

## BILAGA B – FREKVENSBERÄKNINGAR

För att kunna kvantifiera risknivån för Mäljarbanans omgivning behövs ett mått på frekvensen för de skadescenarier som kan bli aktuella. Denna frekvens beräknas enligt Trafikverkets (tidigare Banverkets) modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen<sup>1</sup>. Det bör påpekas att det är frekvensen för järnvägsolycka (antal olyckor per år) och inte sannolikheten som skattas med denna modell.

### B.1 Urspårning

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

1. Den studerade sträckans längd (km) som i detta fall är 6 km. Då sträckan överskrider 1 km vilket är den sträcka som acceptanskriterierna är anpassade för beräknas frekvensen för olycka på 1 km.
2. Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (tåg/år). 2010 var totalt antal persontåg på sträckan 76 286 persontåg och 3 650 godståg per år. År 2030 bedöms motsvarande siffror bli ca 130 305 persontåg och 4 380 godståg per år.<sup>2</sup>
3. Totalt antal vagnar som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser (vagnar/år). Totalt antal vagnar i dagsläget är 472 675 (varav 91 250 godsvagnar) per år och 761 025 vagnar (varav 109 500 godsvagnar) år 2030.
4. Antal vagnsaxlar per vagn, vilket antagits till tre st.
5. Antal växlar som varje tåg passerar på sträckan (1 km), vilket antagits till fyra st.

#### B.1.1 Frekvens för urspårning

Frekvenser för beräkning av sannolikhet för urspårning av tåg redovisas i Tabell B1.<sup>3</sup>

Tabell B1. 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
<b>Vagnfel</b>		
Persontåg	$5,00 \cdot 10^{-10}$	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
<b>Totalt 2010</b>	<b><math>1,84 \cdot 10^{-2}</math></b>	
<b>Totalt 2030</b>	<b><math>3,85 \cdot 10^{-2}</math></b>	

### B.1.2 Frekvens för urspårning av godståg

Den totala frekvensen för urspårning på den aktuella sträckan är beräknad till  $1,84 \cdot 10^{-2}$ /år i dagsläget och  $3,05 \cdot 10^{-2}$ /år för år 2030. Frekvensen för att en olycka skall ske med godståg beräknas enligt formeln:

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

Frekvensen för en olycka med godståg blir enligt formeln ovan  $2,95 \cdot 10^{-5}$ /år i dagsläget och  $9,92 \cdot 10^{-4}$ /år 2030.

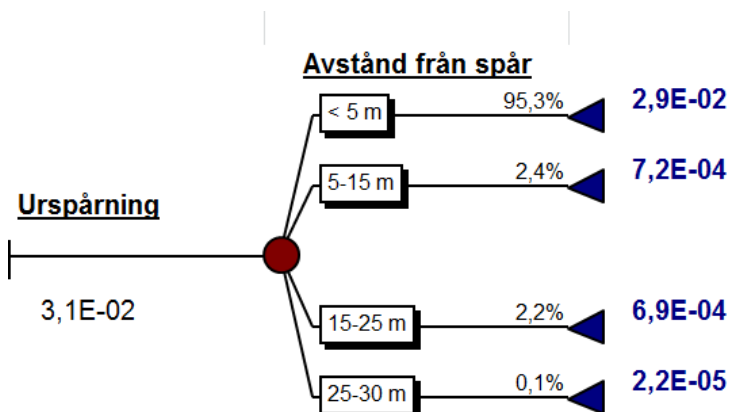
### B.1.3 Avstånd från spår för urspårande vagnar

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 tabellen nedan redovisas fördelningen för avstånd från spår som vagnar förväntas hamna efter urspårning, fördelat efter trafikandelar år 2030 (97 % persontåg och 3 % godståg).

Tabell B2. Avstånd från spår (m) för urspårade vagnar.

Avstånd från spår	0-1 m	1-5 m	5-15 m	15-25 m	>25 m
Persontåg	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	77,29 %	18,04 %	2,35 %	2,25 %	0,07 %

Sannolikheten att en vagn hamnar så långt som 25 meter från spåret vid urspårning är mycket liten<sup>4</sup>. Enligt Tabell B2 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 persontåg för att beräkna riskbidraget från urspårande tåg. Ett händelseträd som beskriver detta presenteras i Figur B1.



Figur B1. Händelseträd med sannolikheter för urspårningar.

## B.2 Sammanstötningar/kollisioner

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<sup>1</sup> och kommer därför inte att beaktas i de fortsatta beräkningarna.

## B.3 Plankorsningsolyckor

I nuläget finns två plankorsningar på sträckan. Samtliga av dessa kommer att byggas bort i utbyggnadsalternativet men antas finnas kvar för nollalternativet.

### B.3.1 Frekvens för plankorsningsolycka

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

1. Totalt antal tåg som passerar den studerade sträckan under den tidsperiod som skattningen avser [tåg/år].
2. Typ av plankorsning.

### B.3.2 Ingångsvärden för beräkningar

De ingångsvärden som gäller för den aktuella sträckan är:

1. Antal tåg på sträckan i nuläget är 79 936 tåg/år och nollalternativet är 134 685 tåg/år.
2. I dagsläget förekommer två övervakade korsning med bommar.

Frekvens för sammanstötning som leder till omkomna eller svårt skadade är<sup>1</sup>:

– Bommar	$2,0 \cdot 10^{-7}$ /tåg
– Ljud och signal	$6,0 \cdot 10^{-7}$ /tåg
– Ingen åtgärd	$1,0 \cdot 10^{-7}$ /tåg

Den *totala* frekvensen för plankorsningsolycka på den aktuella sträckan beräknas till  $3,2 \cdot 10^{-2}$  för nuläget och  $5,4 \cdot 10^{-2}$  för nollalternativet. Inga plankorsningar och därigenom ingen frekvens för plankorsningsolycka förekommer i utbyggnadsalternativet.

## B.3 Järnvägsolycka med transport av farligt gods

För att bestämma fördelningen av RID-klasser som transporteras på aktuell sträcka har detta beräknats utifrån statistik från Trafikverket angående farligt gods transporter förbi området mellan 2009-2010. Sammanställning av fördelningen visas i Tabell B3 nedan.

**Tabell B3. Fördelning av farligt gods, medelvärde av statistik från Trafikverket**

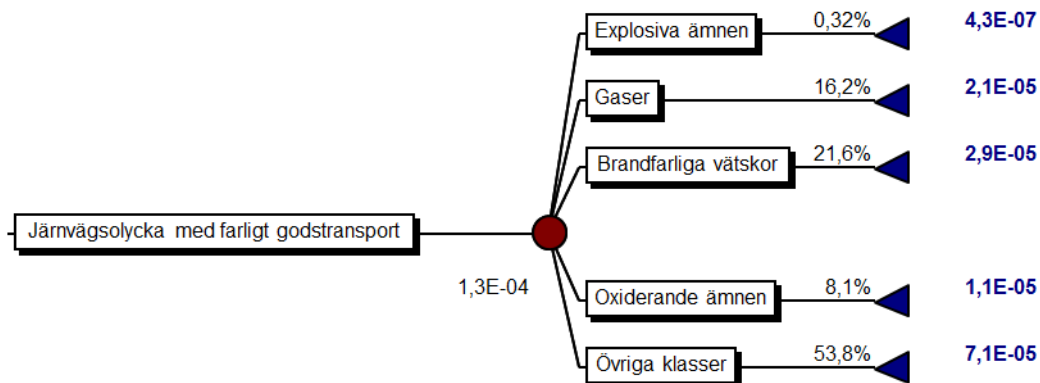
RID-klass	Min	Max	Andel ämnen (%)
Klass 1. Explosiva ämnen och föremål	1	3	0,3
Klass 2. Brandfarliga och giftiga gaser	1	150	16,2
Klass 3. Brandfarliga vätskor	1	200	21,6
Klass 4. Brandfarliga fasta ämnen	1	15	1,6
Klass 5. Organiska peroxider och oxiderande ämnen	1	75	8,1
Klass 6. Giftiga ämnen, smittförande ämnen	0	0	0,0
Klass 7. Radioaktiva ämnen	0	0	0,0
Klass 8. Frätande ämnen	101	400	43,1
Klass 9. Övriga farliga ämnen och föremål	1	84	9,1
<b>Totalt</b>	<b>107</b>	<b>927</b>	<b>100,0</b>

Enligt resonemang i bilaga A 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).

Frekvensen för en olycka med godståg är enligt avsnitt B.1.4.  $9,92 \cdot 10^{-4}$ /år horisontåret 2030. I genomsnitt omfattar en urspårning 3,5 vagnar, Farligt gods-vagnar har antagits utgöra 4 % av det totala antalet godsvagnar år 2030. Sannolikheten att en eller flera av de inblandade godsvagnarna i en urspårning innehåller farligt gods är då:  $1 - (1 - 0,04)^{3,5} = 0,13$

Frekvensen för att en farlig gods-transport spårar ur på den aktuella sträckan beräknas bli ca  $1,32 \cdot 10^{-4}$  per år.

I händelseträdet, se Figur B2 redovisas frekvensen för olycka med transport av respektive aktuell farligt gods-klass inblandad utifrån uppskattad andel av respektive klass.



**Figur B2. Händelsetråd med sannolikhet för olycka med farligt gods.**

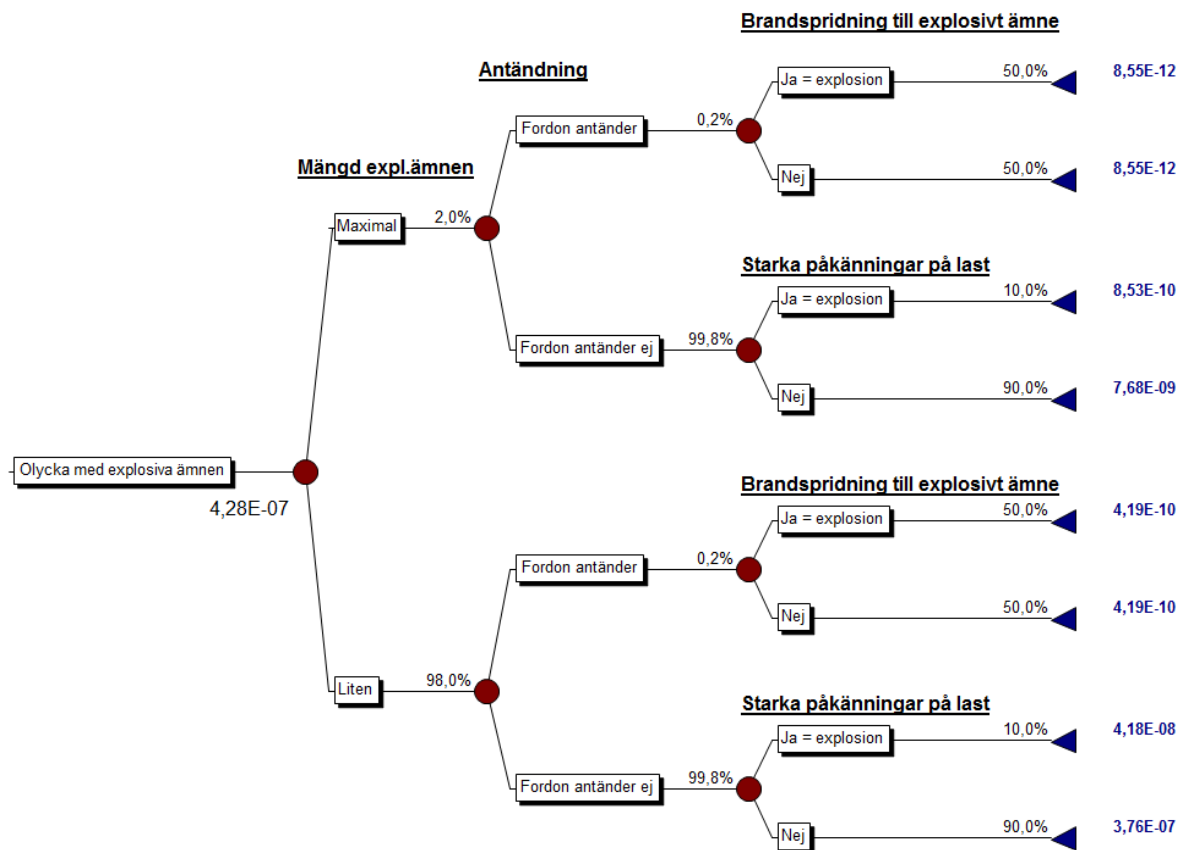
## B.4 Olycksscenarier – händelseträdsmetodik

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

### B.4.1 RID-klass 1 – Explosiva ämnen

Grovt uppskattat utgör maximala mängder explosiva ämnen ca 0,5 % av de totala transporterarna. 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 har antagits som maximal transportmängd.

En explosion antas kunna inträffa dels om olyckan leder till brand i vagn, dels om de mekaniska påkänningarna på vagnen blir tillräckligt stora. 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 tillräckligt stora påkänningar uppstår vid olyckan sätts till 0,2 % av fallen. Sannolikheten för att en vagn inblandat i en olycka ska börja brinna uppskattas till 0,2 % och därefter antas ett konservativt värde på sannolikheten för att branden sprider sig till det explosiva ämnet till 50 %. I Figur B3 nedan redovisas möjliga scenarion.



Figur B3. Händelseträd för farligt gods-olycka med explosiva ämnen i tanken.

## B.4.2 RID-klass 2 – Gaser

Sannolikheten för att en olycka leder till läckage av farligt gods antas variera beroende på om det rör sig om en tunn- eller tjockväggig vagn. Gaser transporteras vanligtvis tryckkondenserade i tjockväggiga tryckkärl och tankar med hög hållfasthet. Sannolikheten för stort respektive litet läckage (punktering) som följd av en olycka är för tjockväggiga vagnar 0,01 i båda fallen<sup>1</sup>. Sannolikheten för att inget läckage uppkommer är följaktligen 0,98.

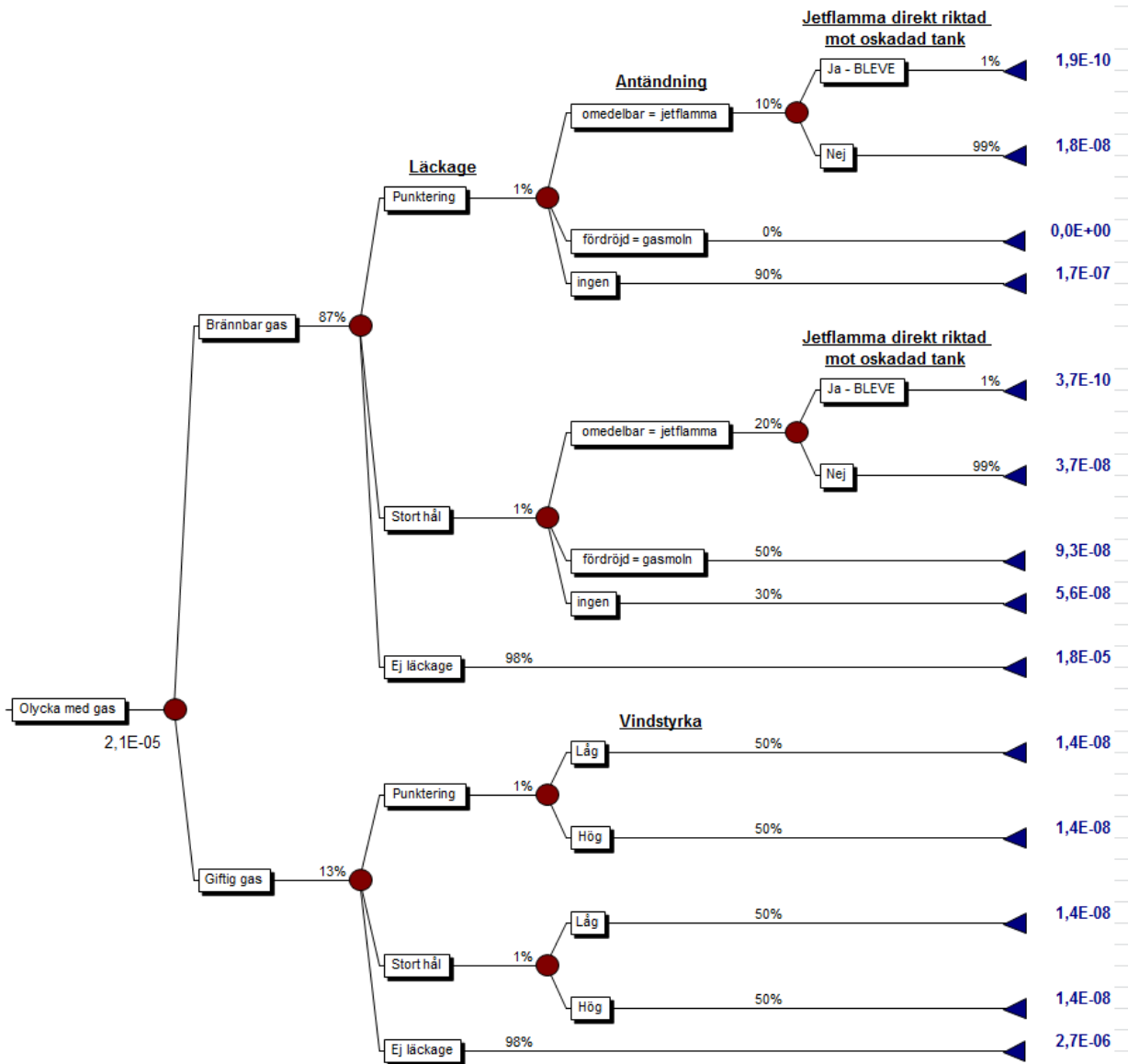
För *brännbara gaser* bedöms konsekvenserna för människor bli påtagliga först sedan utsläppet antänts. Tre scenarier kan antas uppstå beroende av typ av antändning. Om den trycksatta gasen antänds omedelbart vid läckage uppstår en jetflamma. Om gasen inte antänds direkt kan det uppstå ett brännbart gasmoln 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/eller 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<sup>5</sup> för:

- Omedelbar antändning (jetflamma): 0,1
- Fördröjd antändning (brinnande gasmoln): 0
- Ingen antändning: 0,90

För ett stort utsläpp (stort hål) är motsvarande siffror 0,2, 0,5 och 0,3.<sup>5</sup> 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 0,01.

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). I Figur B4 redovisas olika scenarion för en olycka med gas.

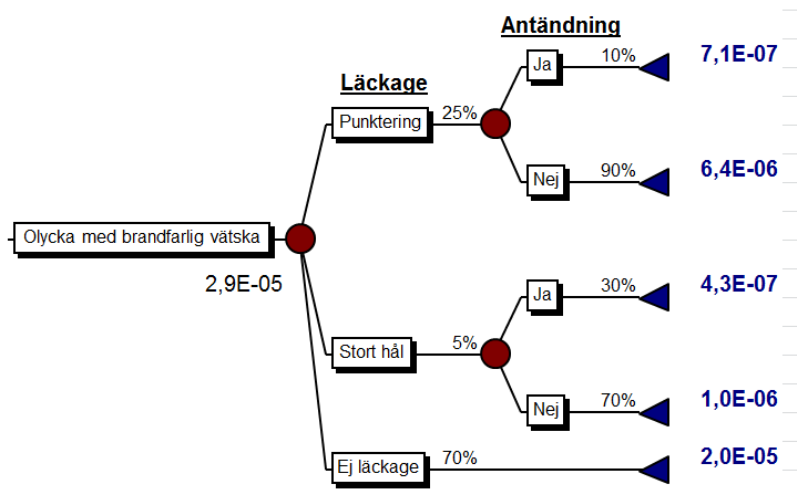


Figur B4. Händelsetråd för farligt gods-olycka med gas i lasten.

### B.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 urspårning är 25 % respektive 5 %<sup>1</sup>. I 70 % av fallen förekommer inget läckage.

Sannolikheten för att ett litet respektive stort läckage av brandfarliga vätskor på järnväg skall antändas antas vara 10 % respektive 30 %<sup>1</sup>. I Figur B5 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 B5. Händelsetråd för farligt gods-olycka med brandfarlig vätska i lasten.

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

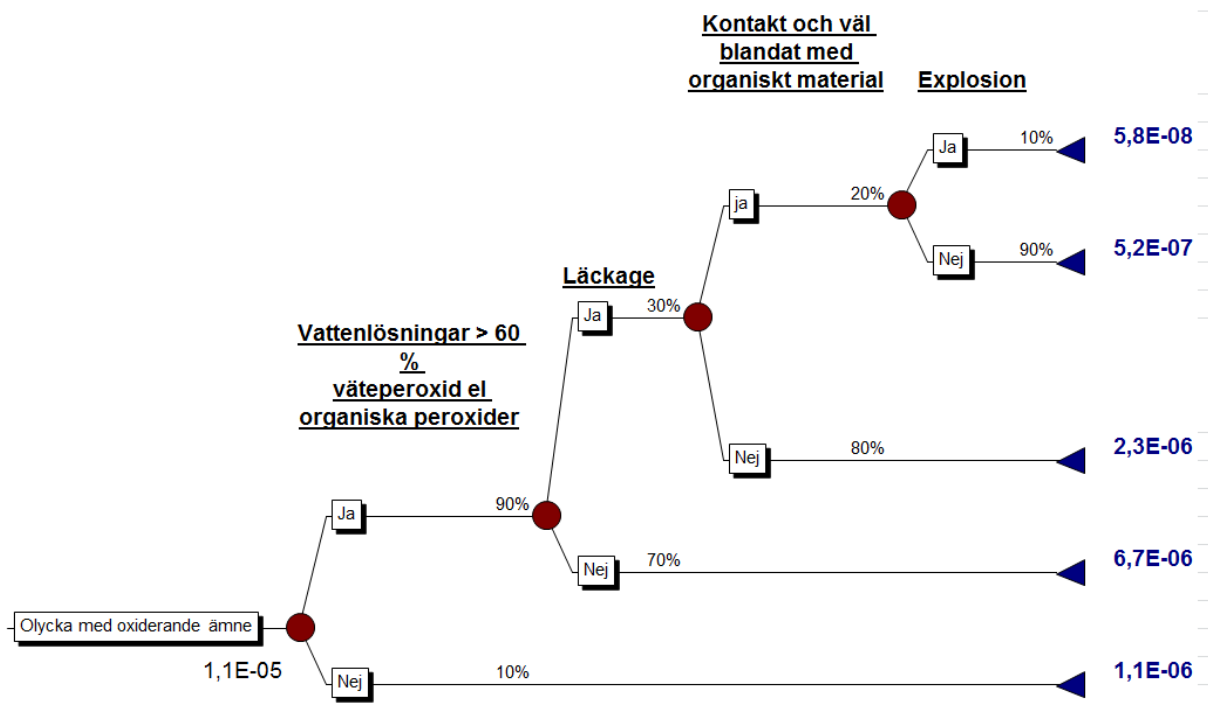
Oxiderande ämnen brukar vanligtvis inte leda till personskador, förutom om de kommer i kontakt med brännbart, organiskt material (exempelvis bensin, motorolja etc.). Blandningen kan då leda till självantändning och kraftiga explosionsförlopp. Det är dock inte samtliga oxiderande ämnen som kan självantända. 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, exempelvis 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.

Konservativt antas 90 % av transportererna i RID-klass 5 utgöras av oxiderande ämnen, och 10 % 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 transporteras i tunnväggiga vagnar och sannolikheten för läckage är då 0,3 (se ovan i avsnitt B.4.3 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 0,2. Sannolikheten för explosion uppskattas därefter till 0,1. I Figur B6 redovisas olika scenarier för en olycka med oxiderande ämnen.



Figur B6. Händelsetråd för farligt gods-olycka med oxiderande ämnen i lasten.

## Referenser Bilaga B

<sup>1</sup> Modell för skattning av sannolikheten för järnvägsolyckor som drabbar omgivningen, Sven Fredén, Banverket Borlänge, 2001.

<sup>2</sup> Trafikunderlag inför bullerberäkningar, Underlag enligt Järnvägsutredning, WSP, 2012.

<sup>3</sup> Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods, VTI-rapport 387:2, Väg- och transportforskningsinstitutet, 1994.

<sup>4</sup> Säkra järnvägstransporter av farligt gods, Banverket och Räddningsverket, 2004.

<sup>5</sup> Risk analysis of the transportation of dangerous goods by road and rail, Purdy, Grant, Journal of Hazardous materials, 33 1993.