

| | | |
|--------------------------------|--------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diariennr: - | Infoklass: K2 |

| | | | |
|-----------------|----------------|--------------------|------------|
| Datum | 2020-01-31 | Projektskede | Detaljplan |
| Status | För granskning | Infosäkerhetsklass | K2 |
| Rev. beteckning | - | Diarienummer | - |
| Rev. datum | - | Författare | M.Englund |

Utökad depåkapacitet

5320 Detaljplan Södra Infarten

PM Riskbedömning_bilaga02

Detaljplan

För Granskning 2020-01-24

Filnamn: 5320-C55-31-20001_bilaga02

REVIDERINGSHISTORIK

| Rev. | Revidering avser | Reviderat av | Godkänd/ Fastställd av | Rev. datum |
|------|------------------|--------------|---------------------------|------------|
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |
| | | | | |

Kontrollerad av, utförare: Emelie Laurin, WSP

Granskad av, beställare:

Godkänd/Fastställd av, beställare:

| | | |
|--------------------------------|--------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diarienum: - | Infoklass: K2 |

1 Frekvensberäkningar

För att kunna kvantifiera risknivån i området behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som identifierats och bedömts kunna inträffa på den planerade järnvägssträckningen i höjd med studerat område. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen [18]. 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.

1.1 Sannolikhet för urspårning

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

- Den studerade sträckans längd (km) som bestäms av den sträcka på vilken en olycka kan påverka planområdet. Studerad sträcka är i detta fall 1 km.
- Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år) är cirka 107 384.
- Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år), vilket är cirka 549 336.
- Antal vagnaxlar per vagn, vilket antagits till 3 st.
- Antal växlar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.
- Antal plankorsningar på den studerade sträckan uppgår till 0 st.

1.1.1 Urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell 4 [18]:

Tabell 4. 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 |

| | | |
|--------------------------------|--------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diarienum: - | Infoklass: K2 |

1.1.2 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 [18] och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

1.1.3 Plankorsningsolyckor

I höjd med planområdet finns inga plankorsningar.

1.1.4 Växling och rangering

I höjd med planområdet sker inget växlingsarbete eller rangering.

1.1.5 Resultat

Frekvensen för en olycka med godståg beräknas med formeln:

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

Och skattas till 1,60E-04.

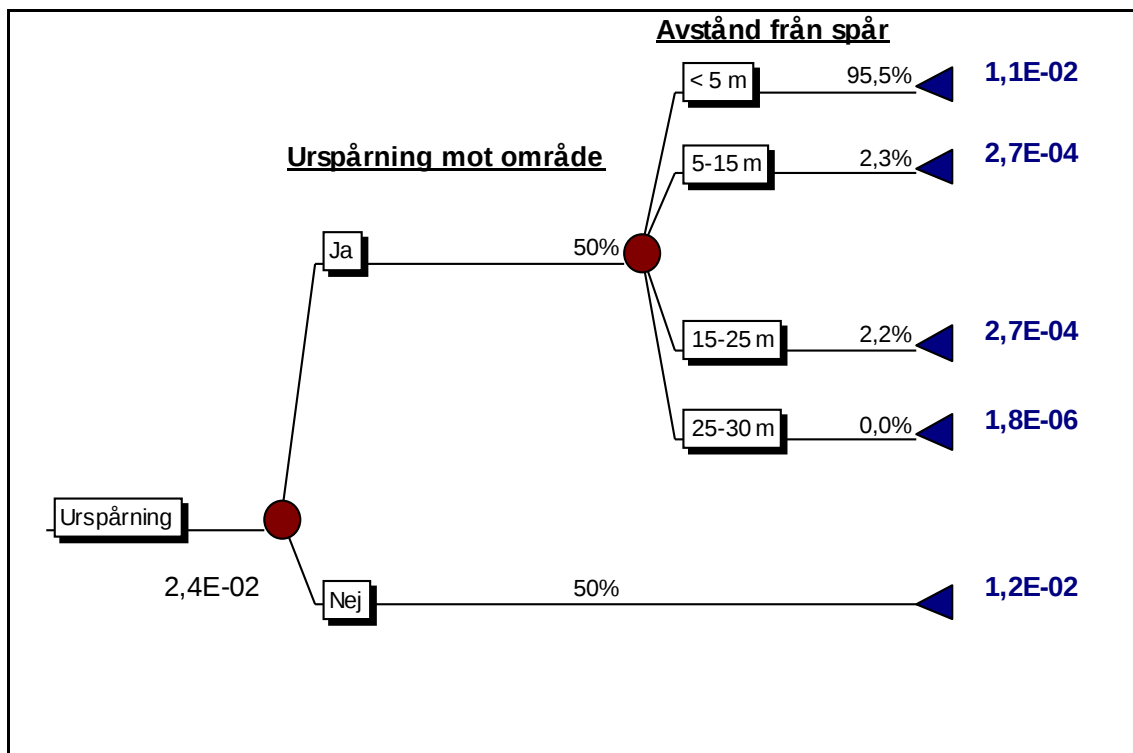
1.1.6 Avstånd från spårmittpunkt för urspårade vagnar

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 5 nedan redovisas fördelningen för avstånd från spårmittpunkt som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat på trafikandelar (1 % persontåg och 99 % godståg) [18].

Tabell 5. Avstånd från spårmittpunkt (m) för urspårade vagnar.

| Avstånd från spårmittpunkt | 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 | 77,48% | 17,99% | 2,27% | 2,25% | 0,01% |

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spårmittpunkt vid urspårning är mycket liten [19]. Enligt Tabell 5 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 urspårade tåg. Ett händelsetråd som beskriver detta presenteras i Figur 11.



Figur 11. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

2 Järnvägsolycka med transport av farligt gods

Farligt gods är ett samlingsbegrepp för farliga ämnen och produkter som har sådana egenskaper att de kan skada människor, miljö och egendom (enbart människor) om det inte hanteras rätt under transport. Transport av farligt gods omfattas av regelsamlingar [20] som tagits fram i internationell samverkan. Farligt gods på järnväg delas in i nio olika klasser enligt RID-S-systemet där kategorisering baseras på den dominerande risken som finns med att transportera ett visst ämne eller produkt. Detta innebär inte att ett ämne inte kan ge upphov till typkonsekvenser motsvarande de för en annan klass. T.ex. transporteras vätefluorid under klass 8 eftersom dess primära risk utgörs av frätskador. Ämnet är dock mycket giftigt och kan ge upphov till dödliga konsekvenser över relativt stora avstånd. I Tabell 6 nedan redovisas klassindelningen av farligt gods och en beskrivning av vilka konsekvenser som kan uppstå vid olycka.

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

| RID-S | Kategori | Beskrivning | Konsekvenser |
|-------|----------|-------------|--------------|
|-------|----------|-------------|--------------|

| | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diarienumr: - | Infoklass: K2 |

| RID-S | Kategori | Beskrivning | Konsekvenser |
|---------|---------------------------------------|--|--|
| Klass 1 | Explosiva ämnen och föremål | Sprängämnen, tändmedel, ammunition, etc. Maximal tillåten mängd explosiva ämnen på väg är 16 ton [20]. | 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 [21]. |
| Klass 2 | Gaser | Inerta gaser (kväve, argon etc.) oxiderande gaser (syre, ozon, etc.), brandfarliga gaser (acetylen, gasol etc.) och giftiga gaser (klor, svaveldioxid etc.). | Förgiftning, brännskador och i vissa fall tryckpåverkan till följd av giftigt gasmoln, jetflamma, gasmolnsexplosion eller BLEVE. Konsekvensområden över 100-tals m. Omkomna både inomhus och utomhus. |
| Klass 3 | Brandfarliga vätskor | Bensin och diesel (majoriteten av klass 3) transporteras i tankar som rymmer maximalt 50 ton. | Brännskador och rökskador till följd av pölbrand, värmestrålning eller giftig rök. Konsekvensområden för brännskador utbreder sig vanligtvis inte mer än omkring 30 m från en pöl. Rök kan spridas över betydligt större område. Bildandet av vätskepöl beror på vägutformning, underlagsmaterial och diken etc. |
| Klass 4 | Brandfarliga fasta ämnen | Kiseljärn (metallpulver), karbid och vit fosfor. | Brand, strålning och giftig rök. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till närområdet kring olyckan. |
| Klass 5 | Oxiderande ämnen, organiska peroxider | Natriumklorat, väteperoxider och kaliumklorat. | Tryckpåverkan och brännskador. Självantändning, explosionsartat brandförlopp om väteperoxidlösningar med koncentrationer > 60 % eller organiska peroxider som kommer i kontakt med brännbart organiskt material. Konsekvensområden för tryckvågor uppemot 120 m. |
| Klass 6 | Giftiga ämnen, smittförande ämnen | Arsenik-, bly- och kvicksilversalter, bekämpningsmedel, etc. | Giftigt utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet. |
| Klass 7 | Radioaktiva ämnen | Medicinska preparat. Vanligtvis små mängder. | Utsläpp radioaktivt ämne, kroniska effekter, mm. Konsekvenserna begränsas till närområdet. |
| Klass 8 | Frätande ämnen | Saltsyra, svavelsyra, salpetersyra, natrium- och kaliumhydroxid (lut). Transporteras vanligtvis som bulkvara. | Utsläpp av frätande ämne. Dödliga konsekvenser begränsade till närområdet [22]. Personskador kan uppkomma på längre avstånd. |
| Klass 9 | Övriga farliga ämnen och föremål | Gödningsämnen, asbest, magnetiska material etc. | Utsläpp. Konsekvenserna vanligtvis begränsade till kontakt med själva olycksfordonet eller dess omedelbara närhet. |

Enligt tidigare resonemang bedöms inte alla farligt gods-klasser relevanta vid uppskattning av risknivån på det aktuella området. Således är de RID-S-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).

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt B.1.5 beräknad till 1,60E-04 per år. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar [23]. Farligt gods-vagnar antas utgöra 5 % av det totala antalet godsvagnar. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då 2,62E-

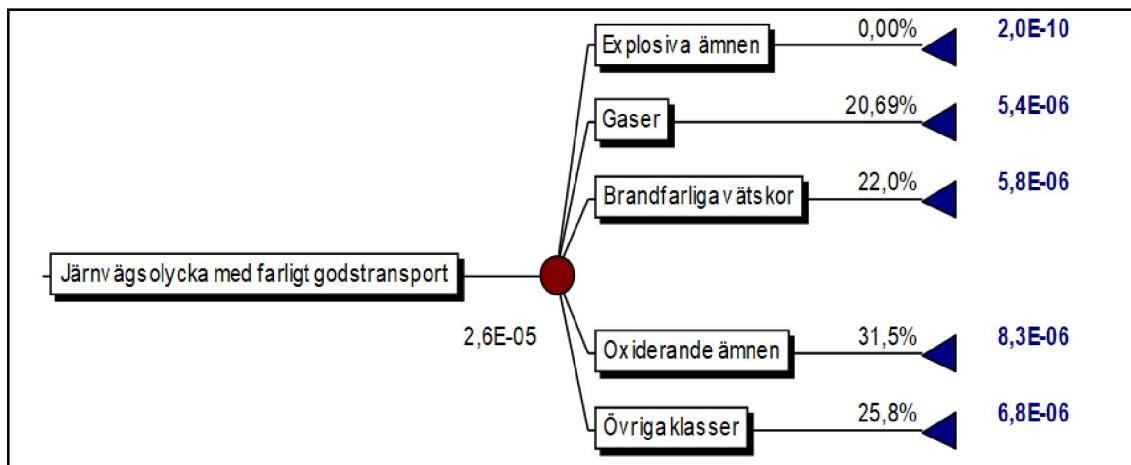
Filnamn: 5320-C55-31-20001_bilaga02

Utskriftsdatum och tid: 2020-01-31 16:14

| | | |
|--------------------------------|--------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diarienum: - | Infoklass: K2 |

05.Frekvensen för att en farligt gods-vagn spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli cirka en gång på ca 39 000 år.

I händelseträdet, se Figur 12, redovisas frekvensen för olycka med transport av aktuella farligt gods-klasser inblandade utifrån uppskattad andel av respektive klass.



Figur 12. Händelseträd med sannolikhet för olycka med farligt gods.

3 Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

3.1 RID-S-klass 1 – Explosiva ämnen

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

Transport av RID-S klass 1 på järnväg förekommer i väldigt liten mängd. RID-S klass 1 utgjorde under tidsperioden 2006-2010 endast 0,015 % av den totala transportmängden farligt gods i Sverige som helhet [24]. Det finns flera olika transportörer och de flesta hänvisar till sekretess, dels av företagsmässiga och dels av säkerhetsmässiga skäl. Enligt samtal med ett av de största transportbolagen på järnväg utfördes endast tre transporter med klass 1 i Sverige under hela 2011. Ingen uppgift om total mängd explosiver finns att tillgå eftersom även emballage och annat räknas in i transportvikten. Uppskattningsvis var ingen av de tre transporterna på mer än 500 kg explosivt ämne [25].

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

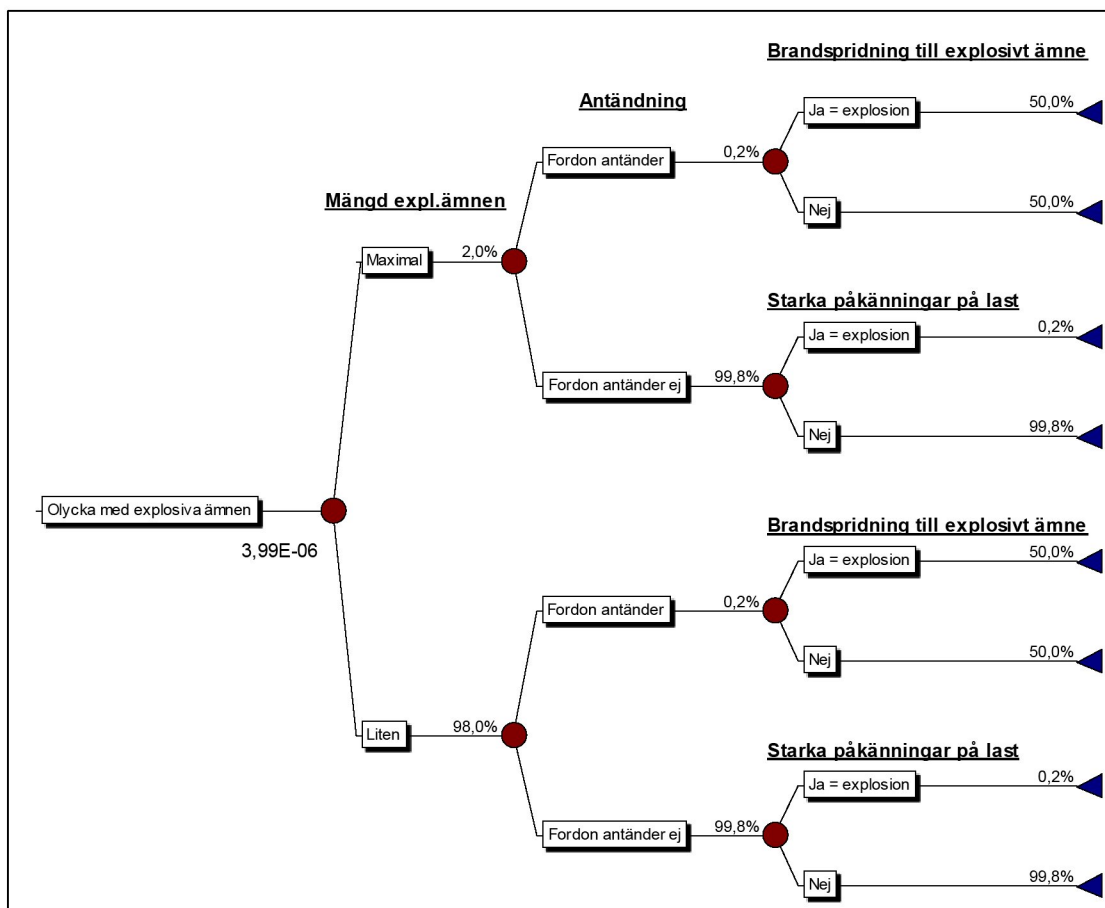
En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora, d.v.s. om lasten utsätts för

| | | |
|--------------------------------|--------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diariennr: - | Infoklass: K2 |

en stöt. Eftersom det finns detaljerade regler för hur explosiva ämnen ska förpackas och hanteras vid transport görs bedömningen att det är liten sannolikhet för att olycka vid transport av explosiva ämnen leder till omfattande skador på det transporterade godset på grund av påkänningar.

Sannolikheten för att en vagn inblandad i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 %, vilket är hälften av motsvarande sannolikhet för vägolycka [26] [27]. Därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 % [28].

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 [29]. Till skillnad från i fallet med brand så saknas kunskap om hur stort krockvåld som behövs för att initiera detonation i det fraktade godset. Som ett jämförelsevärde att förhålla sig till anger HMSO [30] att sannolikheten för en stötinitierad detonation vid en kollision är mindre än 0,2 %. I Figur 13 redovisas möjliga scenarier.



Figur 13 Händelseträde med sannolikhet för olycka med explosiva ämnen.

3.2 RID-S-klass 2 – Gaser

Baserat på transportflödena som uppmätts 2006 [31], antas 87 % av transporterna inom RID-S-klass 2 utgöras av brandfarliga gaser. 13 % antas vara giftiga gaser.

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet.

Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är

Filnamn: 5320-C55-31-20001_bilaga02

Utskriftsdatum och tid: 2020-01-31 16:14

| | | |
|--------------------------------|---------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diarienumr: - | Infoklass: K2 |

för tjockväggiga vagnar 1 % i båda fallen [18]. Sannolikheten för inget läckage är följaktligen 98 %.

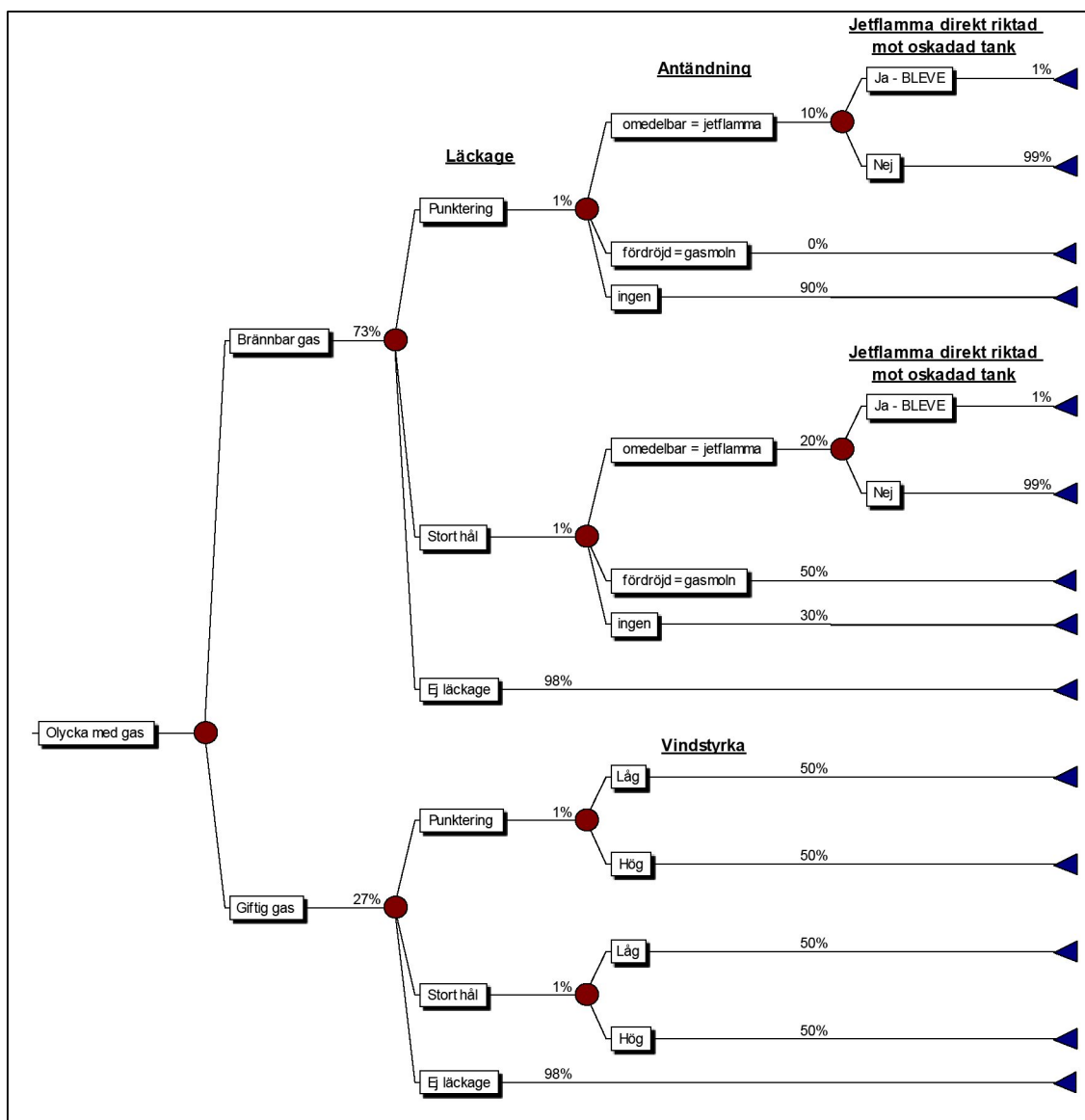
För brännbara gaser bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln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

För ett litet utsläpp brännbar gas (punktering av vagn) ansätts följande sannolikheter [32] 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 % [32]. En BLEVE antas enbart kunna uppstå i intilliggande tank om eventuell jetflamma är riktad direkt mot tanken under en lång tid. Vid fördröjd antändning av den brännbara gasen antas gasmolnet driva iväg med vinden och därför inte påverka intilliggande tankar vid antändning. Sannolikheten för att en BLEVE ska uppstå till följd av jetflamma är mycket liten. Konservativt ansätts 1 %.

För olycka med *giftiga gaser* påverkar vindstyrkan utsläppets konsekvenser på omgivningen. Vindstyrkan antas vara antingen hög (8 m/s) eller låg (3 m/s) med lika stor sannolikhet. I Figur 14 redovisas olika scenarier för en olycka med gas.

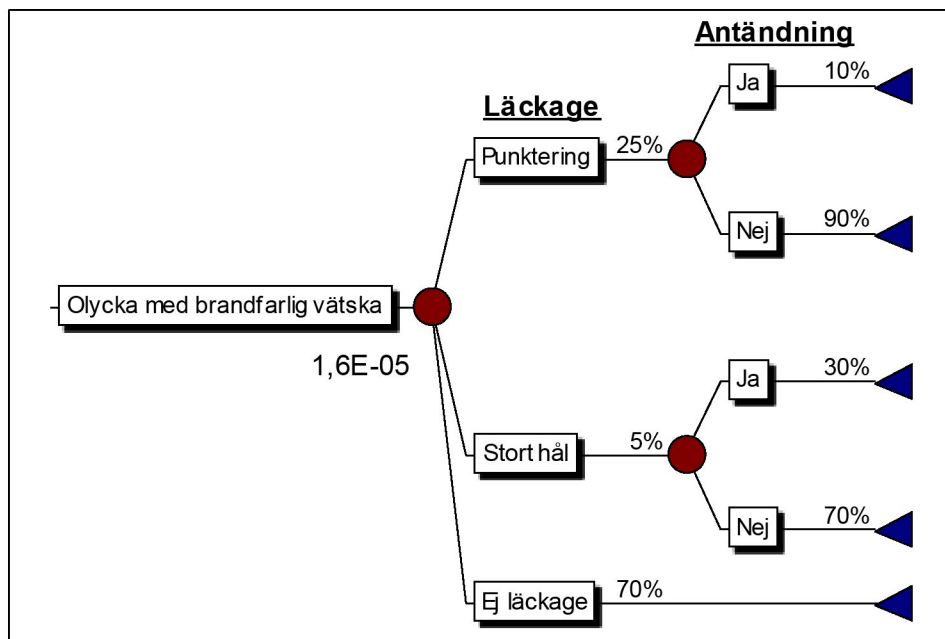


Figur 14. Händelsesträd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

3.3 RID-S-klass 3 – Brandfarliga vätskor

För brandfarliga vätskor gäller att skadliga konsekvenser kan uppstå först när vätskan läcker ut och antänds. Brandfarliga vätskor antas oftast transporteras i tunnväggiga tankar, och sannolikheten för ett litet läckage (punktering) respektive stort läckage vid urspärning är 25 % och 5 % [18]. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg ska antändas antas vara 10 % respektive 30 % [18]. I Figur 15 redovisas olika scenarier för en olycka med brandfarlig vätska. Scenariot stor pölbrand bedöms som mycket konservativt om underlaget vid järnvägsbanken består av makadam som är ett lättgenomsläppligt material, vilket försvårar bildandet av pölar vid utsläpp.



Figur 15. Händelsesträd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (t.ex. 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 brandbefrämjande ämnen som vid avgivande av syre (oxidation) kan initiera brand eller understödja brand i andra ämnen, t.ex. brand i vegetation kring banvallen. Explosion kan inträffa i vissa fall.

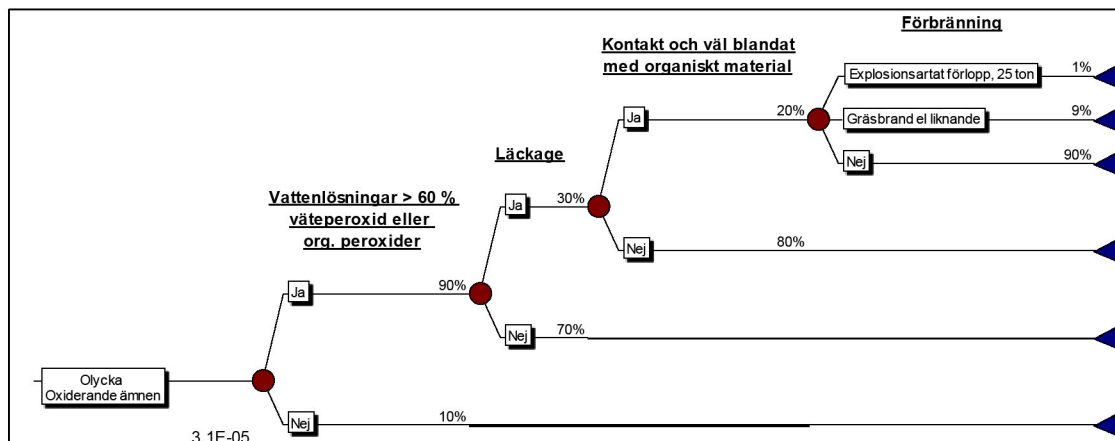
Vissa organiska peroxider är så känsliga att de endast får transporteras under temperaturkontrollerade förhållanden. Dessa ämnen får ej transporteras på järnväg enligt RID.

Transportstatistik [24] anger att 93 % av transporterna i RID-S-klass 5 utgörs av oxiderande ämnen, och 7 % av organiska peroxider. En huvuddel av de oxiderande ämnen som transporteras i Sverige bedöms kunna självantända explosionsartat vid kontakt med organiskt material. Utifrån detta antas 90 % av transporterna 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 B.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 % [28]. Givet att blandning skett antas en antändning uppstå med sannolikheten 10 %. 10 % av fallen då blandningen antänt

| | | |
|--------------------------------|--------------|---------------|
| PM Riskbedömning_bilaga02 | Rev.datum: - | Rev: - |
| 5320 Detaljplan Södra Infarten | Diarienum: - | Infoklass: K2 |

antas gå till detonation, medan resterande 90 % antas utvecklas till en kraftig brand. I Figur 16 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur 16. Händelse-träd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

4 Anpassning av sannolikheten avseende konsekvensavstånd

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

Även för samhällriskberäkning anpassad till planområdet tillämpas en typ av frekvensanpassning. Konsekvenserna i antal döda uppskattas utifrån att olyckan inträffar så att konsekvenserna riktas mot planområdet (exempelvis att jetflamman eller utsläppet är riktat mot planområdet). Därför kan frekvensen i samhällriskberäkning anpassad till planområdet halveras då jetflamman (med flera) som är riktade bort från planområdet inte ska bidra till 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 olycksscenarier med cirkulärt konsekvensområde (ex. explosioner) görs ingen sådan reduktion.