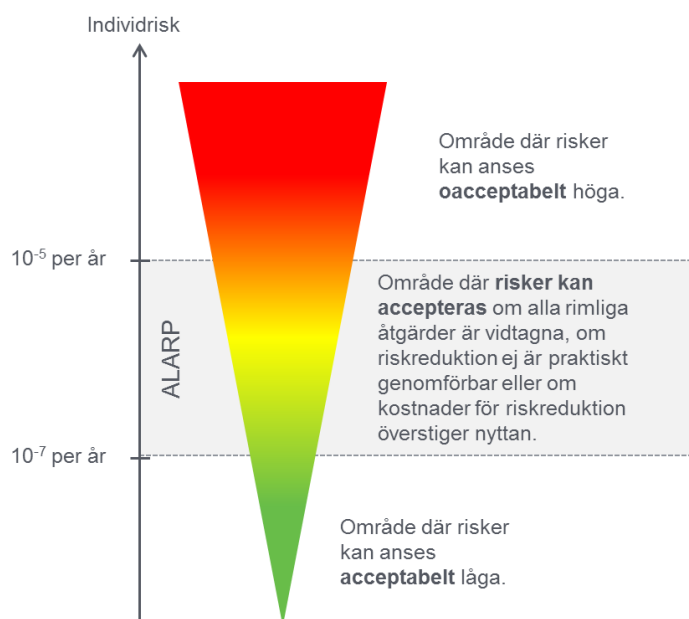
I F/N-kurvan illustreras hur ofta olyckor sker med ett givet antal omkomna personer, och det går således att särskilja på frekvensen av olyckor med en liten konsekvens och olyckor med stor konsekvens.

3.4 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.

3.4.1 DNV:s föreslagna kriterier

Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier [13] gällande individ- och samhällsrisk. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, acceptabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 9.



Figur 9. Princip för värdering av risk vid fysisk planering.

Följande förslag till tolkning rekommenderas [13]:

- 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 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 låga kan värderas som acceptabla. Dock ska möjligheter för ytterligare riskreduktion undersökas. Riskreducerande åtgärder, som med hänsyn till kostnad kan anses rimliga att genomföra, ska genomföras.

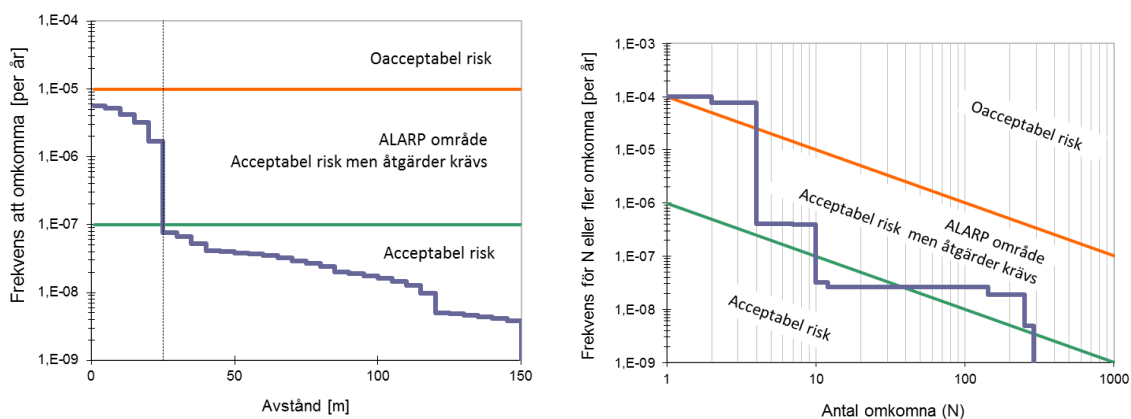
För individrisk föreslog DNV [13] följande kriterier:

- 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 [13] följande kriterier:

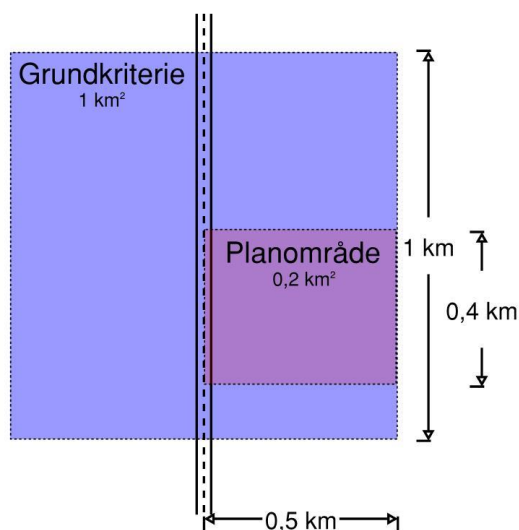
- Övre gräns för område där risker under vissa förutsättningar kan tolereras: $F=10^{-4}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1
- Övre gräns för område där risker kan kategoriseras som låga: $F=10^{-6}$ per år för $N=1$ med lutning på F/N -kurva: -1

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 10.

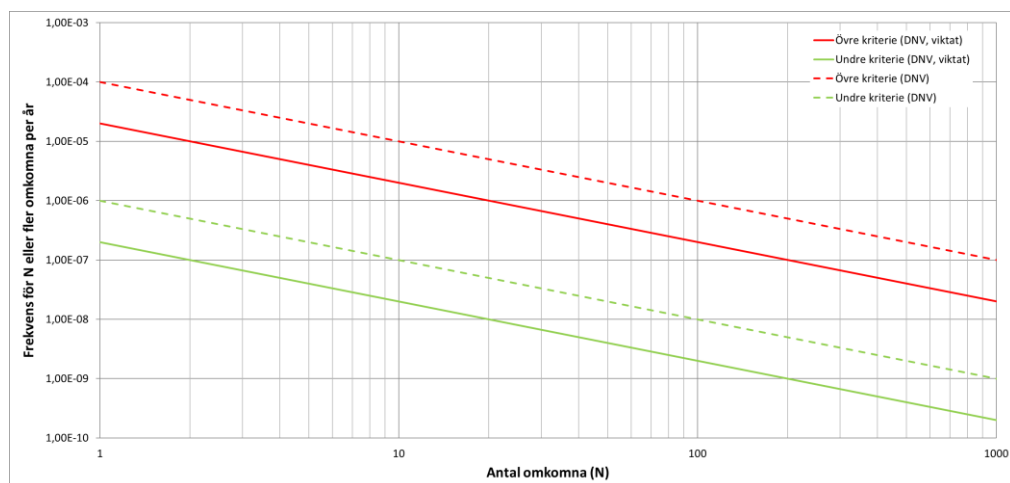


Figur 10. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV [13].

För samhällsrisk föreslog DNV [13] en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras. I denna riskbedömning studeras dock en kortare sträcka, ensidigt för 0,4 kilometer (planområdets ungefärliga bredd), vilket gör att acceptanskriterierna sänks. Eftersom planområdet utgör en yta på $0,4 \text{ km} * 0,5 \text{ km}$ viktas respektive gränsvärde med 0,2, se Figur 11. Resultatet av viktningen redovisas i Figur 12.

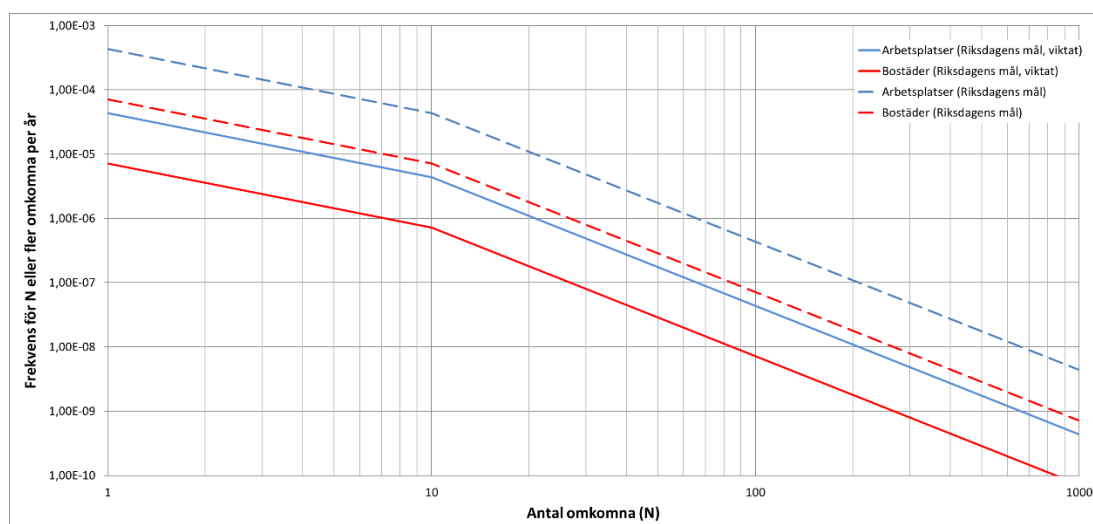


Figur 11. Planområdet storlek i förhållande till grundkriterierna.

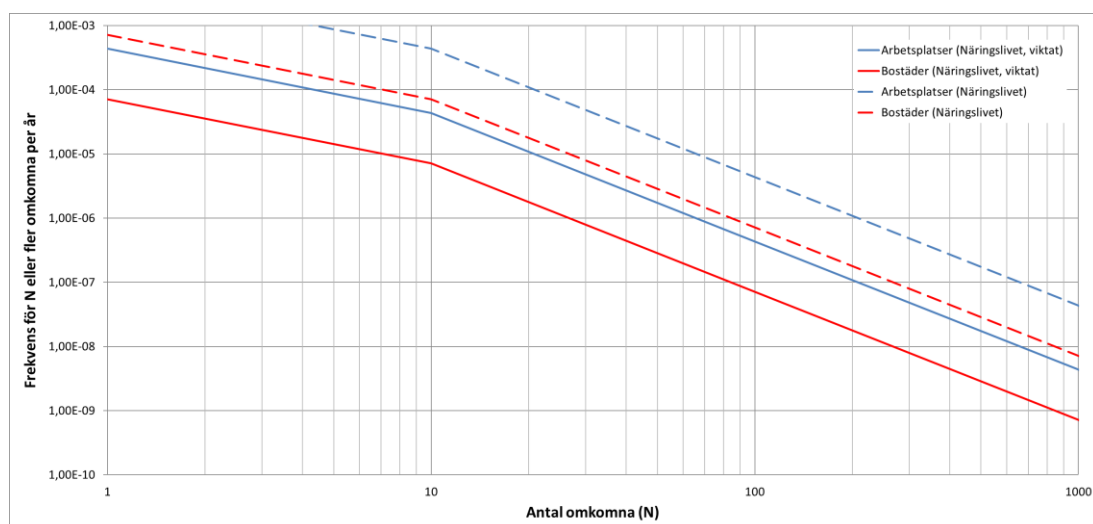


Figur 12. Föreslagna kriterier samhällsrisk enligt DNV [13] och viktade kriterier samhällsrisk utifrån planområdets storlek.

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg [14] har föreslagit aversionskurvor för samhällsrisk som kan jämföras med de riskkriterier som DNV föreslagit. Aversionskurvorna i FÖP99 finns i olika versioner för tillämpning på arbetsplatser respektive på bostäder och gäller tät typbebyggelse på båda sidor om en 2 km lång riskkälla/transportled. Eftersom betraktat stäcka är ensidigt 400 meter viktas kriterierna om på samma sätt som för DNVs kriterier, se Figur 13 och Figur 14.



Figur 13. Förslag på värderingskriterier enligt FÖP99: Riksdagens mål, viktning mot planområdets stäcka längs med transportlederna [14].



Figur 14. Förslag på värderingskriterier enligt FÖP99: Näringslivet, viktning mot planområdets stäcka längs med transportlederna [14].

Samtliga ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen, vid jämförelse med resultatet av riskanalysen för planområdet, för bedömning av huruvida risknivån är acceptabel eller inte. För olyckor större än 1000 personer omkomna har bedömningskriterierna extrapolerats.

3.5 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.

4 Riskidentifiering

I detta kapitel presenteras identifierade riskkällor samt en sammanställning av de olycksscenarioer som beaktas vidare i rapporten.

4.1 Identifiering och beskrivning av riskkällor

Följande riskkällor har identifierats för planområdet:

- Transporter av farligt gods (E6, Västkustbanan och Kust till kustbanan)
- Mekanisk skada vid urspårning (Västkustbanan, Kust till kust-banan och Götalandsbanan)

Inga Sevesoanläggningar eller andra farliga verksamheter har identifierats inom eller i planområdets närhet.

4.2 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 (ADR-S, RID-S) [16] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods delas in i nio klasser som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ämnet. I Tabell 1 redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka. Samtliga av dessa ämneskategorier är tillåtna på väg och järnväg förbi planområdet.

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

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Tryckpåverkan och brännskador. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med uppemot 250 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 ge skadeområden med uppemot 700 m radie [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, brinnande gasmoln 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 rymmandes upp till 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, strålningseffekt eller giftig rök. Konsekvensområden vanligtvis inte större än 40 m för brännskador. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver) karbid och vit fosfor.	Brand, strålning, giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartade brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider kommer i kontakt med brännbart, organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 200 m.
6	Giftiga och smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet.
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 ofta som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [18] (LC ₅₀). Personskador kan uppkomma på längre avstånd (IDLH).
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenser begränsade till närområdet.

Utifrån beskrivningarna i Tabell 1 samt statistik över transporterade ämnen och 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 generera konsekvenser på de avstånd som är aktuella i projektet.

4.2.1 Mekanisk skada vid urspårning

På Götalandsbanan förväntas inget farligt gods transporteras eftersom banan inte projekteras för godstrafik. Dock kan urspårningar på banan innebära mekanisk skada då urspårande vagnar lämnar banområdet och träffar människor eller byggnader. Detta gäller även i närområdet av övriga banor.

4.3 Sammanställning av olycksscenarier

Utifrån detta behandlas följande scenarier vidare för respektive riskkälla (E6, Västkustbanan och Kust till kustbanan):

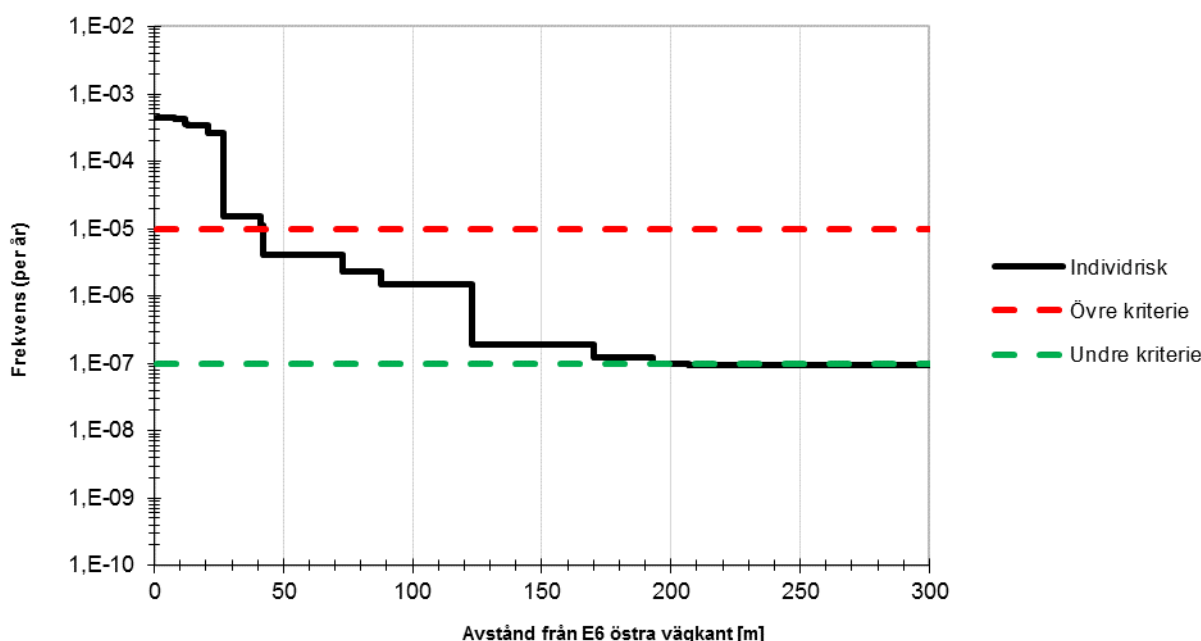
- Farligt gods-olycka explosiva ämnen och föremål (klass 1)
- Farligt gods-olycka med brandfarligt gasutsläpp (klass 2.1)
- Farligt gods-olycka med giftigt gasutsläpp (klass 2.3)
- Farligt gods-olycka med brandfarlig vätska (klass 3)
- Farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5)
- Mekanisk skada vid urspårning på Västkustbanan, Kust till kust-banan och Götalandsbanan.

Notera att det på Kust till kust-banan inte förekommer transporter av klass 1 eller 2.

5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta kapitel redovisas individrisknivån och samhällsrisknivån för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier i närområdet. Beräkningarna baseras på trafikprognoser för år 2030. Individ- och samhällsrisknivån värderas sedan med hjälp av de acceptanskriterier som angivits i avsnitt 3.4.

5.1 Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter



Figur 15. Individrisknivå för planområdet med avseende på identifierade riskscenarier (x-axelns skala (0) utgår från väggkant för E6 östra körbana närmst planområdet).

I Figur 15 illustreras individrisknivån för planområdet vid horisontår 2030. Denna individrisknivå är en sammanräkning av samtliga identifierade riskkällor tillsammans.

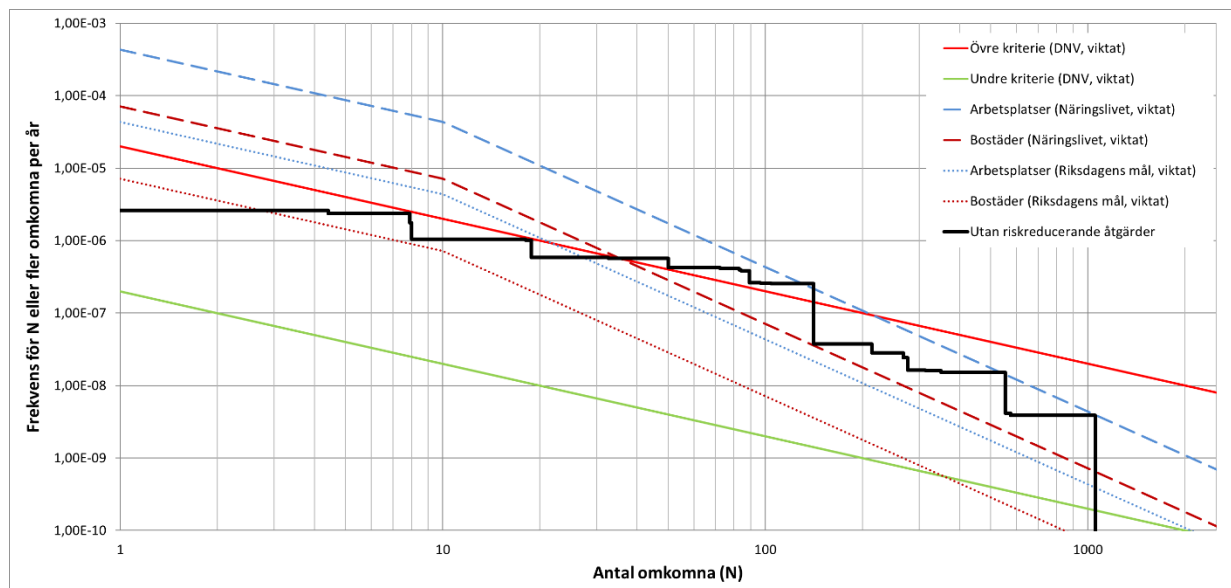
De vågräta linjerna markerar övre och undre gräns för ALARP-området enligt DNV:s kriterier, se avsnitt 3.4. Inom ca 40 meter, mätt från väggkant för E6 östra körbana är individrisknivån att betrakta som oacceptabel. Från ca 120 meter ligger individrisknivån i nedre delen av ALARP-området och bortom ca 190 meter är den att betrakta som acceptabel.

Närmsta bebyggelse planeras på ett avstånd av ca 30 meter från väggkant för E6 östra körbana. På detta avstånd är individrisken oacceptabel och krav på riskreduktion ställs enligt DNV:s kriterier.

Individriskmättet tar inte hänsyn till persontäthet inom området. Därför är det dessutom nödvändigt att även studera samhällsrisknivån.

5.2 Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter

I Figur 16 illustreras samhällsrisknivån för planområdet. Risknivån värderas både med hjälp av DNV:s kriterier för samhällsrisk och med hjälp av de värderingskriterier som presenteras i FÖP99. Samtliga kriterier är viktade efter planområdets storlek.



Figur 16. Beräknad samhällsrisknivå för planförslaget [2].

Utifrån bedömningskriterierna görs följande bedömning om risknivån:

<i>DNV:s kriterier</i>	Risknivån ligger delvis inom område som är att betrakta som oacceptabelt högt och i övrigt i den övre delen av ALARP.
<i>FÖP Riksdagens mål</i>	Risknivån överstiger acceptabel nivå för bostäder och arbetsplatser.
<i>FÖP Näringslivet</i>	Risknivån ligger mellan acceptabel nivå för bostäder och arbetsplatser.

Baserat på de tre grupper av kriterier som utgör värderingsunderlag görs den sammantagna bedömningen att riskreducerande åtgärder krävs om planerad etablering ska kunna genomföras.

6 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* [15]. Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån. Omfattningen av de skyddseffekter som uppstår i samband med att åtgärderna införs redovisas i Bilaga E.

Möjligheten att reglera föreslagna riskreducerande åtgärder i detaljplanen varierar. I uppdaterad version av BFS 2014:5-DPB 1, allmänna råd till plan- och bygglagens fjärde kapitel om reglering med detaljplan, har möjligheten att i en planbestämmelse göra hänvisning till andra dokument tagits bort då det kan innebära att bestämmelserna blir otydliga. Gällande de föreslagna åtgärder som inte kan regleras i detaljplanen behöver exploatör och kommun tillsammans komma fram till hur åtgärderna ska implementeras och följas upp.

6.1 Behov av riskreducerande åtgärder

Resultaten av riskuppskattningen visar att såväl den beräknade individ- som samhällsrisknivån för planområdet fordrar åtgärder enligt DNV:s värderingskriterier [13] och värderingskriterierna i FÖP99. De identifierade olycksscenarier som i störst grad påverkar samhällsrisknivån är explosion (ADR/RID-S klass 1 och 5), samt spridning av giftig gas (ADR/RID-S klass 2.3) eftersom dessa scenarier har långa konsekvensavstånd och potentiellt påverkar många människor. Oacceptabel individrisknivå inom ca 40 meter från yttersta körfält på E6 uppkommer främst med anledning av olyckor förknippade med bränder (ADR/RID-S-klass 2.1 och 3). De åtgärder som presenteras i efterföljande delkapitel bedöms vara nödvändiga för att risknivåerna ska kunna accepteras.

6.2 Förslag på riskreducerande åtgärder

Det är svårt att reducera frekvenserna för olycka med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför ges primärt förslag på konsekvensbegränsande åtgärder. Nedan listas ett antal möjliga riskreducerande åtgärder. Resonemang förs kring åtgärdernas relevans för risksituationen.

6.2.1 Skyddsavstånd

I den tidigare riskbedömningen för området rekommenderades ett skyddsavstånd på 50 meter [2]. Anledningen till rekommendationen var att åtgärden är en väl beprövad och effektiv metod för att sänka risknivåerna utan att alltför omfattande riskreducerande åtgärder infördes på övriga delar av planen (byggnadstekniska åtgärder, markanvändning etc.).

I det uppdaterade planförslaget planeras huskroppen närmast E6 ligga på 30 meter. Detta skyddsavstånd bedöms kunna accepteras givet att övriga föreslagna riskreducerande åtgärder införs. Inom skyddsavståndet på 30 meter ifrån E6 gäller att inga byggnader får upprättas. Markanvändningen inom detta område får inte uppmuntra till stadigvarande vistelse. Detta betyder att markanvändningen inte får utformas på ett sätt så att enskilda personer, eller grupper av människor, regelbundet befinner sig inom området. Exempel på utformning och aktiviteter som inte tillåts inkluderar bland annat: lekplats, grillplats, picknickyta (inkl. bord med stolar/bänkar) etc. Ytan får förses med träd eller annan växtlighet.

6.2.2 Utökat explosionsskydd

En stor del av riskbidraget till samhällsrisknivåerna inom planområdet kommer ifrån transport av klass 1 och klass 5 vilka båda kan leda till explosioner. För att bättre skydda personer inom planområdet

mot explosioner föreslås en förändring av utformningen och personantalet i byggnadskroppen närmast E6.

Byggnaden närmast E6 behöver uppföras i enlighet med de rekommendationer som listas i *Eurokod 1 - Laster och bärverk, Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast* [19] och beskrivs även i *Bedömning av explosionslaster och byggnadsskador vid Smörgatan i stadsdelen Kallebäck, SWECO, 2016-11-17*.

Kravet innebär att byggnadskonstruktionen utformas till att motstå en tryckpåverkan vid en dimensionerande sprängkraft orsakad av 1500 kg trotyl i mitten av det närmsta körfältet på E6:an. Kravet kan uppfyllas bl.a. genom att byggnaden utformas med 25 cm tjocka fasadväggar i betong med en tillhörande stomme som motverkar fortskridande ras givet en explosion. Slutgiltig konstruktion ska godkännas av byggnadskonstruktör med expertis inom explosionslast.

För att ytterligare begränsa antalet skadade i händelse av explosion får byggnaden närmast E6 inte upprättas med heltäckande glasfasader. Kravet gäller för byggnadsdelar som vetter mot E6. För att minimera risken med explosionstryck som läcker in i byggnaden är det fördelaktigt om glasytor begränsas på dessa fasaddelar. För lokaler i byggnadsdelar som vetter mot riskkällorna där fler än 30 personer kan komma att vistas regelbundet bör explosionsklassat glas övervägas. För att beräkningsresultatet ska gälla får personantalet i byggnaden närmast E6 inte överskrida 1250 personer.

6.2.3 Disposition av planområdet

I det uppdaterade exploateringsförslaget planeras husraden närmast E6 inrymma kontor inklusive parkeringshus. Husraden planeras även att bli sammanhängande för att ge bakomliggande bebyggelse skydd mot såväl buller, avgaser som olyckor med farligt gods. Detta är positivt ur ett samhällsrisikperspektiv. Skyddseffekten av husraden närmast E6 kommer till stor del att styras av hur stor begränsning som sker av siktlinjerna mellan transportlederna och bakomvarande byggnader. Beroende på aktuell utformning av byggnadshöjderna inom området kommer husraden att skydda bakomvarande byggnader olika mycket. För olycksscenarioer som leder till en relativt rak konsekvensutbredning från olyckspunkten (så som strålningspåverkan från pölbrand) kommer skyddseffekten av husraden bli hög, givet att byggnadshöjderna inte skiljer allt för mycket. Vid olycksscenarioer med annan karaktär (så som vid explosion där tryckpåverkan ”sveper runt” byggnaden och vid BLEVE där eldklotet stiger på höjden under förbränning) kommer skyddseffekten bli något lägre. Siktlinjerna styrs även av avståndet till olyckans placering. I de fall en olycka med farligt gods sker på E6 kommer husraden leda till mer skyddande siktlinjer än om olyckan sker på någon av järnvägarna (den relativa höjdskillnaden på byggnaderna blir mindre med ökat avstånd). För att ge en god skyddande effekt bör fasaden för husraden inte ha genomgående öppningar, och byggnadshöjderna på bakomvarande byggnader begränsas i förhållande till husraden inom zon 2. Omfattningen av begränsningen bör ställas på de byggnader som ligger inom den gräns på 80 meter som presenteras för bostäder enligt översiktsplanen i Göteborg [20]. För dessa byggnader bör höjdskillnaden mot husraden i zon 2 inte överstiga 1/3 av husradens höjd, ca 10 meter.

Trycknivåerna, och därmed även skadeverkan, vid en olycka med explosiver avtar med ett ökat avstånd. Detta gör att de första våningsplanen i husraden närmast E6 kommer att bli mer utsatta för en potentiell tryckökning än de våningsplan som ligger överst i byggnaden. För att begränsa konsekvenserna bör de understa våningsplanen utformas på ett sätt som minimerar antalet personer som vistas där. Lämpligt är därför att de första två våningsplanen ovan mark i husraden närmast E6 utgörs av parkeringsdäck. Aktuellt planförslag med en mindre, icke publik, gymnastiksal i den södra huskroppen (ej läktare) och en sällanköpshandel i byggnadens norra huskropp bedöms inte påverka riskbilden nämnvärt och kan accepteras. Samtliga personentréer in i huskroppen närmast E6 ska ansluta ut mot lokalgatan inom planområdet (alltså via fasaddel i öster). Detta gäller dock inte en möjlig inkörsväg för bilar till parkeringshuset vilken bedöms kunna ansluta utifrån, givet att inga gång- och cykeltrafikanter är tänkta att använda ingången.

6.2.4 Brandtekniska åtgärder

Planbestämmelsen avser krav på byggnad inom ett visst avstånd från riskkällan för att förhindra brandspridning in i byggnaden samt begränsa brandspridning längs fasadytan. För aktuellt planförslag innebär detta att ytterväggar för byggnaden närmast E6 utformas med brandtekniskt avskiljande funktion i lägst EI 30 och så att risken för brandspridning längs med fasadytan begränsas enligt 5:551, punkt 3, i Boverkets byggregler.

6.2.5 Möjlighet till utrymning

Husraden närmast E6 ska kunna utrymmas i riktning bort från riskkällorna. Detta för att undvika att personer ska tvingas utrymma ut mot olycksplatsen och därigenom utsättas för mer riskpåverkan än nödvändigt. Bakomliggande byggnader förväntas kunna utrymmas i skydd av husraden närmast E6.

6.2.6 Ventilationsåtgärder

Husraden närmast E6 förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida (bort från E6). Ventilation för byggnader inom zon 3 inom planområdet bör placeras så högt som möjligt och med friskluftsintag vända bort från E6. För bostäder kan detta vara svårt att styra med tanke på öppningsbara balkongdörrar, fönster etc. Dock bör generellt ventilationen förses med nödavstängningsmöjlighet så att ventilation (samt dörrar och fönster) kan stängas manuellt vid t.ex. ett VMA (viktigt meddelande till allmänheten).

6.3 Sammanfattning av rekommenderade åtgärder

Följande åtgärder bedöms vara nödvändiga för att risknivåerna ska kunna accepteras:

Åtgärder för zon 2

- Personantalet i byggnaden får inte överskrida 1250 personer.
- Avståndet mellan byggnaden och vägens (E6) östra väggkant får inte understiga 30 meter. Ytan mellan väg och bebyggelse ska lämnas bebyggelsefri. Detta betyder att markanvändningen inte får utformas på ett sätt så att enskilda personer, eller grupper av människor, regelbundet befinner sig inom området.
- Byggnaden skall dimensioneras för en sprängkraft orsakad av 1 500 kg trotyl. Explosionen förutsetts ske på E6:an i mitten av det närmsta körfältet. Slutgiltig konstruktion ska godkännas av byggnadskonstruktör med expertis inom explosionslaster.
- Byggnadsdelar som vetter mot E6 får inte upprättas som heltäckande glasfasader. Glasytor och andra öppningar (luftinsläpp, öppna plan etc.) bör begränsas på dessa fasaddelar.
- För lokaler i byggnadsdelar som vetter mot riskkällorna där fler än 30 personer regelbundet kan komma att vistas bör explosionsklassat glas övervägas. Detta är dock inget krav.
- Byggnaden utformas till en sammanhängande byggnadskropp utan genomgående öppningar i fasad.
- Ventilationen för byggnaden kompletteras med nödavstängningsmöjlighet i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida (fasad som vetter bort från E6).
- De två första våningsplanen ovan mark i husraden närmast E6 ska utgöras av parkeringsdäck, alternativt med undantag för en mindre, icke publik, gymnastiksal i den södra huskroppen (ej läktare) och en sällanköpshandel i byggnadens norra huskropp.
- Samtliga personentréer till byggnaden ska vetta mot lokalgatan i planområdet (bort från riskkällorna).

- Ytterväggar inkl. glaspartier utformas med brandtekniskt avskiljande funktion i lägst EI 30 och så att risken för brandspridning längs med fasadytan begränsas enligt 5:551, punkt 3, i Boverkets byggregler.
- Husraden närmast E6 ska kunna utrymmas i riktning bort från riskkällorna.

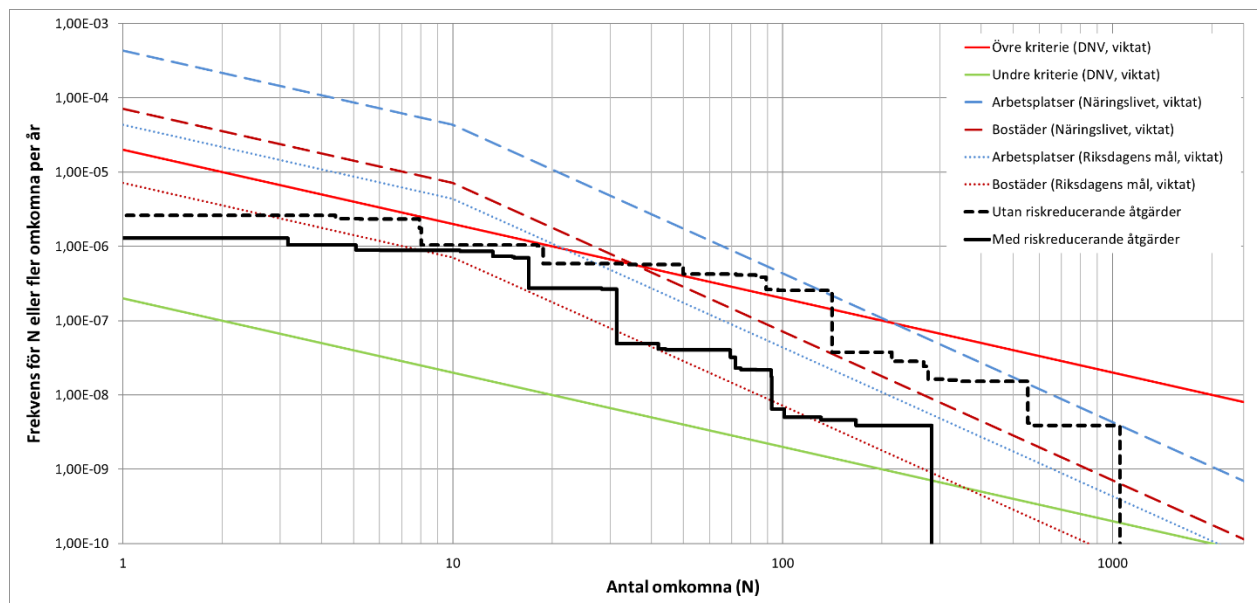
Åtgärder för zon 3

- Taknivåer för byggnader inom 80 meter ifrån E6 får inte vara mer än 10 meter högre än byggnaden inom zon 2.
- Ventilation för samtliga byggnader bör så långt det är möjligt förses med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida (bort från E6) av respektive byggnad, samt förses med central nödavgångsmöjlighet.

För byggnader inom zon 4 ställs inga krav på extra riskreducerande åtgärder med avseende på transport av farligt gods.

6.4 Uppskattad risknivå med vidtagna åtgärder

Med hänsyn tagen till ovan nämnda åtgärder bedöms risknivån reduceras enligt Figur 17.



Figur 17. Riskreduktion givet föreslagna åtgärder. Heldragen svart samhällsrisksprofil utgör risknivå efter vidtagna riskreducerande åtgärder. Ursprungsberäkningen redovisas som streckad svart linje.

Utifrån bedömningskriterierna görs följande bedömning om risknivån då riskreducerande åtgärder har införts:

<i>DNV:s kriterier</i>	Risken ligger fortsatt inom området för ALARP.
<i>FÖP Riksdagens mål</i>	Risken ligger över acceptabel nivå för bostäder och under acceptabel nivå för arbetsplatser.
<i>FÖP Näringslivet</i>	Risken ligger på acceptabel nivå för både bostäder och arbetsplatser.

Definitionen för ALARP-området innebär att risknivåerna kan accepteras förutsatt att alla rimliga åtgärder vidtas, samt att nyttan med exploateringen anses mycket stor. Sett till DNVs bedömningskriterier bedöms således risknivåerna för planförslaget, givet att föreslagna åtgärder införs, kunna accepteras.

I FÖP99 finns beräkningsexempel för planområden som både innefattar kontor och bostäder (vilket är fallet med aktuellt planförslag), men bedömningskriterier för denna typ av markanvändning saknas. WSP gör bedömningen att en sammanvägning av kriterierna är möjlig. Sammanvägningen förutsätter dock att utformningen av planen ligger i linje med beräkningsexemplen i FÖP99, vilket innebär att områden för kontor placeras mellan bostäder och transportled för farligt gods. Eftersom detta är fallet vid aktuellt planförslag bör bedömningskriteriet för blandad bebyggelse ligga mellan FÖP - Riksdagens mål för bostäder och FÖP - Riksdagens mål för kontor. WSP gör således bedömningen att risknivåerna, givet att föreslagna åtgärder införs, enligt en sammanvägning av kriterierna kan accepteras. Sett till FÖP – Näringslivets kriterier bedöms risknivåerna för planförslaget, givet att föreslagna åtgärder införs, ligga på acceptabla nivåer.

Baserat på de tre grupperna av kriterier som utgör värderingsunderlag görs den sammantagna bedömningen att risknivåerna kan accepteras förutsatt att listade riskreducerande åtgärder genomförs.

7 Risk och räddningstjänst

Detta kapitel har tillkommit efter önskemål från räddningstjänst. Nedanstående punkter är en sammanfattning av räddningstjänstens yttrande. För en mer detaljerad beskrivning hänvisas läsaren till aktuellt remissyttrande för den ursprungliga riskbedömningen [3]. Räddningstjänsten anser att samtliga punkter behöver beaktas under framtida skeden för aktuellt planförslag.

7.1 Insatstid för räddningstjänsten

Insatstiden i området är normalt under 10 minuter. Det inbegriper även höjdfordon med en vertikal räckvidd om 23 meter.

7.2 Tillgänglighet för räddningstjänst

Utryckningsfordon skall i en akut situation kunna komma så nära den aktuella byggnaden att avståndet mellan fordon och husets entré inte överstiger 50 meter. Räddningstjänstens förmåga och dimensionering av eventuell uppställningsplats för stegbil och bärbar stege finns beskrivet på räddningstjänstens hemsida.

7.3 Brandvattenförsörjning

Ett konventionellt brandpostsystem behöver byggas i området i enlighet med VAV P76 och P83. Det innebär bland annat att det inom planområdet bör finnas brandposter med ett maximalt inbördes avstånd på 150 meter.

8 Diskussion och osäkerheter

Riskbedömningar av detta slag är 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:

- Trafikprognoser till horisontåret 2030
- Information om flödet av farligt gods på vägar och järnvägar
- Personantal inom området
- Antal personer som förväntas omkomma vid respektive skadescenario
- Förändringar av infrastrukturkorridoren väster om planområdet

De antaganden som har gjorts har generellt varit konservativt gjorda så att risknivån inom området inte ska underskattas. Av denna anledning är behovet av känslighetsanalyser litet. Det bedöms att mindre variationer i indata inte skulle ge underlag för en annan slutsats än den som dras efter utförda beräkningar.

En stor osäkerhet föreligger avseende eventuella framtida förändringar av trafikinfrastrukturen väster om planområdet. Bland annat utreds behov av en permanent flytt av E6 uppemot 30 meter österut. I dagsläget är denna information spekulativ, men skulle det realiseras kan en revidering av denna riskbedömning komma att krävas.

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. [21]

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 [21].

9 Slutsatser

Utän riskreducerande åtgärder är nivån för individrisk och samhällsrisk för planområdet att betrakta som oacceptabel. Planförslaget bedöms dock vara genomförbart förutsatt att ett antal föreslagna riskreducerande åtgärder genomförs.

För samtliga riskreducerande åtgärder som inte kan regleras i detaljplanen behöver exploatör och kommun tillsammans komma fram till hur åtgärderna ska implementeras och följas upp. Riskbedömningen gäller vid redovisade antaganden och förutsättningar. Skulle dessa ändras behöver riskbedömningen uppdateras.

Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport [22] 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 [23] 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. 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 första/ andra av dessa alternativ. Olyckskvotens storlek beror på ett antal faktorer såsom vägtyp, hastighetsgräns, siktförhållanden samt vägens utformning och sträckning.

A.1. Statistiskt underlag och prognoser – väg

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

A.2. Trafikprognoser

A.2.1 E6

Enligt prognoser för 2030 bedöms trafiken (ÅDT, fordon/årsmedeldygn) komma att uppgå till ca 87100 fordon/dygn på E6/E20 förbi planområdet [4].

A.2.2 Andel tung trafik

Utav den totala trafiken förutsätts ca 10 % utgöras av tung trafik [24]. Antalet fordon med tung trafik blir då $87100 * 10 \% = 8710$ fordon/dygn.

A.2.3 Andel farligt gods

Av den tunga trafiken förutsätts ca 2,5 % utgöras av transporter med farligt gods [24]. Antalet fordon med farligt gods blir då $8710 * 2,5 \% = 217,8$ fordon/dygn.

A.2.4 Indata i beräkningsmodellen

Som underlag för beräkningarna av den förväntade frekvensen för trafikolycka respektive farligt gods-olycka används följande värden.

Tabell 2. Trafikflöde, indata i beräkningsmodellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för respektive undersökt alternativ.

	E6
ÅDT [fordon per dygn]	87100
Hastighetsgräns [km/h]	80
Antal fordon med FG	217,8
Olyckskvot	0,7
Andel singelolyckor	0,35
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,09
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	10,9

A.2.5 Fördelning mellan de olika ADR-S klasserna

År 2009 skedde totalt sett i hela Sverige omkring 415 000 transporter och den totala mängden gods var drygt 10 miljoner ton [25].

Tabell 3 redovisar ett medelvärde för transporter över hela landet, år 2008-2010, vilket anses representera den undersökta vägsträckan år 2030 [25] och [26].

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

	E6
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	217,75
ADR-S klass	
1	2,32%
2.1	11,87%
2.3	0,08%
3	72,74%
5	3,48%
Övriga	9,51%

A.2.6 Metodik för 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 varje ADR-S klass. Vid behov anpassas frekvenser till analysens geografiska avgränsningar.

A.3. 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.

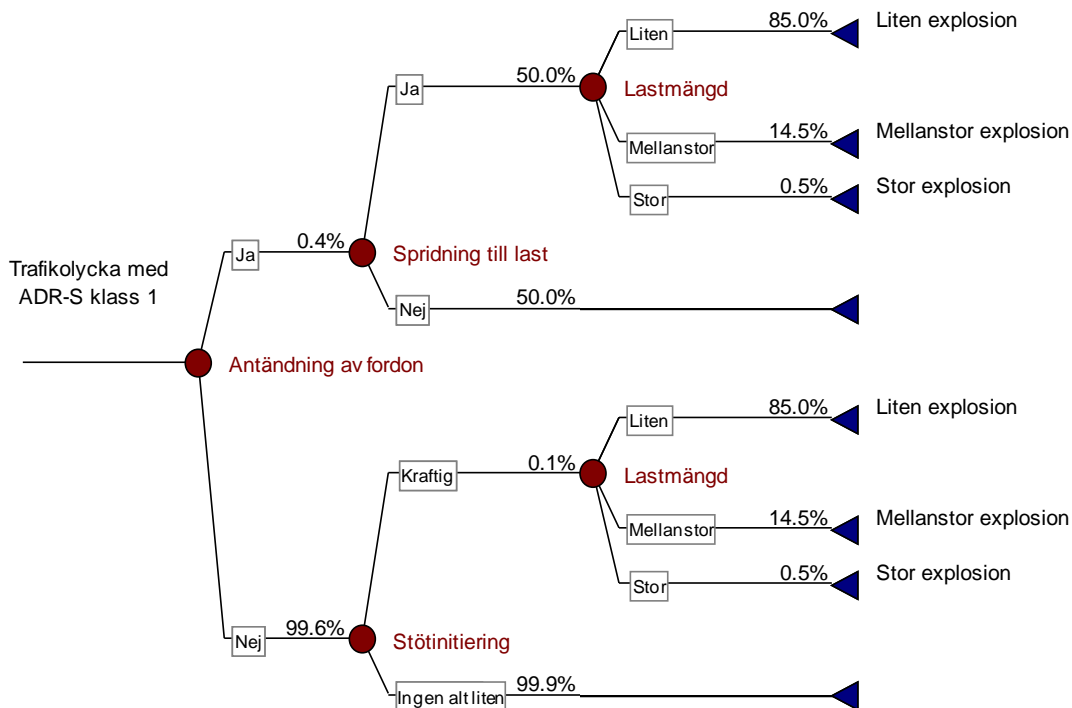
A.3.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) [27] 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.

A.3.2 Händelseträd med sannolikheter

Figur 18 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 18. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

A.3.2.1. 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 ca 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer [28]. Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna ca 0,4 % [29] [30].

A.3.2.2. 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 [31], 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 [14], att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

A.3.2.3. 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 %.

A.3.2.4. 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 viktclasserna 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 nedan, 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 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

A.4. 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 ca 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.

A.4.1 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 [14].

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).

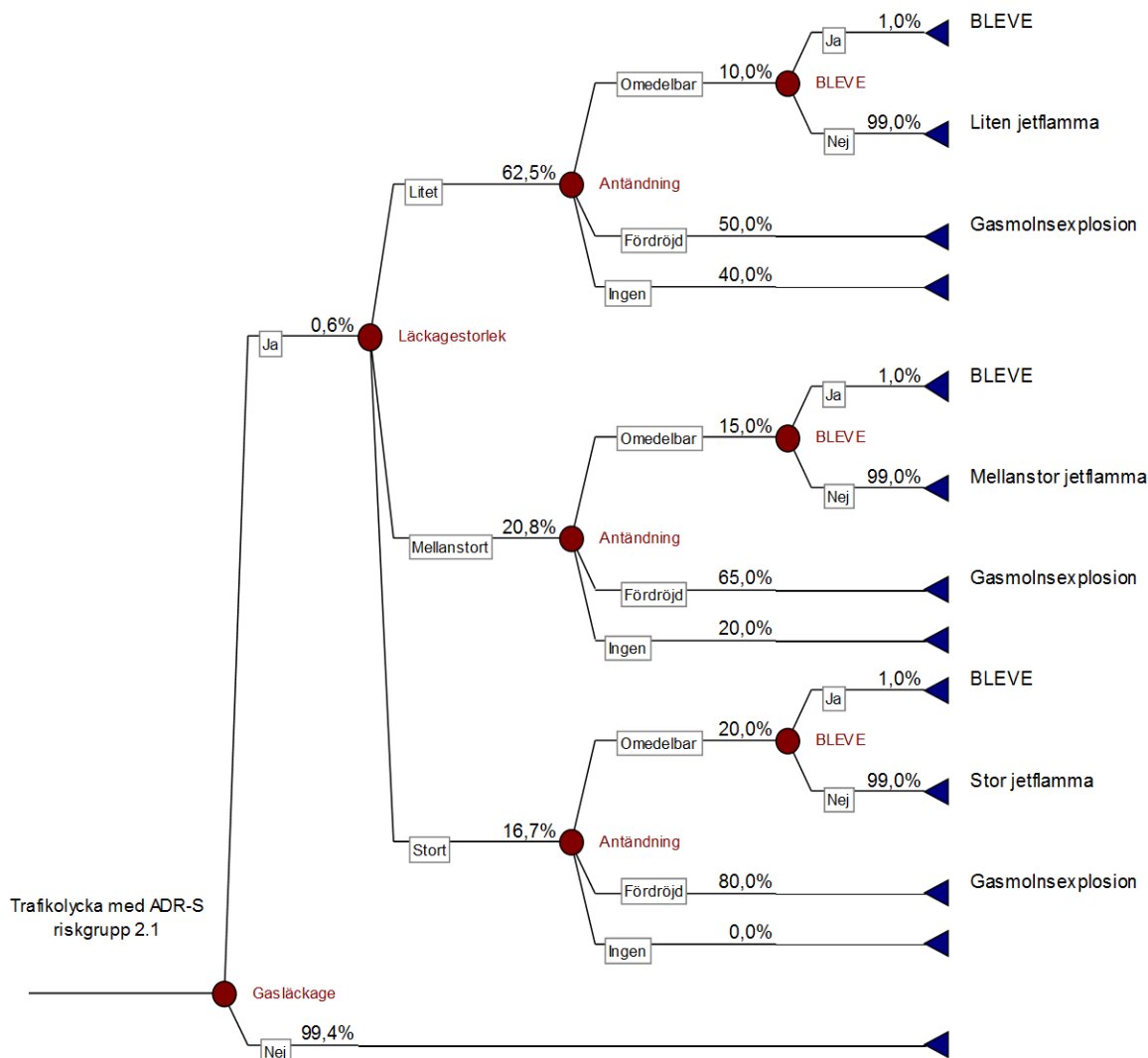
A.4.1.1. Representativt ämne

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.

A.4.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur 19 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet 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 19. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

A.4.2.1. 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 [22], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$.

A.4.2.2. 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 [22] 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 % [22].

A.4.2.3. 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 %.

A.4.2.4. 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 %.

A.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

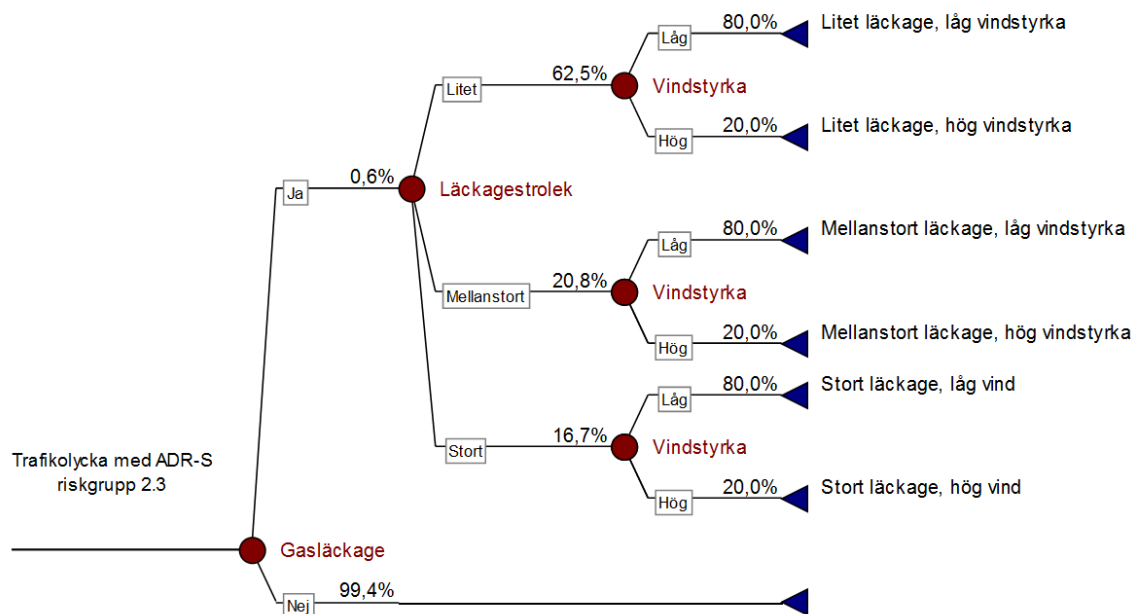
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

A.4.3.1. 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.

A.4.4 Händelseträäd med sannolikheter

Figur 19 redovisar sannolikheterna i händelseträdet som används för en olycka som involverar ett fordon med giftig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.



Figur 20. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

A.4.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp [22]. 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 $1/30$ [22], vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$.

A.4.4.2. 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 % [22].

A.4.4.3. Vindstyrka

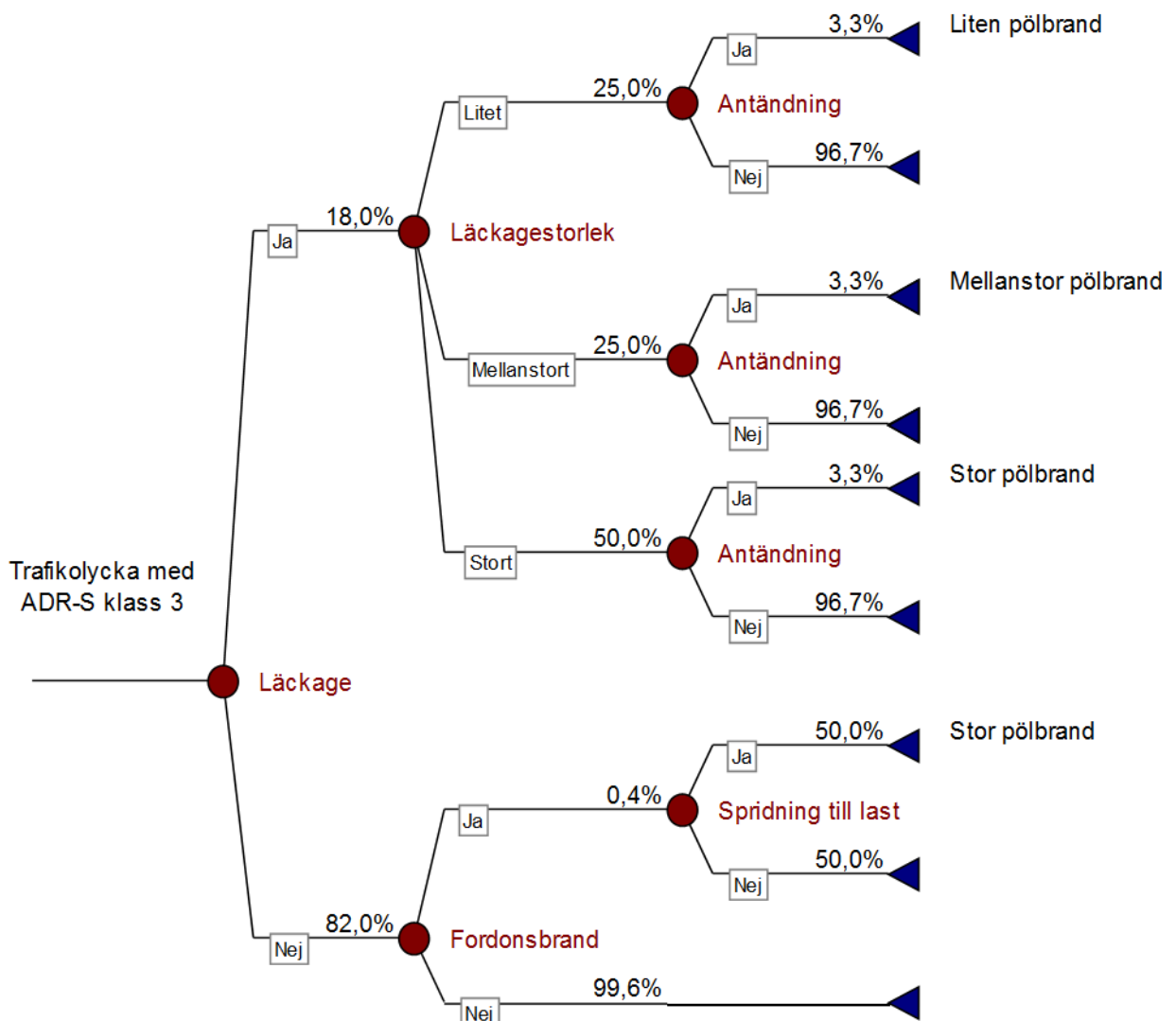
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s [42]. Vindhastighet 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 %.

A.5. 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.

A.5.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur 21 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur 21. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

A.5.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 18% för E6 och 42% för riksväg 40. Riksväg 40 har högre farligt gods-index (42%) på grund av högre hastighetsbegränsning, vilket medför större sannolikhet för läckage givet trafikolycka. [22].

A.5.1.2. 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 % [22]. De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

A.5.1.3. 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].

A.5.1.4. Fordonsbrand

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt A.3.2) är denna ca 0,4 %. Fordonsbranden kan sprida sig till lasten, och denna sannolikhet uppskattas till 50 %.

A.6. 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).

A.6.1 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].

A.6.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

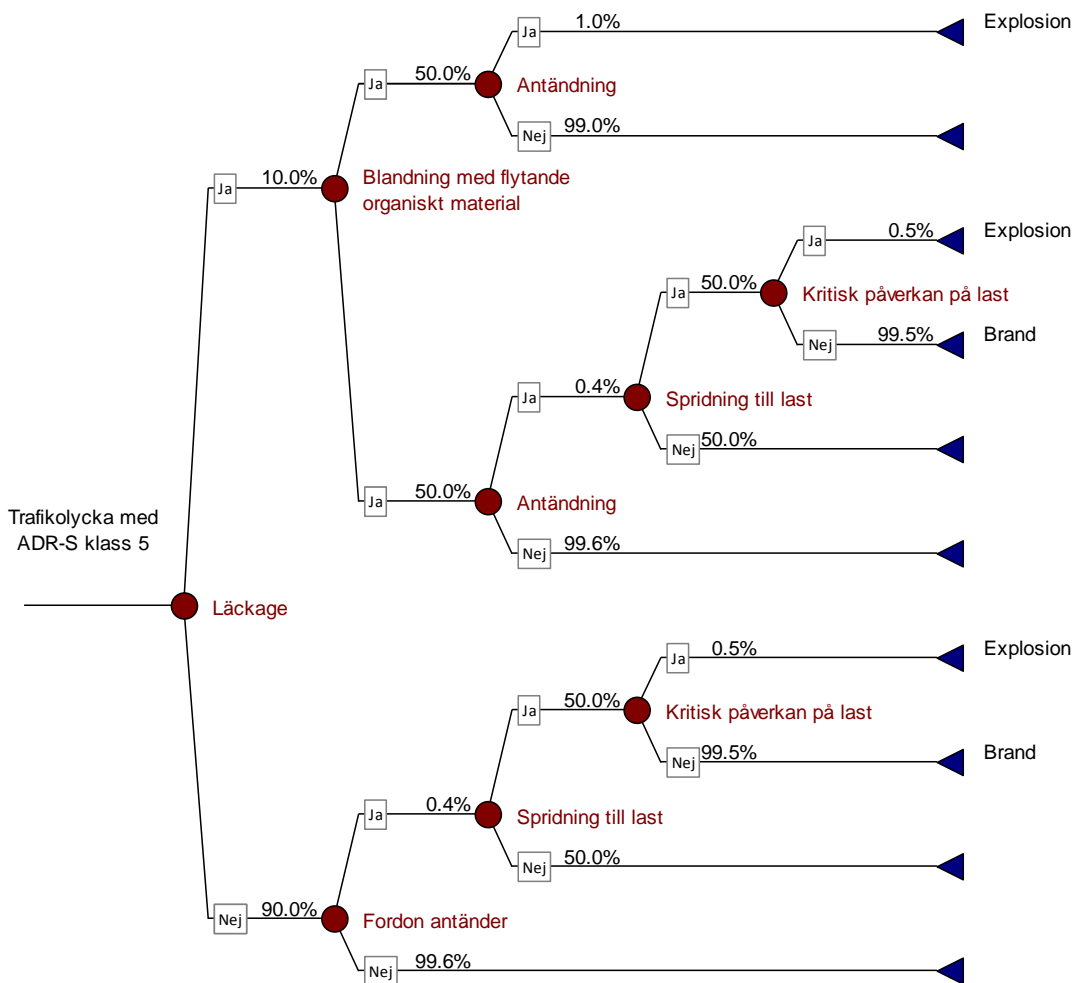
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras 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.

A.6.2.1. 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.

A.6.2.2. Händelsesträd med sannolikheter

Figur 22 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 22. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

A.6.2.3. 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.

A.6.2.4. 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.

A.6.2.5. 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.

A.6.2.6. 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 %.

A.6.2.7. Antändning av fordon vid olycka

I enlighet med tidigare antagande avseende sannolikheten för att en trafikolycka leder till brand i fordon (se avsnitt A.3.2) är denna ca 0,4 %.

A.6.2.8. 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 %.

A.6.2.9. 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 ca 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 %.

A.7. Ackumulerad olyckspåverkan

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

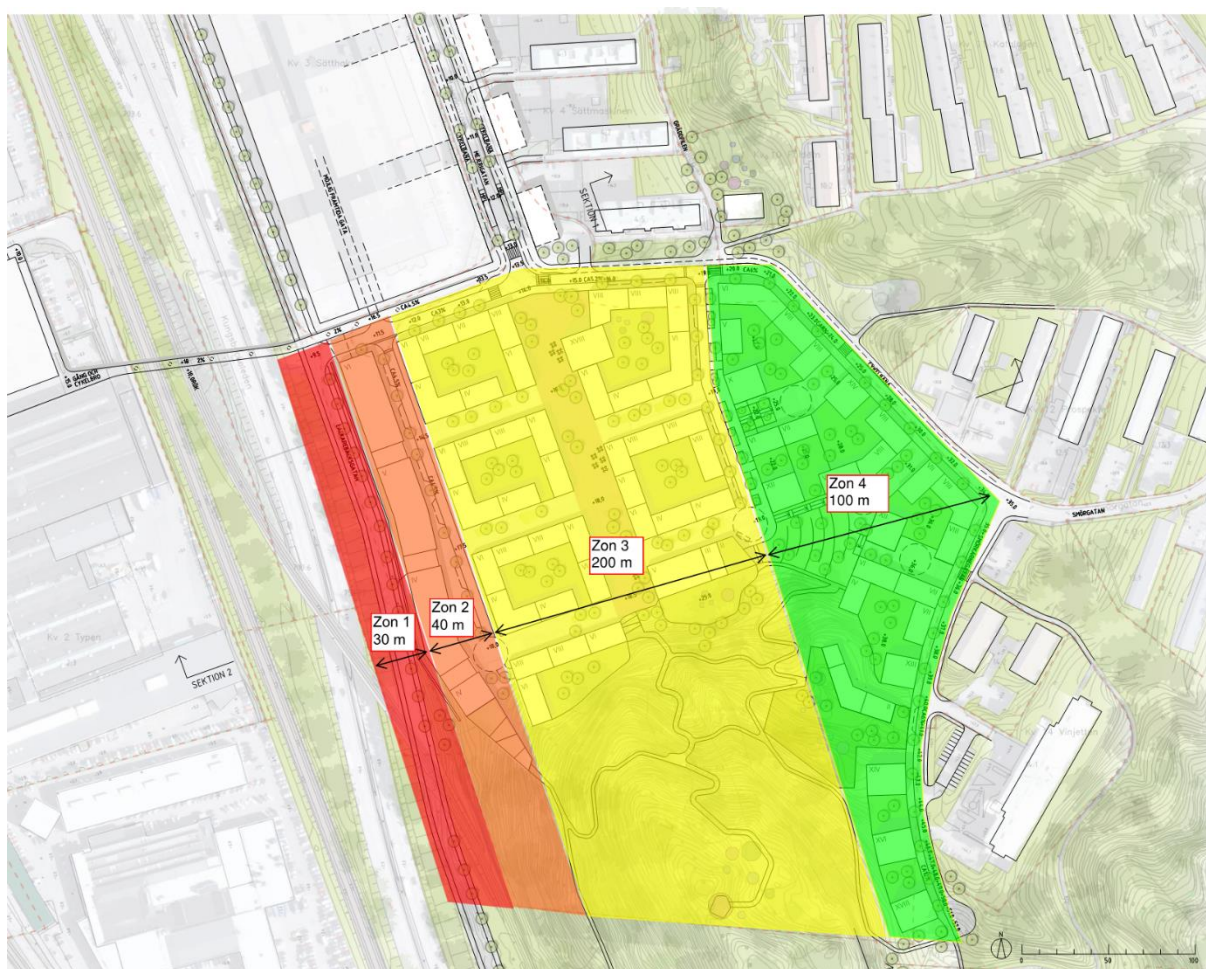
Bilaga B. Konsekvensuppskattningar – väg

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 B.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

B.1. Persontäthet



Figur 23. Schematisk zonindelning som underlag för beräkningar.

Inom planområdet planeras bostäder med plats för ca 3000 boende och ca 2000 arbetsplatser inom en total area om ca 113 000 m² [52]. För beräkningarnas skull har en schematisk zonindelning gjorts enligt Figur 23 ovan.

Zon 1 innefattar området mellan E6 och första kontorsbyggnaden. Detta område utgörs endast av infrastruktur/lokalgata och inga personer är förväntade att vistas här.

Zon 2 utgörs huvudsakligen av kontorsbyggnad med ca 1200 arbetsplatser. I byggnaden kommer det även finnas parkeringsdäck, sällanköpshandel och en icke publik gymnastiksal utan läktare. Övriga delar inom zon 2 bedöms öka personantalet med ca 50 personer. Närvarograden under dagtid antas vara 100 % (1200 personer) och 1,5 % under nattetid (20 personer).

Zon 3 utgörs av bostäder, skola och rekreationsområde, inklusive lokalgator. Bostäderna inom zon 3 möjliggör för 3500 boende. Skolbyggnaden möjliggör för 1000 personer. Närvarograd för boende varierar mellan 30-70% [53]. Som beräkningsgrund antas 50% av alla boende vara hemma under dagtid. För skolbyggnaden antas närvarograden vara 100% dagtid och 1,5% under nattetid. Sammanfattningsvis blir personantalet inom zon 3 2750 personer under dagtid och 3515 personer under nattetid.

Zon 4 utgörs av bostäder och rekreationsområde, inklusive lokalgator. Inom zon 4 förväntas som mest 1600 personer vistas. Med samma närvarograd som för zon 3 kommer personantalet inom zon 4 vara 750 personer under dagtid och 1600 personer under nattetid.

Det gör stor skillnad om personer förväntas vistas inomhus eller utomhus då en olycka sker. Personer inomhus erhåller en viss skyddsgrad relativt personer utomhus.

Förhållandena gällande befolkningens mängd antas samma som i FÖP Göteborg [14] vilket innebär att dagtid antas gälla under 1/3 av dygnet, medan nattetid antas råda 2/3 av dygnet. Andelen personer som befinner sig inomhus förväntas också ligga i linje med de antaganden som görs i FÖP Göteborg [14]. De bedömningar som görs för planområdet som innefattar Arbetsplatser och Bostäder (AB) redovisas i Tabell 6. I Tabell 7 redovisas samma bedömningar omräknat till andelar personer som vistas inomhus och utomhus utifrån Tabell 6. Beräkningarna i denna rapport utgår ifrån föregående stycke kring aktuella personantal för respektive zon men viktas utifrån fördelningen i Tabell 7.

Tabell 6. Personfördelning utomhus/inomhus för zoner med Arbetsplatser och Bostäder enligt FÖP Göteborg [14], antal personer per hektar.

Tid	Antal personer per hektar			
	Utomhus		Inomhus	
	Kontor	Bostäder	Kontor	Bostäder
Dag 06.00-22.00	4-5	22	233	155
Natt 22.00-06.00	0	0,1	0	290

Tabell 7. Personfördelning utomhus/inomhus för zoner med Arbetsplatser och Bostäder enligt FÖP Göteborg [14], fördelning i %.

Tid	Fördelning av antal personer per hektar			
	Utomhus		Inomhus	
	Kontor	Bostäder	Kontor	Bostäder
Dag 06.00-22.00	2,1 %	12,4 %	97,9 %	87,6 %
Natt 22.00-06.00	-	0,01 %	-	99,99 %

En sammanfattning av personer inom området redovisas under Tabell 8.

Tabell 8. Schematisk zonindelning och befolkningstäthet inom planområdet.

	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4
Zonens djup	30 m	40 m	200 m	100 m
Nyttjande	Bebyggelsefritt	Arbetsplatser	Bostäder / Skola / Arbetsplatser	Bostäder
Antal personer inom zonen dagtid	-	1250 personer	2750 personer	800 personer
Antal personer inom zonen nattetid	-	20 personer	3515 personer	1600 personer
Andel inomhus dag	-	97,9%	87,6 %	87,6 %
Andel inomhus natt	-	97,9%	99,99%	99,99%

B.2. Antagande om olyckans placering

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

B.3. ADR-S klass 1 – Explosiva ämnen

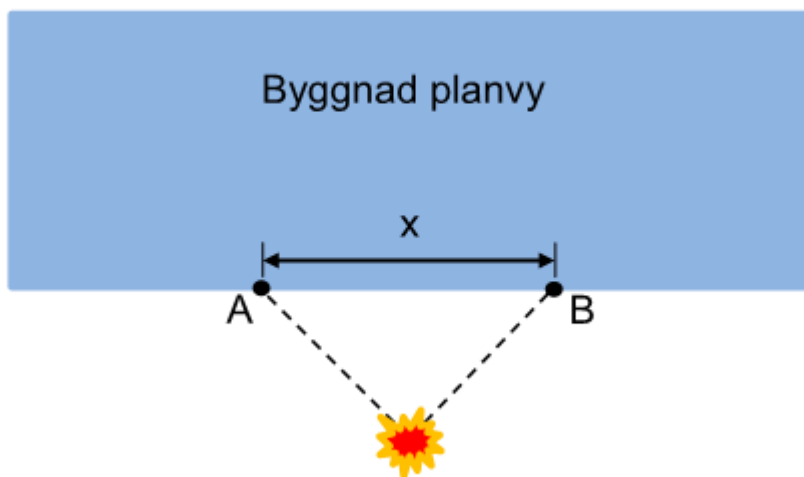
Den påverkan som kan uppkomma på människor till följd av tryckvågor kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [54].

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 [55]. Sannolikheten att omkomma vid 180 kPa bedöms vara ca 1 % vilken därefter ökar upp till 99 % vid 350 kPa [55]. 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 lägre tryck än 180 kPa men är beroende av kroppsvikt och impulstätheten för explosionen. I beräkningarna antas 50 % av personerna som vistas utomhus att omkomma inom det område som upplever ett tryck över 180 kPa och 1 % av personerna som vistas utomhus att omkomma inom det område som upplever ett tryck över 20 kPa. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

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 generella byggnader skadas. För aktuellt planförslag har kompletterande explosionsberäkningar utförts [56] [57]. De kompletterande beräkningarna belyser skillnaden mellan två olika byggnadstyper:

1. Normal byggnad med 19 cm betong och trycktålighet 20 kPa [57].
2. Förstärkt byggnad med 25 cm betong inklusive stomförstärkning som motverkar fortskridande ras och långvarig trycktålighet 40 kPa [56].

Resultatet från beräkningarna visar på att raszonerna skiljer sig för de olika byggnadstyperna. Rassträckan för respektive byggnadstyp redovisas i Tabell 9 och Figur 24.



Figur 24. Schematisk bild för avståndet x mellan punkterna A och B längs den mest belastade fasaden [57].

Tabell 9. Beräknad rassträcka för respektive vägg [56], [57]. Det vertikala avståndet y avser från centrumpunkt ut till översta/understa del av raszonen och uppgår till halva avståndet x.

Vägg tjocklek (cm)	Rassträcka		Kommentar
	Horisontellt x (m)	Vertikalt y (m).	
19	98	49	Rasade väggar upp till yttertaknivå.
25	50	25	Rasade väggar under yttertaknivå.

Hur långt in i byggnaden raszonen sträcker sig beror till stor del på vilken typ av byggnad som avses och hur byggnaden är konstruerad. Enligt FOA [55] skiljer raszonen ofta mellan bostadshus och arbetsplatser:

”I bostadshus är det vanligt med en längsgående bärande vägg i mitten av huset. Om en långsida i ett bostadshus kollapsat innebär detta då oftast att halva byggnaden (den mot explosionen) ingår i väggraszonen. För arbetsplatsbyggnader kan man räkna med att väggraszonen sträcker sig 5 m in i byggnaden om ytterväggen raseras. Andelen döda i väggraszonen förväntas bli ca 1/3 och andelen allvarligt skadade också ca 1/3.”

Sammanfattningsvis bedöms det lämpligt att dela upp konsekvensberäkningarna i två olika beräkningsfall: konsekvenser för personer som vistas utomhus och konsekvenser för personer som vistas inomhus. För personer som vistas utomhus har två olika zoner beräknats (med hänsyn till de stora skillnaderna i trycknivåer som kan leda till dödlig påverkan) beroende på vilken effekt som studeras. Följande antaganden har gjorts:

- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 50 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 1 % av personerna omkomma.

För personer som vistas inomhus har följande antaganden gjorts vad gäller konsekvenser:

- För personer som vistas inom raszonen i en byggnad omkommer 1/3. [55]
- Raszon uppstår endas i byggnadsdelar vars fasad vetter mot riskkällorna. [55]
- Raszonen för byggnader som upprättats som normal byggnad (trycktålighet 20 kPa) uppgår från ytterfasad fram till bärande centrumkonstruktion. Utifrån FOA och kompletterade beräkningar har raszonen antagits utgöra halva byggnaden i djupled, hela fasen i vertikalt led och som mest 98 meter i horisontell utbredning. [55], [56], [57]
- Raszonen för byggnader som upprättats som förstärkt byggnad med stomstabiliserande åtgärder (långvarig trycktålighet 40 kPa) uppgår till 5 meter i djupled, 25 meter i vertikalt led och som mest 50 meter i horisontell utbredning. [55], [56], [57]

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* [58] har avstånd, dit tryckvågen överstiger 20 kPa, 40 kPa, respektive 180 kPa tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell 10.

Tabell 10. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att full markreflexion uppstår, d.v.s. halvsfärisk utbredning av luftstöt vågen.

Konsekvens	Representativ mängd gods	Avstånd $P \geq 180$ kPa	Avstånd $P \geq 40$ kPa	Avstånd $P \geq 20$ kPa
Liten explosion	150 kg	13 m	26 m	41 m
Mellanstor explosion	1 500 kg	28 m	56 m	88 m
Stor explosion	16 000 kg	62 m	125 m	193 m

B.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.

B.4.1 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* [59] används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i [25], för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell 11. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

Vid beräkningarna har följande antaganden gjorts:

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

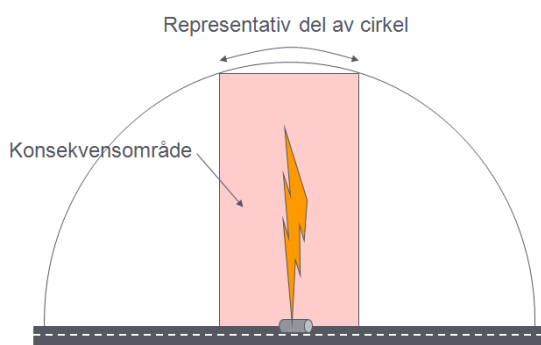
B.4.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* [55]. Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

B.4.1.2. 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* [55], där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* [60] 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 25.



Figur 25. Förhållandet mellan konsekvensområde och en representativ del av en cirkel för frekvensreducering i samband med jetflamma.

B.4.1.3. 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 [59] 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.

B.4.2 Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

Tabell 12. Beräknade konsekvensavstånd inom vilket personer antas omkomma.

Index	Scenario	Konsekvensavstånd [m]
1	BLEVE	170
2	Liten jetflamma	5
3	Gasmolnsexplosion	42
4	Mellanstor jetflamma	17
5	Stor jetflamma	73

B.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* [59]. Följande indata har använts: Tankbil med 24 ton svaveldioxid, omgivningstemperatur 15°C, packningsläckage eller hål på tank, tät skog/stad (ytråhet 1m), 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 25, och resultaten redovisas i Tabell 13.

Tabell 13. Konsekvens avstånd för plym med giftig gas.

Utsläpp	Vind [m/s]	Avstånd till <100 ppm [m]	Vinkel [grad]
Litet	2	27	55
	6	29	27,2
Mellanstort	2	88	59,2
	6	96	29,2
Stort	2	458	52,2
	6	461	25,6

B.5. 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 (ca 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [14] [61].

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 [14]. I

Tabell 14 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell 14. Avstånd till kritisk strålningsnivå på halva flammans höjd (15 kW/m²) för olika pölstorlekar.

Scenario	Pölbrand av varierande storlek	Infallande strålning > 15 kW/m ² från pölkant	Vinkel [grad]
Litet utsläpp	50 m ²	12 m	Litet utsläpp
Mellanstort utsläpp	200 m ²	22,5 m	Mellanstort utsläpp
Stort utsläpp	400 m ²	30 m	Stort utsläpp

B.6. 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.

B.6.1 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.

B.6.2 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 C. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen* [12]. Därefter används händelseträdsmetodik för att bedöma frekvenserna för de scenarier som kan få konsekvensen att minst en person skadas allvarligt eller omkommer. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

C.1. Sannolikhet för urspårning

De indata som krävs för att kunna skatta frekvensen för järnvägsolycka är:

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/dygn) är för horisontår 2030 ca [4]:
 - Västkustbanan: 230 persontåg och 60 godståg.
 - Kust till kustbanan: 76 persontåg och 10 godståg.
 - Götalandsbanan: 180 persontåg och inga godståg innehållande farligt gods.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år) baseras på ovanstående antal samt genomsnittliga prognoser om tåglängder år 2030 [4] och ger:
 - Västkustbanan: 808 000.
 - Kust till kustbanan: 260 000.
 - Götalandsbanan: 454 000.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st [14].
- Inga plankorsningar eller växlar antas förekomma på den studerade sträckan.

C.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 15 [62]:

Tabell 15. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	2,19E-05	vagnaxelkm
Solkurvor	1,00E-05	spårkm
Spårlägesfel	1,75E-04	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	1,46E-04	antal tågpassager
Växel ur kontroll	2,05E-03	antal tågpassager
Vagnfel persontåg	7,89E-05	vagnaxelkm
Vagnfel godståg	1,09E-03	vagnaxelkm
Lastförskjutning	1,40E-04	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	8,33E-04	tågkm
Okänd orsak	2,05E-03	tågkm

C.1.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etcetera. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant [62] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

C.1.3 Plankorsningsolyckor

Längs planområdet finns inga plankorsningar.

C.1.4 Växling och rangering

Längs planområdet antas inte ske växlingsarbete eller rangering av farligt gods-vagnar.

C.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

$$\text{Urspårningsfrekvens (per år)} \cdot \frac{\text{Godståg (st)}}{\text{Totalt antal tåg (st)}} = \text{Frekvens, godstågsolycka (per år)}$$

Med denna formel beräknas urspårningsfrekvens för godståg till följande för de olika banorna:

- Väst kustbanan: 6,6E-03.
- Kust till kustbanan: 1,6E-03.
- Götalandsbanan: 0 (banan kommer inte upplåtas för godståg).

C.1.6 Avstånd från spår för urspårande vagnar

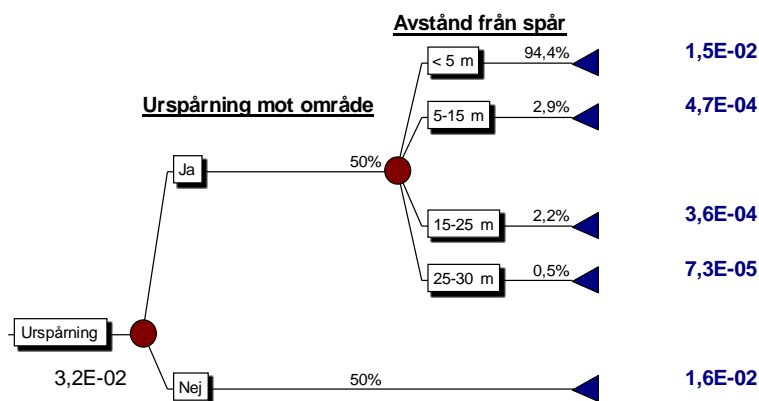
Alla urspårningar leder inte till negativa konsekvenser för omgivningen. Huruvida personer i omgivningen skadas eller ej beror på hur långt ifrån rälsen en vagn hamnar efter urspårning. I Tabell

16 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning [63] [62] på Västkustbanan. För övriga banor görs motsvarande beräkningar.

Tabell 16. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Resandetåg	77,53%	17,98%	2,25%	2,25%	0,00%
Godståg	70,33%	19,78%	5,49%	2,20%	2,20%
Viktat medel efter andel	76,04%	18,35%	2,92%	2,24%	0,45%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten [64]. Enligt Tabell 16 ovan varierar sannolikheten för respektive konsekvensavstånd något beroende på vilken tågtyp som går på det aktuella spåret. En sammanvägning (viktning) av dessa sannolikheter används tillsammans med den totala urspårningsfrekvensen för både gods- och resandetåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta för Västkustbanan presenteras i Figur 26. För övriga banor görs motsvarande beräkningar.



Figur 26 Händelsetråd med sannolikheter för urspårningar.

C.2. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Frekvensen för en olycka med godståg har beräknats i avsnitt C.1.5. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [65]. Farligt gods-vagnar antas utgöra 5 % av det totala antalet godsvagnar [66]. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

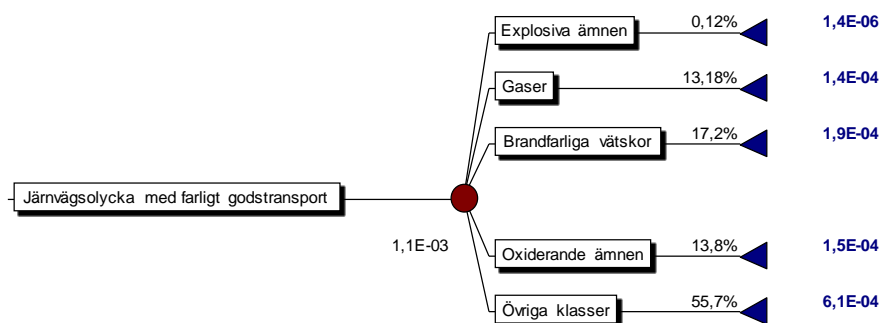
$$1-(1-0,05)^{3,5} = 0,16$$

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas alltså bli följande:

- Västkustbanan: 1,1E-03.
- Kust till kustbanan: 2,7E-04.
- Götalandsbanan: 0 (banan kommer inte upplåtas för godståg/farligt gods).

I händelseträdet, se Figur 27, redovisas Västkustbanans frekvens för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass [63]. Uppgifterna om förekommande mängder avseende farligt gods är konfidentiella och därför redovisas endast

fördelningar (av antal vagnar) med olika farligt gods-klasser enligt figuren. För Kust till kust-banan görs motsvarande beräkningar, men på denna bana förekommer inte RID-S-klass 1 eller 2 [63].



Figur 27. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

C.3. Olycksscenarioer – händelseträdsmetodik

I denna del av bilagan redovisas frekvensberäkningar som genomförts med hjälp av händelseträdsmetodik.

C.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Inom EU är den maximalt tillåtna mängden som får transporteras på väg 16 ton, och små mängder begränsas till 50-100 kg. Dock tillåts större mängder på järnväg, varför 25 ton antagits som maximal transportmängd.

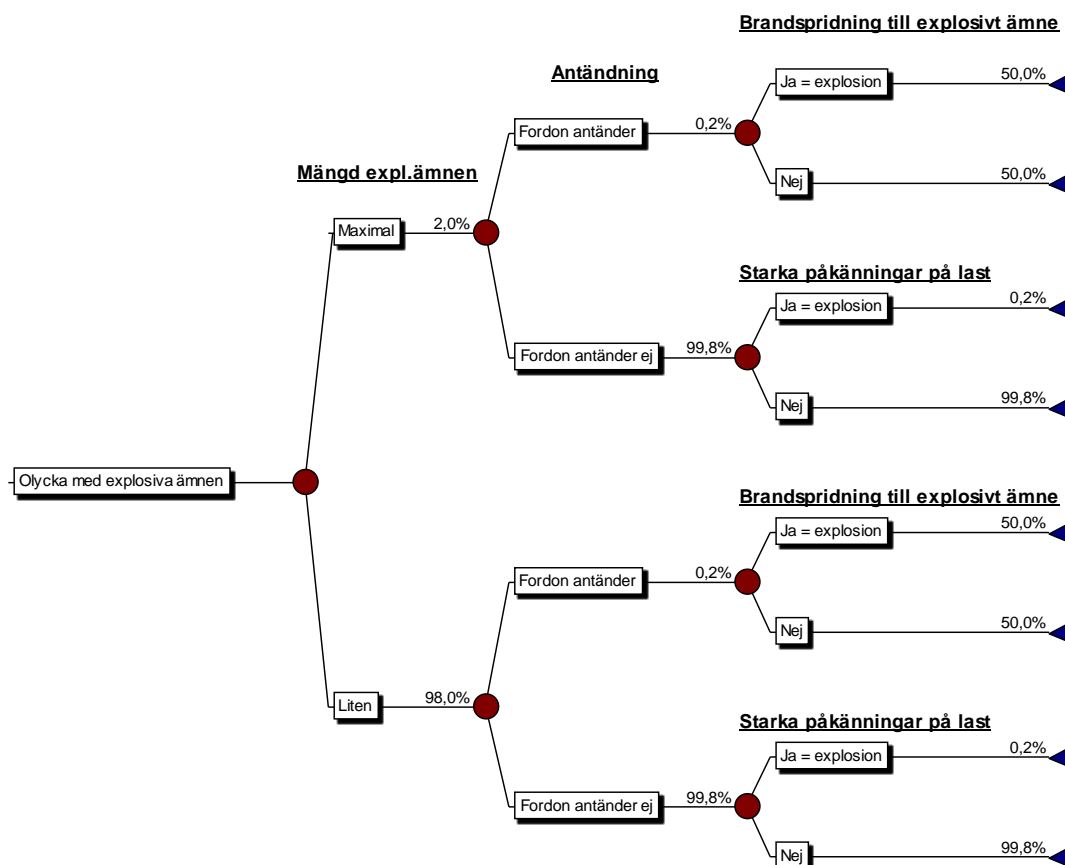
Transport av RID-S klass 1 på järnväg är väldigt sparsam. Åren 2006-2010 transporterades en så liten mängd klass 1 att siffran som anges avrundats ner till 0 (tusen ton/år). Summan under tidsperioden för klass 1 utgör endast 0,015 % av den totala mängden farligt gods [67]. Denna siffra gäller för Sverige i helhet, och en nedbrytning till transporter på en specifik sträcka går inte göra på något enkelt sätt. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels företagsmässigt och dels säkerhetsmässigt. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg hade det endast tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne [68].

En grov uppskattning är att laster på 25 ton utgör ca 2 % av antalet transporter med RID-S klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka [29] [30]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [69].

Med stöt avses sådan stöt som har den intensitet och hastighet att den kan initiera en detonation. Det krävs kollisionshastigheter som uppgår till flera hundra m/s [32]. Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [33] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 28 redovisas möjliga scenarier.



Figur 28. Händelseträd för farligt gods-olycka med explosiver i lasten.

C.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [70], antas 73 % av transportererna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 23 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen [62]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

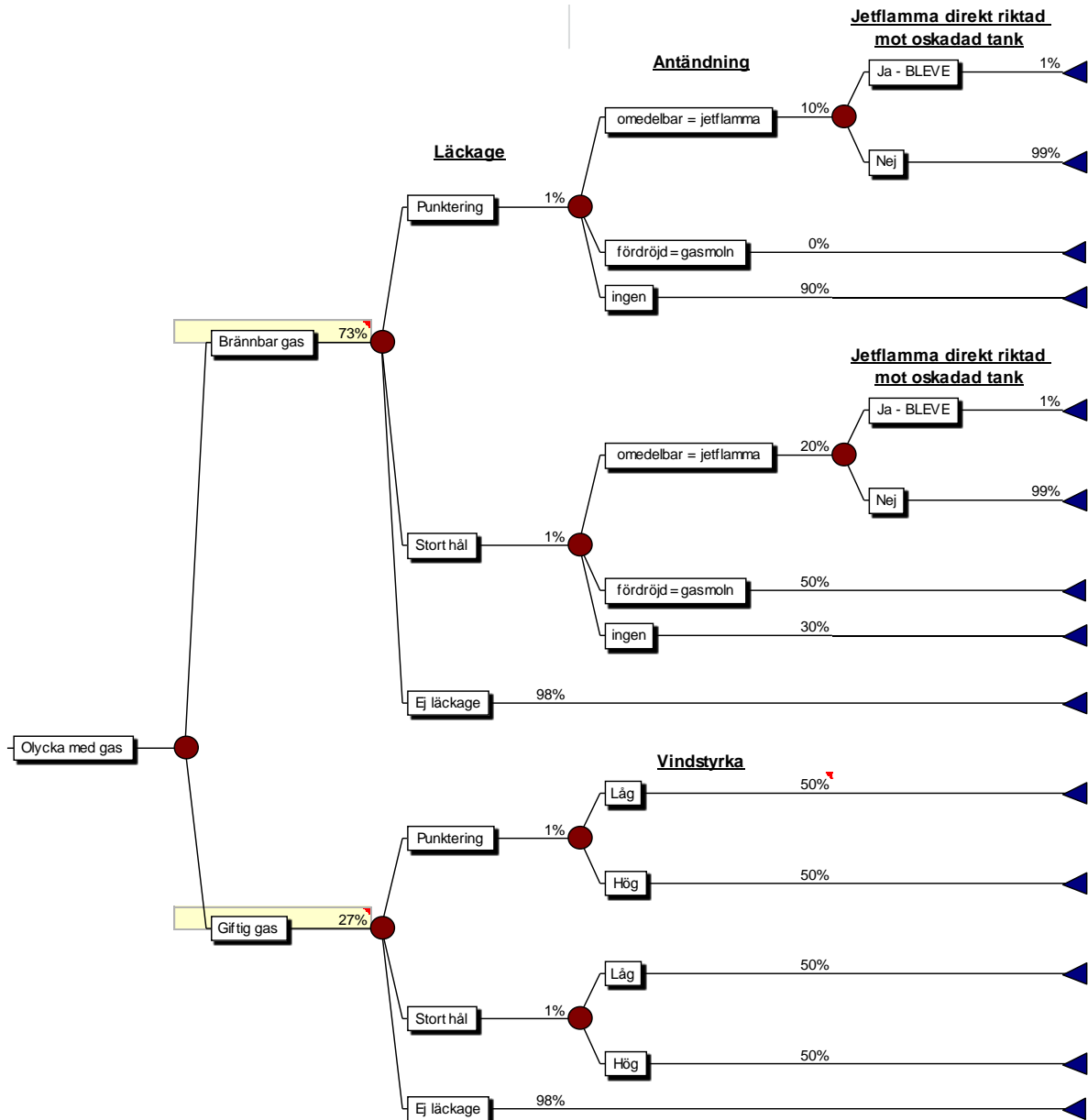
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln som sprids med vinden och kan antändas senare. Det tredje scenariot, BLEVE (Boiling Liquid Expanding Vapor Explosion), är mycket ovanligt och kan endast inträffa om vagnen saknar säkerhetsventil och tanken utsätts för en omfattande brand. En BLEVE kan då uppkomma om tanken utsätts för kraftig brandpåverkan under en längre tid.

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [71] för:

- omedelbar antändning (jetflamma): 10 %
- fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- ingen antändning: 90 %

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 20 %, 50 % och 30 % [71]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 29 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

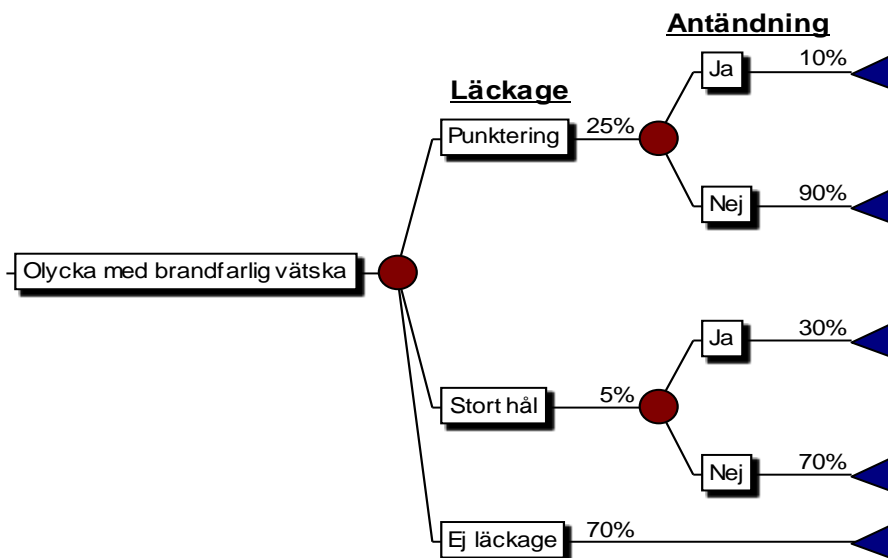


Figur 29. Händelseträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

C.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspärning är 25 % och 5 % [62]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % [62]. I Figur 30 redovisas olika scenarier för olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, då det försvårar bildandet av pölar.



Figur 30. Händelse-träd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

C.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

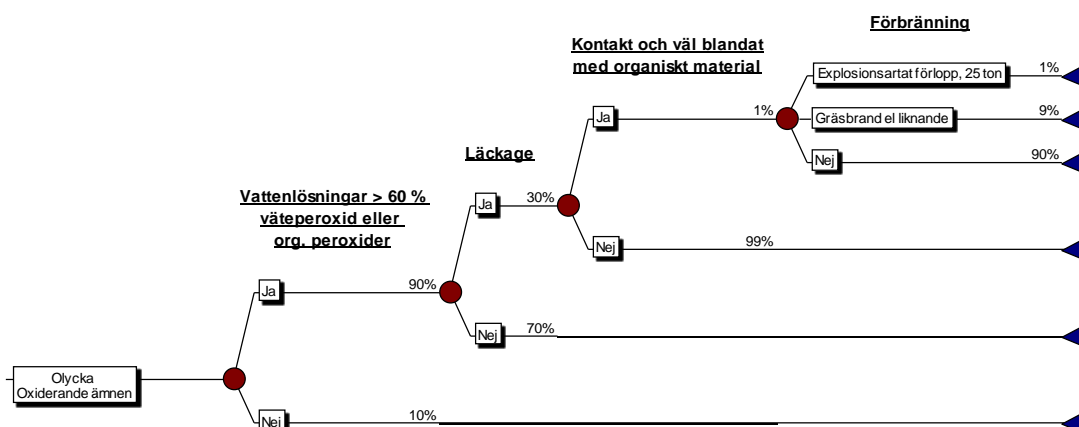
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. bensen, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. Vattenlösningar av väteperoxider med över 60 % väteperoxid bedöms kunna leda till kraftiga brand- och explosionsförlopp och detsamma gäller för organiska peroxider. Vattenlösningar av väteperoxider med mindre än 60 % väteperoxid bedöms däremot inte kunna leda till explosion.

Oxiderande ämnen är brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik [67] anger att 93 % av transportererna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transportererna med klass 5 kunna leda till explosionsartade förlopp.

Oxiderande ämnen antas bli transporterade i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 30 % (se ovan i avsnitt C.3.3 avseende litet respektive stort läckage). Sannolikheten för att det utläckta ämnet ska komma i kontakt med väl blandat och organiskt material har i aktuellt fall antagits till 1 % [69]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 31 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 31. Händelsetråd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen och organiska peroxider i lasten.

C.4. Anpassning av sannolikheten att påverkas utifrån konsekvensavståndets längd

För individriskberäkningarna görs en frekvensreducering med avseende på att vissa scenarier har konsekvensavstånd som inte sträcker sig över hela den studerade sträckan. En specifik plats drabbas bara av olyckans konsekvenser om den inträffar på en viss sträcka i närheten. Längden på denna sträcka antas vara det uppskattade konsekvensavståndet multiplicerat med en faktor 2. Detta värde dividerat med den totala studerade sträckan ger därmed en frekvensreduktionsfaktor för respektive scenario.

Även för samhällriskberäkning anpassad till planområdet tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i samhällriskberäkning anpassad till planområdet halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till samhällsrisk för planområdet. Förfarandet bedöms vara konservativt, då vissa scenarier har ett spridningsområde (andel av cirkulärt område) som är mindre än 50 % - vilket de i praktiken nu får. För olycksscenarioer med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reducering.

Bilaga D. Konsekvensuppskattningar – järnväg

De riskmått som används i denna riskbedömning är individrisk och samhällsrisk. Indata till beräkningar är bl.a. avståndet inom vilket personer antas omkomma, med avseende på respektive skadescenario.

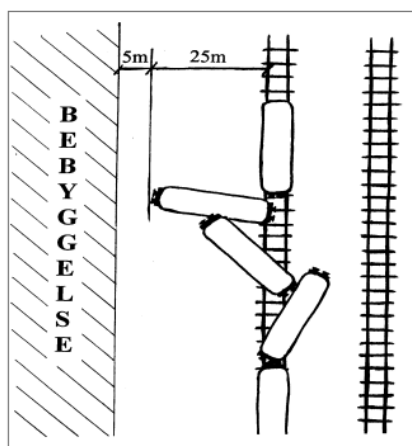
Alla konsekvensavstånd för olyckor med farligt gods har beräknats utifrån att olyckan inträffar på spåret, från vilket alla konsekvensavstånd sedan uppskattas. Vid beräkning av mekanisk skada orsakad av urspårning har dock de urspårande vagnarnas avstånd från spåret beaktats.

D.1. Persontäthet

För antaganden avseende persontäthet inom planområdet hänvisas till avsnitt B.1.

D.2. Mekanisk skada vid urspårning

I samband med urspårningar antas dödlig påverkan uppstå på alla människor som befinner sig inom det avstånd på vilket tåget hamnar. Riskerna begränsas till området närmast banan, ca 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom, se Figur 32. [72]. Risk förenad med urspårning är obefintlig för planområdet givet avståndet till järnväg.



Figur 32. Urspårningsolycka på järnväg.

D.3. Uppskattade konsekvenser för olyckor med farligt gods

Eftersom egenskaperna hos ämnena i de olika farligt gods-klasserna skiljer sig mycket från varandra har olika metoder använts för att uppskatta konsekvenserna för de scenarier som beskrivs i 0. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

D.3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna för människor beror bland annat på mängden explosiv vara, omgivningens utformning (tillgång till skydd i form av bebyggelse eller liknande) samt hur personer befinner sig i förhållande till explosionen.

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 som splitter kastas mot människor (sekundära) [73].

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 [74]. Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt Göteborgs fördjupade översiktsplan för sektorn transporter av farligt gods blir konsekvensavståndet då ca 120 m för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter [14].

Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). I FÖP Göteborg [14] anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meters avstånd från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meters avstånd.

D.3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara, inerta och giftiga. Det är endast de brännbara (RID-S-klass 2.1) och giftiga gaserna (RID-S-klass 2.3) som antas kunna innebära dödliga konsekvenser för omgivningen vid olycka.

D.3.2.1. Brännbar gas

Konservativt antas att det är tryckkondenserad gasol i samtliga vagnar, eftersom gasol har en låg brännbarhetsgräns, vilket antas medföra att antändning kommer att kunna inträffa på ett längre avstånd från olycksplatsen. Mängden gas i en järnvägsvagn antas till ca 40 ton [75].

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) [76]. För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* [77], dels eventuell jetflammas längd vid omedelbar antändning, dels det brännbara gasmolnets volym samt området som påverkas vid en BLEVE. För jetflamma och brinnande gasmoln varierar skadeområdet med läckagestorlek, direkt alternativt fördröjd antändning samt vindhastighet. Beroende på om läckage inträffar i tanken i gasfas, i gasfas nära vätskefas eller i vätskefas kan utsläppets storlek och konsekvensområde variera. De värsta konsekvenserna bedöms uppstå om utsläppet sker nära vätskeytan och därför antas det konservativt att detta är fallet.

För värmestrålning antas en rimlig kritisk nivå där människor förväntas omkomma vara 15 kW/m² (vilket orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering).

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

- Lagringstemperatur: 15°C
- Lagringstryck: 7 bar övertryck
- Utströmningskoefficient (Cd): 0,83 (Rektangulärt hål med kanterna fläkt utåt)
- Tankdiameter: 2,5 m (jvg)
- Tanklängd: 19 m (jvg)
- Tankfyllnadsgrad: 80 %
- Tankens vikt tom: 50 000 kg
- Designtryck: 15 bar övertryck
- Bristningstryck: 4*designtrycket
- Lufttryck: 760 mmHg

- Omgivningstemperatur: 15°C
- Relativ fuktighet: 50 %
- Molnighet: Dag och klart
- Omgivning: Många träd, häckar och enstaka hus (tätortsförhållanden)

I Tabell 17 visas de avstånd inom vilka personer antas omkomma för respektive scenario vid olika typer av utsläpp. För jetflamma och brinnande gasmoln blir inte skadeområdet cirkulärt runt olycksplatsen utan mer plymformat. För brinnande gasmoln antas det att gasmolnet antänds då det fortfarande befinner sig vid tanken och inte har hunnit spädas ut ytterligare. Det brännbara molnets volym bedöms där vara som störst. Det skadedrabbade området, med avseende på brinnande gasmoln, uppskattas vara molnets storlek plus avståndet där tredje gradens brännskada kan uppnås från gasmolnsfronten.

Tabell 17. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

Scenario	Läckagestorlek	Antändning	Konsekvensavstånd
BLEVE			Cirkulärt 200 m radie
Hål i tank nära vätskeyta	Punktering (2,4 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	18 meter 18 meter
	Stort hål (60 kg/s)	Jetflamma Gasmoln	91 meter 21 meter

D.3.2.2. Giftig gas

Den icke brännbara men giftiga gasen antas vara klor som är en av de giftigaste gaserna som transporteras på järnväg i Sverige. Att använda klor som representativt ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* [78] beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig utomhus. Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^2) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton [78]. Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) [78].

Gasens spridning beror bland annat på vindstyrka, bebyggelse och tid på dygnet. *Spridning luft* visar spridningskurvor och uppskattningar av hur stor andel av befolkningen inom området som förväntas omkomma. Denna andel avtar med avståndet både i längd med och vinkelrätt mot gasmolnets riktning, se Tabell 18.

De indata som använts i *Spridning luft* för att simulera konsekvensområden för utsläpp av giftig gas presenteras nedan. Vindstyrkan kommer att varieras från 3-8 m/s och simuleringar kommer att göras med olika stora utsläppsmängder, men i övrigt hålls faktorerna konstanta:

- Kemikalie: Klor
- Emballage: Järnvägsvagn (65 000 kg)
- Bebyggelse: Bebyggt
- Lagringstemperatur: 15°C
- Omgivningstemperatur: 15°C
- Molnighet: vår, dag och klart

² Värdet för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

Tabell 18. Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med giftig gas i lasten.

Scenario	Vindstyrka (m/s)	Konsekvensavstånd utomhus (m)
Punktering (0,45 kg/s)	3 meter	38 meter
	8 meter	34 meter
Stort hål (112 kg/s)	3 meter	755 meter
	8 meter	880 meter

D.3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt som följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m^2 , vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (ca 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad [76].

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensen. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank ca 45 ton bensen. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack, och därför är sannolikheten för att all bensen läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pooler med brandfarlig vätska bildas, vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m^2 pool medan en punktering grovt antas bilda en 100 m^2 pool.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp [79].

I Tabell 19 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika stora poolbränder. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från poolens kant är det viktigt att även räkna med poolradien för att få det aktuella avståndet med utgångspunkt från olycksplatsen, eftersom den brandfarliga vätskan kan spridas över ett relativt stort område beroende på topografi med eventuella diken osv. I detta fall antas konservativt att poolen breddas ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell 19. Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradi	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten poolbrand bensen (100 m^2)	5,6 m	17 m	22 m
Stor poolbrand bensen (400 m^2)	11 m	29 m	40 m

Givet beräknade konsekvensavstånd görs bedömning att risker förenade med transport av RID-S klass 3, Brandfarlig vätska, inte är aktuella för planområdet.

D.3.4 RID-S-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Vid olycka med oxiderande ämne antas personer i omgivningen kunna omkomma om det oxiderande ämnet kommer i kontakt med organiskt material och ger upphov till förbränning. Förbränning antas leda till explosionsartade förlopp alternativt till kraftiga bränder i vegetation eller liknande i banvallens närhet.

Vid transport kan en vagn med 25 ton gods av RID-klass 5 vid urspårning kollidera med en vagn innehållande någon form av brännbart ämne som t.ex. bensin. Den blandning som då bildas kan motsvara 25 ton masseexplosiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med masseexplosiva varor [14], se vidare avsnitt D.3.1.

Om det utläckande godset inte exploderar utan istället fungerar brandunderstödjande och bidrar till vegetationsbrand eller liknande antas att konsekvensområdet blir liknande det för stor pölbrand enligt avsnitt D.3.3.

Tabell 20. Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

Scenario	Avstånd till dödliga förhållanden
Explosion 25 ton	250 meter
Gräsbrand etc.	40 meter

Bilaga E. Skyddseffekter av föreslagna åtgärder

Denna bilaga förklarar de skyddseffekter som har antagits för olika riskreducerande åtgärder i samband med aktuell utformning av detaljplanen för Smörgatan. Redovisningen har delats upp efter respektive transportklass av farligt gods. Skyddseffekterna är framtagna utifrån att transportlederna löper parallellt med plangränsen (zon 1). Egentligen är avståndet mellan planområdet och transportlederna längre för samtliga järnvägssträckningar, och skyddseffekterna är troligtvis högre. Skyddseffekterna gäller därför både för väg- och järnvägstransport av farligt gods vilket bedöms vara ett konservativt antagande.

För att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario för vägtransport, enligt avsnitt A.3-A.6, multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt B.3-B.6, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt B.1. Andelen personer som antas omkomma reduceras därefter med den skyddseffekt som antagits för respektive olycksscenario.

Samma beräkningsgång sker för att uppskatta antalet omkomna i respektive olycksscenario för järnvägstransport, enligt avsnitt C.3. Här multipliceras aktuellt konsekvensområde, enligt avsnitt D.3, med den persontäthet som antagits i området, enligt avsnitt B.1. Andelen personer som antas omkomma reduceras därefter med den skyddseffekt som antagits för respektive olycksscenario.

För konsekvensavstånd som inte når zonerna redovisas ingen skyddsgrad.

Redovisade avstånd med tillhörande skyddseffekter avser den väg och järnväg som ligger närmast planområdet. Avståndet från järnvägen (Kust-till-kust banan) till zon 2 är 47 meter, avståndet till zon 3 är 87 meter och avståndet till zon 4 är 287 meter. Avståndet mellan E6 och zon 2 är 30 meter, avståndet till zon 3 är 70 meter och avståndet till zon 4 är 270 meter, se Tabell 21.

Tabell 21. Avstånd mellan transportleder för farligt gods och de olika zonerna inom planområdet.

	Zon 1	Zon 2	Zon 3	Zon 4
E6	0m	30m	70m	270m
Kust-till-kust banan	17m	47m	87m	287m

E.1. Klass 1 – Explosiva ämnen

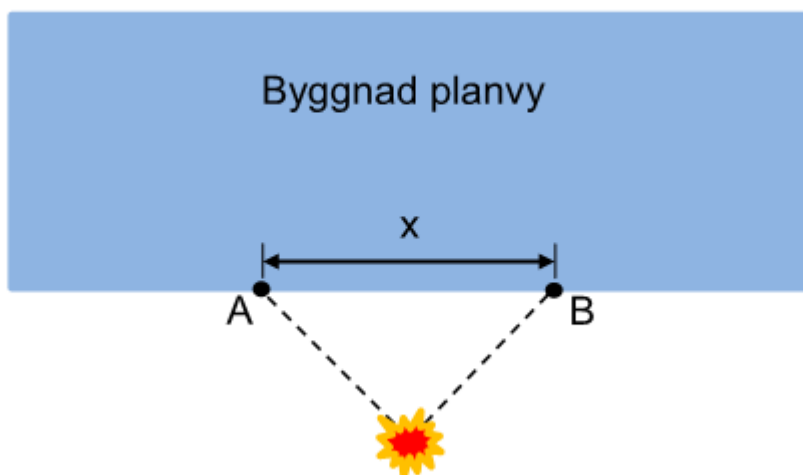
Nedan redogörs för skyddseffekter med avseende på olyckor för klass 1 – explosiva ämnen. På grund av det långa avståndet (270 meter) bedöms inga olycksscenarioer nå zon 4.

E.1.1 Skyddseffekter inomhus

Människor tål tryck bättre än byggnader. Byggnaderna skyddar personer mot splitterpåverkan i väldigt stor omfattning, samtidigt som dödsorsak från fönstersplitter vid explosion bedöms vara låg. Detta betyder att dödsorsaken för personer inomhus nästan uteslutande är till följd av ras och inte av tryckökningen i sig. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och kan få svåra byggnadsskador eller rasa helt vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när generella byggnader skadas. För aktuellt planförslag har kompletterande explosionsberäkningar utförts [56] [57]. De kompletterande beräkningarna belyser skillnaden mellan två olika byggnadstyper:

1. Normal byggnad med 19 cm betong och trycktålighet 20 kPa [57].
2. Förstärkt byggnad med 25 cm betong inklusive stomförstärkning som motverkar fortskridande ras och långvarig trycktålighet 40 kPa [56].

Resultatet från beräkningarna visar att raszonerna skiljer sig åt för de olika byggnadstyperna. Rassträckan för respektive byggnadstyp redovisas i Figur 33 och Tabell 22.



Figur 33. Schematisk bild för avståndet x mellan punkterna A och B längs den mest belastade fasaden [57].

Tabell 22. Beräknad rassträcka för respektive vägg [56], [57]. Det vertikala avståndet y avser från centrumunkt ut till översta/understa del av raszonen och uppgår till halva avståndet x .

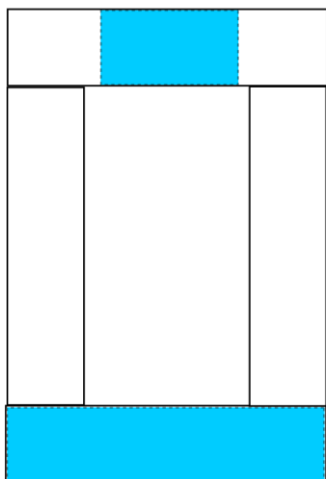
Vägg tjocklek (cm)	Rassträcka		Kommentar
	Horisontellt x (m)	Vertikalt y (m).	
19	98	49	Rasade väggar upp till yttertaknivå.
25	50	25	Rasade väggar under yttertaknivå.

Hur långt in i byggnaden raszonen sträcker sig beror till stor del på vilken typ av byggnad som avses och hur byggnaden är konstruerad. Enligt FOA [55] skiljer raszonen ofta mellan bostadshus och arbetsplatser:

”I bostadshus är det vanligt med en längsgående bärande vägg i mitten av huset. Om en långsida i ett bostadshus kollapsat innebär detta då oftast att halva byggnaden (den mot explosionen) ingår i väggraszonen. För arbetsplatsbyggnader kan man räkna med att väggraszonen sträcker sig 5 m in i byggnaden om ytterväggen raseras. Andelen döda i väggraszonen förväntas bli ca 1/3 och andelen allvarligt skadade också ca 1/3.”

E.1.1.1. Utan riskreducerande åtgärder

I grundutförandet antas att raszon uppstår i samtliga byggnader som ligger inom det konsekvensområde som upplever ett reflektionstryck på mer än 20 kPa. Beroende på hur huset är vinklat mot explosionspunkten kommer tryckökningen få olika effekter. Störst raszon kommer att uppstå i större fasaddelar som vetter mot explosionen. Fasaddelar vars yta är parallell med tryckvågen bedöms skadas, men raszonen antas bli ytterst begränsad eftersom det här inte uppstår något större reflektionstryck. Som medelvärde antas andelen fasaddelar som vetter mot transportlederna, och därmed kommer få en raszon, att utgöra ca 25% av alla fasader inom zon 3. För att fånga upp osäkerheter i beräkningarna antas raszoner uppstå i 30% av byggnadskropparna inom zon 3, se Figur 34.



Figur 34. Typbyggnad inom zon 3. Blått område markerar byggnadsdel där raszon uppstår (ca 30% av den totala byggnaden). Vitt område är byggnadsdelar som inte förväntas få lika omfattande skador (ca 70 %). Explosionen förutsätts ske söder om byggnaden i centrumlinje.

Eftersom byggnaden inom zon 2 är parallell med transportlederna antas hela byggnaden påverkas.

Givet att raszon uppstår antas vidare att 50% av byggnaden bakom fasaden kollapsar, enligt ovan resonemang från FOA [55]. Av de personer som vistas i raszonen omkommer 1/3 (33%).

Sammanfattningsvis gäller det att följande kriterier ska uppfyllas för att personer som vistas inomhus ska omkomma:

1. personen befinner sig i en del av huset som exponeras (hela byggnaden i zon 2 eller 30% av byggnaderna inom zon 3 och 4) och
2. personen befinner sig i den halva av huset som vetter mot explosionen och
3. ingår i den 1/3 som omkommer av rasmassorna.

Sannolikheten för att omkomma i samtliga byggnader inom konsekvensområdet som överlappar zon 3 blir således i medeltal $0,3 * 0,5 * 1/3 = 4,5\%$. Skyddseffekten blir i medeltal $100\% - 4,5\% = 95,5\%$.

För byggnaden i zon 2 blir sannolikheten istället $0,5 * 1/3 = 16,5\%$ och skyddseffekten 83,5 %.

E.1.1.2. Med föreslagna riskreducerande åtgärder

Föreslagna riskreducerande åtgärder innefattar ett större explosionsskydd för byggnaden inom zon 2 samt parkering på de första två våningsplanen. Som redovisats i Figur 33 och Tabell 22 kan raszonens vertikala och horisontala utbredning minskas med 75% givet att explosionståligheten ökas från 20 kPa till 40 kPa. Om konstruktionen samtidigt utformas för att motverka fortskridande ras bedöms raszonens utbredning in i byggnaden även begränsas ytterligare. Bredden för husraden i zon 2 är ca 20-25 meter. Om raszonen begränsas från halva byggnaden (ca 10 meter) till 5 meter enligt FOA [55] minskar sannolikheten att befinna sig i raszonen med ytterligare 50 %. Andel omkomna blir i detta fall $16,5\% * 0,25 * 0,5 = 2,06\%$ och skyddsgraden 97,94 %. För byggnader inom zon 3 är skyddseffekten oförändrad.

E.1.2 Skyddseffekter utomhus

Den påverkan till följd av tryckvågor som kan uppkomma på människor som vistas utomhus kan delas in i direkta och indirekta skador. Vanliga direkta skador är spräckt trumhinna eller lungskador, där endast lungskador bedöms kunna leda till dödsfall. De indirekta skadorna kan uppstå antingen då

människor kastas iväg av explosionen (tertiära), eller då föremål (splitter) kastas mot människor (sekundära) [54].

E.1.2.1. Utan riskreducerande åtgärder

Sannolikheten för att en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splitterverkan bedöms därför bli litet. Byggnaden inom zon 2 är tänkt att uppföras utan större öppningar i fasaden vilket gör att personer som vistas utomhus, bakom byggnaden, helt skyddas mot splitter från olycksplatsen. Detta gör att riskbidraget från splitterverkan bedöms 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 [55]. Sannolikheten att omkomma vid 180 kPa bedöms vara ca 1 % vilken därefter ökar upp till 99 % vid 350 kPa [55]. 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 lägre tryck än 180 kPa men är beroende av kroppsvikt och impulstätheten för explosionen. I beräkningarna antas 50 % av personerna som vistas utomhus att omkomma inom det område som upplever ett tryck över 180 kPa och 1 % av personerna som vistas utomhus att omkomma inom det område som upplever ett tryck över 20 kPa. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

E.1.2.2. Med föreslagna riskreducerande åtgärder

De riskreducerande åtgärderna på byggnaden bedöms inte påverka skyddsnivåerna för personer som vistas utomhus. Antalet omkomna och skyddseffekter av att vara utomhus är det samma som för E.1.2.1.

E.1.3 Sammanfattning skyddseffekter klass 1 – Explosiver

I Tabell 23, Tabell 24, Tabell 25 och Tabell 26 sammanfattas skyddseffekterna vid de olika olycksscenerierna.

Tabell 23. Sammanfattning av antagna skyddseffekter inomhus, transport av farligt gods på väg (ADR-S).

ADR-S Klass	Scenario	Konsekvens-avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
1	Liten explosion (>20kPa)	41	83%	-	-	98%	-	-
	Mellanstor explosion (>20kPa)	88	83%	95%	-	98%	95%	-
	Stor explosion (>20kPa)	193	83%	95%	-	98%	95%	-

Tabell 24. Sammanfattning av antagna skyddsgrader utomhus, transport av farligt gods på väg (ADR-S).

ADR-S Klass	Scenario	Konsekvens-avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
1	Liten explosion (>180kPa)	13	-	-	-	-	-	-
	Liten explosion (>20kPa)	41	99%	-	-	99%	-	-
	Mellanstor explosion (>180kPa)	28	-	-	-	-	-	-
	Mellanstor explosion (>20kPa)	88	99%	99%	-	99%	99%	-
	Stor explosion (>180kPa)	61	50%	-	-	50%	-	-
	Stor explosion (>20kPa)	193	99%	99%	-	99%	99%	-

Tabell 25. Sammanfattning av antagna skyddsgrader inomhus, transport av farligt gods på järnväg (RID-S).

RID-S Klass	Scenario	Konsekvens-avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
1	Explosiva ämnen, 25 ton (>20kPa)	250	83%	95%	-	98%	-	-
	Explosiva ämnen, 100 kg (>20kPa)	25	-	-	-	-	-	-

Tabell 26. Sammanfattning av antagna skyddsgrader utomhus, transport av farligt gods på järnväg (RID-S).

RID-S Klass	Scenario	Konsekvens-avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
1	Explosiva ämnen, 25 ton (>180kPa)	250	50%	50%	-	50%	-	-
	Explosiva ämnen, 25 ton (>20kPa)	250	99%	99%	-	99%	-	-
	Explosiva ämnen, 100 kg (>180kPa)	25	-	-	-	-	-	-
	Explosiva ämnen, 100 kg (>20kPa)	25	-	-	-	-	-	-

E.2. Klass 2.1 – Brandfarliga gaser

E.2.1 Skyddseffekter inomhus

Enligt FÖP99 kommer strålningspåverkan från olyckor med klass 2.1 inte direkt leda till att personer inomhus omkommer. I *'Purple Book'* nämns det däremot att det finns en risk för att dödsfall uppstår på grund av att byggnaden fattar eld eller om personer exponeras för större mängd brandgaser. Gränsen för att detta bedöms ligga på en infallande strålning av 35 kW/m^2 , vilket är vid den strålningsnivå som trä, plast och bomull förväntas självantända [80]. I fallen med BLEVE och gasmolnsexplosion nämns även att människor kan omkomma på grund av tryckpåverkan, men att detta inte är den dominerande dödsorsaken.

E.2.1.1. Utan föreslagna riskreducerande åtgärder

För att inte underskatta risken med brandspridning in i byggnader givet olycka har skyddseffekten av att vara inomhus i zon 2 begränsats till 50% för samtliga olycksscenarier (BLEVE, gasmolnsexplosion, jetflamma). Eftersom strålningseffekterna minskar med avstånd antas skyddseffekten inom zon 3 uppgå till 99%. För zon 3 antas vidare att byggnaden i zon 2 helt skyddar personer mot olycksscenariojetflamma, och skyddseffekten sätts till 100%.

E.2.1.2. Med föreslagna riskreducerande åtgärder

Givet att byggnaden inom zon 2 uppförs som lägst i EI30 antas personer som vistas inomhus ha ett mycket bättre skydd, speciellt i början av olycksförloppet och inom den tid då utrymning förutsätts kunna ske. Detta gäller för samtliga olycksscenarier och skyddsgraden sätts istället till 95%. Skyddseffekterna inom zon 3 är desamma.

E.2.2 Skyddseffekter utomhus

E.2.2.1. Utan föreslagna riskreducerande åtgärder

Inga personer förväntas befinna sig mellan byggnaden i zon 2 och transportlederna för farligt gods. Personer som befinner sig utomhus bedöms också till stor del kunna skyddas av kringliggande byggnader. Som beräkningsgrund antas byggnaden i zon 2 helt skydda övriga planområdet (zon 3 och 4) mot jetflamma och gasmolnsexplosion. För olycka som leder till BLEVE kommer höjden på eldklotet bli styrande i hur många personer som exponeras (med andra ord spridningsvinkeln mellan centrumpunkten i eldklotet och gatuområdet inom respektive zon). I detta fall antas samtliga personer utomhus inom zon 2 skyddas av husraden närmast E6 och av kringliggande byggnader. Motsvarande skyddseffekt bedöms påverka 75 % av personerna inom zon 3. Antagandena gäller både med och utan riskreducerande åtgärder på byggnaderna.

E.2.2.2. Med föreslagna riskreducerande åtgärder

De riskreducerande åtgärderna på byggnaden bedöms inte påverka skyddsnivåerna för personer som vistas utomhus. Antalet omkomna och skyddseffekter av att vara utomhus är det samma som för E.2.2.1.

E.2.3 Sammanfattning skyddseffekter klass 2.1 – Brandfarliga gaser

I Tabell 27, Tabell 28, Tabell 29 och Tabell 30 sammanfattas skyddseffekterna vid de olika olycksscenarierna.

Tabell 27. Sammanfattning av antagna skyddsgrader inomhus, transport av farligt gods på väg (ADR-S).

ADR-S Klass	Scenario	Konsekvens-avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.1	BLEVE	170	50%	99%	-	95%	99%	-
	Liten jetflamma	5	-	-	-	-	-	-
	Gasmolnsexplosion	42	50%	-	-	95%	-	-
	Mellanstor jetflamma	17	-	-	-	-	-	-
	Stor jetflamma	73	50%	100%	-	95%	100%	-

Tabell 28. Sammanfattning av antagna skyddsgrader utomhus, transport av farligt gods på väg (ADR-S).

ADR-S Klass	Scenario	Konsekvens-avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.1	BLEVE	170	100%	75%	-	100%	75%	-
	Liten jetflamma	5	-	-	-	-	-	-
	Gasmolnsexplosion	42	100%	-	-	100%	-	-
	Mellanstor jetflamma	17	-	-	-	-	-	-
	Stor jetflamma	73	100%	-	-	100%	-	-

Tabell 29. Sammanfattning av antagna skyddsgrader inomhus, transport av farligt gods på järnväg (RID-S).

RID-S Klass	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.1	BLEVE	200	50%	99%	-	95%	99%	-
	Jetflamma, punktering	18	-	-	-	-	-	-
	Gasmoln, punktering	18	-	-	-	-	-	-
	Jetflamma, stort hål	92	50%	100%	-	95%	100%	-
	Gasmoln, stort hål	21	-	-	-	-	-	-

Tabell 30. Sammanfattning av antagna skyddsgrader utomhus, transport av farligt gods på järnväg (RID-S).

RID-S Klass	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.1	BLEVE	200	100%	75%	-	100%	75%	-
	Jetflamma, punktering	18	-	-	-	-	-	-
	Gasmoln, punktering	18	-	-	-	-	-	-
	Jetflamma, stort hål	92	100%	100%	-	100%	100%	-
	Gasmoln, stort hål	21	-	-	-	-	-	-

E.3. Klass 2.3 – Giftiga gaser

E.3.1 Skyddseffekter av att vara inomhus

Enligt FÖP99 kommer personer som vistas inomhus i princip inte utsättas för dödliga koncentrationer. Som jämförelse nämner FOA [55], att skyddsgraden varierar starkt beroende på vilket ämne som är aktuellt, se Tabell 31.

Tabell 31. Utdrag ur FOA [55].

Tabell 8.11 Ungefärliga värden på skyddsfaktorer för vanliga bostäder. Skyddsfaktorn är beräknad som kvoten mellan $\int \chi \cdot dt$ utomhus och $\int \chi \cdot dt$ inomhus i vanliga byggnader för 10 timmars exponering inomhus. Högre värde för skyddsfaktorn innebär större skydd.

Gas	n	Skyddsfaktor			
		1,0 luftbyten per timme		0,1 luftbyten per timme	
		Gasmolnet passerar utomhus på 10 min	Gasmolnet passerar utomhus på 2 tim	Gasmolnet passerar utomhus på 10 min	Gasmolnet passerar utomhus på 2 tim
Ammoniak	2,0	5	3	100	50
Klor	2,0	2	2	10	10
Svaveldioxid	4,0	>1000	20	>1000	>1000

Vid ett gasutsläpp är koncentrationen ofta störst nära marken. Högt belägna rum eller högt beläget luftintag kan därför ge ett bättre skydd än lågt belägna rum/luftintag. Inne rum eller rum på läsidan av en byggnad kan också ge bättre skydd än rum på lovartsidan.

E.3.1.1. Utan föreslagna riskreducerande åtgärder

Utan föreslagna åtgärder kan byggnader inom zon 2 och 3 antas ha normal ventilation (1,0 luftbyten per timme enligt Tabell 31). Detta skulle betyda att skyddsgraden vid ett klorutsläpp som minst blir 50% (en faktor 2 enligt FOA). Eftersom byggnaden i zon 2 uppförs som en tät skärm kommer denna att till viss del skydda byggnaderna inom zon 3 och zon 4. Skyddet innebär att spridningen av tunga gaser begränsas markant (exempelvis klor och SO₂), och för lättare gaser (så som ammoniak) kommer spridningen huvudsakligen vara beroende av bildandet av lävakar och/eller nedåtgående turbulens. För byggnader i zon 3 antas det då att skyddseffekten istället blir 90%. På grund av de topografiska förutsättningarna ansätts skyddseffekten inom zon 4 till 99 %.

E.3.1.2. Med föreslagna riskreducerande åtgärder

Med föreslagna åtgärder kan ventilationen för byggnader inom zon 2 och 3 stängas av. Detta antas motsvara tabellerade värden för 0,1 luftbyten per timme enligt Tabell 31. Detta skulle betyda att skyddsgraden för exempelvis klor stiger till 90% (en faktor 10 enligt FOA). För byggnader inom zon 3 antas skyddseffekten öka proportionerligt och blir 99%. Detta bedöms vara ett konservativt antagande då skyddsfaktorerna för andra utsläppsämnen än klor är högre. Skyddseffekten inom är den samma som utan föreslagna åtgärder.

E.3.2 Skyddseffekter utomhus

Skyddseffekterna av att vara utomhus kommer helt vara beroende av hur bra skydd byggnaden i zon 2 utgör. Som nämnts ovan antas byggnaden innebära att spridningen av tunga gaser begränsas markant

(exempelvis klor och SO₂), och för lättare gaser (så som ammoniak) kommer spridningen huvudsakligen vara beroende av bildandet av lä-vakar och/eller nedåtgående turbulens. Skyddsgraderna kommer också vara beroende på vindriktning och stabilitetsklass. De vanligaste farliga gaserna har förnimbarhetsområde som ligger under de nivåer som krävs för att dödliga toxiska effekter ska uppstå. Personer som känner av gasen bedöms därför hinna gå inomhus innan dödsfall uppstår. Detta, tillsammans med den utspädning och ökad turbulens som uppstår i takt med att gasen sprider sig inom planområdet, gör att skyddsgraden för personer som vistas utomhus antas vara 0% för zon 2, 50% för zon 3 och 99 % för zon 4. Ingen skillnad görs för planförslaget med/utan riskreducerande åtgärder.

E.3.3 Sammanfattning skyddseffekter klass 2.3 – Giftiga gaser

I Tabell 32, Tabell 33, Tabell 34 och Tabell 35 sammanfattas skyddseffekterna vid de olika olycksscenarierna.

Tabell 32. Sammanfattning av antagna skyddsgrader inomhus, transport av farligt gods på väg (ADR-S).

ADR-S Klass	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.3	Litet läckage låg vindstyrka	27	-	-	-	-	-	-
	Litet läckage hög vindstyrka	29	-	-	-	-	-	-
	Mellanstort läckage låg vindstyrka	88	50%	90%	-	95%	99%	-
	Mellanstort läckage hög vindstyrka	96	50%	90%	-	95%	99%	-
	Stort läckage låg vindstyrka	458	50%	90%	99%	95%	99%	99%
	Stort läckage hög vindstyrka	461	50%	90%	99%	95%	99%	99%

Tabell 33. Sammanfattning av antagna skyddsgrader utomhus, transport av farligt gods på väg (ADR-S).

ADR-S Klass	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.3	Litet läckage låg vindstyrka	27	-	-	-	-	-	-
	Litet läckage hög vindstyrka	29	-	-	-	-	-	-
	Mellanstort läckage låg vindstyrka	88	0%	50%	-	0%	50%	-
	Mellanstort läckage hög vindstyrka	96	0%	50%	-	0%	50%	-
	Stort läckage låg vindstyrka	458	0%	50%	99%	0%	50%	99%
	Stort läckage hög vindstyrka	461	0%	50%	99%	0%	50%	99%

Tabell 34. Sammanfattning av antagna skyddsgrader inomhus, transport av farligt gods på järnväg (RID-S).

RID-S Klass	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.3	Punktering giftig gas, svag vind 2 m/s	38	-	-	-	-	-	-
	Punktering giftig gas, stark vind 8 m/s	34	-	-	-	-	-	-
	Stort hål giftig gas, svag vind 2 m/s	755	50%	90%	99%	95%	99%	99%
	Stort hål giftig gas, stark vind 8 m/s	880	50%	90%	99%	95%	99%	99%

Tabell 35. Sammanfattning av antagna skyddsgrader utomhus, transport av farligt gods på järnväg (RID-S).

RID-S Klass	Scenario	Konsekvens- avstånd (m)	Utan åtgärder			Med åtgärder		
			Zon 2	Zon 3	Zon 4	Zon 2	Zon 3	Zon 4
2.3	Punktering giftig gas, svag vind 2 m/s	38	-	-	-	-	-	-
	Punktering giftig gas, stark vind 8 m/s	34	-	-	-	-	-	-
	Stort hål giftig gas, svag vind 2 m/s	755	0%	50%	99%	0%	50%	99%
	Stort hål giftig gas, stark vind 8 m/s	880	0%	50%	99%	0%	50%	99%

E.4. Klass 3 – Brandfarliga vätskor

Inga olycksscenarier med klass 3 bedöms påverka området på grund av den befolkningsfria ytan (zon 1 = 30 meter).

E.5. Klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

Antaganden kring skyddseffekter för klass 5.1 är de samma som för klass 1.

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] WSP, Detaljerad riskbedömning för detaljplan. Transporter av farligt gods. Detaljplan för bostäder med mera vid Smörgatan inom stadsdelen Kallebäck i Göteborg, Göteborg, 2016.
- [3] Räddningstjänsten storgöteborg, Yttrande angående samrådshandling: Detaljplan för Bostäder och verksamheter vid Smörgatan inom stadsdelen Kallebäck i Göteborg, en del av Jubileumssatsningen, Göteborg: A0280/16-614, 2016.
- [4] ÅF, ”Trafikbullenutredning Kallebäck 3:3,” 2015-03-09.
- [5] Banverket, ”Almedal - Mölnlycke, En del av Götalandsbanan, Förstudie, Slutrapport,” mars 2010.
- [6] A. Hellervik, Interviewee, *Trafikverket*. [Intervju]. 2013-09-17.
- [7] R. Bo Asplind, *e-post*, 2016-02-16.
- [8] H. Svensson, Möte med Wallenstam AB, Göteborg, 2017.
- [9] IEC, *International Standard 60300-3-9*, Geneva: International Electrotechnical Commission, 1995.
- [10] ISO, *Risk management - Vocabulary*, Geneva: International Organization for Standardization, 2002.
- [11] F. Nystedt, *Riskanalyismetoder*, Lund: Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, 2000.
- [12] S. Fredén, ”Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen,” Banverket, Borlänge, 2001.
- [13] G. Davidsson, M. Lindgren och L. Mett, *Värdering av risk*, Statens Räddningsverk, 1997.
- [14] Stadsbyggnadskontoret Göteborg, Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
- [15] Räddningsverket och Boverket, *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006*, Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
- [16] MSB, Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
- [17] Statens Räddningsverk, *Förvaring av explosiva varor, handbok.*, 2006.
- [18] Väg- och transportforskningsinstitutet, ”Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg,” 1994.
- [19] Swedish Standards Institute (SIS), Eurokod 1 - Laster och bärverk, Del 1-7: Allmänna laster - Olyckslast, Stockholm: SS-EN 1991-1-7:2006, 2010.
- [20] Stadsbyggnadskontoret i Göteborg, *Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Bilagor 1-5*, 1997.
- [21] Väg- och transportforskningsinstitutet, *VTI rapport 387:1*, 1994.
- [22] Räddningsverket, Statens räddningsverk, 1996.
- [23] VTI, *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg*, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
- [24] T. W. S. Henki Refsnes, *Muntligen*, 2013-09-11.
- [25] TRAFKA, Trafikanalys, 2010.
- [26] SIKKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
- [27] M. Gustavsson, *Muntligen 2008-01-10*, Räddningsverket, 2008.
- [28] H. Ingasson, A. Bergqvist, A. Lönnermark, H. Frantzich och K. Hasselrot, Statens Räddningsverk, 2005.
- [29] SIKKA, Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.

- [30] VTI, *Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS)*, Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
- [31] PIARC, PIARC - World Road Association, 1999.
- [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] N. A. Sofia Westerlund, "e-post," 2016-02-23.
- [53] General of labour of the ministry of social affairs and Employment III, *Methods for the determination of possible damage (CPR 16E: "Green book")*, Voorburg, 1992.
- [54] R. Forsén och S. Lamnevik, *Verkan av explosioner i det fria*, Stefan Lamnevik AB, 2010.
- [55] FOA, Försvarets forskningsanstalt, 1997.
- [56] SWECO, *Bedömning av explosionslaster och byggnadsskador vid Smörgatan i stadsdelen Kallebäck, Göteborg*, 2016.
- [57] SWECO, *Bedömning av explosionslaster och byggnadsskador vid Smörgatan i stadsdelen Kallebäck - Tillägg, Göteborg*, 2017.
- [58] S. Lamnevik, Stefan Lamnevik AB, 2006.
- [59] MSB, Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
- [60] CCPS, Center for Chemical Process Safety, 1999.
- [61] BBR, Boverket, 2006.
- [62] S. Fredén, "Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen," Banverket, Borlänge, 2001.

- [63] F. Boke, *Statistik för Hamnbanan år 2014 och prognos för 2030*, 2015-05-05.
- [64] Banverket och Räddningsverket, "Säkra järnvägstransporter av farligt gods," 2004.
- [65] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2," 1994.
- [66] Trafikverket, "Järnvägsplan - Riskutredning - Hamnbanan Göteborg, dubbelspår Eriksberg - Skandiahamnen," 2014-02-17.
- [67] Trafik analys - TRAFKA, "Bantrafik 2010, Statistik 2011:24," 2011.
- [68] J. Pettersson, Interviewee, *Säkerhetsansvarig Green Cargo*. [Intervju]. 2012.
- [69] Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad, "Översiktplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.," 1997.
- [70] MSB, "Trafikflödet på järnväg – 2006.," 2013-08-09.
- [71] G. Purdy, "Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail," *Journal of Hazardous materials*, 33, 1993.
- [72] Länsstyrelsen Stockholms län, "Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer," 2000.
- [73] Stefan Lamnevik AB, "Verkan av explosioner i det fria," 2010.
- [74] Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl., "Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker," Tumba, 1997.
- [75] Svenska gasföreningen, "Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter," 2004.
- [76] Väg- och transportforskningsinstitutet, "Konsekvensanalys av olika olycksscenarior vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4," 1994.
- [77] Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola, "Datorprogrammet Gasol".
- [78] RIB, Statens räddningsverk, *Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank*.
- [79] Brandteknik, Lunds tekniska högskola, "Brandskyddshandboken, Rapport 3161," Lund, 2012.
- [80] Ministerie van VROM , Guideline for quantitative risk assessment 'Purple book' CPR 18E, Publication Series on Dangerous Substances (PGS 3), 2005.

WSP Sverige AB

Box 13033

40251 Göteborg

Tel: +46 10 722 50 00 00

Fax: +46 10 722 74 20

www.wspgroup.se

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

