



UNITED
BY OUR
DIFFERENCE



Detaljerad riskbedömning för detaljplan

Transport av farligt gods på väg och järnväg

Forsåkersområdet, Mölndal

Rapport

2015-01-28

Uppdragsgivare

Eva Edgren
 MölnDala Fastighets AB
 c/o Mölndals stad
 Kommunledningskontoret
 431 82 Mölndal

www.molndala.com
 eva.edgren@molndala.se

WSP kontaktperson

Fredrik Larsson
 WSP Sverige AB
 Box 13033
 40251 Göteborg

www.wspgroup.se
 fredrik.j.larsson@wspgroup.se

Dokumenthistorik och kvalitetskontroll

Utgåva/revidering	Utgåva 1	Revision 1	Revision 2	Revision 3
Anmärkning	Preliminär handling	Rapport	Rapport	Rapport
Datum	2013-11-08	2014-02-03	2014-11-18	2015-01-28
Granskare	Johan Lundin	Johan Lundin	Johan Lundin	Johan Lundin
Signatur				
Uppdragsansvarig	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson	Fredrik Larsson
Signatur				
Projektnummer	1018 6681	1018 6681	1018 6681	1018 6681
Rapportnummer				
Filnamn				

Sammanfattning

WSP har av Mölndala Fastighets AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Forsakersområdet i Mölndal. Riskbedömningen avser beskriva riskbilden för planområdet, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med detaljplanen, samt vid behov ge förslag på lämpliga riskreducerande åtgärder.

För att kunna uppskatta risknivån inom planområdet efter önskad exploatering har ett antal antaganden om bebyggelsestruktur och verksamheter behövt göras. Utgångspunkten för detta har varit en bebyggelsestruktur enligt Göteborgs fördjupade översiktsplan där kontorsbebyggelse tillåts 30 meter från transportleder för farligt gods. Motsvarande avstånd för bostadsbebyggelse är 80 meter.

Resultaten av riskberäkningarna visar att med hänsyn till den beräknade individrisknivån behöver riskreducerande åtgärder vidtagas för planområdets västra delar eftersom individrisknivån där ligger inom det s.k. ALARP-områdets enligt DNV:s värderingskriterier.

Den beräknade samhällsrisk för planområdet har konstaterats vara så hög att den inte direkt kan acceptaras enligt varken DNV:s eller FÖP:s värderingskriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder krävs om önskad exploatering inom planområdet skall kunna möjliggöras.

Det finns ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. Det är svårt att reducera frekvenserna med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför har ett antal konsekvensbegränsande åtgärder föreslagits och diskuterats. De föreslagna åtgärderna är:

- En zon om minst 30 meter lämnas bebyggelsefritt i planområdets västra del. Lokalgata etc. kan medges inom denna zon. Avståndet räknas från det östra spåret efter banområdets utökning.
- ”Första radens byggnader” placeras som närmst 30 m från riskkällorna och uppförs för arbetsplatser, industri, kontor, lager, p-hus och därmed jämförbara verksamheter. För att ge en skyddande effekt bör de utföras höga, om möjligt lika höga, som bakomliggande bostadsbebyggelse och som en så tät skärm som möjligt i längdled längs riskkällorna.
- Bostäder placeras generellt 80 meter från riskkällorna. Där tät skärm/buffert i form av sammanhängande bebyggelse enligt ovan uppförs mellan riskkälla och bostäder har beräkningar påvisat att 60 meters skyddsavstånd är tillräckligt till bostäder. Skola, centrumverksamhet, vård, handel, hotell- och konferensverksamhet etc. likställs med bostäder i detta avseende.
- ”Första radens byggnader” förses med nödavsängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad.
- ”Första radens byggnader” ges utrymningsmöjligheter i öster.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka samhällsrisk för planområdet till en nivå inom den nedre delen av det s.k. ALARP-området enligt DNV:s värderingskriterier. Samtliga värderingskriterier enligt FÖP uppfylls, både avseende arbetsplatser och bostäder. Givet att alla rimliga åtgärder vidtas bör därmed risknivån vara tolerabel enligt definitionen för ALARP-området.

Den största osäkerheten i denna riskbedömning är vilken inverkan den kommande Götalandsbanan kommer att få för banområdet väster om planområdet. Enligt uppgifter från Trafikverket kommer inte Götalandsbanan projekteras för godstrafik. Enligt den förstudie som finns framtagen för banan finns ett antal alternativa bansträckningar, varav några kommer påverka planområdet. Denna riskbedömning har, enligt förutsättningar för uppdraget, upprättats enligt det utredningsalternativ som benämns M1½. Spårlägen för detta alternativ är inte fastlagda eftersom ingen projektering skett ännu. Riskavstånd etc. har därför beräknats utifrån det mest konservativa (det vill säga det största) infrastrukturresevat som presenterats i underlagsrapporterna.

Innehållsförteckning

1	Inledning	5
1.1	Bakgrund	5
1.2	Syfte och mål	5
1.3	Avgränsningar	5
1.4	Styrande dokument.....	5
1.5	Underlagsmaterial.....	7
1.6	Revidering	7
1.7	Internkontroll.....	7
2	Områdesbeskrivning	8
2.1	Omgivning	8
2.2	Infrastruktur	9
2.3	Planområdet	12
3	Omfattning av riskhantering och metod.....	13
3.1	Begrepp och definitioner.....	13
3.2	Metod för riskinventering	13
3.3	Metod för riskuppskattning.....	14
3.4	Metod för riskvärdering	16
3.5	Metod för identifiering av riskreducerande åtgärder.....	17
4	Riskidentifiering.....	18
4.1	Identifiering och beskrivning av riskkällor	18
4.2	Sammanställning av olycksscenarier	19
5	Riskuppskattning och riskvärdering.....	20
5.1	Individrisknivå	20
5.2	Samhällsrisknivå.....	21
6	Osäkerheter	22
7	Riskreducerande åtgärder.....	23
7.1	Behov av riskreducerande åtgärder.....	23
7.2	Förslag till riskreducerande åtgärder	23
7.3	Riskenivå efter vidtagna åtgärder	24
8	Slutsatser	26
	Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – järnväg	27
	Bilaga B. Konsekvensuppskattningar – järnväg	36
	Bilaga C. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg	42
	Bilaga D. Konsekvensuppskattningar – väg	54
	Bilaga E. Referenser.....	59

1 Inledning

WSP har av Mölndala Fastighets AB fått i uppdrag att göra en riskbedömning i samband med upprättande av detaljplan för Forsåkersområdet i Mölndal. Riskbedömningen avser beskriva riskbilden för planområdet, och därmed utgöra en grund för att bedöma lämpligheten med detaljplanen, samt vid behov ge förslag på tillrädliga riskreducerande åtgärder.

1.1 Bakgrund

Ny detaljplan är under utveckling för Forsåkersområdet i Mölndal, med syfte att möjliggöra blandstad inom planområdet.

Väster om planområdet löper E6, Västkustbanan och i framtiden eventuellt även Götalandsbanan. De båda förstnämnda utgör transportleder för farligt gods (1). Götalandsbanan planeras inte för godstrafik, annat än det som beskrivs som lättare gods (posttåg etc.). Farligt gods kommer sannolikt inte förekomma (2).

Enligt länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län ska riskhanteringsprocessen beaktas i framtagandet av detaljplaner inom 150 meter från farligt gods-led (3). Med anledning av länsstyrelsernas krav upprättas denna riskbedömning.

1.2 Syfte och mål

Syftet med denna riskbedömning är att uppfylla länsstyrelsens 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-led.

Målet med riskbedömningen är att utreda lämpligheten med planerad markanvändning utifrån riskpåverkan. I ovanstående ingår att redogöra för lämpliga skyddsavstånd samt efter behov ge förslag på övriga åtgärder.

1.3 Avgränsningar

I riskbedömningen belyses risker förknippade med urspärning och transport av farligt gods på Västkustbanan och E6. De risker som har beaktats är plötsligt inträffade skadehändelser (olyckor) med livshotande konsekvenser för tredje man, d.v.s. risker som påverkar personers liv och hälsa. Egendomsskador, eventuella skador på naturmiljön eller skador orsakade av långvarig exponering för avgaser eller buller har inte beaktats.

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

1.4 Styrande dokument

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

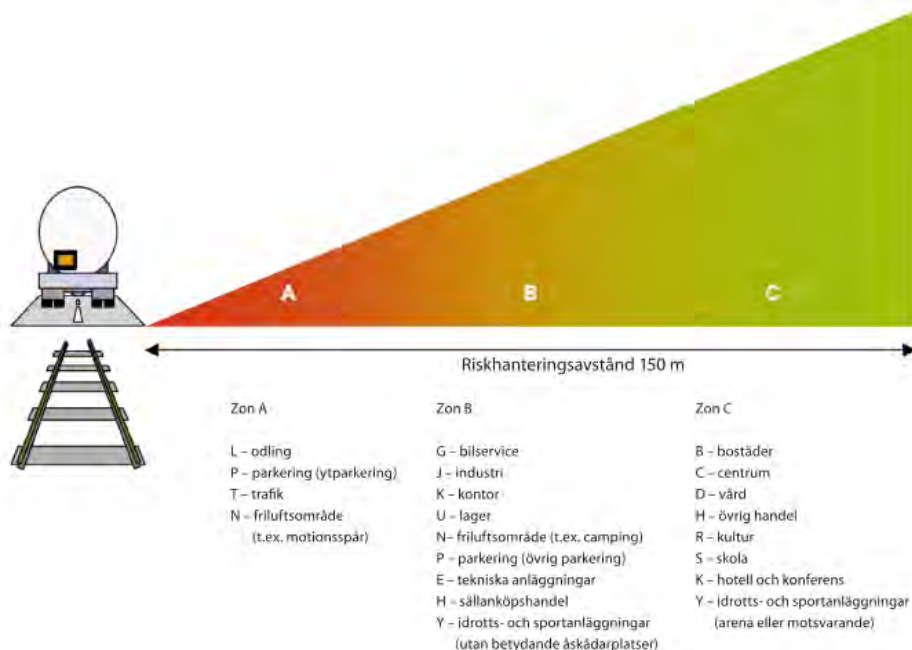
Vid planläggning och i ärenden om bygglov eller förhandsbesked enligt denna lag ska bebyggelse och byggnadsverk lokaliseras till mark som är lämpad för ändamålet med hänsyn till:

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 (3) anger att riskhanteringsprocessen ska beaktas vid markanvändning inom 150 meter från en transportled för farligt gods. I Figur 1.1 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 1.1. Zonindelning för riskhanteringsavstånd. Zonerna representerar lämplig markanvändning i förhållande till transportled för farligt gods (3).

I Översiktsplan för Göteborg (4) anges avstånd som ska beaktas vid utarbetande av nya detaljplaner, se Figur 1.2.



Figur 1.2. Fysisk ram kring transportleder för farligt gods invid förnyelseområden (4).

1.5 Underlagsmaterial

Följande underlagsmaterial har funnits till förfogande vid upprättande av analysen:

- Vision 2.1 gällande Forsäkersområdets utveckling, Mölndala Fastighets AB 2012 (5).
- Förstudie gällande Almedal – Mölnlycke, en del av Götalandsbanan, Banverket 2010 (6).
- Studie Transportkorridor Mölndalsåns dalgång, Trafikverket 2012 (7).
- Trafikprognoser väg, Henki Refsnes, WSP Samhällsbyggnad 2013 (8).
- Trafikprognoser järnväg, Alexander Hellervik, Trafikverket 2013 (2).

Ytterligare en mängd tillgängliga rapporter, facklitteratur, haveriutredningar, internt utredningsmaterial med mera har använts som underlagsmaterial vid arbetet, och det refereras till löpande i texten.

Inga samråd enligt miljöbedömningsprocessen har hållits vid tidpunkten för denna rapports framtagande.

1.6 Revidering

Denna handling har reviderats i omgångar (2014-02-03 och 2014-11-18) med hänsyn till att planarbetet fortskridit och områdets struktur har preciserats.

Föreliggande rapport har reviderats 2015-01-28 med anledning av att programområdet utvidgats till att även innefatta Kvarnbyskolan i områdets norra del. Reviderade avsnitt har markerats med streck i vänstermarginalen.

1.7 Internkontroll

Rapporten är utförd av Fredrik Larsson (Brandingenjör/Civilingenjör Riskhantering). I enlighet med WSP:s miljö- och kvalitetsledningssystem, certifierat enligt ISO 9001 och ISO 14001, omfattas denna handling av krav på internkontroll. Detta innebär bland annat att en från projektet fristående person granskar förutsättningar och resultat i rapporten. Ansvarig för denna granskning är Johan Lundin (Teknologie Dr/Brandingenjör).

2 Områdesbeskrivning

I följande kapitel redogörs för planområdet, dess läge och omgivningar, kringliggande infrastruktur och planerad byggnation.

2.1 Omgivning

Forsäkersområdet är beläget i centrala Mölndal strax öster/sydost om Mölndals bro. Området angränsar i väster till E6, Västkustbanan och kommande Götalandsbanan. I dagsläget utgörs området till största delen av äldre industribebyggelse och grönytor. Längst i norr återfinns Kvarnbygskolan.



Figur 2.1. Programområdets läge i Mölndal. E6 och Västkustbanan ses direkt väster om planområdet.

2.2 Infrastruktur

I följande avsnitt redogörs för kringliggande infrastruktur där det sker transporter av farligt gods.

2.2.1 E6

Väster om planområdet löper E6/Kungsbackaleden, vilken är motorväg med två filer i vardera riktningen. E6 är utpekad som primär transportled för farligt gods och är starkt trafikerad. Hastighetsbegränsningen är variabel, men maximal hastighet är 80 km/h för planområdet. Enligt prognoser för 2030 bedöms årsmedeldygnstrafiken komma att uppgå till ca 100000 fordon/dygn varav ca 10% förväntas utgöras av tung trafik (8). Samtliga farligt gods-klasser är representerade på E6.

I bilaga C.2 redogörs i detalj för de vägtrafiksiffror som används som beräkningsunderlag i denna rapport.

2.2.2 Västkustbanan

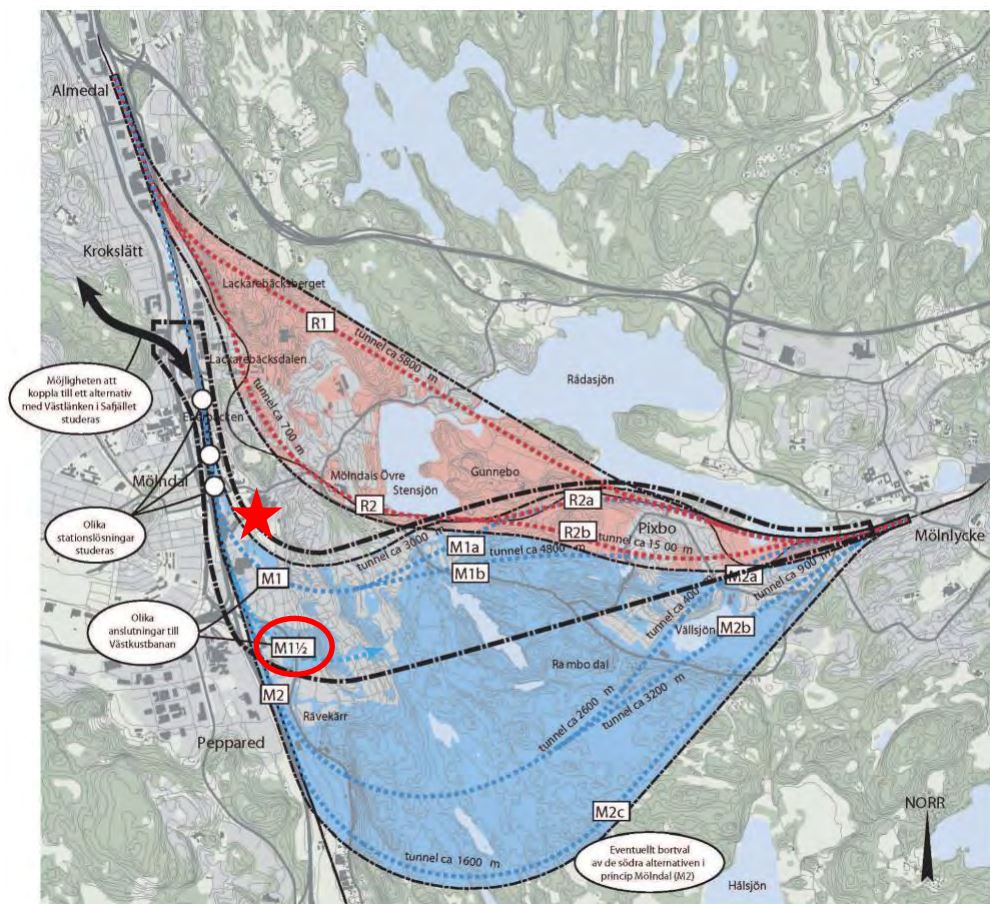
Ca 30 meter öster om E6 löper Västkustbanan, vilken utgör transportled för farligt gods. Samtliga farligt gods-klasser är representerade på Västkustbanan och år 2030 förväntas ca 230 persontåg och 60 godståg passera området per dygn.

I bilaga A.1 redogörs i detalj för de järnvägstrafiksiffror som används som beräkningsunderlag i denna rapport.

2.2.3 Götalandsbanan

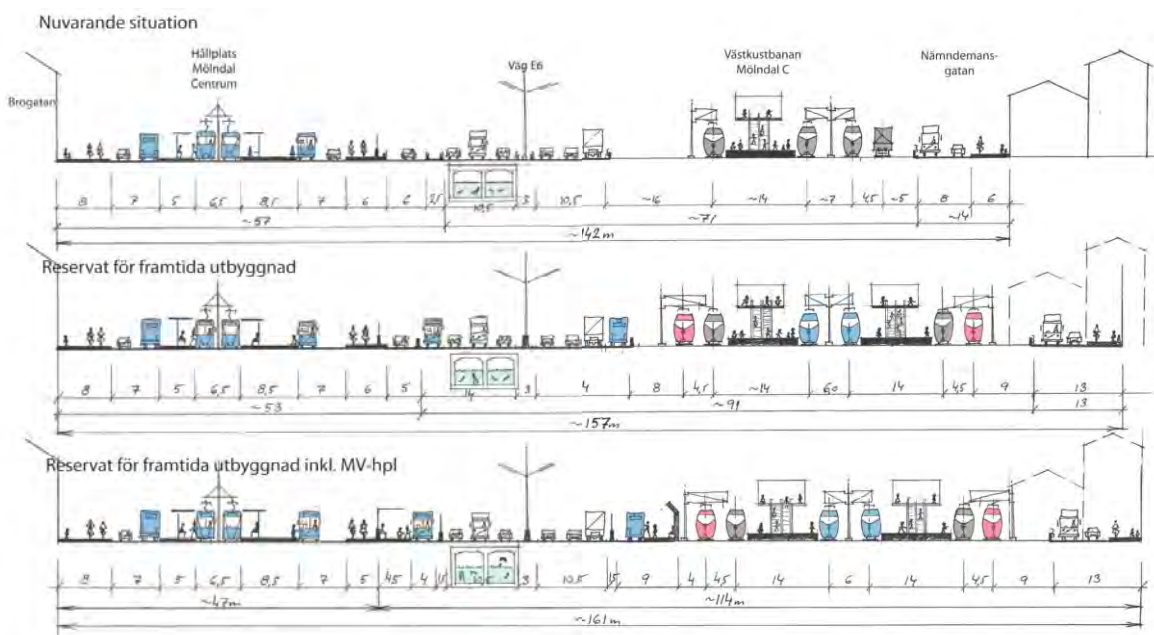
Trafikverket har låtit upprätta en förstudie för den etapp av Götalandsbanan som enligt planen skall sträcka sig mellan Almedal och Mölnlycke (6). Götalandsbanan planeras för snabbtåg och projekteras inte för annat gods än av lättare typ, t.ex. posttåg. Farligt gods skall enligt uppgift inte trafikera banan (2). Banan planeras att trafikeras av ca 180 persontåg år 2030.

Det finns enligt förstudien ett antal olika alternativa sträckningar för banan mellan Almedal och Mölnlycke. Mölndala Fastighets AB bedriver detaljplaneärendet för Forsakersområdet utifrån det alternativ i förstudien som benämns M1½ (6). Detta alternativ innebär att banan angör Mölndals station och sedan löper parallellt med Västkustbanan väster om planområdet för att sedan böja av åt sydost söder om planområdet. Se vidare Figur 2.2.



Figur 2.2. Götalandsbanans alternativa sträckningar mellan Almedal och Mölnlycke (6). Detaljplaneärendet för Forsäkersområdet (markerat med stjärna) bedrivs utifrån alternativet M1½ (inringat).

I ett arbete med fördjupad översiktsplan för Mölndalsåns dalgång har olika reservat för framtida utbyggnadsalternativ av infrastrukturen studerats, se vidare Figur 2.3. I denna studie framgår att en utbyggnad av Götalandsbanan kommer att ta mark i anspråk öster om nuvarande banområde. Spår kommer att behöva placeras där nuvarande Nämndemansgatan löper och markinlösen kommer att behöva tillämpas (7).



Figur 2.3. Möjliga reservat för framtida utbyggnad av infrastrukturen i Mölndalsåns dalgång (7).

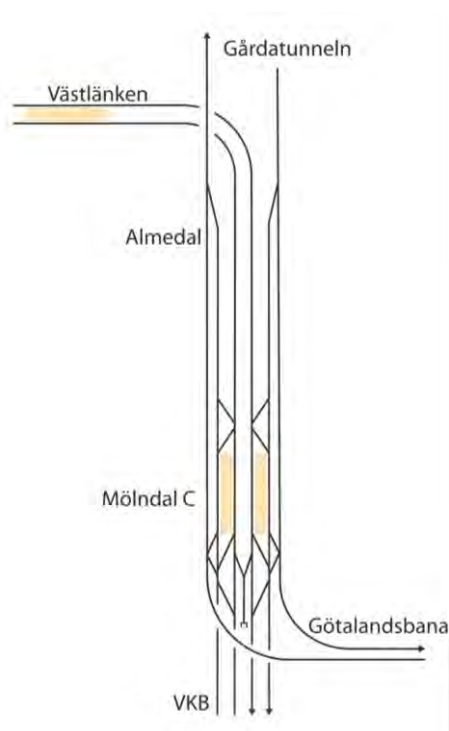
Studien visar vidare på att ett grundutförande med fyra spår och dubbla plattformar för riktningdrift kompletteras med två yttre spår för passerande tåg på Götalandsbanan och Väst kustbanan som inte gör uppehåll i Mölndal. Således kan totalt sex genomgående spår komma att behövas. Se vidare principskiss i

Figur 2.4 Principskiss över spårområdet vid utbyggnad av Götalandsbanan enligt utredningsalternativet M1½ här intill.

Det finns inga kända detaljskisser över exakt var dessa spår kan komma att hamna vid en framtida utbyggnad. Sådana skisser torde heller inte ha något större värde med hänsyn till att endast en förstudie har upprättats i detta skede och att ett antal utredningsalternativ fortfarande är valbara i kommande skeden och detaljprojektering.

Med hänsyn till att de yttre spåren kan komma att nyttjas av passerande tåg, vilka inte gör uppehåll i Mölndal, antas konservativt att farligt gods på Väst kustbanan kan komma att passera på det spår som är beläget närmast planområdet.

Avseende eventuella framtida spårlägen antas fortsatt i denna studie att det sista redovisade markreservatet enligt Figur 2.3 realiseras då detta är mest konservativt för planområdet.



Figur 2.4 Principskiss över spårområdet vid utbyggnad av Götalandsbanan enligt utredningsalternativet M1½

2.2.4 Mät- och reglerstation för naturgasdistribution

I planområdets sydvästra del har Swedegas AB en mät- och reglerstation samt en inkommande högtrycksledning för naturgas (16 bar). Högtrycksledningen omfattas av Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps författningssamling om ledningssystem för naturgas (MSBFS 2009:7) (9). Genom planområdets västra utkant sträcker sig även två markförlagda distributionsledningar av naturgas (4 bar) varav den ena viker av norr om planområdet och sträcker sig även i utkanten norr om planområdet. Distributionsledningarna ägs av Göteborgs Energi (10).

Gasstationen kommer enligt uppgift från Swedegas AB att utgå/flyttas i samband med exploatering av Forsakersområdet (11).

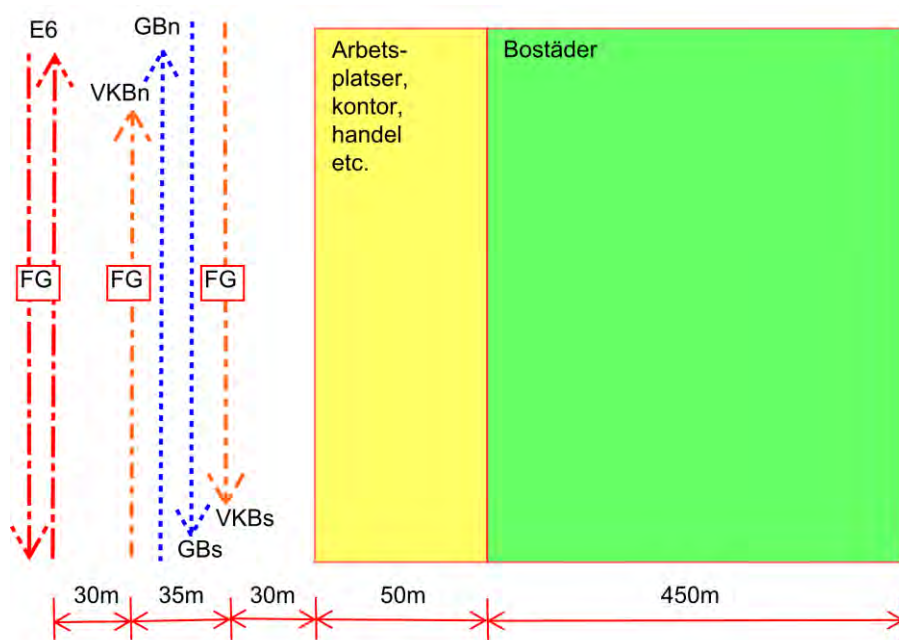
2.3 Planområdet

Den totala ytan av planområdet uppgår till ca 24 ha. Inom denna yta planeras det för ca 3000 bostäder och 100000 m² lokaler.

Inom stadsdelen ska det finnas olika funktioner och användningar av byggnaderna. Även inom kvarteren ska det finnas olika funktioner för att skapa en blandstad (5).

Stadsdelen ska ha hög exploatering, det vill säga ett relativt stort antal kvadratmeter byggrätter i förhållande till området yta (5). Från att ha varit ett industriområde kommer därmed stadsdelen att få karaktären av en tät centrummiljö med hög persontäthet.

För att kunna göra uppskattningar av framtida risknivåer för planområdet har ett grundantagande gjorts vilket innebär att framtida bebyggelse placeras enligt de skyddsavstånd som anges i FÖP Göteborg (12). Enligt Figur 1.2 bör avstånd mellan järnväg där farligt gods transporteras och arbetsplatser uppgå till minst 30 meter. Avståndet till bostäder bör vara minst 80 meter. I Figur 2.5 ges en schematisk skiss över hur planområdet kan komma att förhålla sig till riskkällorna i väster om dessa skyddsavstånd tillämpas. Det bör påpekas att avstånden i FÖP gäller i det fall en enda riskkälla är aktuell att beakta. I aktuellt fall är det flera riskkällor som vägs samman och måste beaktas för planområdet, varför skyddsavstånden per automatik inte innebär acceptabel risknivå för planområdet. Aktuella risknivåer kommer därför att beräknas och värderas i denna studie för kontroll av risknivåer och behov av ytterligare riskreduktion.



Figur 2.5. Schematisk skiss över var bebyggelse kan komma att placeras i förhållande till befintliga och framtida riskkällor i det fall skyddsavstånd enligt FÖP Göteborg tillämpas (12).

3 Omfattning av riskhantering och metod

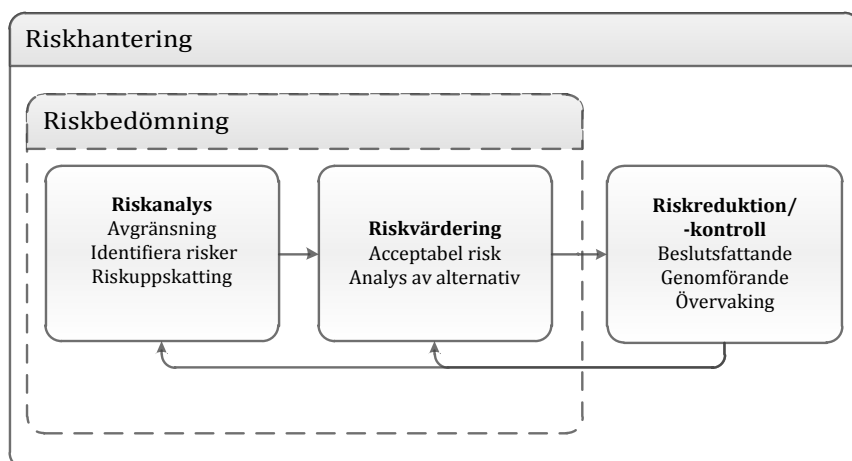
Detta kapitel innehåller en beskrivning av begrepp och definitioner, arbetsgång och omfattning av riskhantering i projektet samt de metoder som använts.

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.

Risikanalyser omfattar, i enlighet med de internationella standarder som beaktar riskanalyser i tekniska system (13) (14), riskidentifiering och riskuppskattning, se Figur 3.1. 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 3.1. Riskhanteringsprocessen samt omfattning av riskhantering i projektet (punktstreckad linje).

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

Samtliga riskkällor inom ca 150 meter, räknat från planområdets gräns, har inventerats enligt länsstyrelsens rekommendationer (3). Riskkällorna utgörs av transportleder för farligt gods (både järnväg och väg) och avseende dessa har trafikprognoser för horisontåret 2030 samt förekommande transportslag legat till grund för vilka riskscenarier som behöver beaktas vidare avseende påverkan på planområdet.

3.3 Metod för riskuppskattning

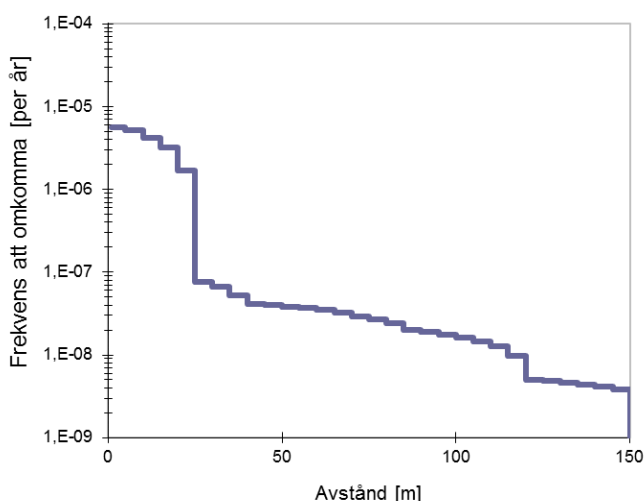
I denna detaljerade riskbedömning har riskmåttan individrisk och samhällsrisk använts för att uppskatta risknivån med avseende på identifierade risker förknippade med farligt gods-transporter.

Det är nödvändigt att använda sig av båda riskmåttan, individrisk och samhällsrisk, vid uppskattning av risknivån i ett område. På så vis tas risknivån för den enskilde individen 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 (15). Individrisken är platsspecifik och är oberoende av hur många personer som vistas i det givna området. Syftet med riskmättet är att se till att enskilda individer inte utsätts för oacceptabla risknivåer.

Individrisken kan redovisas i form av en individriskprofil, som visar frekvensen att omkomma per år som funktion av avståndet från riskkällan, se Figur 3.2.

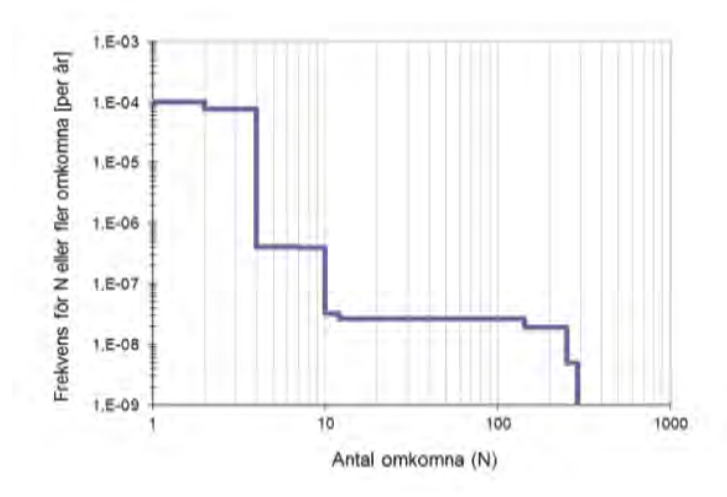


Figur 3.2. Exempel på individriskprofil.

3.3.2 Samhällsrisk (grupprisk)

Vid användande av riskmättet samhällsrisk beaktas även hur stora konsekvenserna kan bli, till följd av skadescenarier, med avseende på antalet personer som påverkas. När ett mindre område studeras, som i denna analys, kallas ofta samhällsrisk istället för grupprisk. Då beaktas befolkningsituationen inom det aktuella området, i form av befolkningens mängd och persontäthet. Till skillnad från vid beräkning av individrisk tas även hänsyn till eventuella tidsvariationer, som t.ex. att persontätheten i området kan vara hög under en begränsad tid på dygnet eller året.

Samhällsrisk redovisas ofta med en F/N-kurva (Frequency/Number), se Figur 3.3, som visar den ackumulerade frekvensen för N eller fler omkomna till följd av de antagna olycksscenarierna.



Figur 3.3. 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.

Fördelen med att använda sig av både individrisk och grupprisk vid uppskattning av risknivån i ett område är att risknivån för den enskilde individen tas i beaktande, samtidigt som det tas hänsyn till hur stora konsekvenserna kan bli med avseende på antalet personer som påverkas. Att använda samhällsrisk för ett område som är i ett tidigt skede av planeringsstadiet kan medföra omfattande osäkerheter i bedömningen av konsekvenser (d.v.s. antal omkomna eller svårt skadade) till följd av respektive skadescenario, då det oftast enbart är möjligt att utföra en grov uppskattning av befolkningssituationen. I denna handling görs dock en uppskattning av grupprisk, eftersom relativt detaljerad information om bebyggelse och verksamheter på området finns tillgängliga.

För såväl individ- som samhällsriskberäkningarna görs först en uppdelning av riskberäkningarna för respektive riskkälla. Sedan görs en sammanvägning av samtliga identifierade riskkällor för att ta hänsyn till additionseffekten som uppstår när flera riskkällor påverkar ett planområde samtidigt.

3.3.3 Riskuppskattning järnväg

Med hjälp av Banverkets (nuvarande Trafikverkets) rapport (16) 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 för järnvägsolyckor redovisas i Bilaga B.

3.3.4 Riskuppskattning väg

För uppskattning av risknivån har årsmedeldygnstrafik (ÅDT), vägkvalitet, hastighetsbegränsning etc. för aktuella vägavsnitt använts som indata. Med hjälp av Räddningsverkets (nuvarande Myndigheten för samhällsskydd och beredskap) skrift Farligt gods – riskbedömning vid transport (17) beräknas frekvensen för att en trafikolycka, med eller utan farligt gods, inträffar på aktuellt vägavsnitt. För beräkning av frekvenser/ sannolikheter för respektive skadescenario används händelseträdsanalys, se Bilaga C.

Konsekvenserna av olika skadescenarier uppskattas utifrån litteraturstudier, datorsimuleringar och handberäkningar. Konsekvensuppskattningar för vägolyckor redovisas i Bilaga D.

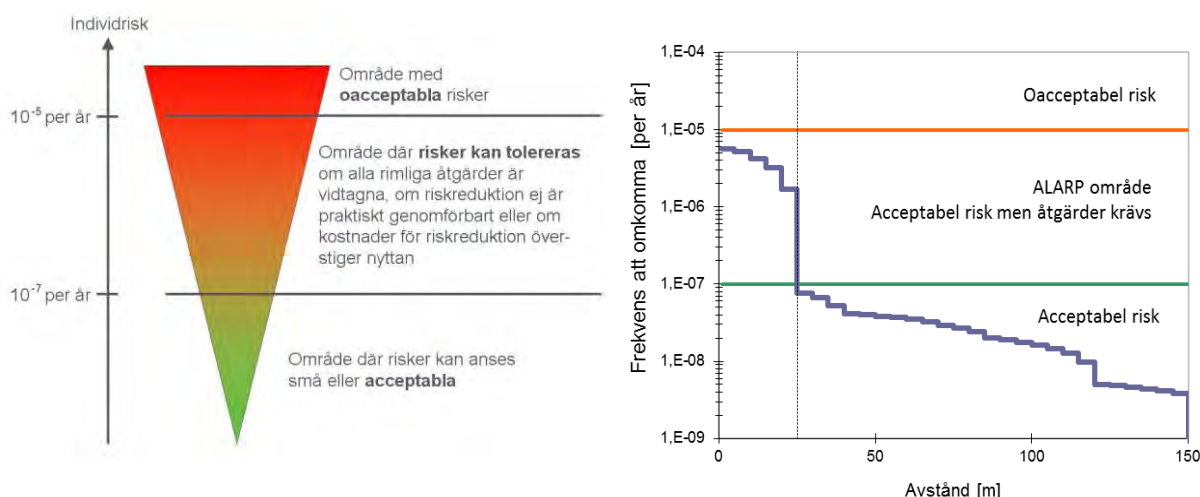
3.4 Metod för riskvärdering

I Sverige finns inget nationellt beslut om vilka kriterier eller vilken bedömningsgrund som ska tillämpas vid riskvärdering inom planprocessen. I denna utredning används både de som är framtagna av Det Norske Veritas (DNV) på uppdrag av Räddningsverket (15), samt de aversionskurvor (för grupprisk) som är framtagna i samband med Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn Transporter av farligt gods (18). Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. De beskrivs utförligare i följande avsnitt.

Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

3.4.1 DNV:s föreslagna kriterier

Det Norske Veritas (DNV) tog, på uppdrag av Räddningsverket, fram förslag på riskkriterier (15) gällande individ- och samhällsrisk, som kan användas vid riskvärdering. Riskkriterierna berör liv, och uttrycks vanligen som sannolikheten för att en olycka med given konsekvens ska inträffa. Risker kan kategoriskt indelas i tre grupper; acceptabla, tolerabla med restriktioner eller oacceptabla, se Figur 3.4.



Figur 3.4. Princip för värdering av individrisk enligt DNV (t.v.) och med exempel för individriskprofil (t.h.).

Följande förslag till tolkning rekommenderas (15):

- 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 skall 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.

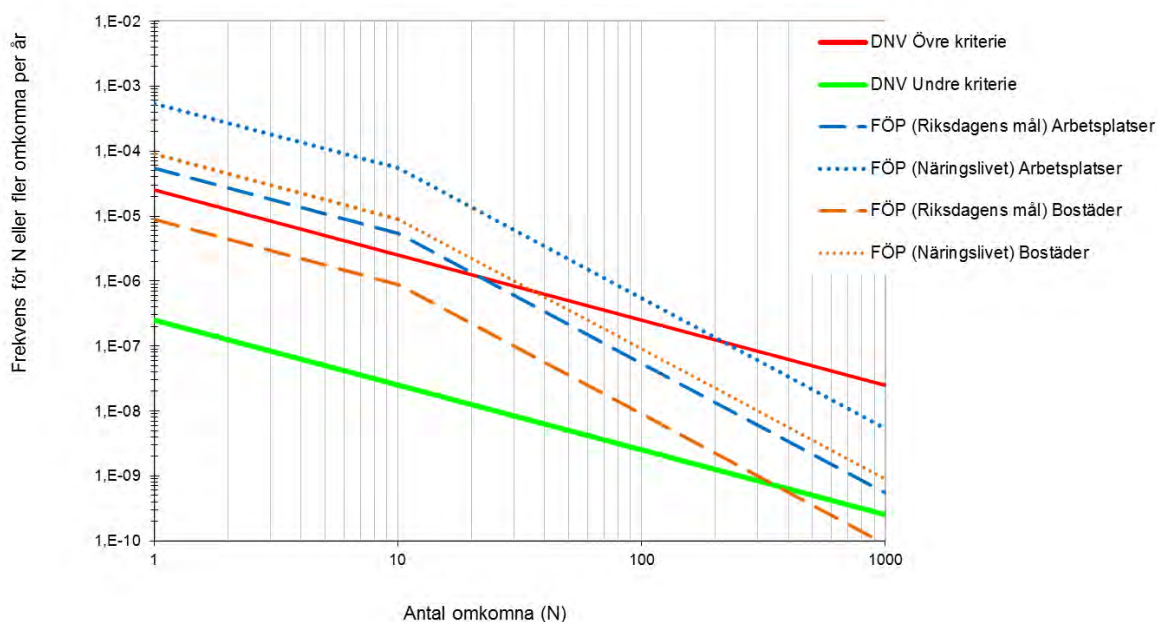
För individrisk föreslog DNV (15) följande kriterier:

- 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 (15) en uppsättning kriterier som baseras på att risken utmed en sträcka om 1 kilometer studeras. I denna riskutredning studeras dock en kortare sträcka på 500 meter, varför acceptanskriterierna måste justeras (sänkas). Resultatet visas i Figur 3.5.

3.4.2 Stadsbyggnadskontoret i Göteborgs föreslagna aversionskurvor

Stadsbyggnadskontoret i Göteborg (18) har föreslagit aversionskurvor för samhällsrisk som kan jämföras med de riskkriterier som DNV föreslagit ovan. Aversionskurvorna i FÖP finns dock i olika versioner för tillämpning på arbetsplatser respektive på bostäder och gäller tät typbebyggelse på var sida om en 2 km lång riskkälla/transportled. På samma sätt som DNV-kriterierna anpassats till planområdets längd, justeras även aversionskurvorna från FÖP. Justering med avseende på att enbart riskpåverkan på ena sidan av riskkällan görs också. Resultatet visas i Figur 3.5.



Figur 3.5. Föreslagna kriterier på individrisk samt samhällsrisk enligt DNV (15).

Samtliga ovanstående kriterier återfinns i riskvärderingen, vid jämförelse med resultatet av riskanalysen för planområdet, för bedömning av huruvida risknivån är tolerabel eller inte.

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 (19), 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.

4 Riskidentifiering

4.1 Identifiering och beskrivning av riskkällor

Följande riskkällor har identifierats för planområdet:

- Transporter av farligt gods (E6 och Västkustbanan)
- Mekanisk skada vid urspårning (Götalandsbanan)

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

4.1.1 Transportleder för farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar (ADR-S, RID-S) (20) (21) som tagits fram i internationell samverkan. Det finns således regler för vem som får transportera farligt gods, hur transportererna ska ske, var dessa transporter får färdas, hur godset ska vara emballerat och vilka krav som ställs på vagnar för transport av farligt gods. Alla dessa regler syftar till att minimera risker vid transport av farligt gods, d.v.s. för att transport av farligt gods inte ska innebära farlig transport. Farligt gods delas in i nio klasser som baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ämnet. I Tabell 4.1 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

Tabell 4.1. Kortfattad beskrivning av respektive farligt gods-klass samt konsekvensbeskrivning.

Klass	Kategori	Beskrivning	Konsekvenser
1	Explosiva ämnen och föremål	Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc.	Orsakar tryckpåverkan, brännskador och splitter. Stor mängd massexplosiva ämnen ger skadeområde med 200 m radie (orsakat av tryckvåg). Personer kan omkomma både inomhus och utomhus. Övriga explosiva ämnen och mindre mängder massexplosiva ämnen ger enbart lokala konsekvensområden. Splitter och annat kan vid stora explosioner orsaka skador på uppemot 700 m (22).
2	Gaser	Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.).	Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden för giftig gas över 800 m. Omkomna både inomhus och utomhus.
3	Brandfarliga vätskor	Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton.	Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 40 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc.
4	Brandfarliga fasta ämnen	Kiseljärn (metallpulver), karnbid och vit fosfor.	Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan.
5	Oxiderande ämnen, organiska peroxider	Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat.	Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 200 m.

6	Giftiga eller smittförande ämnen	Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc.	Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.
7	Radioaktiva ämnen	Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder.	Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet.
8	Frätande ämnen	Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara.	Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet (23). Personskador kan uppkomma på längre avstånd.
9	Övriga farliga ämnen och föremål	Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc.	Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet.

Utifrån beskrivningarna i Tabell 4.1 samt statistik över transporterade mängder bedöms följande farligt gods-kategorier vara relevanta för den fortsatta riskbedömningen; klass 1, 2, 3 och 5. Övriga klasser transporteras i begränsad mängd, eller bedöms inte ge signifikanta konsekvenser förutom vid olycksfordonets omedelbara närhet.

4.1.2 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.

Urspårande vagnar bedöms dock inte kunna nå fram till planområdet. Avståndet för en urspårande vagn uppgår vanligen till någon enstaka meter och sällan längre än 20-25 meter. De skyddsavstånd som föreligger i det schematiskt gestaltade planområdet i Figur 2.5 (30 meter enligt FÖP Göteborg) anses tillfyllest ur denna aspekt.

4.2 Sammanställning av olycksscenarier

Utifrån detta behandlas följande scenarier vidare för respektive riskkälla (E6 och Väst 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)

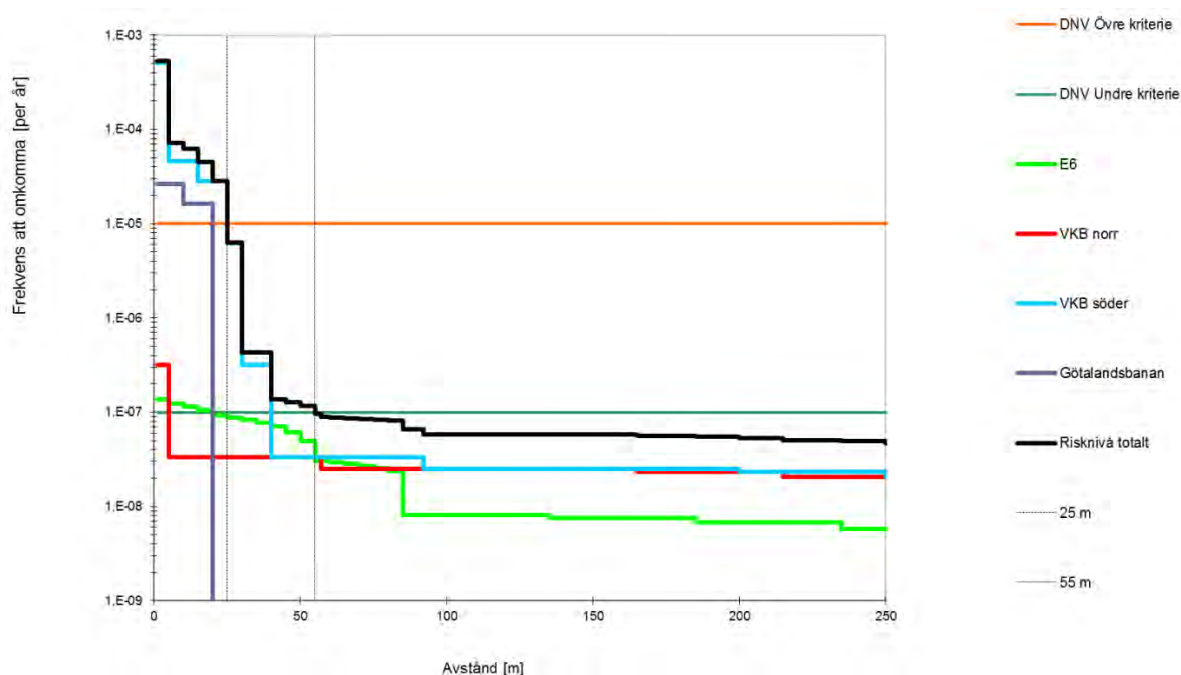
5 Riskuppskattning och riskvärdering

I detta avsnitt redovisas och diskuteras resultat från riskuppskattningarna tillsammans med föreslagna kriterier för riskvärdering. Den sammanlagda risknivån orsakad av transporter av farligt gods på E6 och Västkustbanan presenteras som individrisk och samhällsrisk, vilka definierats i avsnitt 3.3.

Vilka värderingskriterier och bedömningsgrunder som skall gälla för planen bör fastställas i samråd enligt miljöbedömningsprocessen.

5.1 Individrisknivå

I Figur 5.1 kan utläsas att den sammanlagda individrisknivån är oacceptabelt hög inom 25 meter från det spår som hamnar närmst planområdet efter breddning av banområdet österut i samband med byggnation av Götalandsbanan. Bortom 55 meter är individrisknivån att betrakta som acceptabel.



Figur 5.1. Individrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E6 och Västkustbanan (VKB) samt urspårning på Götalandsbanan. 0-linjen på X-axeln utgår från läget för det spår som hamnar närmst planområdet efter breddning av banområdet österut i samband med byggnation av Götalandsbanan.

Vid avståndet 30 meter, det avstånd där byggnation fiktivt placerats enligt FÖP Göteborg (12), är individrisknivån i den nedre delen av det s.k. ALARP-området. Detta innebär att riskreducerande åtgärder skall vidtagas vid beaktande av individriskmålet.

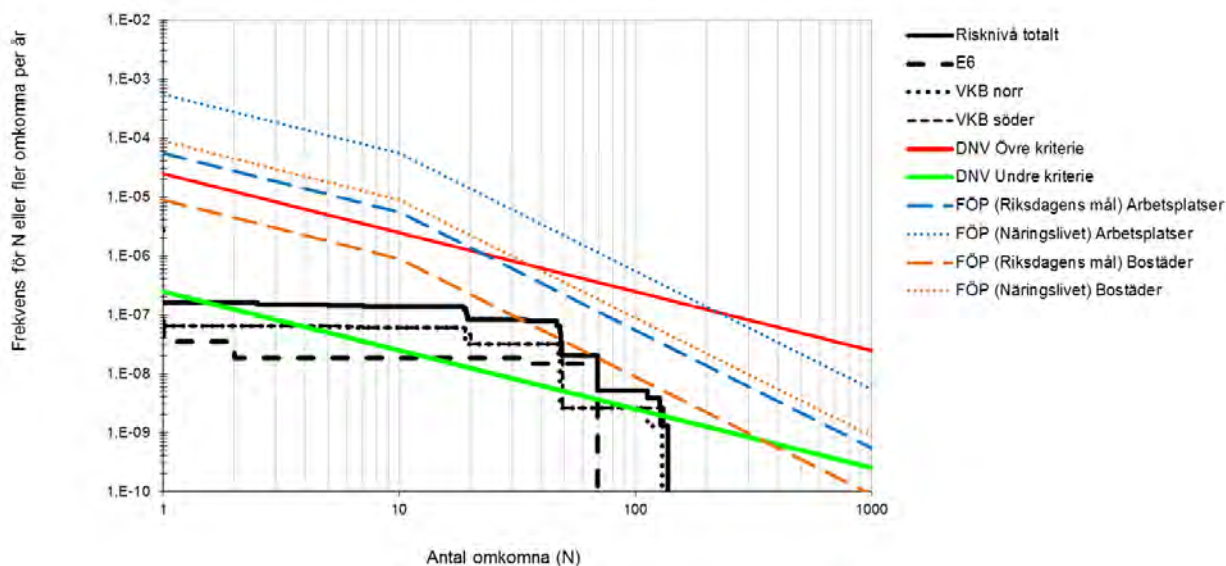
Vid avstånd för planerade bostäder och därmed jämförbar bebyggelse (60-80 meter) är individrisknivån att betrakta som acceptabel. Detsamma gäller för Kvarnbyskolan (ca 120 meter).

Med tanke på den höga exploateringen som planeras inom planområdet behöver dock en sammanvägning göras med samhällsrisknivån för att kunna ge ett tillräckligt beslutsunderlag avseende behovet och omfattningen av riskreducerande åtgärder

5.2 Samhällsrisknivå

I Figur 5.2 kan utläsas att den sammanlagda samhällsrisknivån för planområdet ligger inom det s.k. ALARP-området i förhållande till DNV:s kriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder skall vidtagas.

I förhållande till FÖP Göteborgs kriterier (12) klaras båda acceptanskriterierna som anges för arbetsplatser. Avseende bostäder överskrids det nedre något.



Figur 5.2. Samhällsrisknivå med avseende på farligt gods-transporter på E6 och Väst kustbanan (VKB).

Någon koppling mellan DNV:s och FÖP Göteborgs kriterier finns inte, men en sammantagen värdering av samhällsrisknivån för planområdet enligt givna förutsättningar är att riskreducerande åtgärder skall vidtagas.

6 Osäkerheter

Riskbedömningar är alltid förknippade med osäkerheter, i större eller mindre utsträckning. Kunskapsosäkerheter, förknippade med bl.a. underlagsmaterial och beräkningsmodeller som analysens resultat är baserat på kan reduceras med t.ex. tillgång till mer detaljerad data. De antaganden och förutsättningar som främst är belagda med osäkerheter är:

- Avstånd till riskkällorna och inbördes avstånd mellan riskkällorna efter utbyggnad av Götalandsbanan
- Persontätheter inom planområdet
- Information om flödet av farligt gods på järnvägen
- Framtida förändringar av farligt gods-trafiken i området
- Konsekvensområden för farligt gods-klasser

Det har gjorts ett antal antaganden p.g.a. avsaknad av data. De antaganden som gjorts har därför konsekvent varit konservativa, för att säkerställa att riskerna inte underskattas. Till de konservativa skattningar som bör nämnas hör:

- Uppskattning av framtida spåråren har gjorts enligt det, för planområdet, mest ofördelaktiga alternativet enligt studien för transportkorridor i Mölndalsåns dalgång (7). Detta innebär att övriga redovisade alternativ innebär en lindrigare risksituation för planområdet. Detsamma gäller om något av alternativen ”Raka spåret” väljs avseende Götalandsbanans sträckning mellan Almedal och Mölnlycke (6).
- Den persontäthet som ansatts inom planområdet gäller tät stadsmiljö och uppgår till 4100 personer/km² (24). Denna täthet kan sättas i relation till den som används för tätbebyggda områden i RIKTSAM, vilket är 1000 personer/km² (25).
- Trafikprognosen för järnvägen bedöms som väl tilltagen och speglar snarare vilken kapacitet trafiksystemen byggs för snarare än en verklig prognos för framtida trafikutveckling.
- Olyckor på respektive riskkälla placeras mitt för planområdet, men frekvensen baseras på 500 meter sträcka för att ta höjd för olyckor som inträffar före och efter planområdet.
- För den mest frekventa farligt gods-klassen på både väg och järnväg (ADR/RID-klass 3) har antagits att all transporterad brandfarlig vätska utgörs av bensin vilket bedöms vara ett konservativt antagande då bensin är mer lättantändligt och har andra brandegenskaper än t.ex. eldningsolja etc, vilket alltså utgör en betydande del av transporterad mängd inom klassen.

På grund av att de antaganden som gjorts är konservativa bedöms osäkerheterna i analysen åtminstone inte påverka värderingen av riskerna så att de undervärderas. Riskberäkningarna visar på en risknivå som inte är direkt acceptabel och slutsatsen av detta är att riskreducerande åtgärder rekommenderas. Därmed torde behovet av ytterligare variationer i indata vara underordnat för riskberäkningarna.

Med tanke på den stora mängd data av olika kvalitet, antaganden, bedömningar och förenklingar som behövs för att ta fram en riskbedömning, likt denna, kan relevansen och resultaten självklart ifrågasättas. I det sammanhanget bör det övervägas hur beslutsunderlag skulle kunna tas fram istället. Ett systematiskt och strukturerat arbetssätt, där befintlig kunskap i form av indata, antaganden och bedömningar presenteras på ett transparent sätt, ger möjlighet för ifrågasättande och oberoende analys samt minskar risken för onödiga missförstånd mellan inblandade parter (26).

7 Riskreducerande åtgärder

Riskreducerande åtgärder identifieras utifrån det specifika planförslaget samt Boverkets och Räddningsverkets rapport *Säkerhetshöjande åtgärder i detaljplaner* (27). Åtgärder redovisas som kan eliminera eller begränsa effekterna av de identifierade scenarier som ger störst bidrag till risknivån.

7.1 Behov av riskreducerande åtgärder

Resultaten av riskberäkningarna visar att med hänsyn till den beräknade individrisknivån måste riskreducerande åtgärder övervägas för de västra delarna av planområdet eftersom individrisken ligger inom det s.k. ALARP-områdets nedre del baserat på DNV:s värderingskriterier (15). Den beräknade samhällsrisknivån för planområdet har konstaterats vara högre än vad som direkt kan accepteras enligt både DNV:s och FÖP:s (12) värderingskriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder krävs önskad exploatering inom planområdet skall kunna möjliggöras.

7.2 Förslag till riskreducerande åtgärder

Det finns ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. Det är svårt att reducera frekvenserna med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför ges primärt förslag på konsekvensbegränsande åtgärder. I Figur 7.1 ges en sammanfattande illustration av åtgärdsförslagen.

7.2.1 Zonindelning närmst riskkällorna

En zon om minst 30 meter, mätt från närmsta riskkälla, lämnas enligt förslaget bebyggelsefritt i planområdets västra del. Denna mark bör i planen anges som olämplig för stadigvarande vistelse. Lokalgata etc. medges.

Verksamheter i byggnader i zonen mellan 30-80 meter från riskkällorna föreslås begränsas till dagverksamheter såsom arbetsplatser, industri, kontor, lager, p-hus, sällanköpshandel och därmed jämförbara verksamheter med låg personintensitet etc. Inga bostäder föreslås medges inom denna zon. Detta görs i ett försök att efterlikna Länsstyrelsens (3) och FÖP:s (12) intentioner gällande placering av verksamheter med låga personantal närmst riskkällan.

Bostäder föreslås medges bortom 80 meter från riskkällorna. Där en tät rad kontorsbebyggelse etc. kan uppföras som en buffert/skärm mellan riskkälla och bostäder medges en sänkning av skyddsavståndet från 80 till 60 meter avseende bostäder. Skola, centrumverksamhet, vård, handel, hotell- och konferensverksamhet etc. likställs med bostäder i detta avseende i enlighet med zonindelningen i Länsstyrelsens riktlinjer (3).

7.2.2 Skärm/buffert

Samtidigt som ”första radens byggnader” befolkas relativt glest med vakna och rörliga personer har antagits att de kan utformas som en skärm/buffert mot bakomliggande bebyggelse. Inga särskilda funktionskrav har antagits behöva ställas på dessa byggnader. De bör dock vara höga, om möjligt lika höga, som bakomliggande bebyggelse samt utgöra en så tät skärm som möjligt i längdled längs riskkällorna. I antagandet om den ”första radens byggnaders” riskreducerande effekt för bakomliggande bebyggelse har en relativt låg riskreducerande effekt tillskrivits denna åtgärd.

7.2.3 Ventilationsåtgärder

Den ”första radens byggnader” förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad. Åtgärden ger en

möjlighet att skydda personer i byggnaderna mot inläckage av giftiga gaser i händelse av olycka och bedöms vara en såväl kostnadseffektiv som möjlig åtgärd att vidta.

7.2.4 Placering av utrymningsvägar

Det rekommenderas vidare att samtliga byggnader inom planområdet ges utrymningsmöjligheter bort från riskkällorna. Detta innebär utrymningsmöjligheter i öster. Entréer etc. bör i möjligaste mån också förläggas i öster. Detta möjliggör att en utrymning, vid skadehändelser på väg eller järnväg, kan ske på ett säkert sätt bort från skadeplatsen och åtgärden kan även underlätta räddningstjänstens insatsmöjligheter i området.

I Figur 7.1 ges en sammanfattande beskrivning av de riskreducerande åtgärder som rekommenderas för planområdet.

En 30 m bred zon (röd) från riskkällorna räknat lämnas bebyggelsefri. Avstånd räknas från det östra spåret efter utökning. Lokalgata etc. kan medges inom denna bebyggelsefria zon.

"Första radens byggnader" inom gul zon placeras som närmst 30 m från riskkällorna och utformas så tät som möjligt för att utgöra skärm/buffert för bakomliggande bebyggelse. Bebyggelse utgörs av arbetsplatser, kontor, p-hus och därmed jämförbara verksamheter.



Bostäder och därmed jämförbara verksamheter placeras enligt grundförslaget 80 m från närmsta riskkälla. Där tät skärm/buffert i form av sammanhängande bebyggelse uppförs mellan riskkälla och bostäder har beräkningar påvisat att 60 m skyddsavstånd är tillräckligt till bostäder etc.

Utrymningsmöjligheter bort från riskkällorna anordnas för "första radens bebyggelse" inom gul zon.

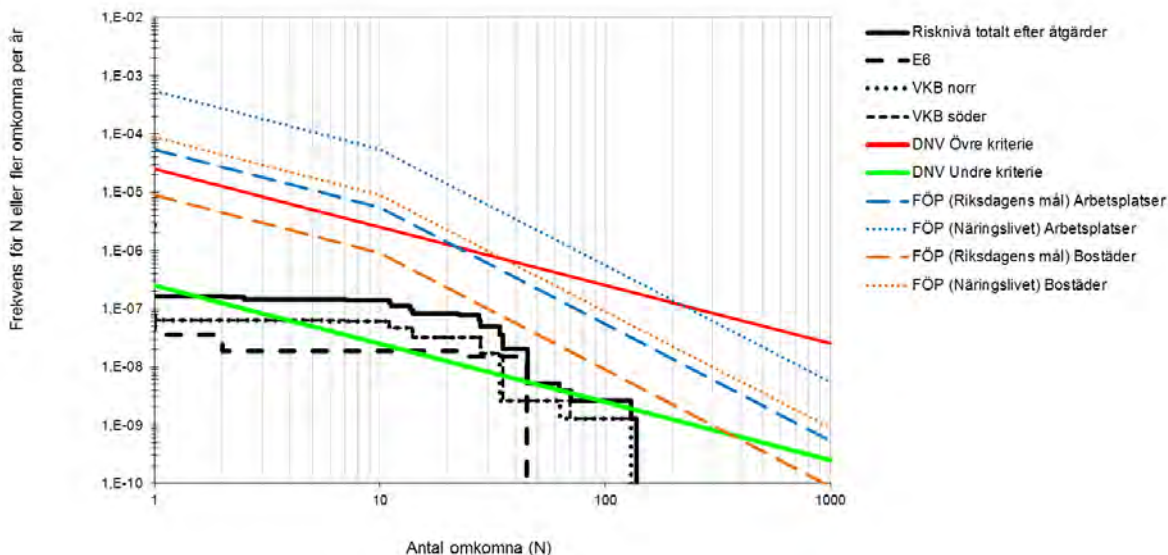
Ventilationsåtgärder anordnas för "första radens bebyggelse" inom gul zon.

Figur 7.1. Förslag på konsekvensbegränsande riskreducerande åtgärder för planområdet.

7.3 Risknivå efter vidtagna åtgärder

För att kunna göra en inledande bedömning av den riskreducerande effekten av de föreslagna åtgärderna har antaganden enligt nedan gjorts. Detaljstudier kommer att behöva utföras i kommande skeden, men det bedöms ändå viktigt att i ett tidigt skede uppskatta vilken effekt förslaget åtgärdspaket kan komma att medföra för risksituationen.

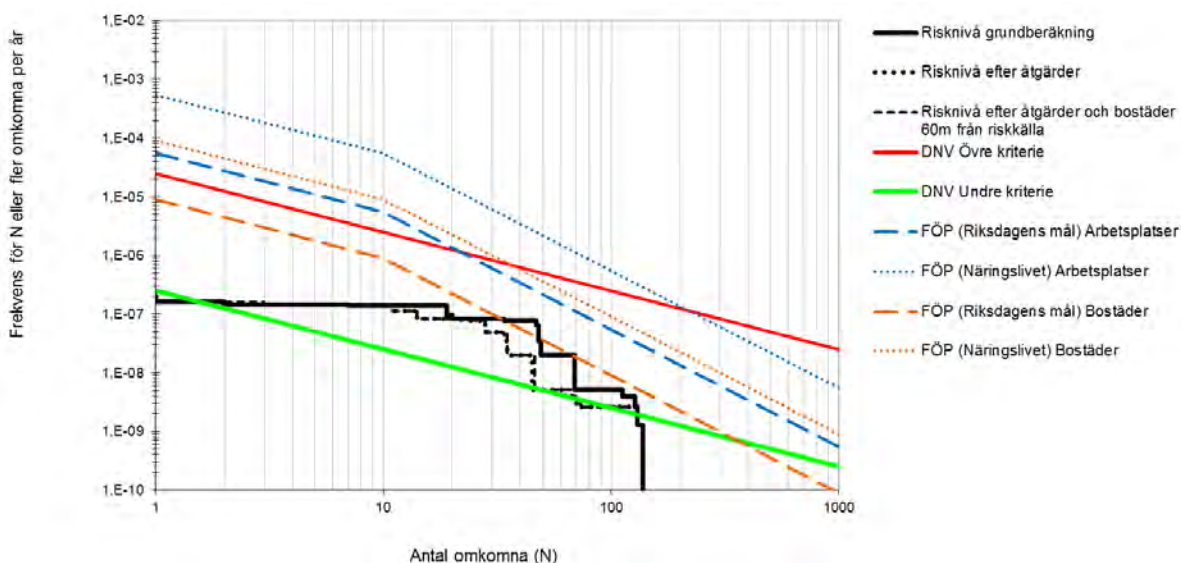
- Med ventilationsåtgärder för den första radens bebyggelse bedöms andelen omkomna inomhus i denna zon kunna korrigeras från grundberäkningens 10% till 1% för olyckor med giftig gas. Detta antagande baseras på resultat av spridningsberäkningar utförda i tidigare jämförbara uppdrag (28).
- Med tät, buffrande och avskärmade bebyggelse närmst riskkällorna bedöms andelen omkomna i bostadszonen kunna sänkas med 25% för explosioner och giftiga gaser och 75% för bränder.



Figur 7.2. Bedömd risknivå efter vidtagna åtgärder.

Med samtliga ovan nämnda åtgärder vidtagna och med riskreduktion i nivå med ovan nämnda antaganden, skulle risknivån i enlighet med Figur 7.2, till fullo klara FÖP:s riskkriterier avseende arbetsplatser och bostäder samt ligga inom den nedre delen av det s.k. ALARP-området enligt DNV:s kriterier. Givet att alla rimliga åtgärder anses ha vidtagits bör därmed risknivån, avseende såväl arbetsplatser och bostäder, vara tillfyllest enligt definitionen för ALARP.

Som ytterligare en grund för bedömning visas i Figur 7.3 en jämförelse av den bedömda risknivån före och efter vidtagna åtgärder. I figuren kan även utläsas att samhällsrisknivån blir i stort sett identisk efter vidtagna åtgärder i fallen när bostäder placeras 60 och 80 m från riskkällorna, men bakom en buffrande/skärm av sammanhängande kontorsbebyggelse.



Figur 7.3. Bedömd risknivå före och efter vidtagna åtgärder samt kontrollberäkning av skillnad att förlägga bostäder 60 meter från riskkällorna istället för ursprungligen ansatta 80 meter.

8 Slutsatser

Resultaten av riskberäkningarna visar att med hänsyn till den beräknade individrisknivån behöver riskreducerande åtgärder vidtagas för planområdets västra delar eftersom individrisknivån där ligger inom det s.k. ALARP-områdets enligt DNV:s värderingskriterier.

Den beräknade samhällsrisk för planområdet har konstaterats vara så hög att den inte direkt kan accepteras enligt både DNV:s och FÖP:s värderingskriterier. Detta innebär att riskreducerande åtgärder krävs om önskad exploatering inom planområdet skall kunna möjliggöras.

Det finns ett antal riskreducerande åtgärder att vidta för att minska riskpåverkan på planområdet. Det är svårt att reducera frekvenserna med tanke på att riskkällorna inte kan påverkas i detta detaljplanesammanhang och därför har ett antal konsekvensbegränsande åtgärder föreslagits och diskuterats:

De föreslagna åtgärderna är:

- En zon om minst 30 meter lämnas bebyggelsefritt i planområdets västra del. Lokalgata etc. kan medges inom denna zon. Avståndet räknas från det östra spåret efter banområdets utökning.
- ”Första radens byggnader” placeras som närmst 30 m från riskkällorna och uppförs för arbetsplatser, industri, kontor, lager, p-hus, sällanköpshandel och därmed jämförbara verksamheter med låg personintensitet etc. För att ge en skyddande effekt bör de utföras höga, om möjligt lika höga, som bakomliggande bostadsbebyggelse och som en så tät skärm som möjligt i längdled längs riskkällorna.
- Bostäder placeras generellt 80 meter från riskkällorna. Där tät skärm/buffert i form av sammanhängande kontorsbebyggelse uppförs mellan riskkälla och bostäder har beräkningar påvisat att 60 meters skyddsavstånd är tillräckligt till bostäder. Skola, centrumverksamhet, vård, handel, hotell- och konferensverksamhet etc. likställs med bostäder i detta avseende.
- ”Första radens byggnader” förses med nödavstängningsmöjlighet på ventilationen i kombination med friskluftsintag placerade högt på oexponerad sida av respektive byggnad.
- Samtliga byggnader inom planområdet ges utrymningsmöjligheter i öster.

Givet de förutsättningar som finns i detta skede bedöms de föreslagna riskreducerande åtgärderna kunna sänka samhällsrisk för planområdet till en nivå inom den nedre delen av det s.k. ALARP-området enligt DNV:s värderingskriterier. Samtliga värderingskriterier enligt FÖP uppfylls, både avseende arbetsplatser och bostäder. Givet att alla rimliga åtgärder vidtas bör därmed risknivån vara tolerabel enligt definitionen för ALARP-området.

Den största osäkerheten i denna riskbedömning är vilken inverkan den kommande Götalandsbanan kommer att få för banområdet väster om planområdet. Enligt uppgifter från Trafikverket kommer inte Götalandsbanan projekteras för godstrafik. Enligt den förstudie som finns framtagen för banan finns ett antal alternativa bansträckningar, varav några kommer påverka planområdet. Denna riskbedömning har, enligt förutsättningar för uppdraget, upprättats enligt det utredningsalternativ som benämns M1½. Spårålggen för detta alternativ är inte fastlagda eftersom ingen projektering skett ännu. Riskavstånd etc. har därför beräknats utifrån det mest konservativa (det vill säga det största) infrastrukturreservat som presenterats i underlagsrapporterna.

Bilaga A. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – järnväg

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats 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* (29). 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.

A.1. Statistiskt underlag och prognoser – järnväg

Som ingångsvärden i frekvensberäkningarna används framtidsprognoser för järnvägstrafiken i området för horisontåret 2030 (2), se vidare Tabell A.1. Trafikverket förutspår en ökning gentemot dagens trafik. Mycket av denna ökning tillskrivs den nya Götalandsbanan som helt utbyggd kommer att innebära ett stort tillskott till järnvägstrafiken genom Mölndal. Götalandsbanan skall dock, enligt uppgift från Trafikverket (2), inte projekteras för godstrafik annat än av typen enstaka posttåg etc. Därmed antas inga transporter med farligt gods vara aktuella att beakta på Götalandsbanan i denna analys. På Västkustbanan transporteras i dagsläget och i framtidsprognosen en ansevärd mängd farligt gods.

Tabell A.1. Framtidsprognos för tågtrafiken i höjd med Mölndals bro för horisontår 2030 (2).

Mölndals bro, dimensionerande bullerberäkningsprognos	Gods	Snabbtåg	Pendeltåg (X61)	Regionaltåg (X31/32/52/53)
Antal tågpassager per vardagsdygn				
Västkustbanan	60	20	140	70
Boråsbanan (Götalandsbanan helt utbyggd)	0	50	0	130
Medellängder				
Västkustbanan	450	165	150	120
Boråsbanan (Götalandsbanan helt utbyggd)	0	200	---	100
Maxlängder				
Västkustbanan	650	165	220	240
Boråsbanan (Götalandsbanan helt utbyggd)	0	200	---	160
Hastigheter				
Västkustbanan	100	160	150	150
Boråsbanan (Götalandsbanan helt utbyggd)	0	160	150	150

Avseende fördelningen av olika farligt gods-klasser på Västkustbanan har en fördelning av mätvärden för år 2009 och 2011 på sträckan ansatts som gällande. Antagandet bedöms vara konservativt i den bemärkelsen att farligt gods-flödet är högt på sträckan, att samtliga RID-klasser är representerade och dessutom högre än det nationella snittet för flertalet av de klasser som ger störst konsekvenser, se vidare Tabell A.2. Andelarna är baserade på antal försändelser och förväntas inte ändras till horisontåret 2030.

Tabell A.2. Fördelning av farligt gods-klasser på järnväg som använts i beräkningarna (2).

RID-klass	Beskrivning	Lokalt snitt 2009, 2011	Nationellt snitt 2007-2011
1	Sprängämnen	0,12%	0,01%
2	Gaser	13,18%	27,63%
3	Brandfarliga vätskor	17,15%	40,59%
4.1	Brandfarliga fasta ämnen	0,27%	0,33%
4.2	Självantändande ämnen	0,26%	1,57%
4.3	Ämnen som vid kontakt med vatten utvecklar brandfarliga gaser	0,31%	4,31%
5.1	Oxiderande ämnen	13,67%	12,38%
5.2	Organiska peroxider	0,17%	0,53%
6.1	Giftiga ämnen	2,90%	1,85%
6.2	Smittsamma ämnen	0,00%	0,00%
7	Radioaktiva ämnen	0,00%	0,03%
8	Frätande ämnen	43,51%	10,09%
9	Övriga farliga ämnen	8,47%	0,70%
		100%	100%

A.2. 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 0,5 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 100 000 st på Västkustbanan och ca 65 000 på Götalandsbanan (2).
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 700 000 st på Västkustbanan och ca 400 000 på Götalandsbanan (2).
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- 1 växel per spår har antagits framför planområdet.

A.2.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell A.3 (29):

Tabell A.3. Ingående parametrar vid beräkning av sannolikhet för urspårning.

Identifierade olyckstyper för urspårning	Frekvens (per år)	Enhet
Rälsbrott	$5,00 \cdot 10^{-11}$	vagnaxelkm
Solkurvor	$1,00 \cdot 10^{-5}$	spårkm
Spårlägesfel	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Växel sliten, trasig	$5,00 \cdot 10^{-9}$	antal tågpassager
Växel ur kontroll	$7,00 \cdot 10^{-8}$	antal tågpassager
Vagnfel		
Persontåg	$9,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm
Godståg	$3,10 \cdot 10^{-9}$	vagnaxelkm
Lastförskjutning	$4,00 \cdot 10^{-10}$	vagnaxelkm (godståg, annat)
Annan orsak	$5,70 \cdot 10^{-8}$	tågkm
Okänd orsak	$1,40 \cdot 10^{-7}$	tågkm

A.2.2 Sammanstötningar

I denna grupp innefattas sammanstötningar mellan rälsburna fordon, som t.ex. sammanstötning mellan två tåg, mellan tåg och arbetsfordon etc. Sannolikheten för en sammanstötning med tåg på en linje antas vara så låg att den inte är signifikant (29) och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

A.2.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

A.2.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

A.2.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg på Västkustbanan beräknas till $4,42 \cdot 10^{-3}$ per år med formeln:

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

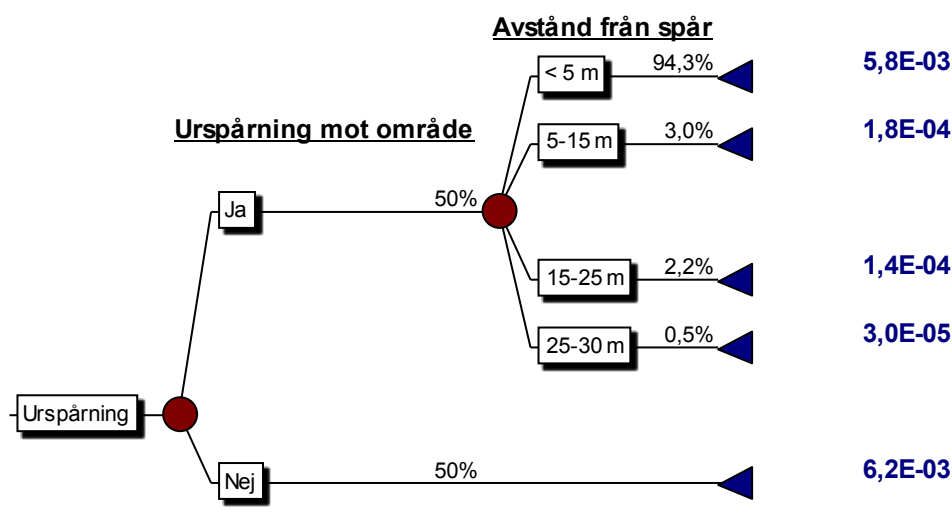
A.2.6 Avstånd från spår för urspårande vagnar

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 A.4 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat efter trafikandelar på Västkustbanan (78 % persontåg och 22 % godståg) (29). För Götalandsbanan är motsvarande fördelning 100% persontåg och 0% godståg.

Tabell A.4. 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	75,91%	18,38%	2,98%	2,24%	0,49%

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten (30). Enligt Tabell A.4 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 händelseträd som beskriver detta för Västkustbanan presenteras i Figur A.1. Motsvarande händelseträd beräknas för urspårningar för Götalandsbanan.



Figur A.1. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

A.3. Järnvägsolycka med transport av farligt gods

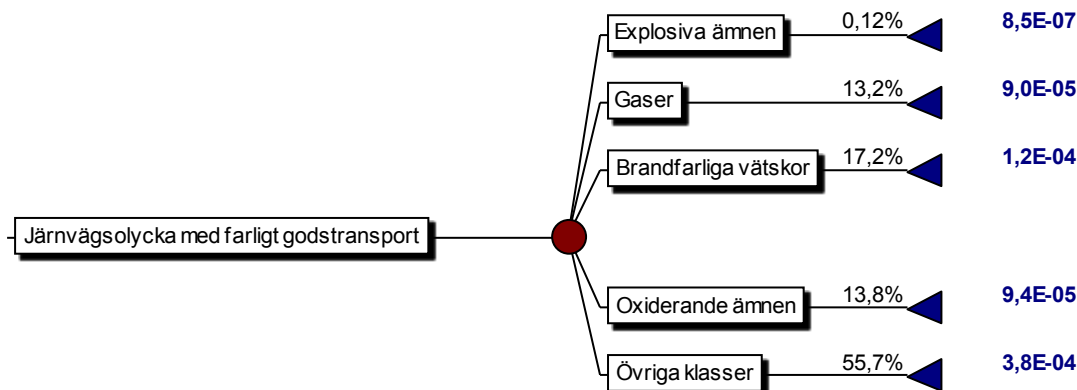
Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-klasser som beaktas mer detaljerat i riskuppskattningen därför explosiva ämnen (klass 1), gaser (klass 2), brandfarliga vätskor (klass 3) samt oxiderande ämnen och organiska peroxider (klass 5). Samtliga härrör från olyckor på Västkustbanan då inget farligt gods förväntas förekomma på Götalandsbanan.

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt A.2.5 beräknad till $4,42 \cdot 10^{-3}$ per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar (31). Farligt gods-vagnar antas utgöra 10 % av det totala antalet godsvagnar. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:

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

Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli ca $6,8 \cdot 10^{-4}$ per år.

I händelseträdet, se Figur A.2, redovisas frekvensen för olycka med transport av respektive aktuell farligt gods-klass inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur A.2 Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

A.4. Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

A.4.1 RID-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 så lite 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 (32). 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. Samtal med ett av de största transportbolagen visar att de endast hade tre transporter med klass 1 under hela 2011 i Sverige. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå då även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne (33).

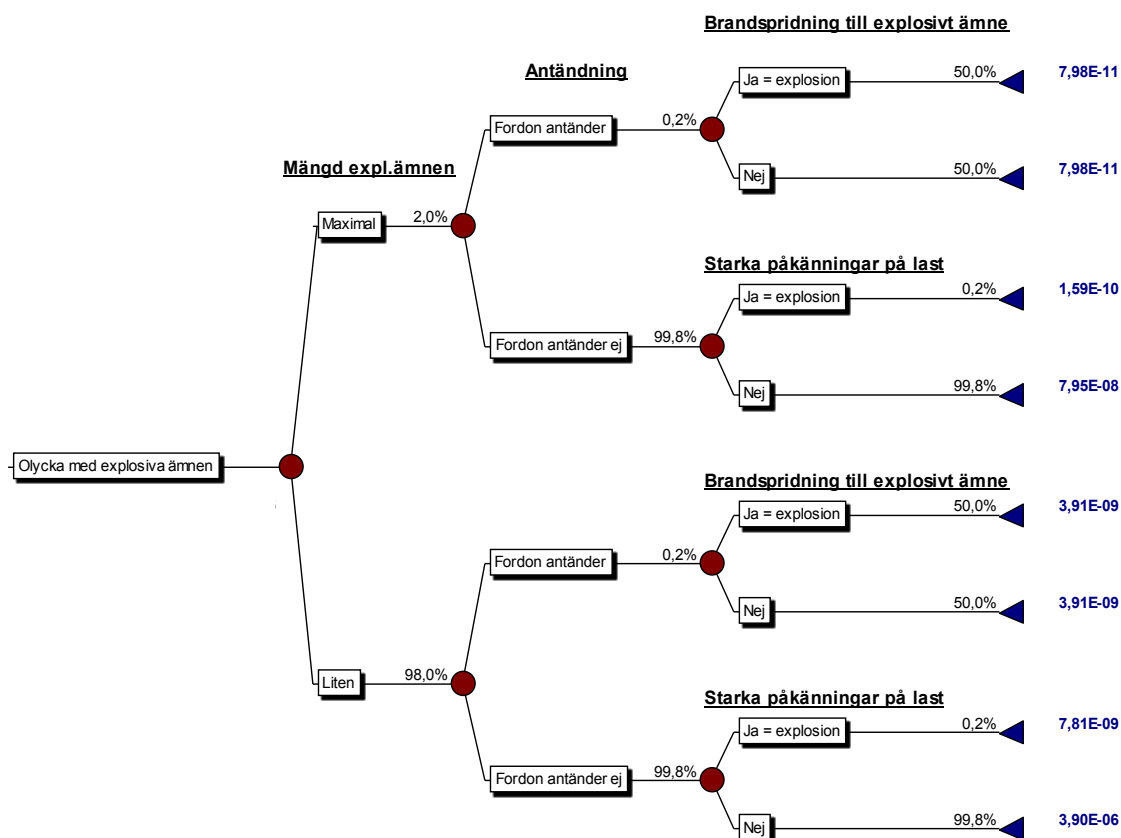
En grov uppskattning är att 25 tons-laster utgör ca 2 % av antalet transporter med RID-klass 1, och övriga 98 % antas förenklat utgöra mindre laster om 100-150 kg.

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 skall 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 (34) (35). Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % (12).

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 (36). Till skillnad från 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 (37) att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur A.3 redovisas möjliga scenarion.



Figur A.3 Händelse-träd med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

A.4.2 RID-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmäts 2006 (38), antas 87 % av transporterna inom RID-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas utgöras av 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 tryckcondenserade 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 (29). Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

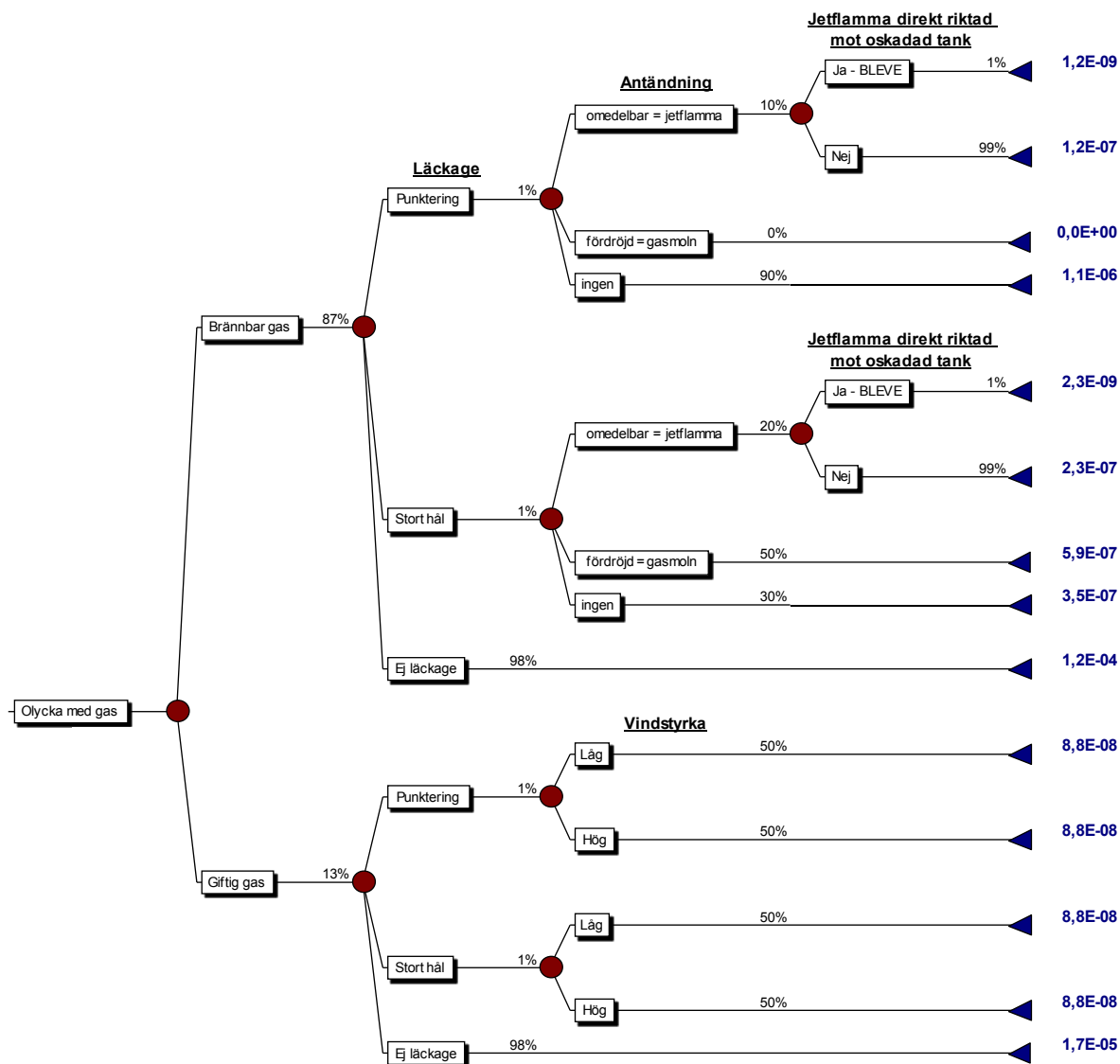
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln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

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter (39) 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 % (39). 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 dessutom vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur A.4 redovisas olika scenarion för en olycka med gas.

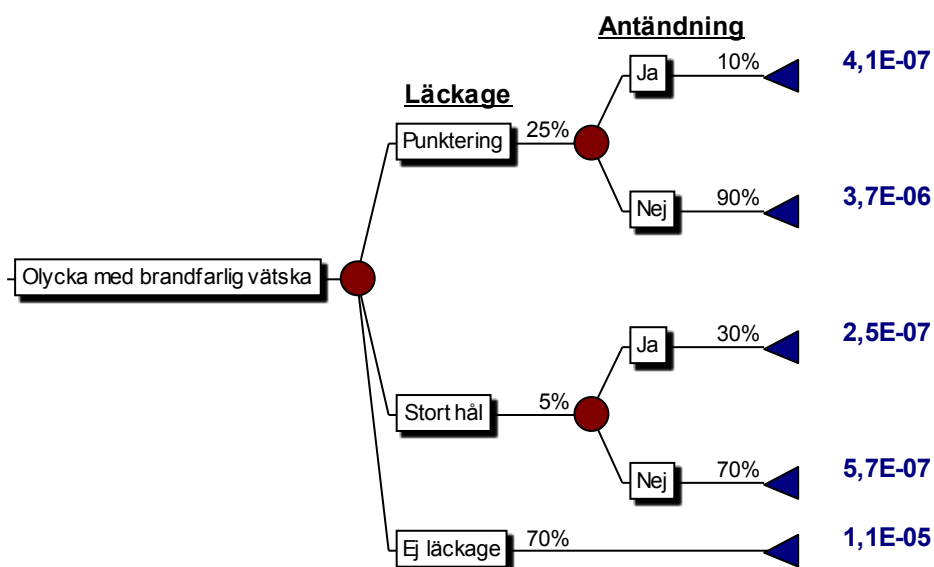


Figur A.4 Händelsetråd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

A.4.3 RID-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 % (29). I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antäandas antas vara 10 % respektive 30 % (29). I Figur A.5 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt då underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur A.5 Händelsetråd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

A.4.4 RID-klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

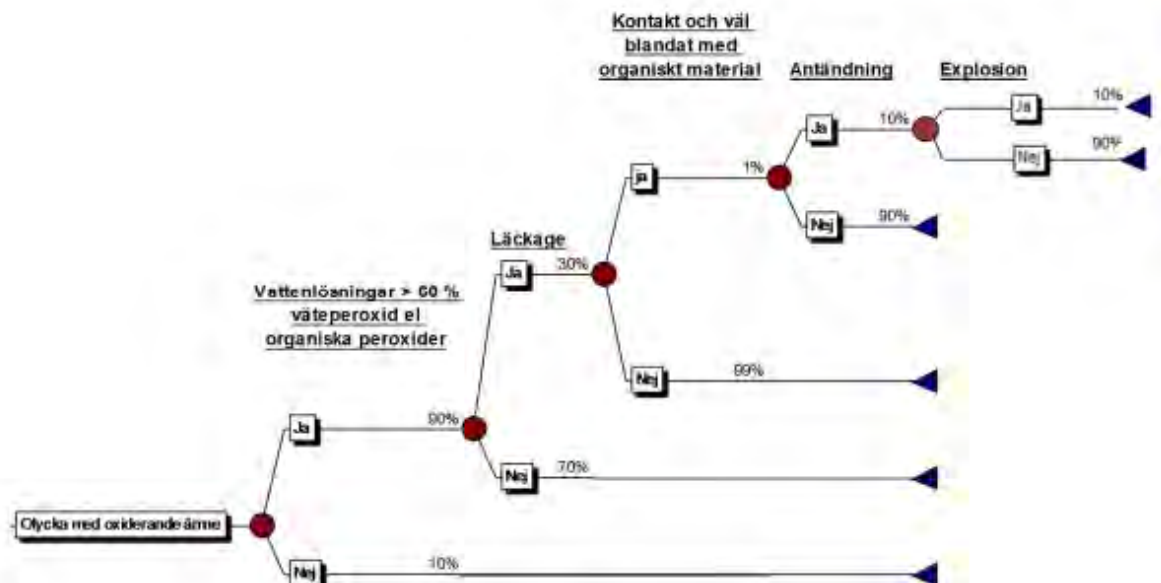
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t ex bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. 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 brandfrämjande 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 (32) anger att 93 % av transportererna i RID-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 A.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 % (0,05% antas i FÖP för transporter av farligt gods i Göteborg (12)). 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. Sannolikheten för explosion uppskattas därefter till 10 %. I Figur A.6 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur A.6 Händelseträd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

A.5. 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.

Även för gruppriskberäkningarna 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 gruppriskberäkningen halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till grupprisken 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 B. 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.

B.1. Persontäthet

För samhällsriskberäkningen är det nödvändigt att uppskatta hur många personer som kan antas uppehålla sig på området kring järnvägen, vilket gjorts genom att ansätta en persontäthet per kvadratkilometer för området som undersökts.

Området är idag bebyggt med industribebyggelse till största del. Enligt visionen skall planområdet utvecklas till en högexploaterad och central blandstad med plats för ca 3000 lägenheter och ca 100 000 m² lokalyta.

Den exploatering som planeras i detta skede utgör tät stadsbebyggelse inom stora delar av programområdet.

För att kunna skatta samhällsriskerna på ett analytiskt sätt ansätts en typbebyggelse utmed järnväg enligt översiktsplanen för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (18), se vidare Figur 1.2. I översiktsplanen gäller 30 meter bebyggelsefritt från järnväg där farligt gods transporteras. Därefter placeras kontor och därmed jämförbar bebyggelse. Bostäder tillåts 80 meter från järnvägen. I denna analys ansätts dessa avstånd från läget för kommande Götalandsbanan. Detta trots att Götalandsbanan inte projekteras för godstrafik. Dock skall området mellan Götalandsbanan och tillkommande bebyggelse kunna tillåta lokalväg, installationer, eventuella skyddsåtgärder etc., så 30 meter bebyggelsefritt bedöms som rimligt att anta inledningsvis.

Det är svårt att på ett rättvisande sätt uppskatta kommande befolkningstätheter inom planområdet i detta skede. Vid samhällsriskberäkningarna i denna riskbedömning väljs därför standardpersontätheter för stadsmiljö vid beräkningen av antalet omkomna. Tre persontätheter har i litteraturen identifierats som tillämpbara att beakta i aktuellt fall:

- 1000 personer/km² (i områden nära väggkant, 20-60 m (25))
- 2500 personer/km² (generell siffra för stad (17))
- 4100 personer/km² (representativt för tätort (24))

Med tanke på den höga exploateringsgraden i området ansätts det högsta identifierade värdet gälla i Forsäkersområdet, dvs 4100 personer/km², som ett konservativt antagande.

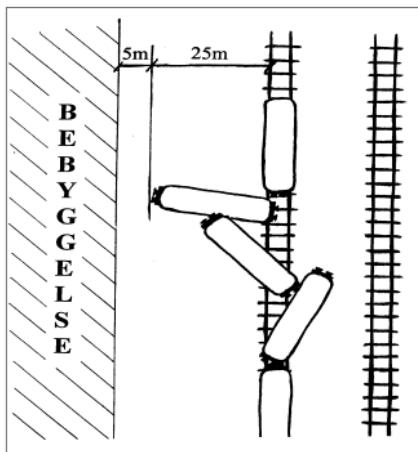
I beräkningarna uppskattas persontätheten vara 4100 personer/km² dagtid i hela planområdet. Natttid förväntas dock den närmsta zonen innehållande arbetsplatser, kontor, handel etc vara lågt utnyttjad, 10% antas, och därmed ansätts 410 personer/km² i denna zon natttid. Det antas att 12 timmar om dygnet räknas som dag och 12 timmar som natt.

Utifrån typområdet enligt översiktsplanen för Göteborg, fördjupad för sektorn transporter av farligt gods (18), antas vidare att i genomsnitt 90% av befolkningen befinner sig inomhus och 10% utomhus, vilket är ett konservativt antagande då andelen inomhus är betydligt högre natttid.

I de fortsatta konsekvensberäkningarna beräknas konsekvensområden för olyckor med aktuella farligt gods-klasser. De persontätheter per ytenhet som skattats ovan multipliceras sedan med skadeutsatt yta. En reduktionsfaktor vägs också in för personer som befinner sig inomhus och därmed i visst skydd.

B.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, cirka 25-30 m, vilket är det avstånd som urspårade vagnar i de flesta fall hamnar inom (se Figur B.7) (40).



Figur B.7 Urspåringsolycka på järnväg.

B.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 kapitel 4. Litteraturstudier, simuleringsprogram och handberäkningar är exempel på olika metoder som har använts.

B.3.1 RID-klass 1 – Explosiva ämnen

Detonationer och de konsekvenser som dessa orsakar är komplexa och kräver beaktande av många faktorer. Konsekvenserna 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 (splitter) kastas mot människor (sekundära) (41).

Sannolikheten för en individ att träffas av splitter är låg, och antalet omkomna till följd av splittersverkan bedöms därför bli litet. Sammantaget bedöms riskbidraget från splittersverkan 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 (42). Detta värde kan dock vara missvisande då det gäller direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Dödliga förhållanden för personer utomhus antas i denna riskbedömning uppstå redan vid 70 kPa (gräns för lungskador) då även sekundära effekter inkluderas. Enligt FÖP Göteborg blir konsekvensavståndet då cirka 120 m för en 25 ton laddning. För en 150 kg laddning blir motsvarande avstånd omkring 30 meter (12).

Byggnader har normalt en relativ låg trycktålighet och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa (40 kPa för moderna byggnader). I FÖP Göteborg (12) anges att väggar kan förväntas raseras i moderna byggnader på upp till 250 meter från en 25 tons explosion. Vid en 150 kg explosion uppkommer 40 kPa på omkring 25 meter,

B.3.2 RID-klass 2 – Gaser

Gaser indelas i brännbara och giftiga.

B.3.2.1. RID-klass 2.1 – Brandfarliga gaser

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 (43).

Utsläppsstorlekarna (för jetflamma och gasmoln) antas till: punktering (hålstorlek 20 mm) och stort hål (hålstorlek 100 mm) (44). För respektive utsläppsstorlek beräknas, med simuleringsprogrammet *Gasol* (45), 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
- Utströmmingskoefficient (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 B.5 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 B.5 Konsekvensavstånd där personer förväntas omkomma, för olika scenarier med brännbara gaser.

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

B.3.2.2. RID-klass 2.3 – Giftiga gaser

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 representativ ämne bedöms vara konservativt, jämfört med exempelvis ammoniak eller svaveldioxid. Med simuleringsprogrammet *Spridning luft* (46) beräknas storleken på det område där koncentrationen klor antas vara dödlig (inomhus och utomhus). Använt gränsvärde för dödliga skador (LC_{50}^1) för klor är 250 ppm.

Mängden i en järnvägsvagn antas till 65 ton (46). Utsläppsstorlekarna uppskattas till litet läckage (punktering 0,45 kg/s) och stort läckage (stort hål 112 kg/s) (46).

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 B.6.

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

Tabell B.6 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	38
	8	34
Stort hål (112 kg/s)	3	755
	8	880

B.3.3 RID-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 fram till där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m², vilket är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder)

¹ Värden för människa exponerad via inhalation under 30 minuter.

samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (44).

Vid beräkning av konsekvensen av en farligt gods-olycka med brandfarlig vätska antas tanken rymma bensin. Detta antas vara jämförbart med den stora mängd flygbränsle som transporteras på sträckan. Uppskattningsvis rymmer en järnvägsstank ca 45 ton bensin. Vanligtvis är tankar dock uppdelade i mindre fack och därför är sannolikheten för att all bensin läcker ut mycket liten. Beroende på utsläppsstorleken antas olika stora pölar med brandfarlig vätska bildas vilket leder till olika mängder värmestrålning. Ett stort läckage antas bilda en 400 m² pöl medan en punktering grovt antas bilda en 100 m² pöl.

Strålningsberäkningarna har genomförts med hjälp av handberäkningar. De formler som använts är baserade på den forskning på brandområdet som bedrivits under lång tid. Använda formler och samband är etablerade och har använts under många år vid bedömning av olika typer av brandförlopp (47).

I Tabell B.7 redovisas skadeområden inom vilka personer kan omkomma vid olika pölareor. Eftersom strålningsberäkningarna utgår från pölens kant är det viktigt att även räkna med pölradien 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 pölen bredds ut cirkulärt med centrum vid olycksplatsen på spåret.

Tabell B.7 Skadedrabbat område, inom vilket personer förväntas omkomma, för olika scenarier vid farligt godsolycka med brandfarlig vätska i lasten.

Scenario	Pölradie	Avstånd från pölkant till kritisk strålningsnivå	Konsekvensområde
Liten pölbrand bensin (100 m ²)	5,6 m	17 m	22 m
Stor pölbrand bensin (400 m ²)	11 m	29 m	40 m

B.3.4 RID-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 massexplösiv vara och leda till samma typ av konsekvenser som vid olycka med massexplösiva varor (12), se vidare avsnitt A.4.1.

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 A.4.3.

Tabell B.8 Konsekvensuppskattningar oxiderande ämnen och organiska peroxider.

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

B.3.5 Sammanställning av riskbidrag från olyckor på järnvägen

I Tabell B.9 nedan ges en sammanställning över de konsekvensområden som bedöms som dödliga för de olika identifierade riskscenarierna på järnvägen. I tabellen kan även de bedömningar som gjorts avseende andelen omkomna inomhus respektive utomhus inom planområdet utläsas.

Tabell B.9 Sammanställning av beräknade konsekvensavstånd samt antaganden kring andelar omkomna.

Skadescenario	Konsekvensområde (m)	Andel omkomna inne	Andel omkomna ute
Explosiva ämnen, 25 ton	250	33%	50%
Explosiva ämnen, 150 kg	25	1%	5%
BLEVE	200	2%	10%
Jetflamma, punktering	18	1%	10%
Gasmoln, punktering	50	1%	33%
Jetflamma, stort hål	92	2%	10%
Gasmoln, stort hål	50	2%	33%
Punktering giftig gas, svag vind	38	10%	33%
Punktering giftig gas, stark vind	34	10%	33%
Stort hål giftig gas, svag vind	755	10%	33%
Stort hål giftig gas, stark vind	880	10%	33%
Liten pölbrand	17	0%	1%
Stor pölbrand	23	0%	1%
Explosion oxiderande, 25 ton	250	33%	50%
Gräsbrand etc, oxiderande	23	0%	1%

Bilaga C. Frekvens- och sannolikhetsuppskattningar – väg

I Räddningsverkets (nuv. MSB) rapport Farligt gods – riskbedömning vid transport (17) 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.

C.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.

C.2. Trafikprognoser

Det totala trafikflödet på E6 år 2030 beräknas uppgå till ca 100 000 fordon/vardagsmedeldygn, vilket omräknat till ÅDT blir 90 000 fordon/dygn. Detta gäller sammanlagt för norr- och södergående trafik (8).

C.2.1 Andel tung trafik

Utav den totala trafiken förutsätts ca 10 % utgöras av tung trafik (8).

C.2.2 Andel farligt gods

Av den tunga trafiken förutsätts ca 2,5 % utgöras av transporter med farligt gods (8).

C.2.3 Indata i beräkningsmodellen

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

Tabell C.10. Trafikflöde, indata i beräkningsmodellen samt beräknat antal olyckor involverande ADR-S klassad transport för respektive undersökt alternativ.

	E6	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
ÅDT [fordon per dygn]	90000		90000	
Hastighetsgräns [km/h]	90		90	
Antal fordon med FG	225,0		225,0	
Olyckskvot	0,7		0,7	
Andel singelolyckor	0,35		0,35	
Antal olyckor involverande fordon med FG [per år]	0,05		0,05	
Förväntat tidspann mellan FG olycka [år]	21,1	#DIVISION/0!	21,1	#DIVISION/0!

C.2.4 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 (48).

Tabell C.11 redovisar ett medelvärde för transporter över hela landet, år 2008-2010, vilket anses representera den undersökta vägsträckan år 2030. (49) och (48).

Tabell C.11. Antalet farligt godstransporter framräknat enligt beräknings-modellen samt fördelning mellan ADR-S klasser för respektive alternativ.

	E6	Alternativ 2	Alternativ 3	Alternativ 4
Antal ADR-S klassade transporter per dygn	225	0	225	0
ADR-S klass				
1	2,32%	2,32%	0,50%	2,32%
2.1	11,87%	11,87%	4,30%	11,87%
2.3	0,08%	0,08%	0,10%	0,08%
3	72,74%	72,74%	49,90%	72,74%
5	3,48%	3,48%	0,70%	3,48%
Övriga	9,51%	9,51%	44,50%	9,51%

C.2.5 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.

C.3. ADR-S Klass 1 – Explosiva ämnen och föremål

ADR-S klass 1 omfattar explosiva ämnen, pyrotekniska satser och explosiva föremål (20). Dessa inkluderar exempelvis sprängämnen, tändmedel, ammunition, krut och fyrverkerier. Samtliga dessa varor kan genom kemisk reaktion alstra sådan temperatur och sådant tryck att de kan skada eller påverka omgivningen genom värme, ljus, ljud, gas, dimma eller rök. För att en sådan reaktion ska initieras krävs att tillräcklig energi tillförs ämnet. Vid ett olyckstillfälle kan en kraftig stöt eller en brand tillföra sådan energi till explosivämnet att det detonerar.

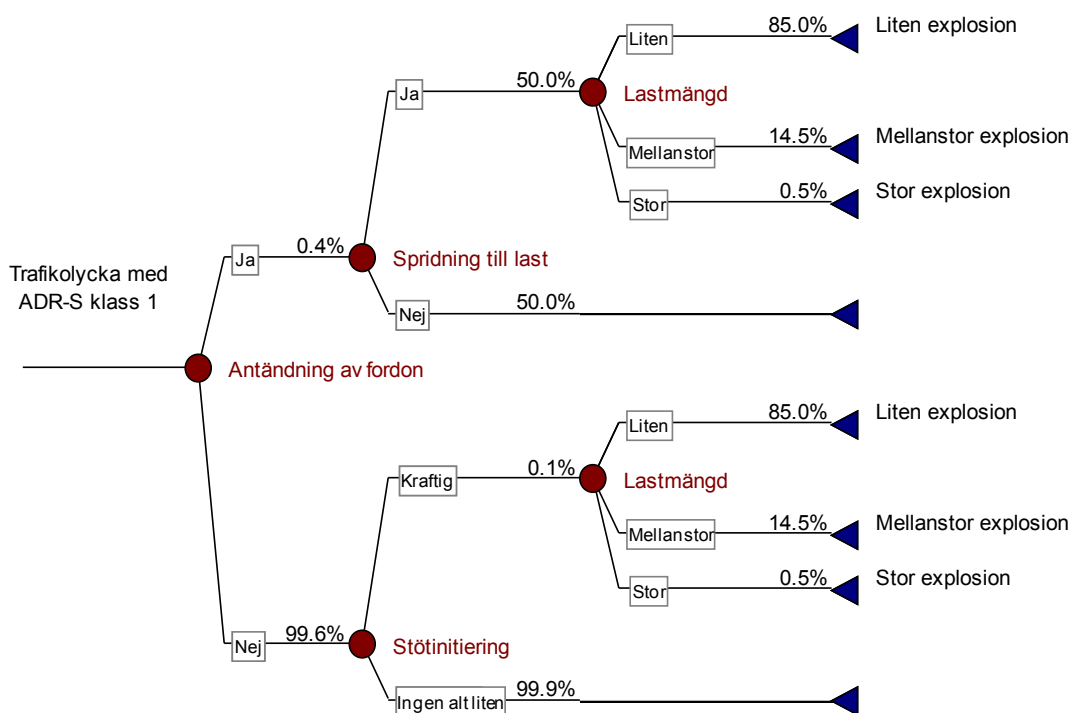
C.3.1 Transporterad mängd

Beroende på explosivämnenas kemiska och fysikaliska egenskaper är de indelade i riskgrupper (1.1-1.6). Enligt Räddningsverket (nuvarande MSB) (50) utgörs 80-90 % av de transporter som sker med explosiva ämnen av riskgrupp 1.1 (ämnen och föremål med risk för massexplosion). Vid beräkningar används riskgrupp 1.1 som representant för vidare utredning av ämnen i ADR-S klass 1. Detta bedöms vara ett konservativt antagande.

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

C.3.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur C.8 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 C.8. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 1.

C.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 cirka 1 fordonsbrand per 10 miljoner fordonskilometer (51). Enligt svensk statistik är sannolikheten för att ett fordon inblandat i trafikolycka ska börja brinna cirka 0,4 % (34) (35).

C.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 (52), 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 (18), att sannolikheten för att en brand sprider sig och leder till en explosion är 50 %.

C.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 (36). Det saknas dock kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. HMSO (37) anger att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %.

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

C.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 (53) (54).

Statistik från Räddningsverket (nuvarande MSB) (55) 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 (56). Övriga transporter utgörs av mindre mängder. Fördelningen mellan viktclasserna uppgår enligt Polisens (57) tillståndsavdelning till 0,50; 0,35; 0,10 respektive 0,05. Utifrån dessa uppgifter antas fördelningen som anges i Tabell C.12 nedan, för lastmängder av explosiva ämnen. Den representativa lastmängden är ett viktat medelvärde utifrån fördelningen av de ingående lastmängderna.

Tabell C.12. Fördelning mellan lastmängder vid vägtransport av ADR-S klass 1.

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

C.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) (20). Volymen per transport kan, beroende på fordon och ämne, uppgå till cirka 30 ton. Störst skadeverkan vid vådautsläpp orsakar kondenserade gaser (i flytande form vid förhöjt tryck), brännbara gaser eller giftiga gaser. Nedan beskrivs riskgrupp 2.1 och riskgrupp 2.3 närmre.

C.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 giftiga². Brandfarliga gaser är ofta luktfria (58). Gasol är ett exempel på en tryckkondenserad brandfarlig gas, som har den största transportvolymen på väg (18).

För brännbara 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).

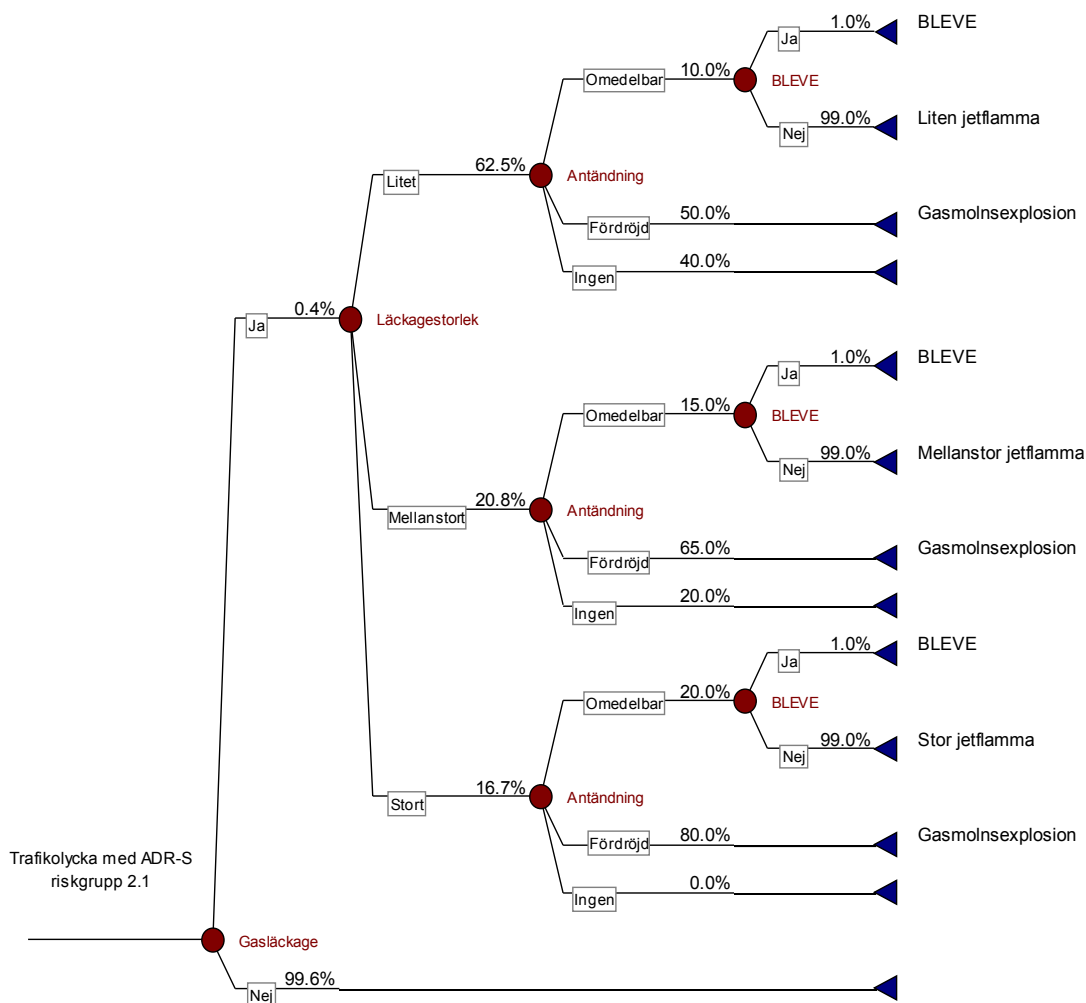
C.4.1.1. Representativt ämne

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.

C.4.2 Händelsetråd med sannolikheter

Figur C.9 redovisar sannolikheterna i händelsetrådet som används för en olycka som involverar ett fordon med brandfarlig gas. Dessa sannolikheter motiveras i efterföljande text.

² Vissa giftiga gaser, som exempelvis ammoniak, är vid höga koncentrationer även brandfarliga. De beaktas i huvudsak med avseende på de giftiga egenskaperna, vilka ger upphov till längre konsekvensavstånd än de brandfarliga egenskaperna.



Figur C.9. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 2.1.

C.4.2.1. Gasläckage

Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed större tålighet (59). 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 (17), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$.

C.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 (17) 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 % (17).

C.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 gasmolnexplosion 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 % (60), varför dessa värden kan antas gälla för

litet läckage. För ett utsläpp som är större än 1500 kg anges motsvarande siffror vara 20 %, 80 % och 0 %. Dessa värden används för *stort* läckage. För *medelstort* läckage antas ett medeltal av ovanstående sannolikheter rimligt att använda, det vill säga 15 %, 65 % och 20 %.

C.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 rämtnar. 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 skall infalla samtidigt och leda till en BLEVE bedöms vara liten, uppskattningsvis 1 %.

C.4.3 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

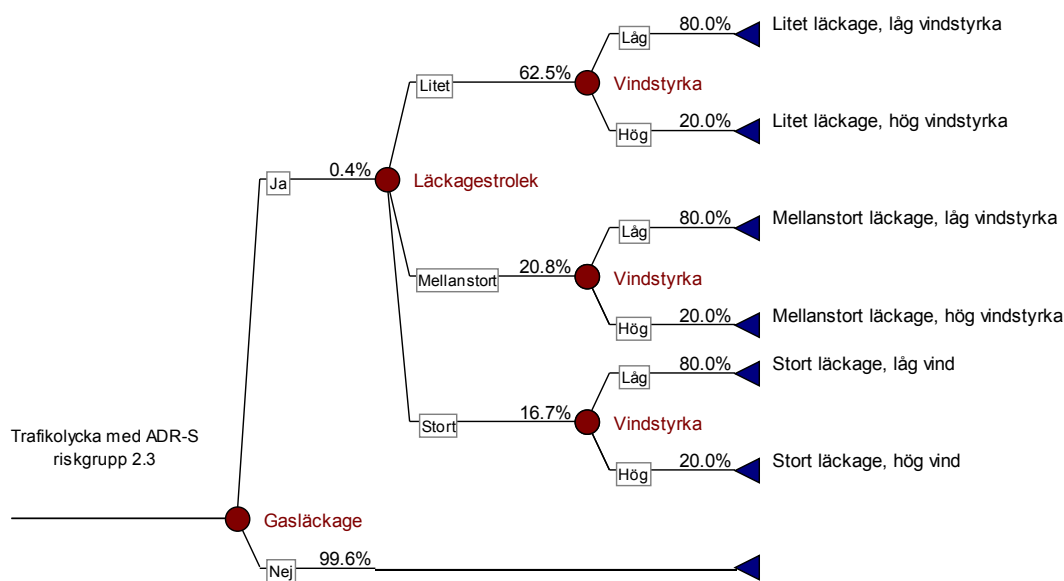
ADR-S riskgrupp 2.3 omfattar giftiga gaser, exempelvis ammoniak, fluorväte, kolmonoxid, klor, klorväte, svaveldioxid, svavelväte, cyanväte och kvävedioxid. Vissa giftiga gaser är också brandfarliga, som exempelvis ammoniak.

C.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.

C.4.4 Händelseträd med sannolikheter

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



Figur C.10. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 2.3.

C.4.4.1. Gasläckage

Sannolikheten att en olycka med farligt gods leder till läckage varierar beroende på bebyggelse, hastighetsgräns och vägtyp (17). Gaser transporteras i regel under tryck i tankar med större tjocklek och därmed tålighet (59). Erfarenheter från utländska studier visar på att sannolikheten för utsläpp av det transporterade godset därför sänks till 1/30 (17), vilket ger en sannolikhet för läckage av gas på $18\% \cdot 1/30 = 0,6\%$.

C.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 % (17).

C.4.4.3. Vindstyrka

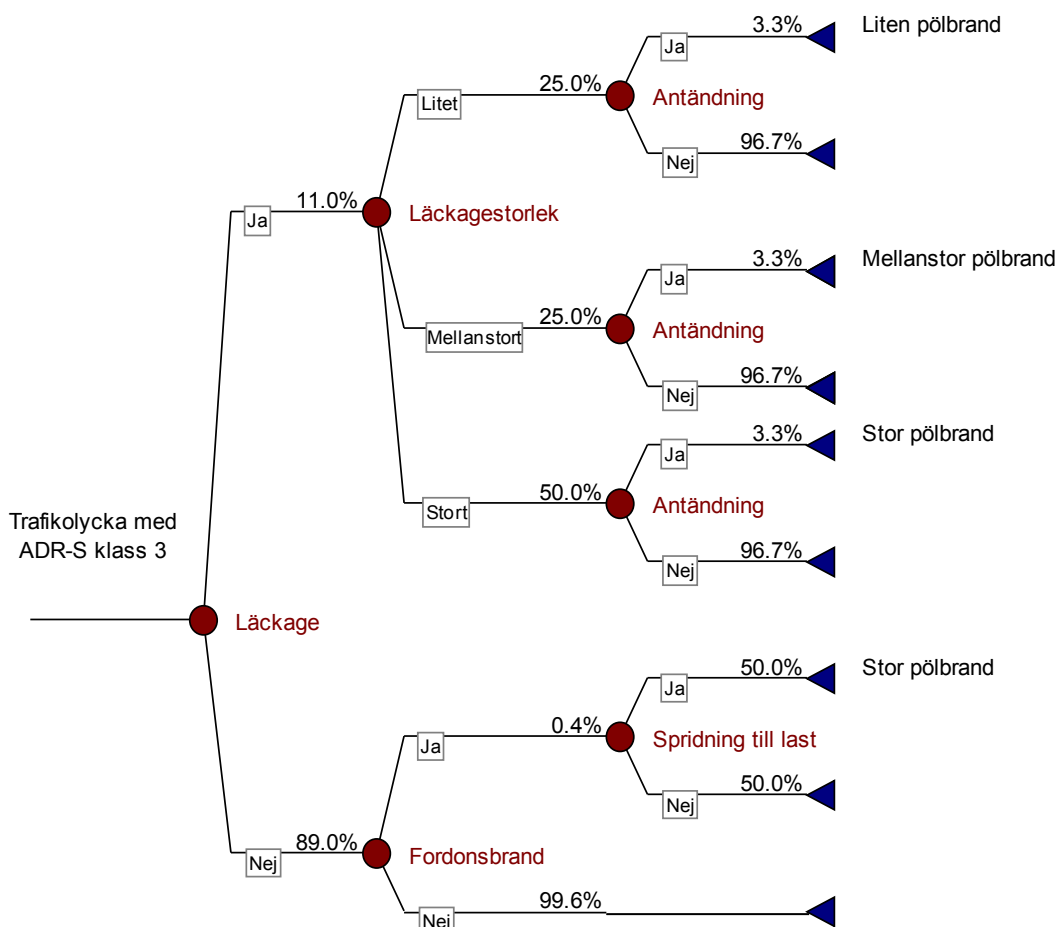
Vid högre vindhastigheter blandas utsläppta gaser ut snabbare med den omgivande luften än vid lägre vindhastigheter. Under åren 1961-2004 har vindhastigheten på 330 stationer runtom landet avlästs månad för månad. Insamlad data visar på en medelvindhastighet i Sverige som är 4 m/s (61). Vindhastighet 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%.

C.5. ADR-S Klass 3 – Brandfarliga vätskor

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

C.5.1 Händelseträd med sannolikheter

Figur C.11 redovisar sannolikheterna givet att en olycka skett med ett fordon lastat med brandfarlig vätska. Dessa sannolikheter motiveras i texten.



Figur C.11. Händelsetråd med sannolikheter för ADR-S klass 3.

C.5.1.1. Läckage

Sannolikheten för att en trafikolycka med en farligt gods-transport inblandad leder till läckage antas vara 18% (17).

C.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 (62) (63). Vid läckage från tankbil med släp fastställs sannolikheten för ett litet, mellanstort och stort läckage vara 25 %, 25 % respektive 50 % (17). De olika läckagen definieras utifrån vilken pölstorlek som de ger upphov till: 50 m² (*litet*), 200 m² (*mellanstort*) samt 400 m² (*stort*).

C.5.1.3. Antändning

Bensin och diesel utgör tillsammans majoriteten av produkterna i ADR-S klass 3 (64). 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 % (37).

C.5.1.4. Fordonsbrand

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

C.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).

C.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 (20).

Ett vanligt förekommande ämne är ammoniumnitrat (AN) som ingår i många gödningsmedel och tillhör riskgrupp 5.1. Ammoniumnitrat kan i samband med vissa omständigheter sönderfalla explosivt genom detonation. Detta kan ske genom ett brandförlopp där ämnet är inneslutet och värms upp under tryckuppbyggnad, eller om det blandas med organiskt material (65). Baserat på uppgifter från Yara i Köping (66) och FOI (67) 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 (68).

C.6.2 Allmänt om ADR-S riskgrupp 5.2

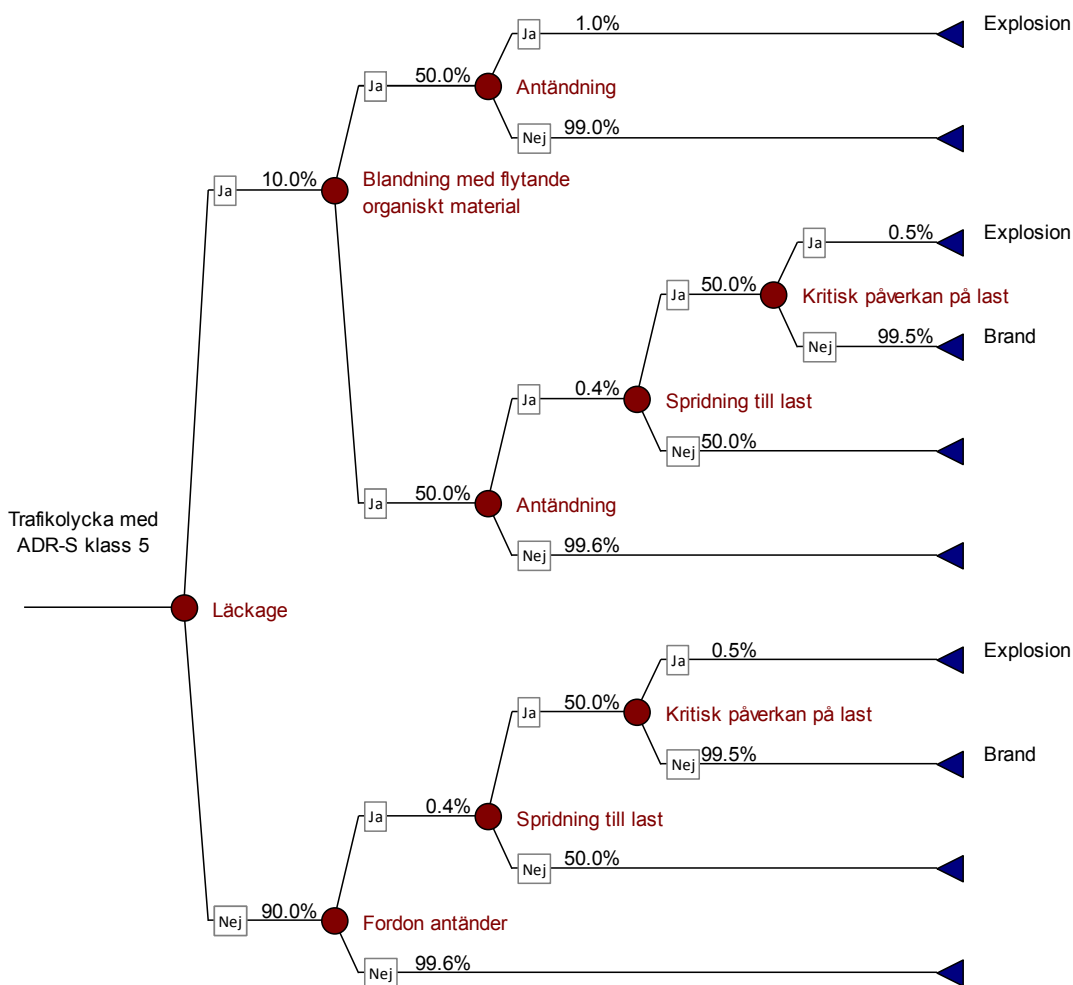
Organiska peroxider (ADR-S riskgrupp 5.2) karakteriseras av föreningar med instabila peroxidbindningar. Till följd av den kemiska strukturen är organiska peroxider mycket reaktiva, och dess termiska instabilitet kan medföra att ämnet sönderfaller, i vissa fall explosionsartat. Sönderfallet kan initieras av så väl värme och friktion som kontakt med främmande ämne (58). I de fall peroxiden är innesluten i behållare kan explosion med tryckvåg och splitter uppstå, men detta gäller endast för en av de sex typer av ämnen som finns i riskgruppen. De övriga fem typerna av ämnen bedöms inte kunna leda till ett explosionsartat förlopp.

C.6.2.1. Transporterade mängder och representativt ämne

Enligt rekommendationer från Holländska myndigheter (69), bedöms ammoniumnitrat vara ett representativt ämne för hela ADR-S klass 5. Det är ett av de oxiderande ämnen som har störst oxiderande effekt och som transporteras mest frekvent och i störst mängd.

C.6.2.2. Händelseträdd med sannolikheter

Figur C.12 redovisar ett händelseträdd 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 C.12. Händelseträd med sannolikheter för ADR-S klass 5.

C.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 (70). 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.

C.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.

C.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.

C.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 %.

C.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 C.3.2) är denna cirka 0,4 %.

C.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 %.

C.6.2.9. Kritisk påverkan på last

För att brand ska initiera ett explosivt förlopp krävs att temperaturen överstiger 190°C (66). 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 (65). Baserat på detta bedöms explosiva förlopp initierade av brand vara relativt långsamma förlopp. Detta är något som även erhållen olycksstatistik kan styrka då det vid en majoritet av olyckorna anges brinntider på cirka 1-16 timmar innan detonation. Sannolikheten för att en brand som spridit sig till lasten påverkar denna så allvarligt att det leder till en explosion innan samtliga personer i omgivningen hunnit utrymma området bedöms vara lägre än vid antändning av blandning och ansätts till 0,5 %.

C.7. Ackumulerad olyckspåverkan

Grundfrekvensen för olyckorna gäller för 0,5 km vägsträcka, vilket får till följd att frekvensen måste justeras med hänsyn till hur stort konsekvensavstånd som varje olycksscenario ger upphov till (konsekvensavstånd redovisas i Bilaga D).

Bilaga D. Konsekvensuppskattningar – väg

Tabell D.13 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 D.3. Kriterier och avstånd för respektive scenario presenteras i följande textavsnitt för respektive ADR-S klass.

Tabell D.13. 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

D.1. Persontäthet

För uppskattningar gällande persontäthet i det aktuella planområdet hänvisas till Bilaga B.1.

D.2. Antagande om olyckans placering

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

D.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) (71).

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 (72). Dessa värden avser dock direkt tryckpåverkan, mot vilken den mänskliga kroppen är relativt tålig. Tertiära skador (då människor kastas iväg av explosionen) bedöms leda till dödsfall vid betydligt lägre tryck än 180 kPa. Byggnader har normalt en relativt låg trycktålighet, och skadas svårt eller rasar vid tryck på 15-40 kPa. 20 kPa bedöms vara ett representativt medelvärde för när byggnader skadas.

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

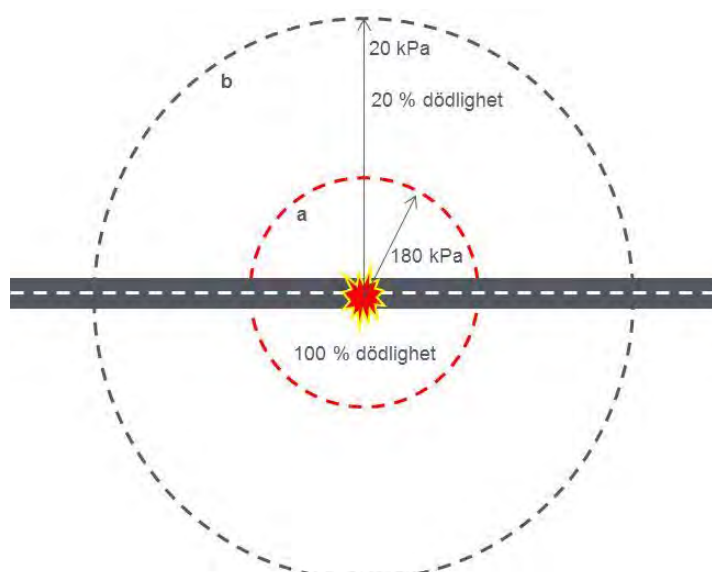
- Inom det område där trycket överstiger 180 kPa antas 100 % av personerna omkomma.
- Inom det område där trycket hamnar i intervallet 20-180 kPa antas 20 % av personerna omkomma.

Skadeverkan vid varje explosionsscenario har därför delats upp i två delkonsekvenser, a och b, beroende på avstånd till trycknivåerna 180 respektive 20 kPa i enlighet Figur D.13.

Utifrån beräkningsgång i *Konsekvensanalys explosioner* (73) har avstånd, dit tryckvågen överstiger 180 respektive 20 kPa, tagits fram för de olika representativa dynamiska lastmängderna, vilka redovisas i Tabell D.14. Denna analys beaktar inte egendomsskador, vilka kan uppstå på ännu längre avstånd.

Tabell D.14. Avstånd inom vilket personer antas omkomma för olika laddningsvikt av ADR-S klass 1 gods. Explosionen antas vid vägtransport vara så nära marken att man får full markreflexion, dvs halvsfärisk utbredning av luftstötstången.

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



Figur D.13. Skadeverkan från en explosion har delats upp i två zoner, i vilka sannolikheten att omkomma är olika.

D.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 brännbara och giftiga gaser. De huvudsakliga konsekvenserna uppkommer i vindriktningen från utsläppet. Eftersom konsekvenserna drabbar ett mindre område reduceras frekvensen för respektive scenario med hänsyn till vilken ungefärlig spridningsvinkel som konsekvensområdet får.

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

D.4.1 ADR-S riskgrupp 2.1 – Brännbara gaser

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

Programvaran *Spridning Luft* (74) används för spridningsberäkningarna. Läckagestorleken har räknats fram utifrån det massflöde av gasol som anges i (48), för respektive storlek. För varje hålstorlek finns en ansatt sannolikhet.

Tabell D.15. Framräknad läckagestorlek för gasol.

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

D.4.1.1. BLEVE

Konsekvenserna av en BLEVE beräknas enligt exempel 11.3.2 i *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor* (72). Antagen mängd gasol är satt till 25 ton i en lastbil. Avståndet inom vilket man antas omkomma är beräknat till 170 m.

D.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* (72), där flammans längd och bredd beräknas. Beräkningsgång i *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis* (75) 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.

D.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 (74) används för spridningsberäkningarna där avståndet till halva den undre brännbarhetsgränsen beräknas. Detta avstånd beräknas är för att på ett konservativt sätt ta hänsyn till strålningspåverkan, som kan ske även utanför den gasvolym som förbränns.

Gasmolnsexplosionen beräknas utifrån ett stort läckage. Beräknat konsekvensområde approximeras med en cirkelsektor enligt Figur D.13.

D.4.1.4. Konsekvensavstånd ADR-S riskgrupp 2.1

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

Tabell D.16. 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

D.4.2 ADR-S riskgrupp 2.3 – Giftiga gaser

Spridningsberäkningar har gjorts i programmet *Spridning Luft* (74). 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, och resultaten redovisas i Tabell D.17.

Tabell D.17. 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

D.5. ADR-S klass 3 – Brännbara vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser för omgivningen kan uppkomma när vätskan läcker ut och antänds. Det avstånd, inom vilket personer förväntas omkomma direkt alternativt till följd av brandspridning till byggnader, antas vara där värmestrålningsnivån överstiger 15 kW/m². Det är en strålningsnivå som orsakar outhärdlig smärta efter kort exponering (cirka 2-3 sekunder) samt den strålningsnivå som bör understigas i minst 30 minuter utan att särskilda åtgärder vidtas i form av brandklassad fasad (18) (76).

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 (18). I Tabell D.18 redovisas konsekvensområden inom vilka personer kan antas omkomma vid olika pölstorlekar.

Tabell D.18. 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

D.6. ADR-S klass 5 – Oxiderande ämnen och organiska peroxider

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

D.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 (68). Utifrån detta används sedan 4,1 ton trotyl som dimensionerande explosion för dessa scenarier, med samma beräkningsmetod som används för explosioner i klass 1.

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

D.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 E. Referenser

1. **Räddningsverket.** *Kartläggning av farligt godstransporter September 2006.* u.o. : Statens räddningsverk, 2006b.
2. **Hellervik, Alexander.** Långsiktig planerare, trafikanalytiker. *e-post.* 2013-09-17.
3. **Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län.** Riskhantering i Detaljplanprocessen. *Riskpolicy för markanvändning intill transportleder för farligt gods.* u.o. : Länsstyrelserna i Skåne, Stockholms och Västra Götalands län, 2006.
4. **Stadsbyggnadskontoret i Göteborg.** Översiktsplan för Göteborg - Fördjupad för sektorn transporter av farligt gods, Bilagor 1-5. 1997.
5. **Mölnåla Fastighets AB.** Vision 2.1. 2012-06-13.
6. **Banverket.** Almedal - Mölnlycke, En del av Götalandsbanan. *Förstudie, Slutrapport .* mars 2010.
7. **Trafikverket.** Studie Transportkorridor Mölndalsåns dalgång. 2012.
8. **Henki Refsnes, Trafikanalytiker WSP Samhällsbyggnad.** Muntligen. 2013-09-11.
9. **Sören Wallgren, Swedegas AB.** Telefonsamtal . 2013-09-24.
10. **Sören Wallgren, Swedegas AB.** Mailkonversation. 2013-10-09.
11. **David da Cruz, Swedegas AB.** e-post. 2014-11-05.
12. **Stadsbyggnadskontoret Göteborgs Stad.** *Översiktsplan för Göteborg, fördjupad för sektorn TRANSPORTER AV FARLIGT GODS.* 1997.
13. **IEC.** International Standard 60300-3-9. *Dependability management - Part 3: Application guide - Section 9: Risk analysis of technological systems.* Geneve : International Electrotechnical Comission, 1995.
14. **ISO.** Risk management - Vocabulary . *Guidelines for use in standards, Guide 73.* Geneva : International Organization for Standardization, 2002.
15. **Davidsson, Göran, Lindgren, Mats och Mett, Liane.** Värdering av risk. *FoU rapport - DNV.* u.o. : Statens Räddningsverk, 1997.
16. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.
17. **Räddningsverket.** *Farligt gods: Riskbedömning vid transport.* u.o. : Statens räddningsverk, 1996.
18. **Stadsbyggnadskontoret Göteborg.** *Översiktsplan för Göteborg fördjupad för sektorn transporter av farligt gods. Dnr 758/92.* u.o. : Stadsbyggnadskontoret Göteborg, 1997.
19. **Räddningsverket och Boverket.** Säkerhetsförbättring åtgärder i detaljplaner - Vägledningsrapport 2006. u.o. : Statens Räddningsverk, Boverket, 2006.
20. **MSB.** *ADR-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:2) om transport av farligt gods på väg och i terräng.* u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2009.
21. —. *RID-S Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter (MSBFS 2009:3) om transport av farligt gods på järnväg.* 2009 : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap.
22. **Räddningsverket.** Förvaring av explosiva varor. Karlstad : u.n., 2006.
23. **VTI.** Konsekvensanalys av olika olyckscenarier vid transport av farligt gods på väg och järnväg. *VTI-rapport 387:4.* u.o. : Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.
24. **Kylefors, M.** *Cost-Benefit Analysis of Separation Distances, a utility-based approach to risk management decision-making, Rapport 1023.* u.o. : Avdelningen för brandteknik, Lunds Universitet, 2001.
25. **Länsstyrelsen i Skåne Län.** Riktlinjer för riskhänsyn i samhällsplaneringen (RIKTSAM). *Bebyggelseplanering intill väg och järnväg med transport av farligt gods - Skåne i utveckling 2007:06.* 2007.
26. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** VTI rapport 387:1. 1994.
27. **Boverket och Räddningsverket.** Säkerhetsförbättring åtgärder i detaljplaner. 2006.
28. **WSP Brand- och Riskteknik.** Riskbedömning i samband med detaljplan för handel vid Torpavallen. 2007.
29. **Fredén, Sven.** *Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen.* Borlänge : Banverket, 2001.

30. **Banverket och Räddningsverket.** *Säkra järnvägstransporter av farligt gods.* 2004.
31. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2.* 1994.
32. **Trafik analys - TRAFKA.** *Bantrafik 2010, Statistik 2011:24.* 2011.
33. **Pettersson, Jan.** Säkerhetsansvarig Green Cargo. *Muntligt.* 2012.
34. **SIKA.** *Vägtrafikskador.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2001.
35. **VTI.** Vägverkets informationssystem för trafiksäkerhet (VITS). *Uppgifter erhållna från Arne Land.* u.o. : Statens Väg- och trafikforskningsinstitut, 2003.
36. **Lamnevik, Stefan.** Explosivämneskunskap. u.o. : Institutionen för energetiska material Försvarets forskningsanstalt (FOA), 2000.
37. **HMSO.** *Major Hazard aspects of the transport of dangerous substances.* London : Advisory Committee on Dangerous Substances Health & Safety Commission, 1991.
38. **MSB.** *Trafikflödet på järnväg – 2006.* . [<http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Jarnvag/>] 2013-08-09.
39. **Purdy, Grant.** Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail. *Journal of Hazardous materials*, 33. 1993.
40. **Länsstyrelsen Stockholms län.** *Riskhänsyn vid ny bebyggelse intill vägar och järnvägar med transporter av farligt gods samt bensinstationer.* 2000.
41. **Stefan Lamnevik AB.** *Verkan av explosioner i det fria.* 2010.
42. **Försvarets forskningsanstalt, Avdelningen för vapen och skydd: Fischer m.fl.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor – Metoder för bedömning av risker.* Tumba : u.n., 1997.
43. **Svenska gasföreningen.** *Åtgärder vid olyckor under gasoltransporter.* 2004.
44. **Väg- och transportforskningsinstitutet.** *Konsekvensanalys av olika olycksscenarioer vid transport av farligt gods på väg och järnväg, VTI-rapport 387:4.* 1994.
45. **Brandteknik, Lunds Tekniska Högskola.** *Datorprogrammet Gasol.*
46. **RIB, Statens räddningsverk.** Spridning luft, Simulering av kemikalieutsläpp, version 1.1.0.19887, en del av Räddningsverkets informationsbank.
47. **Brandteknik, Lunds tekniska högskola.** *Brandskyddshandboken, Rapport 3161.* Lund : u.n., 2012.
48. **TRAFKA.** *Lastbilstrafik 2009 Swedish national and international road goods transport 2009. Statistik 2010:3.* u.o. : Trafikanalys, 2010.
49. **SIKA.** *Lastbilstrafik 2008 helår. Rapport 2009:12.* u.o. : Statens institut för kommunikationsanalys, 2009.
50. **Gustavsson, Marlene.** Muntligen 2008-01-10. u.o. : Räddningsverket, 2008.
51. **Ingasson, Haukur, o.a.** *Räddningsinsatser i vägtunnlar.* u.o. : Statens Räddningsverk, 2005.
52. **PIARC.** *Fire and smoke control in road tunnels.* u.o. : PIARC - World Road Association, 1999.
53. **Daggård, Tomas.** Muntligen 2010-01-11. u.o. : Orica Services Nora, 2008.
54. **Pålsson, Tord.** Muntligen 2008-01-09. u.o. : Scanexplo EPC-Sverige. Torshälla, 2008.
55. **MSB.** *Trafikflöde på väg [Elektronisk].* Hämtad 2010-08-11. <http://www.msb.se/sv/Forebyggande/Farligt-gods/Flodesstatistik/Vag/>. u.o. : Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2010.
56. **Dyno Nobel, BAE & Smålandslogistik.** Dyno Nobel Sweden AB, BAE Systems AB, Smålandslogistik AB. *Muntligen: 2007-01-30.* 2007.
57. **Jansson, Patrik.** Muntligen 2008-01-16. *Polisens tillståndsenhet.* 2008.
58. **Halmemies, Sakari.** *Räddningskemi - Farliga ämnen. Publikation 10/2000.* u.o. : Räddningsverket, 2000.
59. **Wahlqvist, Jan.** Muntligen 2010-07-08. *LPG-ansvarig.* u.o. : Statoil, 2010.
60. *Risk analysis of the transport of dangerous goods by road and rail.* **Purdy, G.** 1993, *Journal of Hazardous Materials*, Vol. 3 (1993), ss. 229-259.
61. **Alexandersson, H.** *Vindstatistik över Sverige 1961-2004 (nr 121).* Norrköping : Sveriges meteorologiska institut, SMHI, 2006.
62. **Lindström, Robert.** Muntligen: 2010-07-08. *Tf Logistikchef.* u.o. : Statoil, 2010.
63. **Gammelgård, Tonny.** Muntligen: 2010-07-09. *Chef varuförsörjning.* u.o. : OKQ8, 2010.

64. **SPI.** Leveranser bränslen per månad. [Elektronisk] Hämtad 2010-07-08.
<https://www.spi.se/statistik.asp?art=99>. u.o. : Svenska Petroleum Institutet, 2010.
65. *Safety and security issues relating to low capacity storage of AN-based fertilizers.* **Marlair, G och Kordek, M-A.** 2005, Journal of Hazardous Materials, ss. A123. pp 13-28.
66. **Karlsson, Lars-Håkan.** Muntligen: 2008-03-18. u.o. : Yara International ASA, Köping, 2008.
67. **Magnusson, Johan.** Muntligen 2008-03-18. *Skydd och verkan.* u.o. : FOI, Tumba, 2008.
68. **Forsén, Rickard.** *Om explosionsbenägenhet vid olycka i samband med transport av farligt gods klass 5, FOI MEMO 2774.* u.o. : FOI, 2009.
69. **VROM.** *Guidelines for storage of organic peroxides. Publication series on Dangerous Substances (PGS 3).* u.o., Holland : Ministerier van VROM, 2005.
70. **Havai, Jan.** Muntligen 2008-04-18. *Transportavdelningen.* u.o. : Yara AB, Köping, 2008.
71. **Forsén, Rickard och Lamnevik, Stefan.** Verkan av explosioner i det fria. u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2010.
72. **FOA.** *Vådautsläpp av brandfarliga och giftiga gaser och vätskor - Metoder för bedömning av risker, FOA - R-00490-990-SE.* u.o. : Forsvarets forskningsanstalt, 1997.
73. **Lamnevik, Stefan.** *Konsekvensanalys explosioner.* u.o. : Stefan Lamnevik AB, 2006.
74. **MSB.** *Spridning Luft. RIB XM.* u.o. : Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2010.
75. **CCPS.** *Guidelines for Chemical Process Quantitative Risk Analysis, 2nd Edition. CPQRA.* u.o. : Center for Chemical Process Safety, 1999.
76. **BBR.** *Boverkets byggregler, BFS 2006:12.* u.o., Karlskrona : Boverket, 2006.

WSP Sverige AB

Box 13033

40251 Göteborg

Tel: +46 10 7225000

Fax: +46 10 7227420

www.wspgroup.se

UNITED
BY OUR
DIFFERENCE

