

Skyddsvagnars betydelse för säkerheten

vid transport av farligt gods p å järnväg

Författare: Sven Fredén

Räddningsverkets kontaktperson:

Lenart Munkby, Enheten för farligt gods och kemi, tel 054 - 10 43 20

Förord

Denna studie har genomförts på uppdrag av Statens räddningsverk som även finansierat arbetet. En styrgrupp, bestående av Carl-Gustaf Ekequist, SJ, Malin Kotake, Banverket samt Lennart Munkby och Bo Zetterström, Räddningsverket, har varit knutna till projektet och varit till stor hjälp både som diskussionspartner och kunskapskälla. Uppgifter om SJ kostnader för skyddsvagnar har erhållits från Gustaf Stolk, SJ. Kapitel 8, "*Skyddsvagnars betydelse för räddningsarbetet*", har skrivits av Swen Krook, Räddningstjänsten, Malmö.

Innehållsförteckning

Abstract	7
Sammanfattning	9
1 Rapportens syfte	11
2 Metodik och disposition	13
3 Källor	15
4 Terminologi	17
5 Skyddsvagnars effekt på förväntat antal olyckor	19
5.1 Förväntat antal urspårningar vid tågrörelser.....	19
5.2 Olyckor vid rangering	23
6 Skyddsvagnars effekt på olyckans förlopp	25
7 Skyddsvagnars betydelse för olyckans konsekvenser	27
7.1 Allmänt.....	27
7.2 Kvantifiering av konsekvenser	27
7.3 Urspårningar	28
7.4 Växlingsolyckor.....	28
7.5 Sammanstötningar.....	29
8 Skyddsvagnars betydelse för räddningsarbetet	31
8.1 Allmänt.....	31
8.2 Identifiering av ämne	31
8.3 Skydd och säkerhet vid räddningsinsats.....	31
8.4 Brandpåverkan	32
8.5 Annan påverkan	32
8.6 Metoder för räddnings- och röjningsarbete	32
9 Icke olycksrelaterade kostnader	35
10. Diskussioner och slutsatser	37
10.1 Allmänt.....	37
10.2 Effekten av skyddsvagnar - kvalitativ sammanställning.....	39
10.3 Kostnads-/nyttoanalys	39
Referenser.....	41

Abstract

The Swedish regulations concerning the use of separation wagons in front of, between, and behind wagons containing dangerous goods are more extensive than the rules contained in RID. This report discusses the cost/benefit of the use of separation wagons as prescribed in Swedish regulations. One of the costs, which is purely financial, is that of maintenance, marshalling and the transporting of empty separation wagons. Other costs incurred originate from the fact that if a wagon derails there is a certain probability that the following wagons will also derail. Every separation wagon at the front of a train ahead of dangerous goods wagons increases the risk of those dangerous goods wagons leaving the track. There is even a risk involved in the marshalling of separation wagons. However this is rather difficult to calculate.

This report, based on more than 600 derailments on Swedish railways, is a proposed model calculating the probability of a secondary derailment as a result of a primary derailment. The cost of using separating wagons is calculated by adding the monetary cost for the use of those wagons, to the projected cost of an accident/derailment, the probability of which is now increased and expected. Those costs are weighed off against the theoretical benefits, i.e. the prevention of accidents. When calculating the costs of an accident the material presented in the VTI Report 387:5 1994 has been used. Using the VTI report the mean accident cost was however increased by about 3 million Swedish Krona (given a "standard" population density along the track and the given distribution of consignments of dangerous goods)

The present report shows that even with the theoretical maximum benefit the cost of using separation wagons at the front and end of block trains is much higher than the benefit achieved. For mixed trains the cost is equal to the maximal possible benefit.

Sammanfattning

Skyddsvagnar är vagnar som inte är lastade med farligt gods och vilka enligt vissa regler ska placeras före och efter vagn eller vagngrupp lastade med vissa olika slag av farligt gods, eller i vissa fall mellan vagn med farligt gods och lok eller sist i tåg. Skyddsvagnar kan antingen utgöras av vagnar utan transportuppgift eller av vagnar som, även om krav på skyddsvagnar ej förelåg, skulle ingå i tåget. Skyddsvagnar först och sist i tåg avser att minska konsekvenserna av en olycka (i första hand sammanstötning) för åkande personal. Skyddsvagnar som särskiljer vagnar med olika slag av farligt gods syftar till att underlätta släcknings-, räddnings- och bärgningsarbetet när en olycka inträffat (i första hand vid urspårning).

Denna rapport diskuterar nyttan av och kostnaden för skyddsvagnar. För de speciella skyddsvagnarna (utan transportuppgift) uppstår kostnader för att inneha, underhålla, rangera och framföra skyddsvagnar och för det intäktsbortfall som inträffar då de tar upp plats för vagnar med betalande gods.

Dessa kostnader har av SJ gods uppskattats till 10 000 kr per tågpar (genomsnittlig körsträcka 300 km) för systemtåg och 700 kr per "blandat" tåg.

En annan typ av kostnader uppstår på grund av att tillförda skyddsvagnar ökar sannolikheten för urspårning. Dessa kostnader uppkommer genom att en vagn som spårar ur ofta drar med sig ytterligare vagnar ur spåret (varje tågurspårning omfattar i medeltal 2,7 vagnar). Detta innebär att om en skyddsvagn spårar ur finns det ganska hög sannolikhet för att även en eller flera efterföljande vagnar, lastade med farligt gods, lämnar spåret. Med hjälp av de olycksutredningar som SJ under en tio årsperiod genomfört avseende urspårningar med godståg har en funktion som beskriver förväntat antal inblandade vagnar tagits fram. Med denna hjälp har "kostnaden" för skyddsvagnar i form av ökat antal urspårningar skattats. Kravet på skyddsvagnar leder även till ett ökat antal växlingsrörelser vilka i sig innebär en viss olycksrisk för skador och utsläpp på så kallade tunnväggiga cisternvagnar (vagnar ej avsedda för gaser). Denna olycksrisk har dock inte kvantifierats.

Eftersom det är svårt att på ett invändningsfritt sätt skatta den minskning av olyckskonsekvenserna som skyddsvagnar kan medföra har i stället skyddsvagnskostnaden skattats och jämförts med kostnaden för olyckor med farligt gods (med i tidigare litteratur angivet belopp). Den maximala, teoretiska vinsten med skyddsvagnar är när dessas närvaro helt eliminerar olyckskostnaden (detta är naturligtvis orimligt men ger en intressant jämförelse) och denna teoretiska vinst kan då ställas mot kostnaden. Det visar sig att för systemtåg överskrider skyddsvagnskostnaden vida även en maximal, teoretisk vinst när olyckskostnaden sätts till noll. För blandade tåg är kostnaden för skyddsvagnar och olyckskostnaden ungefär lika stora. Eftersom skyddsvagnarna i verkligheten knappast helt kan eliminera olyckskostnaderna är det även för blandade tåg svårt att motivera dem.

1 Rapportens syfte

För att bruket av skyddsvagnar ska vara samhällsekonomiskt motiverat måste man genom dessa först och främst erhålla en riskminskning och därutöver bör denna vara större än kostnaden för skyddsvagnar. En svårighet vid bedömning av skyddsvagnars värde ligger i att den positiva och negativa effekten faller inom flera olika områden; skyddsvagnar kan på flera sätt minska konsekvensen av en olycka men ökar sannolikheten för urspåringsolyckor och olyckor i samband med rangering av tåg samt ökar kostnaden för transporten. Denna rapport försöker väga riskökningens kostnader och kostnader för skyddsvagnar mot vinsten i form av lägre risk på grund av minskad sannolikhet för utsläpp och effektivare räddningsarbete.

2 Metodik och disposition

För skattning av förväntat antal olyckor har använts olika typer av sammanställningar över inträffade olyckor. För analysen av en olyckas möjliga konsekvenser har ett begränsat antal fallstudier stått till buds jämte olika typer av beräkningsmetoder. I denna rapport har storleken av konsekvenserna bedömts utifrån de resultat som presenterats i VTI:s rapporter 387:2, 387:4 och 387:5. En analys av olyckornas orsaker och konsekvenser kan endast ske om siffrorna i olycksstatistiken inte är alltför små. VTI:s studier har därför baserats på de summerade olyckorna från en tio årsperiod. Här har även data från längre tidsrymder utnyttjats för att få en uppfattning om konsekvensen av en olycka med farligt gods. Nackdelen med att använda olyckor från en så lång period är uppenbarligen att förhållandena under denna tidsrymd kan ha förändrats i sådan utsträckning att analysens resultat inte längre är giltigt. Även om inget tyder på det kan det inte uteslutas att en sådan förändring gör siffrorna inaktuella. Det tillgängliga statistiska materialet saknar många uppgifter som skulle ha underlättat och skärpt analysen. Bland annat saknas i allmänhet uppgifter om var i tåget den först urspårade vagnen befann sig, om den var lastad eller tom, hur många vagnar tåget omfattade och tågets hastighet vid urspårningen. De data som finns förefaller tillförlitliga och mörkertalet är sannolikt försumbart.

Materialet har använts för skattning av olycksintensitet (här lika med förväntat antal olyckor per vagnkm) och vid beräkning av urspårningars ”smittorisk”, det vill säga hur många vagnar som en urspårad vagn kan förväntas dra med sig av spåret.

Det har varit naturligt att dela upp huvuddelen av denna rapport i fem moment:

- Skyddsvagnars effekt på antalet olyckor (urspårningar och växlingsolyckor)
- Skyddsvagnars effekt på olyckans förlopp
- Skyddsvagnars effekt på olyckans konsekvenser och på räddningsförloppet
- Skyddsvagnars kapital- och hanteringskostnad
- Sammanfattning, diskussion och slutsatser

Det första momentets analys är generell och gäller oavsett om skyddsvagnar är insatta i heltåg eller blandade tåg och oavsett var skyddsvagnarna är insatta i tåget. De följande två momenten avser frågor som till större eller mindre del är avhängiga av tågets sammansättning - heltåg eller blandat tåg.

Eftersom urspårningar dels är den vanligaste typen av tågolycka, dels den enda art av tågolycka vars antal påverkas av förekomsten av skyddsvagnar ägnas en stor del av rapporten åt att diskutera *skyddsvagnars betydelse för antalet urspårningar*. Vidare kommer förväntat antal *olyckor vid rangering av skyddsvagnar* att diskuteras. Dessutom kommer *skyddsvagnars betydelse för konsekvenser och för räddningsarbetet* att behandlas och slutligen görs

ett försök att skatta värdet uttryckt i kronor av de genom skyddsvagnar erhållna riskförändringarna för några olika typer av tåg och några varianter påregler för skyddsvagnars placering.

3 Källor

Det har inte gått att finna någon litteratur eller andra källor som innehåller en generell analys av skyddsvagnars betydelse för olyckornas uppkomst, deras förlopp eller konsekvenser. Järnvägsförvaltningarnas regelverk saknar genomgående explicita motiveringar, vilket gör det svårt att veta vilka överväganden som ligger till grund för gällande bestämmelser. Det är nog inte alltför djärvt att påstå att bestämmelserna om skyddsvagnar utgör ett arvegods från järnvägarnas tidiga historia plus ett antal regler som tillkommit för att söka hindra en upprepning av någon speciellt spektakulär olycka. En omfattande studie över hur olika variabler påverkar sannolikheten för att en vagn ska spåra ur (primärt eller som konsekvens av annan urspårad vagn) gjordes under mitten av 1980-talet i Kanada (Sacomanno and El-Hage, 1989). En statistisk bearbetning av en mycket stor och fullständig samling av olycksrapporter visade att urspårningarnas antal sjönk påtagligt med avståndet från loket när urspårningen orsakades av spårfel, och sjönk något när olyckan orsakades av vagnfel (vilket ju förefaller rimligt). Tyvärr saknar rapporten den analys av system och funktioner som krävs för att bedöma dess tillämplighet för europeiska järnvägar.

Allmänna uppgifter om antalet olyckor och deras art har erhållits ur SJ:s årliga publikation "Säkerhetstjänsten". Det bör noteras att 1994 ändrades den internationellt överenskomna gränsen för i statistiken medtagen olycka från skadekostnaden 12 000 kr till 10 000 ECU (om någon avlidit som en följd av en olycka medtages dock alltid en sådan olycka i statistiken). Denna ändring påverkar märkbart den angivna skadefrekvensen i den internationella statistiken och i SJ:s publikation "Säkerhetstjänsten".

Mer detaljerade uppgifter om olyckor med godståg har för perioden 1979 - 1990 hämtats ur SJ:s sammanställningar över inträffade olyckor. Totalt har 683 urspårningsolyckor med godståg och med 1560 inblandade vagnar utnyttjats för att skatta fördelningen av antalet urspårade vagnar vid urspårningsolyckor. Detta material har även använts för att beräkna fördelningen av antalet vagnar som en urspårning omfattar.

För perioden 1994 till juli 1997 har Järnvägsinspektionens olycksregister "HÄR" funnits att tillgå. Eftersom det finns ofullkomligheter i inrapporteringen till de tidigare registren har SJ:s, Järnvägsinspektionens och Räddningsverkets förteckningar över olyckor sammanställts. Dessa uppgifter redovisas i VTI:s rapport 387:2 1994. Sambandet mellan olycksbenägenhet och olika spår- och trafikrelaterade faktorer har likaså hämtats ur VTI:s rapport 387:2 1994. Uppgifter om järnvägens produktion har hämtats ur Sveriges Järnvägar (Sveriges officiella statistik, SCB)

Uppgifter om nu gällande regler för skyddsvagnar har (970808) erhållits från Jernbanetillsynet (Danmark), Railned (Holland), Banförvaltningscentralen (Finland), Railtrack (UK).

Övriga här använda uppgifter avseende olyckor och deras relation till trafikproduktion med mera. är huvudsakligen hämtade från VTI:s rapport 387:2 94, vilken även innehåller en förteckning över litteratur rörande transport av farligt gods på järnväg. I görligaste mån har dock där publicerade uppgifter uppdaterats med hjälp av tillgängliga statistikuppgifter från senare år.

4 Terminologi

I denna rapport används järnvägstermer i enlighet med SJ:s författning 010 (SJF 010, Säkerhetsordning, 1 §, Begreppsförklaringar med flera ställen) samt enligt Järnvägsinspektionens regler om trafiksäkerhetsinstruktion för järnväg (JH 4.1, kommentarer 1§2/Vissa begrepp med mera). Därutöver används här begreppet rangering för att beteckna de vagnrörelser som sker för att sortera vagnarna och som inte har som huvudsyfte att flytta vagnarna längs spåret (i motsats till växling).

Termen olycksintensitet används för förväntat/inträffat antal olyckor per ett produktionsmått (till exempel vagnkm, tågkm eller tonkm). Eftersom urspårningsintensiteten varierar bland annat med spårets kvalitet är det lämpligt att vid diskussion av denna som en funktion av vagnens placering i tåget och antal vagnar i tåget använda ett relativt mått. Förväntat antal primära urspårningar (det vill säga en vagn som spårar ur utan att någon föregående vagn i tåget lämnat spåret) ges värdet 1.

För att kunna göra meningsfulla jämförelser mellan olika handlingsalternativ har begreppet risk definierats på följande sätt¹:

Risk = förväntat antal olyckor per produktenhet (vagnkm eller tågkm) gånger olyckornas medelkonsekvens. Konsekvensen har skattats i monetära enheter (riskens måttenhet: kr).

¹ Denna definition skiljer sig något från den oftast förekommande, där "uttrycket förväntat antal olyckor" ersätts av "sannolikheten för olycka". Sannolikhetsbegreppet förutsätter dock ett scenario i form av ett utfallsrum som har en viss utsträckning (tid, transport etc.) och som avslutas när en eventuell olycka inträffat (utfallsrummet har två avslut: olycka/icke olycka). I järnvägsscenarioet är det mer naturligt att tänka sig att funktionen fortgår tills den mängd, som definierar rummet, är fylld, oavsett hur många olyckor som händer under denna period.

5 Skyddsvagnars effekt på förväntat antal olyckor

Man kan tänka sig ett antal olika olycksscenarier där en skyddsvagn utgör den utlösande faktorn. I realiteten är det dock endast två typer av olyckor som förekommer tillräckligt ofta och där skyddsvagnars inflytande på antalet är tillräckligt stort för att de ska ha någon betydelse i detta sammanhang; urspårningar vid tågrörelse, vagnuttagning och olyckor vid växling. Frekvensen av övriga, någorlunda frekventa olyckstyper som kan leda till utsläpp av farligt gods - sammanstötning på plankorsning med tunga fordon och sammanstötning mellan tåg - påverkas inte av skyddsvagnar.

5.1 Förväntat antal urspårningar vid tågrörelser

Urspårningar, allmänt

Antalet urspårningsolyckor med farligt gods är få (några varje år) och kan inte göras till föremål för någon meningsfull statistisk bearbetning. En analys av skyddsvagnars betydelse för förväntat antal urspårningar av farligt godsvagnar måste utgå från att den generella urspårningsstatistiken är tillämplig även på vagnar lastade med farligt gods och på skyddsvagnar. Lastens art har ingen betydelse för vagnars urspårningsintensitet².

När en vagn spårar ur innebär detta att ett hjulpar lämnat spåret. Detta kan bland annat bero på att axeln brustit på grund av utmattning, att axeltappen deformerats på grund av varmgång, att vagnen kört på ett föremål på spåret, en olycklig kombination av dåliga gångegenskaper och spårålagfel eller på grund av att en växel lagts om under vagnen. Det visar sig emellertid att oavsett urspårningens orsaker kommer den först urspårade vagnen att i drygt 30 % av fallen att följas av en eller flera vagnar som också lämnar spåret. Anledningen kan till exempel vara att den först urspårade vagnen gräver ned sig i ballasten och trycker ut efterföljande vagnar eller genom att den förstör spåret (eller både och) och får en eller flera efterföljande vagnar att spåra ur. Det kan givetvis också inträffa att spåret redan innan tåget kommer till urspårningsplatsen är så skadat (till exempel bortspolat eller kraftig solkurva) så att varje fordon som försöker passera den skadade sträckan kommer att spåra ur. I så fall blir ju den här beskrivna kedjereaktionen betydelselös. Det visar sig emellertid att första fordonet snarast är under-representat i urspårningsstatistiken. Det finns ytterligare ett indicium för att antalet sådana urspårningar, som var en ofrånkomlig följd av spåråfel, är begränsat - den betydande skillnaden i urspårningsintensitet för lok, boggi-vagnar och tvåaxliga vagnar.

² Om vagnen är lastad eller ej har däremot betydelse för vagnens urspårningsbenägenhet. Tillgänglig statistik till år dock ej bearbetning av denna variabel.

Medeltalet urspårade vagnar är, som nämnts, per (tåg-) urspårningstillfälle 2,7. Konsekvensen av detta förhållande är att det inte är ointressant om en ”ofarlig” vagn spårar ur framför en vagn lastad med farligt gods. Oavsett hur långt avståndet mellan vagnarna är finns det en viss sannolikhet att den ska dra med sig vagnen med farligt gods. Rent generellt gäller alltså att ju fler vagnar som en vagn har framför sig, ju större är sannolikheten för att denna ska spåra ur. Effekten av att flyttas ett steg bakåt blir mindre ju längre bak vagnen befinner sig. Skillnaden mellan plats 49 och 50 har ingen praktisk betydelse medan skillnaden mellan plats 1 och 3 är ungefär tre gånger. Detta innebär att det inte är ointressant om man genom att sätta in två skyddsvagnar flyttar vagnen med farligt gods från nr 1 till nr 3 eller från nr 7 till nr 8. Genom att analysera ett stort antal urspårningar kan denna ”smittoeffekt” beräknas.

Vid skattningen av hur följden av en primär urspårning påverkar antalet förväntade urspårningar kan man i en första approximation utgå från att alla vagnar har samma urspårningsintensitet (förväntat antal urspårningar per vagnkm). Detta är emellertid inte nödvändigtvis sant. Även om den tillgängliga statistiken är ofullständig framgår det av denna att urspårningsintensiteten för tvåaxliga vagnar är ungefär dubbelt så hög som för boggivagnar. Som nämnts finns även skäl att förmoda att urspårningsintensiteten för lätta, olastade tvåaxliga vagnar skiljer sig ännu mer från boggivagnar.

I det föregående har vi förutsatt att sannolikheten för en primär urspårning är oberoende av vagnens placering i tåget. Detta är emellertid inte nödvändigtvis sant. Lätta vagnar inne i tunga godståg har under vissa omständigheter en betydligt högre urspårningsintensitet än samma vagn sist i ett tåg. Sannolikheten för att en sådan vagn ska spåra ur ökar således markant om tåget befinner sig i en växelkurva och samtidigt påbörjar en inbromsning - en inte särskilt ovanlig situation på en bangård. Av denna anledning överväger man inom flera järnvägsföretag att förbjuda inväxling av olastade vagnar inne i tunga godståg.

Skyddsvagnars inverkan på förväntat antal urspårningar

Vi har tidigare konstaterat att insättning av ytterligare en vagn i tåget - oavsett vagn typ - leder till att förväntat antal urspårningar ökar för efterföljande vagnar. Vi har också noterat att skyddsvagnar i vissa fall utgöres av lätta, tvåaxliga vagnar och att dessa spårar ur ungefär dubbelt så ofta per vagnkm som boggivagnar³. Den av skyddsvagnar ökade urspårningsintensiteten kan innebära en riskökning som inte vägs upp av skydds-

³ Benägenheten för urspårning är relaterat till vagnens utförande och underhållsstatus samt till spårets kvalitet. Det statistiska underlaget för denna skattning av urspårningsfrekvenser är inte bra men det finns inget bättre. Vi delar upp vagnarna i två grupper: tvåaxliga/boggi. Egentligen borde även lastade/olastade vara med som indelningsgrund. Vi delar in spåret efter enkla tekniska kriterier. Mer relevant vore underhållsstatus och spårstatus. Detta underlag har vi dessvärre inte tillgång till. Vi förutsätter att transportarbetet tvåaxliga/boggi fördelar sig jämt över bannätet. Sannolikt finns det en snedfördelning: större andel boggivagnar på stomnätet än på det lokala nätet (länsbanor, kapillära nätet).

vagnens positiva effekt vid en olycka. Det är därför viktigt att med hjälp av tillgänglig statistik skatta denna riskökning för olika aktuella tågsammansättningar.

I nedanstående beräkningar och diagram har ett relativvärde för urspårningsintensiteten använts. För en ”primär” urspårning har detta getts värdet ”1” för en boggivagn och på ”normal” spårstandard (för en diskussion av dessa frågor hänvisas till VTI:s rapport 387:2 1994). För att erhålla ett relativvärde som hänför sig till ett produktionsmåt (och eventuellt till annan spårstandard, annan rörelseform etc.) ska relativmåten multipliceras med en faktor, som är knuten till de aktuella förutsättningarna

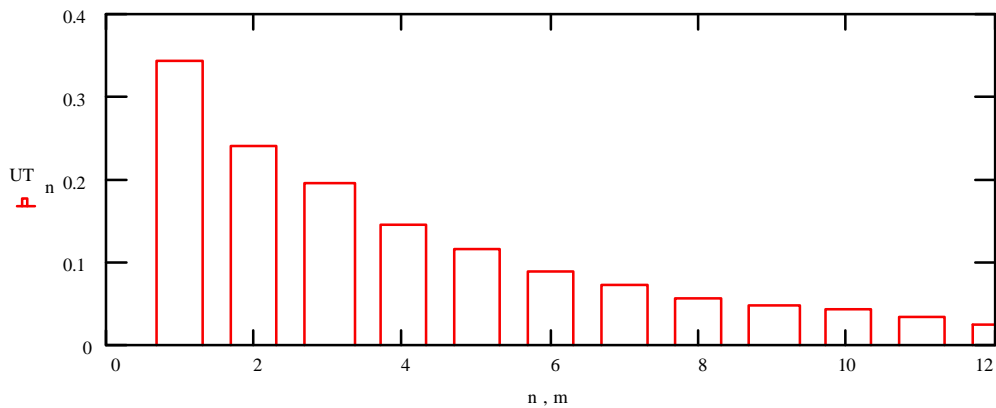


Fig. 1. Sannolikheten (UT) för att vagn nr 1, 2, 3 etc ska spåra ur om vagn nr 0 har spårat ut.

Med hjälp av den statistiska fördelningen av antalet urspårade vagnar vid urspåringsolyckor beräknas sannolikheten för att vagn nr 1, 2, etc efter den primärt urspårade vagnen spåra ur. I nästa steg beräknas det genomsnittliga urspårningstalet (medelvärdet för antalet urspårningar per 10^9 vagnkm) för ett tåg som en funktion av tågets längd.

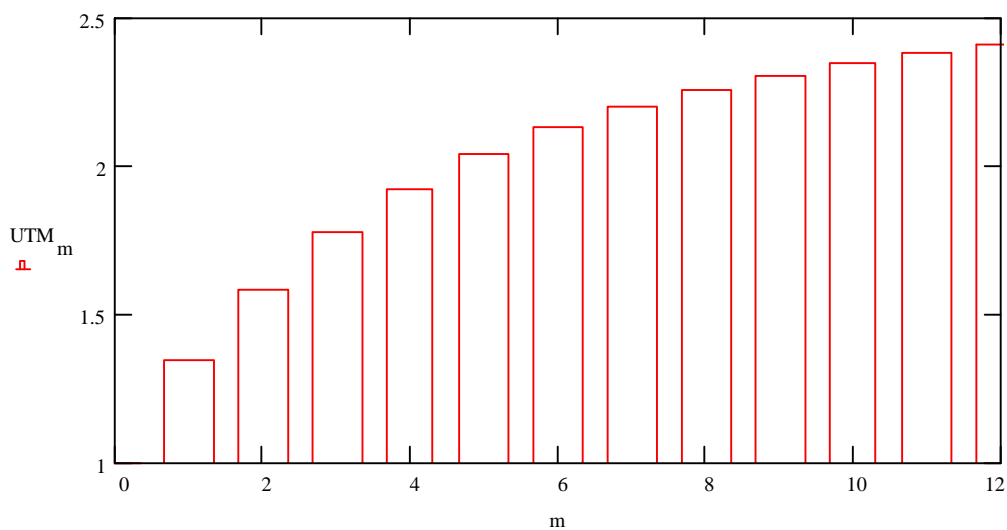


Fig. 2. Förväntat antal urspårningar (UTM) för vagn nr 1, 2, 3 etc. (primära och sekundära urspårningar).

Motivet för dessa beräkningar är att de möjliggör en skattning av hur medelvärdet för tågets urspårningstal förändras när man sätter in speciella skyddsvagnar (det är givetvis endast relevant - i detta sammanhang - när skyddsvagnar placeras före vagnar med farligt gods). Vid dessa beräkningar kan även hänsyn tas till att skyddsvagnar, som normalt utgöres av tvåaxliga, olastade vagnar, har väsentligt högre urspårningstal än tankvagnar för farligt gods (så gott som uteslutande boggivagnar). I princip kan man även beräkna effekten av sådana förändringar av vagnarnas ordningsföljd som uppkommer när kravet på skyddsvagnar ska uppfyllas i tåg med blandat gods (tåget består av farligt godsvagnar plus vagnar med annat gods). Dessa effekter är dock så små och beräkningarna behäftade med så stor osäkerhet att detta knappast är meningsfullt.

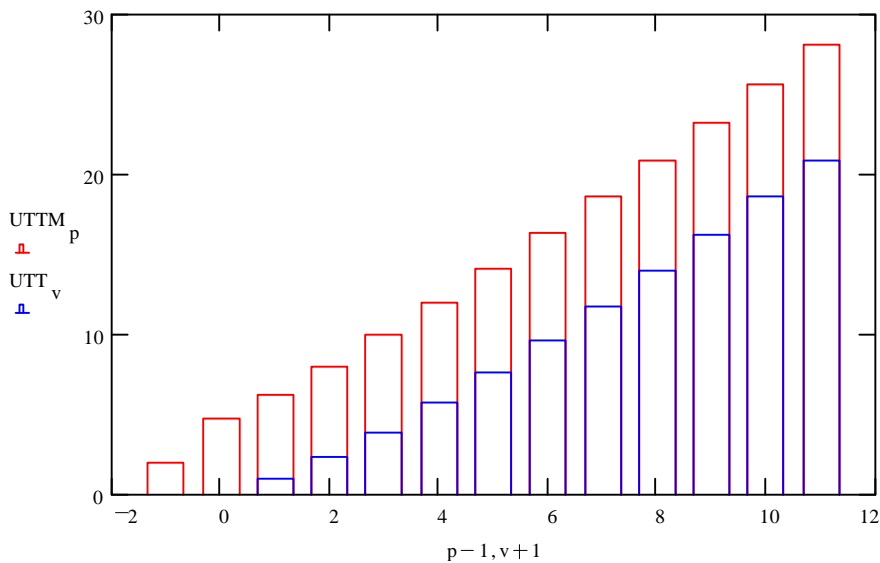


Fig. 3 Förväntat antal urspårningar som funktion av antalet vagnar i tåget. Vagn nr -1 och nr 0 är skyddsvagnar. Nedre delen av stapeln avser tåg utan skyddsvagnar, övre delen, samt där ingen indelning finns, avser tåg med två tvåaxliga skyddsvagnar först i tåget. Relativa värden; förväntat antal urspårningar för en ensam boggivagn har satts till 1.

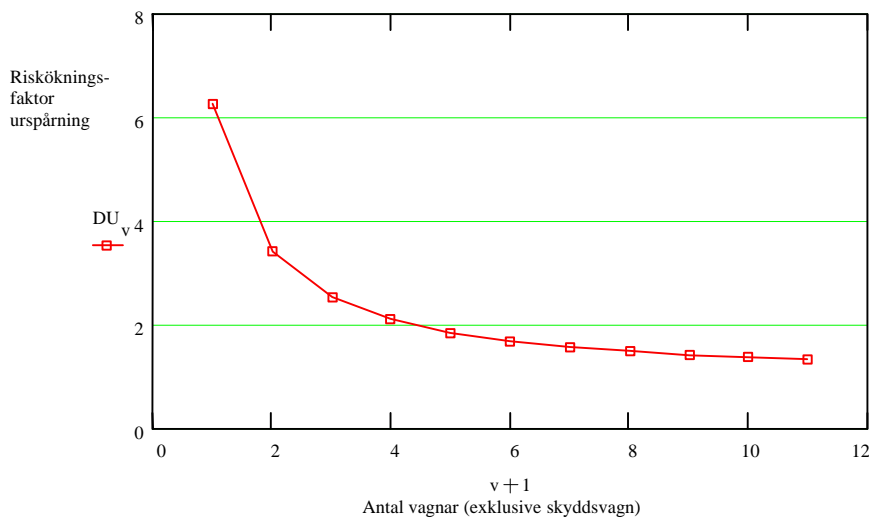


Fig. 4 Riskökningsfaktor som funktion av antal vagnar i tåget när två tvåaxliga skyddsvagnar placeras främst i tåget.

Sammanfattningsvis kan vi konstatera att två tvåaxliga skyddsvagnar före en vagngrupp ökar förväntat antal urspårningar i denna grupp med ca 5 enheter (relativmätt). Detta ska ställas i relation till att exempelvis en vagngrupp om tio vagnar har ett förväntat antal urspårningar om ca 20 enheter.

5.2 Olyckor vid rangering

Om vagnarna i ett godståg ska till olika mottagare måste de sorteras i en bestämd ordning. Detta sker genom rangering. Om det krävs att sorteringen även ska ta hänsyn till krav på skyddsvagnar ökar antalet rangeringsoperationer vilket skapar risker. Eftersom rangeringen sker i låg hastighet blir dock skadorna oftast obetydliga eller måttliga. Helt kan man dock inte utesluta att "tunnväggiga" vagnar (avsedda för vätskor vid atmosfärstryck) springer läck. Konsekvenserna av en sådan olycka där till exempel bensin exploderar eller syra rinner ut och reagerar med ämnen i omgivningen kan givetvis bli mycket omfattande. Det är sannolikt att slopade eller minskade krav på skyddsvagnar skulle minska antalet rangeringsolyckor.

6 Skyddsvagnars effekt på olyckans förlopp

Vid en urspåring har skyddsvagnar knappast någon effekt på själva olycksförloppet. Vid en frontal sammanstötning mellan två tåg eller mellan tåg och annat tungt järnvägsfordon eller när ett tåg blir påkört bakifrån eller vid en plankorsningsolycka där ett tungt landsvägsfordon är inblandat kan skyddsvagnar fungera som deformationszoner och ta upp en del av den energi som annars skulle utöva våld på vagnar med farligt gods. Sammanstötningar mellan tåg och ett tungt fordon eller ett annat tåg innebär att mycket stora krafter släpps lösa. Dessa krafter leder oftast till att ett antal vagnar lämnar spåret och stöter ihop med sådana föremål som finns i spårets omgivning och med andra vagnar. Kollisionspunkterna är helt oförutsägbara, de kan finnas var som helst på vagnarna. Skyddsvagnarna kan i vissa scenarier minska skadorna på efterföljande tankvagnar med farligt gods medan de i andra fall kan leda till att skadorna förvärras.

7 Skyddsvagnars betydelse för olyckans konsekvenser

7.1 Allmänt

Riskerna vid transport av farligt gods bildas av tvåkomponenter. Den första uttrycker förväntat antal olyckor, den andra olyckornas konsekvenser. Konsekvenserna kan uttryckas med måten antalet skadade vagnar, utsläppets storlek, antalet döda och skadade, skador på miljö, olyckans företagsekonomiska kostnad eller den samhällsekonomiska uppoffringen.

7.2 Kvantifiering av konsekvenser

Förloppet efter den primära olyckan är beroende av en mängd variabler. Konsekvenserna i form av utsläpp eller fara för utsläpp är bland annat beroende av olyckans art, omgivningens ”aggressivitet”, vagnarnas fördelning i tåget och tågets hastighet. De ekonomiska och mänskliga konsekvenserna är i sin tur en funktion av bland annat hur många människor som finns runt olycksplatsen, typ av bebyggelse och natur, väderleken vid olyckstillfället och räddningstjänstens resurser. De lyckligtvis fåtaliga olyckorna där en tågolycka inneburit fara för utsläpp eller brand av farligt gods medger inget statistiskt modellbygge. Bedömningen av möjliga konsekvenser får baseras på fallstudier och den sakkunskap som räddningstjänsten besitter.

Genomsnittskostnaden för en olycka som leder till utsläpp av ammoniak i stad har skattats till 10 Mkr och worst case till 300 Mkr (Svarvar & Persson 1994). Dessa kostnadsuppskattningar har använts här. Genomsnittskostnaden för ett bensinutsläpp är enligt samma författare 1 Mkr (oavsett om olyckan sker i stad, by eller på landet). Även olyckor med bensin kan dock bli mycket kostsamma. Det kan nämnas att branden i ett helt åg med bensin vid Affoltern Zürich 1994 beräknas att ha kostat samhället minst 30 M SFR (ca 150 Mkr) enbart i materiella skador (inga dödsfall, tre personer skadade).

En olycka kan ju involvera mer än en vagn för farligt gods (om tåget innehåller flera vagnar med farligt gods placerade nära varandra). Det är inte självklart hur kostnaden ska beräknas i ett sådant fall. Sannolikheten för en skada som leder till utsläpp ökar med antalet skadade vagnar och därmed risken. Samtidigt är många av de kostnader som är förknippade med farligt godsolyckor ganska oberoende av om en eller flera vagnar utgör en latent risk - räddningspådrag, evakuering med mera. Man kan konstatera att det inte är ett linjärt samband mellan antalet inblandade farligt godsvagnar, utsläppets storlek och olyckans kostnad. De kostnader som Svarvar och Persson har räknat fram är givet ett utsläpp. Eftersom endast en liten del av olyckor där vagnar med farligt gods är involverade leder till utsläpp ska egentligen kostnaderna reduceras med avseende på denna utsläppssannolik-

het (de siffror som i olika sammanhang redovisats här avser antalet olyckor – urspårningar, sammanstötningar – och inte antalet utsläpp. Vidare bör hänsyn tas till hur de olika befolkningstätheterna, av Persson och Svarvar angivna som stad, by och land, fördelas längs transportvägen. I den ursprungliga kalkylen ingick inte heller de i vissa fall mycket höga kostnaderna för räddningsarbetet, utrymning med mera som en olycka med farligt gods kan innebära även om inget läckage förekommer. Inom ramen för skyddsvagnsprojektet har det inte funnits möjlighet att närmare analysera totalkostnaden för olyckor med farligt gods vagnar. Med utgångspunkt från Svarvar och Persson och en gissad fördelning av bebyggelseformerna (10% ”stad”, 20% ”by” och 70% ”land”) blir kostnaden per utsläpp ca 1 Mkr både för ammoniak och för bensin. Med tanke på de stora kostnader som drabbar samhället även när inget utsläpp sker har olyckskostnaden för varje skadad eller urspårad vagn skattats till 10 Mkr.

7.3 Urspårningar

Vi har hittills uttryckt förväntat antal urspårningar i relativa tal. För att kunna bedöma den samhällsekonomiska effekten av skyddsvagnar måste vi skatta det verkliga antalet urspårningsolyckor i relation till transportarbetet (urspårningsintensitet, urspårningar per vagnkm). Urspårningsintensiteten är bland annat starkt beroende av spårets kvalitet samt vagnkonstruktionen (se VTI:s rapport 387:2 1994). Den helt övervägande delen vagnkm med farligt gods produceras på banor av hög standard och vi har med denna förutsättning valt ett snittvärde på urspårningsintensiteten på 16×10^{-9} för tvååxliga vagnar och 5×10^{-9} för boggivagnar. Som nämnts ökar skyddsvagnar, inväxlade närmast lok i helt åg, förväntat antal urspårningar bland farligt godsvagnarna med ett mått motsvarande fem ytterligare tvååxliga vagnar. Riskkostnadsökningen blir då (under antagandet att varje urspårad vagn ”kostar” 10 Mkr) $5 \times 16 \times 10^{-9} \times 10^7 = 0,8$ kr.

7.4 Växlingsolyckor

Den intressanta frågan är om antalet växlingsolyckor med farligt godsvagnar skulle minska om kravet på skyddsvagnar minskade, och om denna minskning skulle innebära någon väsentligt minskning av den totala risken vid transport av farligt gods. Under den period som Järnvägsinspektionens register ”HÄR” omfattar (1994 - juli 1997) har 36 växlingsolyckor med farligt godsvagnar registrerats. Av dessa kan 25 klassificeras som urspårning och 11 som sammanstötning. I inget fall skedde något utsläpp. I en studie över perioden 1989 - 1992 registreras 13 olyckor med farligt gods i samband med växling och i inget fall skedde något utsläpp. Sedan 1989 har endast tre fall inträffat där utsläpp skett efter en växlingsolycka. I två av fallen har oljetankvagnar träffats från sidan av lok, i det tredje körde ett växlingssätt in i sidan på ett annat växlingssätt. Från detta material måste man dra slutsatsen att en minskning av växlingsolyckor med farligt godsvagnar endast i ringa omfattning skulle förändra den totala risken.

7.5 Sammanstötningar

De sammanstötningar som med ej försumbar sannolikhet kan orsaka så stora skador på vagnar att farligt gods släpps ut, är nog endast sådana som sker mellan två tåg, mellan tåg och växlingssätt och mellan tåg och tungt landsvägsfordon (tungt fordon har här annan innebörd än i vägtrafikförordningen >3,5 ton, gränsen bör snarare sättas vid > 40 ton, se VTI:s rapport 387:2 1994). Det finns givetvis andra möjliga scenarier som skulle kunna orsaka svåra skador på tankvagnar. Ett sådant är när ett tåg kör in i ett annat från sidan och ett annat när ett mötande tåg kör in i vagnar som spårat ur och hamnat på ett angränsande spår. Dessa händelseförlopp är mycket sällsynta och skyddsvagnar saknar betydelse för olycksförloppet. Sidokollisioner i samband med växling förekommer uppenbarligen men skadorna är i allmänhet så små att dessa olyckor inte registreras i olycksstatistiken (speciellt med nu gällande minimibelopp 10 000 ECU). Den låga hastigheten vid dessa rörelser betyder att endast tunna tankar kan få sådana skador att farligt gods släpps ut. Antalet olyckor av denna art är dock så litet att det inte är möjligt att göra någon skattning av frekvensen.

De skador som uppkommer vid en sammanstötning varierar starkt. Antalet sammanstötningar mellan tåg och andra tunga fordon är så ringa att det knappast går att göra någon statistisk uppskattning av olyckskostnaden, speciellt som utvecklingen av vagnarna gör att man i detta fall inte kan använda sig av äldre data. Här har därför - ganska godtyckligt - olyckans konsekvenser satts att motsvara tre urspårade vagnar (30 Mkr).

Antalet sammanstötningar mellan tåg är under perioden 1988 - 1996 något under en per år och mellan tåg och växlingssätt ungefär lika många. Detta ger ca $0,02 \times 10^{-6}$ sammanstötningar per tågkm. Antalet sammanstötningar med "tunga" fordon (i här använd mening) har skattats till $0,04 \times 10^{-6}$. Totalt ger detta ca $0,06 \times 10^{-6}$ sammanstötningar per tågkm. För att kunna relatera dessa uppgifter till transportarbetet ska de räknas om till olyckor per vagnkm. Om vi antar att tåget i genomsnitt har tjugo vagnar blir siffran 3×10^{-9} sammanstötningar per vagnkm. Om vi antar att två skyddsvagnar i början av tåget minskar risken med 50 % skulle den på grund av skyddsvagnarna minskade riskkostnaden per vagnkm uppgå till 0,05 kr.

8 Skyddsvagnars betydelse för räddningsarbetet

8.1 Allmänt

Vid en olycka med farligt gods är oftast den svåraste uppgiften inledningsvis för räddningsledaren att göra en riskbedömning av aktuellt läge och lägesutveckling. Detta försvåras avsevärt om olika ämnen är inblandade i olyckan och läckage eller fara för läckage föreligger. Kan risken för att flera olika ämnen påverkas vid olycka begränsas, innebär detta att räddningsinsatsens effektivitet, snabbhet och säkerhet ökar. Skyddsvagnar som skiljer vagnar med olika laster åt kan därför ha en avgörande betydelse för räddningsarbetet vid en olycka.

8.2 Identifiering av ämne

Inledningsvis vid en olycka måste räddningstjänsten på plats identifiera vilket gods en vagn innehåller. Detta görs genom att vagnens märkning kontrolleras och eventuella vagnsdokument kontrolleras. Även om uppgifter om innehåll meddelats i samband med larmning av räddningsstyrka eller via kontakt med SJ:s vagnsefterforskning eller rangertorn innan räddningsstyrkan nått olycksplatsen, måste dessa uppgifter verifieras på plats.

En sådan identifiering underlättas betydligt om skyddsvagnar finns mellan de olika typerna av farligt godsvagnar. Även på långt håll kan det konstateras vilka vagnar som är skyddsvagnar och vilka som är farligt godsvagnar. Således kan räddningsledaren oftast även på håll avgöra exempelvis olika grupper av vagnar med gas och deras innehåll. Detta försvåras avsevärt om vagnar med olika typer av farligt gods är direkt sammankopplade.

8.3 Skydd och säkerhet vid räddningsinsats

Räddningsledaren ska innan insats, utgående från en riskbedömning, besluta om skyddsnivå, risknivå och riskområde. Ett stort problem är att välja rätt skyddsnivå, det vill säga skyddsutrustning för räddningspersonal, då flera ämnen är inblandade i en olycka och utsläpp eller fara för utsläpp föreligger. Exempelvis brandfarlig gas/vätska i kombination med giftig gas.

Kombinationen brandpåverkan och samtidig påverkan av giftiga och/eller frätande ämnen utgör det största problemet. Den skyddsutrustning merparten av räddningsskåren förfogar över är antingen anpassad för brandpåverkan (branddräkt med andningsskydd) eller kemikaliepåverkan (gastät ventilerad kemskyddsdräkt). För insatser under kort tid i ett riskområde utnyttjas kemöverdrag (ej gastäta) i kombination med branddräkt och andningsskydd. På marknaden finns även gastäta ventilerade kemdräkter som kan bäras över en branddräkt och således skydda mot både brand- och kemikaliepåverkan. Sådana dräkter är dock ovanliga i räddningstjänsten.

Kan risken för att flera olika ämnen påverkas vid olycka minskas innebär detta en högre säkerhet för räddningspersonalen. För ämnet rätt anpassad skyddsutrustning kan användas.

8.4 Brandpåverkan

Ett stort hot vid olyckor med farligt gods är om brand utbryter. Speciellt avser detta om stora mängder vätska rinner ut och antänds eller om jetbrand uppstår vid skada på vagn lastad med gas.

Intelligande vagnar kommer direkt att påverkas av värmestrålning och direkt brand. Flera exempel finns på allvarliga olyckor där detta skett och branden omfattat flera vagnar med farligt gods inom en mycket kort tidsperiod. Skyddsvagnars effekt är att brandpåverkan på vagnar med andra ämnen begränsas inledningsvis och att möjligheter ökar att hindra påverkan på andra farligt godsvagnar. Direkt brandpåverkan från en läckande gasol-vagn på en intillstående klorvagn kan mycket snabbt få förödande konsekvenser.

Vid brandpåverkan på flera olika ämnen försvåras avsevärt både riskbedömning och val av metod för att begränsa olyckans konsekvenser. Konsekvenser på människor i omgivningen kan dessutom bli värre än utsläpp av de olika ämnena enskilt.

8.5 Annan påverkan

Ämnen som på förhand kan konstateras direkt farliga att komma i kontakt med varandra måste självfallet separeras. Var för sig kan sådana ämnen ha begränsad påverkan på omgivningen och räddningsarbetets genomförande vid olycka. Kontakt inbördes kan innebära explosionsfara, okontrollerbara reaktioner med mera. Redan möjligheten att detta kan ske - vid ett eventuellt befarat utsläpp - påverkar räddningsarbetets genomförande negativt.

8.6 Metoder för räddnings- och röjningsarbete

Alla typer av ämnen som är inblandade i en olycka kan kräva specifika metoder och specifik utrustning för begränsning, omhändertagande, sanering och röjning.

Olyckor som inträffat i Kävlinge och Kälarne visar att även om flera olika ämnen varit inblandade och fara för utsläpp bedömts föreligga under vissa moment, så har separationen av de olika ämnena inneburit att en dynamisk situation enbart bedömts kunna uppstå för ett specifikt ämne. Detta har inneburit en hög säkerhet och effektivitet i räddningsarbetet.

Ett akut skede kan innebära problem som belysts ovan. Bedömning av dimensionerande risk och därmed metod och materiel för insats bör i många fall kunna underlättas vid närvaro av skyddsvagnar som begränsar de inbördes reaktionerna mellan olika laster.

Bärgning av farligt godsvagnar innebär oftast en förändring från ett ur risk-synpunkt statiskt läge till en dynamisk situation. De olika metoder som kan krävas för olika ämnen (läktring - avfackling - lyft med produkt) innebär i sig risker.

Separering av olika ämnestyper innebär därför oftast mindre risker i samband med bärgningsinsatser.

9 Icke olycksrelaterade kostnader

Kostnader för skyddsvagnar kan relateras till följande rubriker:

- Reduktion av tågets nyttolast
- Banavgift
- Vagnavgift
- Hanteringskostnad (rangering med mera)
- Vagnkostnad

Samtliga dessa kostnadsposter förekommer vid helt åg. Vissa av dem är beroende av transportsträckans längd (banavgift och lastreduktion) medan andra är helt eller i stort sett oberoende av denna (vagnavgift, hanteringskostnad och vagnkostnad). Relationen mellan de olika kostnadsposterna är sådana att summan endast i till ringa del är beroende av transportens längd. Som exempel har nämnts att den totala kostnaden för skyddsvagnar (två först och två sist) i ett systemt åg som går en 300 km lång sträcka blir ca 10 000 kr (inklusive återtransport av skyddsvagnar). För ett "blandat" tåg uppges att speciella skyddsvagnar (utan transportfunktion) måste sättas in i 5 % av alla tåg. Skyddsvagnskostnaden för ett sådant tåg som går 300 km blir i genomsnitt ca 700 kr (uppgifterna har erhållits från SJ gods). Kostnaderna per tågkm blir 33 kr respektive 2,30 kr. Om vi antar att ett helt åg består av 20 lastade vagnar plus skyddsvagnar blir kostnaden per vagnkm 1,70 kr för vagnar med farligt gods. Om vi antar att det blandade tåget har 5 vagnar med farligt gods blir skyddsvagnskostnaden per farligt gods vagn och km ca 0,50 kr.

10. Diskussioner och slutsatser

10.1 Allmänt

I analysen är det viktigt att särskilja två fall av skyddsvagnsanvändning:

- 1) Skyddsvagnar, som saknar annan transportuppgift, placeras först och sist i *systemtåg* (*heltåg*; tåg med uteslutande cisternvagnar och alla lastade med samma ämne).
- 2) Blandade tåg; I tåg med både farligt godsvagnar och andra vagnar (här kallade *blandade tåg*), växlas i första hand de vagnar, som av kommersiella skäl ska gå i tåget och som uppfyller kraven på en skyddsvagn, in på ett sådant sätt att behovet av skyddsvagnar tillgodoses. När detta av något skäl inte är möjligt växlas dedicerade skyddsvagnar in.

Olycksstatistiken visar att det per 10^9 vagnkm med tvåaxlig vagn sker 16 urspårningar och med boggivagn 5 urspårningar. Per miljon tågkm sker 0,06 sammanstötningar av sådan karaktär att de kan leda till skador på en tankvagn med farligt gods. Även om vi nöjer oss med att betrakta systemtåg finns betydande svårigheter att värdera skyddsvagnarna. Ett problem är att medan utgiftsposten - ökningen av antalet urspårningar - kan skattas med en låg men dock acceptabel noggrannhet, är den största vinsten - minskning av sammanstötningens konsekvenser - ytterst vanskelig att värdera. Vi kommer här att diskutera heltåg med farligt gods (och med eventuella skyddsvagnar) och tåg med blandat gods i två skilda avsnitt.

Vi har visat (sid 7 ff.) att två tvåaxliga skyddsvagnar i början av ett heltåg ökar det förväntade antalet urspårningar för efterföljande vagnar med 5 gånger urspårningsintensiteten för tvåaxliga vagnar, 16×10^{-9} (antal per vagnkm). Om varje urspårning antas kosta 10 Mkr innebär detta en riskkostnad på ca 0,8 kr per tågkm. Till detta kommer de driftskostnader som användningen av skyddsvagnar för med sig, ca 10 000 kr per tåg. Om vi antar att tåget går 300 km blir kostnaden för skyddsvagnarna ca 33 kr per tågkm. Således uppgår de kostnader som ska balanseras av en minskad olyckskostnad till $33/(6 \times 10^{-8}) = 560$ Mkr per sammanstötning. Antalet relevanta sammanstötningar uppgår till 6×10^{-8} per tågkm och vi antar att varje sådana sammanstötning innebär samma konsekvenser som tre urspårade vagnar (30 Mkr enligt tidigare antaganden). Detta innebär, att även om man vid sammanstötningar skulle skatta skyddsvagnarnas skadelindrande effekt mycket högt, blir den sammanlagda effekten negativ. Om man dessutom tar hänsyn till de risker som är förknippade med rangering av skyddsvagnar och de driftkostnader som skyddsvagnarna medför förefaller det svårt att motivera skyddsvagnar vid heltåg.

Vid "blandade tåg" (här = godståg med vagnar med farligt gods och vagnar vars last tillåter att de accepteras som skyddsvagn) är det svårt att generellt uttala sig om lönsamheten med skyddsvagnar. Vinsten med skyddsvagnar är

(om vi tills vidare bortser från vinster i samband med räddningsarbete) dels den klassiska; en brand i en vagn med brandfarlig last sprider sig inte så snabbt till en explosiv last, dels att man allmänt skapar barriärer mellan laster som kan reagera med varandra så att svåra skadeverkningar uppkommer. Detta är framförallt viktigt vid sådana olyckor där de primära skadorna är små eller måttliga men som genom en kedjereaktion kan utvecklas till katastrofer. Det är dock svårt att värdera denna skyddseffekt i kronor. En ansats - som förmodligen motiverar RID:s krav på särskiljande skyddsvagnar är att prognostisera olika katastrofscenarier där olika ämnen reagerar med varandra och söka minska sannolikheten för dessa händelser. Nyttan av denna åtgärd är dock begränsad. Två skyddsvagnar mellan vagnarna är ett bräckligt skydd med begränsad effekt framförallt vid urspårningar i hög fart och flera mycket allvarliga och förmodligen mer sannolika scenarier förutsätter inte flera olika ämnen. Exempel visar att de materiella skadorna vid ett brinnande och exploderande tankvagn med bensin kan bli mycket stora och en ammoniakvagn kan bli svårt skadad utan att någon annan last är involverad. Det är alltså uppenbart att skyddsvagnar använda som särskiljande vagnar leder till en riskminskning men att det inte utan en specialanalys är möjligt att kvantifiera denna.

Om man inte behöver tillföra någon speciell skyddsvagn (utan annan uppgift) är det endast en eventuell extra rangering för att placera den på rätt ställe som är skyddsvagnskostnad vid "blandade" tåg. Förmodligen är nyttan av skyddsvagnar, som skiljer olika farligt gods åt, större i räddnings-skedet än i olycksskedet. Som beskrivits i kapitel 8 kan skyddsvagnar innebära avsevärda fördelar i samband med identifiering av last och under arbetet med att släcka, täta och bärga. Även om det vid en urspårning händer att vagnarna slits loss från varandra och hamnar i en annan ordning än den ursprungliga kan man dock räkna med att skyddsvagnarna i betydande grad även efter olyckan fungerar som barriärer mellan olika slag av farligt gods. Även här gäller dock att skyddsvagnar först i tåget är av tveksam nytta (även om den extra driftskostnaden i detta fall bortfaller). En sammanfattande bedömning är att skyddsvagnar i denna typ av tåg är berättigade men att det är angeläget att närmare analysera mellan vilka ämnen som de ska krävas.

10.2 Effekten av skyddsvagnar - kvalitativ sammanställning

Effekten av skyddsvagnar på...

- ...antal olyckor och olyckornas omedelbara konsekvenser;

Händelse	Antal händelser, heltåg	Antal händelser, blandade tåg	Olyckans omedelbara konsekvens
Urspårningar vid tågrörelse	ökar kvantifierbart	Ökar eller minskar, marginellt	ingen
Urspårningar vid växling	ökar något	ökar i de flesta fall	ingen
Sammanstötning Tåg – tåg/vut	ingen påverkan	ingen påverkan	möjligen positiv
Sammanstötning tåg – tungt landsvägsfordon	ingen påverkan	ingen påverkan	möjligen positiv

- ...räddningsarbetet;

Kan i vissa situationer underlätta släckning och annan verksamhet med ett havererat tåg. Svårt att kvantifiera.

10.3 Kostnads-/nyttoanalys

Om man avser att göra en konventionell kostnads-/nyttoanalys för att bedöma om skyddsvagnar är motiverade stöter man på flera svårigheter. Den första är naturligtvis att alla ingående variabler är osäkra. Speciellt nyttan är svår att bedöma. Vad är i genomsnitt vinsten vid räddningsarbetet av att det finns två skyddsvagnar mellan en urspårad gasolvagn och en urspårad bensinvagn? Här har vi jämfört kostnaden för skyddsvagnarna med en vinst som innebär att olyckskostnaden blir noll på grund av skyddsvagnarnas närvaro (riskreduceringen = 100%). Detta är givetvis totalt oralistiskt, men det ger ett intressant jämförelsematerial.

Enligt VTI:s rapport 387:5 är den genomsnittliga kostnaden för en farligt godsolycka med bensin ca 1 Mkr. För ammoniak varierar kostnaden, beroende av befolkningstätheten i utsläppsområdet, från ca 10 Mkr i stad, 4 Mkr i by och nära noll på landsbygden. Med tanke på senare års erfarenheter av mycket höga evakueringskostnader och kostnader för bärgning antar vi att kostnaden för en urspårning eller en sammanstötning med tungt fordon i medeltal är 10 Mkr och detta är alltså den vinst som vi jämför skyddsvagns-

kostnaden med. Eftersom skyddsvagnar i heltåg ökar förväntat antal urspårningar åsätter vi även dessa kostnaden 10 Mkr.

I beräkningarna har vissa förenklingar gjorts. Det har antagits att kostnaden för n urspårade vagnar med farligt gods är lika med $n \times 10$ Mkr (den är säkert en icke linjär funktion av n med avtagande tillväxt) och vi har heller inte tagit hänsyn till någon så kallad riskaversionsfaktor (denna innebär att tio människoliv som går till spillo i en olycka åsätts ett högre värde än om de tio omkommit i tio separata olyckor). Ingen hänsyn har tagits till de risker som är knutna till rangeringen.

1. Heltåg	kr/tågkm
Den på grund av skyddsvagnarna ökade urspårningsrisken	= 0,80
Driftskostnaden för skyddsvagnar	= 33,00
Risken (inga skyddsvagnar)	= 1,80

2. Blandade tåg	kr/tågkm
Driftskostnader skyddsvagnar	= 1.40
Risken (inga skyddsvagnar)	= 1,50

Slutsatsen av dessa skattningar måste bli att det är osannolikt att kostnaden för skyddsvagnar kan uppvägas av de vinster som deras närvaro kan innebära när en olycka ägt rum.

Referenser

Underlaget för denna rapport återfinns huvudsakligen i VTI:s rapporter nr 387:1, 2, 4 och 5. I dessa rapporter finns även omfattande litteraturförteckningar.

- Fredén, S.: Om sannolikhet för järnvägsolyckor med farligt gods. Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Rapport 387:2. Linköping 1994.
- Helmersson, L.: Konsekvensanalys av olika olycksscenarier vid transporter av farligt gods på väg och järnväg. Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Rapport 387:4. Linköping 1994.
- Lindberg, E.: Riskanalysmetod för transporter av farligt gods på väg och järnväg – Projektsammanfattning. Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Rapport 387:1. Linköping 1994.
- Saccomanno, F. F. & El-Hage, S. (1989) Minimizing derailments of railcars carrying dangerous commodities through effective marshalling strategies. Transport Research Record nr 1245, 1989.
- Svarvar, P.; Persson, U.; Ekonomisk analys av farligt gods-olyckor vid järnvägs- och tankbilstransporter av ammoniak och bensin. Statens väg- och transportforskningsinstitut (VTI). Rapport 387:5. Linköping 1994.