

Vägtransport av farligt gods – beräkningsmodell för olycksfrekvens

Pontus Olsson | Avdelningen för riskhantering och
samhällssäkerhet | LTH | LUNDS UNIVERSITET



Vägtransport av farligt gods
– **beräkningsmodell för olycksfrekvens**

Pontus Olsson

Lund 2020

Title: Road transport of dangerous goods – calculation model for accident frequency

Titel: Vägtransport av farligt gods – beräkningsmodell för olycksfrekvens

Author: Pontus Olsson

Number of pages: 61

Illustrations: Pontus Olsson

Keywords

transport of dangerous goods, hazardous materials, accident frequency, accident rate, heavy goods vehicle, ADR, risk analysis

Sökord

transport av farligt gods, farliga ämnen, olycksfrekvens, olyckskvot, tung lastbil, ADR, riskanalys

Abstract

A novel calculation model for estimating the frequency of accidents involving transport of dangerous goods on road links is proposed. It has been developed through a design process using background knowledge gathered through study and analysis of literature and through interviews with people having expertise within the field. The purpose of the model is to be used for risk analysis in societal planning in which the user estimates the frequency on local road sections considering the properties of the road at hand. Several design criteria were formulated which were to be met by the model in order to fulfill its purpose. The design process was ended with an evaluation which led to the conclusion that the purpose of the model is fulfilled. Transparency of the model and its development is a key factor in order to allow assessment of its reliability and allow further development of the model. Several development areas are proposed.

© Copyright: Division of Risk Management and Societal Safety, Faculty of Engineering
Lund University, Lund 2020

Avdelningen för Riskhantering och samhällssäkerhet, Lunds tekniska högskola, Lunds
universitet, Lund 2020.

Riskhantering och samhällssäkerhet
Lunds tekniska högskola
Lunds universitet
Box 118
221 00 Lund

<http://www.risk.lth.se>

Telefon: 046 - 222 73 60

Division of Risk Management and Societal Safety
Faculty of Engineering
Lund University
P.O. Box 118
SE-221 00 Lund
Sweden

<http://www.risk.lth.se>

Telephone: +46 46 222 73 60

Förord

Vägen fram till det färdiga examensarbetet har varit lång och har kantats av såväl värdefulla lärdomar som stora mängder kaffe. Vägen började med tidiga litteraturstudier i Lund på vårkanten 2019 och fortskred i maklig takt vidare genom hösten parallellt med studier inom andra högskolekurser. Efter årsskiftet och en avslutad tentaperiod följde en flytt till Stockholm och arbetets mest intensiva period kunde ta vid på en kontorsplats hos Afry tillsammans med deras trevliga medarbetare.

Slutprodukten finns beskriven i denna rapport och arbetet avslutas med en förhoppning om att det kan utgöra ett bidrag till sitt område som kan komma till praktisk nytta och ge upphov till vidare undersökningar samt utveckling av kunskapsläget.

Arbetet har skett i samarbete med Afry och Trafikverket vars medarbetare har bidragit med tips, råd och synpunkter under arbetets gång. Dessa personer har därigenom stått för ett värdefullt bidrag till detta arbetes slutprodukt och till dem vill jag rikta ett stort tack. Därtill har ett flertal andra personer gjort en betydande insats och bidragit till arbetet. Därför vill jag tacka följande personer:

- *Linn Svegrup och Tove Rydén Sonesson, handledare vid avdelningen för riskhantering och samhällssäkerhet.* För god handledning med stort engagemang som under hela arbetets gång har stått för goda råd, värdefulla synpunkter och uppskattad stöttning.
- *Christoffer Clarin, extern handledare på Afry.* För många givande möten med samtal och diskussioner som fört detta arbete framåt.
- *Sohrab Nassiri, extern handledare på Afry.* För god vägledning och stöttning genom arbetsprocessen.
- *Ludvig Elgström, Ulf Lundström och Anna-Sofia Welander på Trafikverket.* För givande möten med goda råd, tips och synpunkter som bidragit till arbetsprocessen.
- *Simon Sternlund på Trafikverket.* För engagerad hjälp, värdefulla tips och stöttning i arbetet med Trafikverkets modeller och statistik.
- *Torsten Bergh, tidigare medarbetare på Trafikverket.* För värdefull hjälp med Trafikverkets modeller.
- *Lars-Erik Andersson på Afry.* För uppskattad hjälp med att ta fram statistiska data och för goda råd.
- *Claes Tingvall på Afry.* För goda råd och tips.
- *Johan Granlund på HGAB.* För goda råd och tips.
- *Joakim Ekberg på MSB, Jonathan Hedberg på Transportstyrelsen och Anette Myhr på Trafikanalys.* För hjälp med uttag av statistik.
- *Hanne Olsson.* Min sambo som genom hela arbetet aktivt har stöttat mig.

Sundbyberg, april 2020

Pontus Olsson

Sammanfattning

I kommuners planering av samhället ställs det lagkrav på att hänsyn tas till risker som kan påverka människors hälsa och säkerhet. En källa till risker som behöver beaktas är transporter av farligt gods på väg där farligt gods är ett samlingsnamn för olika ämnen och blandningar av ämnen som kan vara skadliga för människors hälsa samt miljö och egendom. I de fall man önskar planera bebyggelse i närheten av transportleder för farligt gods kan en riskanalys behöva genomföras i vilken frekvensen för olycka med vägtransport av farligt gods ofta behöver uppskattas.

För beräkning av denna frekvens finns det olika metoder som tillämpas i dagsläget. Ett urval av dessa är VTI-modellen och Hallands-modellen. Dessa modeller kan tillskrivas olika fördelar och nackdelar, bland annat avseende deras transparens och möjlighet till att anpassa uppskattningen utifrån förhållanden i det aktuella analysfallet.

Inom ramen för detta arbete har bakgrundskunskap samlats in genom att litteratur studerats och analyserats i syfte att utgöra underlag till utveckling av en ny beräkningsmodell för uppskattning av frekvens för olycka med transport av farligt gods på väglänkar. Litteratur har identifierats genom flera olika processer och den omfattar såväl vetenskapliga artiklar som myndighetsrapporter. Därtill har även ett flertal olika personer med expertkompetens inom området intervjuats och fått bidra till arbetet med sin kunskap och synvinklar. Gruppen av intervjuade personer representerar sammantaget såväl offentliga myndigheter och expertorgan som konsulter och forskare.

Genom tillämpning av en designprocess i utvecklingsarbetet formulerades ett flertal designkriterier för modellen med bakgrund i insamlad bakgrundskunskap. Kriterierna omfattar följande:

- Modellen ska kunna uppskatta frekvens av olyckor med tunga transporter av farligt gods på lokala väglänkar med hänsyn till den aktuella trafikmiljön.
- Dess uppbyggnad och hur den tagits fram ska vara transparent.
- Den ska vara praktiskt användbar genom att vara tillräckligt enkel och effektiv att använda samtidigt som den ger tillräckligt goda uppskattningar.
- Uppskattad frekvens ska kunna delas upp i frekvens för kollisions- respektive singelolyckor.

Som ett resultat av den insamlade bakgrundskunskapen bedömdes det att Trafikverkets modell för trafiksäkerhet TS-EVA är lämplig att använda för att skapa en anpassad modell för uppskattning av frekvens för vägtrafikolyckor med transporter av farligt gods. TS-EVA avser motortrafik i stort och anpassades därför avseende de skillnader i olycksbenägenhet mellan tunga transporter av farligt gods och motortrafik i stort utifrån den bakgrundskunskap som samlats in. Därtill genomfördes även andra anpassningar såsom att ta hänsyn till mörkertal i den statistik som TS-EVA bygger på, att låta den mäta exponering för olycksrisk i enheten fordonskilometer och att skapa möjligheten till att uppskatta frekvens för singelolyckor separat. Sistnämnda anpassning genomfördes med bakgrund i att denna typ av olyckor kunde konstateras vara generellt förknippade med högre sannolikheter för utsläpp av farligt gods och troligen även större utsläppsmängder.

Föreslagen modell har utvärderats genom att tillämpas på två utvalda vägsträckor och frekvensuppskattningarna jämfördes med motsvarande uppskattningar som gjordes med två befintliga modeller. Därtill gjordes även jämförelser med olycksstatistik för respektive vägsträcka.

Den sammantagna bedömningen är att föreslagen modell uppfyller sitt syfte och de designkriterier som formulerats samt har god potential att bidra till kunskapen om hur frekvens för olyckor med transport av farligt gods på väg kan uppskattas.

Summary

In societal planning of the municipalities there are requirements by Swedish law that it is performed with consideration to risks that can affect the health and safety of human beings. One source of risks that needs to be considered is road transport of dangerous goods, which is a common name for substances and mixtures of substances that can pose a threat to the health of human beings, the environment and physical property. In the case of urban planning in the vicinity of transport routes for dangerous goods there might be a need of a risk analysis to be performed. In such an analysis the frequency of accidents involving transport of dangerous goods often needs to be estimated.

For the calculation of the frequency there are different methods that are currently employed in Sweden. Among these are the VTI-model and the Halland-model. These models can be attributed different advantages and disadvantages, among other things different levels of transparency and ability to estimate the frequency considering the properties of the case at hand that is being analyzed.

Background knowledge has been gathered within the scope of this work through the study and analysis of literature in order to form a basis for the development of a new model for the estimation of the frequency of accidents involving transport of dangerous goods on road links. Literature has been identified through several different processes and covers scientific literature as well as documents from authorities. In addition, different people with expertise within the field have been interviewed and contributed to the work with their knowledge and aspects. The group of interviewees represent public authorities and expert agencies as well as consultants and scientists.

Through the application of a design process in the work several design criteria for the model were formulated, considering the gathered background knowledge. The criteria are as follows:

- The model should be able to estimate frequency of accidents with transports of dangerous goods on local road links considering the properties of the road at hand.
- The structure of the model and how it has been developed should be transparent.
- It should be practically useful by being sufficiently simple and easy to use while also providing adequate estimations.
- Estimated frequency should be possible to subdivide into frequency of single vehicle accidents and multiple-vehicle collision accidents.

As a result of the gathered background knowledge the model for traffic safety TS-EVA from the Swedish Transport Administration (Trafikverket) was assessed to be suitable to use for creating a custom model for estimating the frequency of road traffic accidents involving transports of dangerous goods. TS-EVA considers motor traffic as a whole and was therefore customized with consideration to the differences in accident proneness between heavy transports of dangerous goods and motor traffic in general, using the gathered background knowledge. Additional customizations were performed such as regarding the hidden numbers in the statistics that TS-EVA is based on, converting the measure of risk exposure into vehicle kilometers and making it possible to estimate the frequency of single vehicle accidents separately. Last-mentioned customization was made due to the finding that single vehicle accidents are generally associated with larger probabilities of release of dangerous substances and probably also larger amounts released.

The proposed model has been evaluated through application of it on two selected road sections. The frequency estimations were compared to the corresponding estimations made using two existing models. In addition, the estimations were compared to accident statistics for the selected road sections.

The proposed model is assessed to fulfill its purpose and the design criteria that were formulated and to have good potential in contributing to the knowledge about how frequencies of accidents involving road transport of dangerous goods can be estimated.

Definitioner

I denna rapport förekommer en större mängd begrepp, många av dem kopplade till vägar och vägtrafik, som för en del läsare kan framstå som främmande. Därtill kan definitionen av begreppen i många fall skifta inom litteraturen. Därför anges nedan de definitioner för olika begrepp som tillämpas i denna rapport. Definitionerna har så långt det varit möjligt likriktats med de som tillämpas i den studerande litteraturen.

2+1-väg – vägtyp som växelvis har två körfält i ena riktningen och ett körfält i den andra. Har vanligen en mittseparering med till exempel vajerräcke.

Axelparkilometer – ett mått på trafikarbete som utgör produkten av antal körda kilometer och antalet axelpar hos fordonet.

Bashändelse, skadehändelse och slutkonsekvens – bashändelse är en initierande händelse vid transport av farligt gods, till exempel trafikolycka eller läckage från defekt ventil, som leder till efterföljande skadehändelser, till exempel spridning eller antändning av farligt gods som i sin tur kan leda till slutkonsekvenser.

Fordonskilometer – ett mått på trafikarbete i form av antal körda kilometer.

Frekvens – antal gånger en viss händelse inträffar under en viss tidsperiod, kan exempelvis mätas i enheten [år^{-1}].

Förklaringsgrad/ R^2 -värde – statistikbegrepp som motsvarar korrelationskoefficienten i kvadrat och anger i procent hur stor del av utfallet som de ingående parametrarna i modellen förklarar.

Landsbygd – miljö som är utanför tätort.

Länk – vägsträcka som löper mellan två noder.

Mittremsa - område som separerar körfält med olika körriktning från varandra.

Nod – punkt i vägnätet där länkar möts och trafiken kan ta olika riktningar, till exempel en korsning.

Olyckskvot – antal olyckor per miljon fordonskilometer alternativt antal olyckor per miljon axelparkilometer.

Risk – sammanvägning av sannolikheten för en händelse och dess konsekvenser.

Trafikarbete – ett mått på den mängd trafik som förekommer på en vägsträcka eller del av ett vägnät, mätt i fordonskilometer eller axelparskilometer.

Trafikmiljö – vägens och dess omgivnings utformning som har en påverkan på trafiken, exempelvis vägtyp, vägbredd och förekomst av mitträcke. Inkluderar även hastighetsgräns och begreppet vägmiljö.

Transportarbete – ett mått på mängd transporterat gods på en vägsträcka eller del av ett vägnät, mätt i tonkilometer.

Transport med farligt gods – i denna rapport avses tung lastbil eller tung tankbil som transporterar farligt gods.

Tung lastbil – bil inrättad för godstransport med totalvikt högre än 3,5 ton.

Tung trafik – fordon med totalvikt högre än 3,5 ton, vilket i praktiken avser tung lastbil och buss.

Vägmiljö – den typ av miljö som en väg är förlagd i, ofta indelat i tätort och landsbygd.

Åkare – person som bedriver yrkesmässig lastbilstrafik.

Årsmedeldygnstrafik – förkortas ÅDT och avser genomsnittligt antal fordon som passerar en viss punkt under ett dygn.

Innehållsförteckning

1	Inledning	1
1.1	Bakgrund	1
1.2	Syfte och mål	2
1.3	Frågeställningar	2
1.4	Avgränsningar och begränsningar	2
2	Teori.....	5
2.1	Risk.....	5
2.2	Frekvens.....	5
2.3	Olyckskvot.....	6
2.4	Konsekvens.....	6
2.5	Transport av farligt gods.....	6
3	Metod och verktyg	9
3.1	Designprocessen	9
3.2	Litteraturstudier	10
3.3	Expertintervjuer	14
4	Analys och resultat från scoping study	17
4.1	Diskussion av resultat och utblick mot vidare arbete	18
5	Analys och resultat från kompletterande litteraturstudie	23
5.1	Val av litteratur	23
5.2	Utfall från snowballing-processen.....	23
5.3	Diskussion av resultat och utblick mot vidare arbete	24
6	Analys av befintliga modeller	27
6.1	VTI-modellen	27
6.2	Hallands-modellen.....	28
6.3	Nederländska modellen	28
6.4	Diskussion av resultat och utblick mot vidare arbete	29
7	Förslag till beräkningsmodell	33
7.1	Sammanfattning av bakgrundskunskap och slutsatser	33
7.2	Formulering av syfte.....	34
7.3	Formulering av designkriterier	34
7.4	Avslutande undersökningar och konstruktion av modell	34
7.5	Modelltillämpning	41
8	Diskussion.....	47
8.1	Arbetsprocess och utmaningar.....	47

8.2	Avvägningar i modellutvecklingen	48
8.3	Arbetets avgränsningar	48
8.4	Föreslagen modells begränsningar och utvecklingspotential	49
8.5	Uppskattning av uppräkningsfaktor och andel singelolyckor	49
8.6	Utvärdering av föreslagen modell	50
8.7	Betydelse av föreslagen modell för samhällsplaneringen	51
9	Slutsatser	53
10	Referenser.....	55
11	Förteckning över bilagor	61
Bilaga A.....		1
Bilaga B.....		2
Bilaga C.....		7
Bilaga D.....		9
Bilaga E.....		16
Bilaga F.....		22
Bilaga G.....		27
Bilaga H.....		28
Bilaga I.....		34

1 Inledning

I detta avsnitt ges en inledning till detta arbete genom beskrivning av dess syfte, mål och frågeställningar samt den bakgrund som lett fram till dessa. Därtill redogörs för de avgränsningar som valts för arbetets omfattning och de begränsningar hos det som föreligger.

1.1 Bakgrund

När kommuner utför sin planering av samhället ställs det krav enligt plan- och bygglagen (2010:900) 2 kap. 5 § att byggnadsverk ska lokaliseras till mark som är lämplig för ändamålet med hänsyn till bland annat människors hälsa och säkerhet. Kommunen utför sin reglering av samhällsplanering genom att anta detaljplaner för specifika mark- och vattenområden som tas fram genom en detaljplaneprocess och anger vilka typer av bebyggelse och placering av dessa som det finns rätt att få bygglov för (Boverket, 2014). Utöver den enskilda kommunen som tar fram och antar detaljplaner är länsstyrelsen delaktig genom att utgöra tillsynsmyndighet över att detaljplanerna är lämpliga med hänsyn till bland annat människors hälsa och säkerhet (Trafikverket, 2017a). En källa till risker som kan påverka människors hälsa och säkerhet och därför behöver beaktas i detaljplaneprocessen är transporter av farligt gods på väg, ifall sådana förekommer i närheten av området. Farligt gods är ett samlingsnamn för olika ämnen och blandningar av ämnen som kan vara skadliga för människors hälsa samt miljö och egendom. Några exempel på farligt gods är bensin, diesel och gasol. Vidare beskrivning av farligt gods ges i avsnitt 2.5.

En del länsstyrelser har tagit fram riktlinjer för hur riskerna bör hanteras i samhällsplaneringen och vilka skyddsavstånd mellan vägar med transporter av farligt gods och olika typer av byggnadsverk som anses vara tillräckliga (Boverket, 2019). Ett exempel på sådana är de från Länsstyrelsen i Stockholms län (2016a). Dessa anger exempelvis att bostäder bör placeras med ett skyddsavstånd om 75 meter till vägtransportled för farligt gods. I många fall vill man av olika skäl, bland annat ekonomiska, bygga närmare riskkällorna än vad riktlinjerna anger. I så fall behöver en riskanalys genomföras i vilken risknivåerna hos de identifierade olycksriskerna uppskattas. Ofta sker detta kvantitativt genom att beräkningar av olycksriskernas frekvens och deras konsekvenser genomförs med hjälp av olika beräkningsmodeller (Räddningsverket, 2003). Ett vanligt förfarande är att frekvensen för olycka med transport av farligt gods beräknas och används som ingångsvärde till ett händelseträd som applicerar sannolikheter för olika utfall av olyckan, till exempel sannolikhet för utsläpp, sannolikhet för att utsläppet antänds etcetera (Alvarsson & Jansson, 2016). Rada, Schiavon, Torretta och Viotti (2017) ger också uttryck för detta då de anger att uppskattning av frekvens för olyckor med transport av farligt gods innebär beaktande av två huvudsakliga aspekter; frekvens för att transporten råkar ut för en kollision respektive sannolikheten för att denna kollision leder till utsläpp i en viss omfattning.

För beräkning av frekvensen för olycka med transport av farligt gods finns det olika metoder som tillämpas i dagsläget. En modell som används i stor utsträckning är den så kallade *VTI-modellen*. En annan förekommande metod är den som presenteras av Länsstyrelsen i Hallands län, ibland kallad *Hallands-modellen*, vilken är framtagen med hjälp av bland annat statistik för trafik- och transportarbete samt inträffade olyckor med tunga fordon (Alvarsson & Jansson, 2016). Respektive modell kan tillskrivas olika fördelar och nackdelar.

Exempelvis skiljer de sig avseende möjlighet till att anpassa beräkningen till lokala förhållanden i analysfallet, vilken saknas i Hallands-modellen.

Vidare har VTI-modellen kritiserats av Ardin och Markselius (2016) bland annat för sin avsaknad av transparens i de värden som används. En mer ingående beskrivning av olika modeller för frekvensberäkning och undersökning av vilka kunskaper som kan hämtas från dessa förefaller vara intressant.

1.2 Syfte och mål

Syftet med arbetet är att ta fram ett förslag till beräkningsmodell för uppskattning av frekvens för trafikolycka med tung vägtransport av farligt gods. Modellen ska främst syfta till att användas vid riskanalys av lokala vägvagnsnitt som ska utgöra beslutsunderlag till kommuners samhällsplanering.

Målet med arbetet är att ta fram ett förslag till en beräkningsmodell som är praktiskt användbar i genomförandet av riskanalyser, är transparent och tar hänsyn till egenskaper hos vägvagnsnittet i det aktuella analysfallet. Även om målet med modellen inte är att den ska omfatta händelser som följer efter olycksögonblicket, se beskrivna avgränsningar i avsnitt 1.4 nedan, ska den vara framtagen med hänsyn till att den ska användas tillsammans med verktyg för att uppskatta risker förknippade med händelser som kan följa efter olycksögonblicket. Målet med arbetet är även att ha studerat andra modeller för beräkning av olycksfrekvens, litteratur och till viss del även intervjuat experter inom området i syfte att ge underlag till modellutvecklingen.

1.3 Frågeställningar

För att ovan beskrivna mål ska uppnås behöver man besvara den övergripande frågeställningen ”*Hur kan man på ett effektivt sätt göra tillfredsställande uppskattningar av frekvens för trafikolycka med vägtransport av farligt gods?*”.

Utifrån den övergripande frågeställningen kan flera underliggande frågor ställas:

- Vilka lokala förhållanden och andra parametrar i ett aktuellt analysfall är av störst intresse vid uppskattning av olycksfrekvens och hur kan dessa beaktas vid uppskattning av olycksfrekvens?
- Vilka kunskaper finns att inhämta inom litteraturen, däribland den vetenskapliga, som kan bidra till modellutvecklingen?
- Vad för kunskap kan personer, exempelvis konsulter, myndighetspersoner och forskare, med relevant expertkompetens bidra med till modellutvecklingen?
- Vilka befintliga modeller för uppskattning av olycksfrekvens finns och vilka kunskaper till modellutvecklingen kan hämtas från dessa?
- Hur kan modellen utformas så att den är enkel och tidseffektiv att använda samtidigt som den ger tillfredsställande uppskattningar?

1.4 Avgränsningar och begränsningar

Modellen avser frekvens för trafikolycka med farligt gods på väg. Den beaktar alltså inte sannolikheter för händelser som kan följa efter olycksögonblicket, såsom att olyckan leder till utsläpp av farligt gods. Modellen tar dock hänsyn till att den ska användas tillsammans med verktyg för att uppskatta risker förknippade med händelser som kan följa efter olycksögonblicket.

Arbetet har fokus på statliga vägar. Detta eftersom merparten av transporter av farligt gods och vägvalsstyrning av dessa sker på statlig väg (Länsstyrelsen i Stockholms län, 2016b). Därtill är tillgången till tillförlitliga data bättre för dessa vägar.

Modellen avser inte andra moment förknippade med transport av farligt gods utöver transport på väg, såsom exempelvis lastning och lossning. Inte heller transporter i tunnlar avses. Modellen är också avgränsad till att avse transport på väglänkar. Arbetet behandlar endast i begränsad omfattning olyckor i vägnoder, såsom exempelvis korsningsolyckor.

2 Teori

I detta avsnitt ges presentation och beskrivning av några olika begrepp som är centrala för detta arbete och återkommande används i rapporten.

2.1 Risk

För begreppet risk finns det ett flertal förekommande och etablerade definitioner. I vardagligt tal och allmän bemärkelse avser begreppet ofta möjligheten att någon oönskat ska inträffa (Carlsson, Bläckberg & Magnusson, u.å.). I en mer teknisk bemärkelse kan risk enligt Carlsson et al. definieras som ”sannolikheten för att en specificerad omständighet (riskkälla) leder till en specificerad oönskad händelse eller effekt under en angiven tidsperiod” (andra stycket). Det innebär att risk innehåller dels ett element av sannolikhet, dels ett element av konsekvens. Risk har därför traditionellt ofta definierats som kombinationen eller produkten av sannolikhet och konsekvens för den avsedda händelsen (Ahlström, 2014; Räddningsverket, 2003). Denna definition tillämpas enligt Lundmark¹ även, bland andra definitioner, av ISO². Dock har den nyare och mer allmänt hållna definitionen enligt ISO tillkommit som huvudsaklig definition, vilken definierar risk som *påverkan av osäkerhet på uppsatta mål* (eng: *effect of uncertainty on objectives*) (International Organization for Standardization, 2018, egen översättning).

Eftersom syftet med detta arbete är inriktat mot kvantitativ uppskattning av frekvens för olyckor avser begreppet risk, i denna rapport, kombinationen av sannolikhet och konsekvens för den avsedda händelsen.

2.2 Frekvens

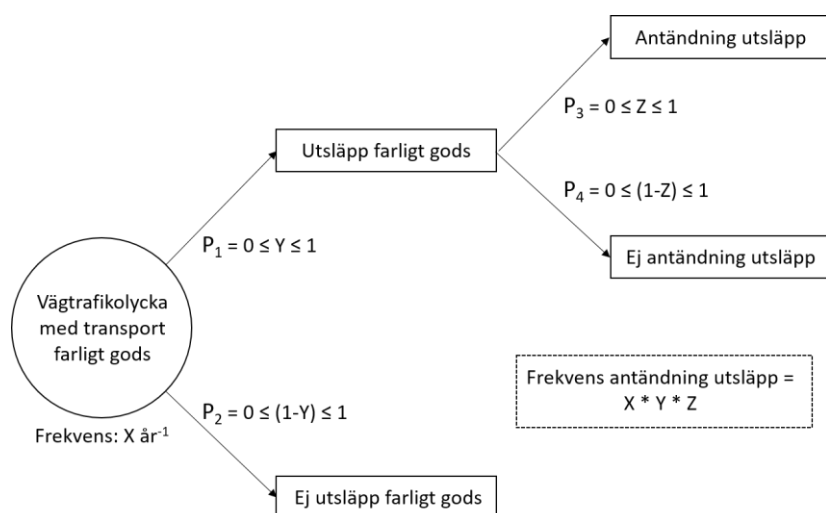
I avsnitt 2.1 ovan har bland annat begreppet sannolikhet använts för att definiera risk. Med sannolikhet avses ett tal mellan noll och ett som används för att mäta troligheten för att ett visst utfall inträffar. Med begreppet frekvens avses hur ofta ett visst utfall inträffar, exempelvis mätt över tid eller över antal utförda försök. Utifrån uppskattade frekvenser, som exempelvis uppskattats utifrån genomförda mätningar eller försök, kan sannolikheter för olika former av utfall uppskattas (Rychlik & Rydén, 2006). Ett sådant exempel kan vara ”sannolikheten för att minst två tankbilar kör i diket i Sverige under nästkommande två veckor”.

Frekvens kan också kombineras med sannolikheter för olika utfall som kan följa av den händelse som frekvensen avser, exempelvis kombination av frekvens för olycka med transport av farligt gods och sannolikheter för efterföljande konsekvenser. Genom det tillvägagångssättet beräknas en frekvens för den aktuella efterföljande händelsen.

I detta arbete avser begreppet frekvens hur ofta ett visst utfall inträffar över tid, normalt mätt i år⁻¹. I figur 1 nedan illustreras hur frekvens för en händelse och sannolikheter för efterföljande händelser med hjälp av ett händelsetråd kan kombineras för att beräkna frekvens för en mer specifik händelse. Exempel ges för beräkning av frekvens för utsläpp av farligt gods som antänds.

¹ Per Lundmark, föreläsare i kursen *Riskhanteringsprocessen* vid LTH, föreläsning 2019-04-05.

² International Organization for Standardization.



Figur 1. Illustration över beräkning av frekvens för ett visst utfall.

2.3 Olyckskvot

Olyckskvot är ett mått på trafiksäkerhet som utgör en uppskattning av hur många olyckor av en viss typ som inträffar vid en viss mängd utfört trafikarbete. Trafikarbete mäts i antal miljoner fordonskilometer alternativt axelparkilometer och utgör alltså mått för exponering för möjligheten att råka ut för en olycka (Nilsson, 1976). Detta innebär att olyckskvot kan användas tillsammans med data för utfört trafikarbete per tidsenhet, exempelvis fordonskilometer per år, för att uppskatta frekvensen för olyckor.

2.4 Konsekvens

Vad som avses med konsekvenser är beroende av vad de berörda intressenterna sätter ett värde på i det aktuella sammanhanget. Inom riskanalys där människors hälsa och säkerhet är av intresse mäts konsekvenser ofta i antal döda eller skadade vid respektive typ av händelse som är förknippad med en uppskattad frekvens (Räddningsverket, 2003). I figur 1 ovan skulle konsekvens exempelvis kunna vara de konsekvenser som uppskattas vara förknippade med antändning av utsläpp och tillhörande uppskattad frekvens vara den som beräknas genom kombination av frekvens för vägfrikolycka och sannolikheterna för de efterföljande händelserna utsläpp och antändning.

2.5 Transport av farligt gods

Begreppet farligt gods utgör ett samlingsnamn för olika ämnen och i vissa fall föremål som har sådana inneboende egenskaper att de kan åsamka skada på människor, miljö eller egendom (Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2019a)

Vad som räknas till farligt gods regleras i lagen (2006:263) om farligt gods med tillhörande förordning samt Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps (MSB) föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng (ADR-S). ADR-S utgör implementeringen i Sverige av den europeiska överenskommelsen om transport av farligt gods på väg, kallad ADR³. Farligt gods delas in i nio olika klasser utifrån vilka fysikaliska och kemiska egenskaper det aktuella ämnet eller föremålet har.

³ ADR - Accord Européen Relatif au Transport International des Marchandises Dangereuses par Route (på franska) och European Agreement Concerning the International Carriage of Dangerous Goods by Road (på engelska).

Den i särklass vanligast förekommande ämnesklassen på svenska vägar är klass 3 brandfarliga vätskor, som grovt räknat representerar cirka två tredjedelar av transportererna (Räddningsverket, 2006). Vissa klasser är i sin tur indelade i underklasser, såsom exempelvis klass 2 (gaser) som delas in i 2.1 (brandfarliga gaser) och 2.2 (icke brandfarliga, icke giftiga gaser) samt 2.3 (giftiga gaser) (Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2019a). De sätt som de olika typerna av farligt gods transporteras på kan översiktligt delas in i tre typer av vägtransporter; tank-, styckegods respektive bulktransport (godset är lastat direkt i fordonets lastutrymme utan någon ytterligare inneslutning) (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2011).

I ADR-S ingår bland annat krav på att fordonsbesättning som transporterar farligt gods ska ha genomgått särskild utbildning med både teoretiska och praktiska övningar samt examination som arrangeras av MSB. Till utbildningen hör att skapa medvetenhet om risker förknippade med transport av farligt gods och ge den grundläggande kunskap som behövs för att minimera sannolikheten för olycka och konsekvenserna av den i det fall den ändå inträffar. Grundutbildningen omfattar 18 lektioner. För att utföra vissa typer av transporter, krävs extra utbildning. För att utföra tanktransporter med en volym över en kubikmeter krävs specialkurs omfattande tolv extra lektioner (Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2019b). Vart femte år måste föraren genomgå en repetitionsutbildning och genomföra nytt prov med godkänt resultat (Myndigheten för samhällsskydd och beredskap, 2019c).

Utöver ovanstående omfattar ADR-S även regler om bland annat förpackningar för transport, utförande av fordon, utrustning, teknisk provning, lastsäkring et cetera (Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap, 2019d).

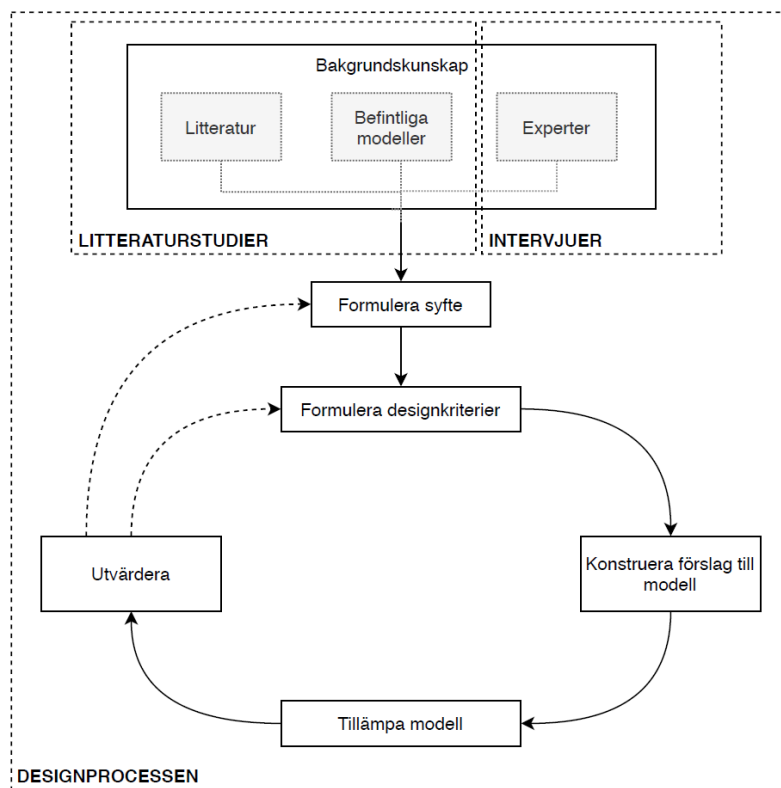
3 Metod och verktyg

I detta avsnitt presenteras de metoder som använts i arbetet. I avsnitt 3.1 beskrivs den process som tillämpats för modellens framtagande och i avsnitt 3.2 respektive 3.3 beskrivs hur kunskap inhämtats genom litteraturstudier och intervjuer.

3.1 Designprocessen

Processen för att ta fram ett förslag till beräkningsmodell har utgått från en design science-baserad metod, hädanefter kallad designprocess, som ger ett strukturerat ramverk för att utveckla en artefakt, exempelvis en beräkningsmodell, som uppfyller ett definierat syfte. Detta bland annat genom uppställande av designkriterier och utvärdering av det framtagna förslagens uppfyllande av dessa kriterier. Processen har tagits fram genom inspiration från snarlika tillvägagångssätt som beskrivs av Abrahamsson (2009) och Hassel (2010) samt har bedömts vara lämplig för detta arbete, vars övergripande målsättning är just att ta fram ett förslag till metod som är avsedd att vara praktiskt användbar i ett specifikt syfte. I fortsättningen av detta avsnitt ges en översiktlig beskrivning av designprocessen.

Det var av vikt att ha i åtanke inför framtagande av processen att det finns ett närmast oändligt stort antal olika metoder som kan utvecklas för att på olika sätt uppfylla det definierade syftet. Till detta hör att det är mindre meningsfullt att sträva efter att utveckla en optimal metod, utan fokus bör snarare ligga på att utveckla en metod som är tillfredsställande gentemot designkriterierna (Abrahamsson, 2009; Hassel, 2010). Med bakgrund i ovanstående har ett övergripande flödesschema för processen tagits fram och redovisas i figur 2 nedan med efterföljande beskrivning av stegen.



Figur 2. Flödesschema för designprocessen, inspirerat av Hassel (2010).

Hassel (2010) framhäver att bakgrundskunskap spelar en betydelsefull roll genom att den utgör en förutsättning för möjligheten till att formulera en problemställning inom området som behandlas och kunna identifiera vilka behov som föreligger. Detta för att kunna utveckla en metod eller modell som är användbar och det finns ett behov av. Författaren förtydligar också att kunskap om de befintliga metoder som finns och deras begränsningar utgör betydelsefulla bakgrundskunskaper. I detta fall inhämtas relevanta kunskaper genom studier av litteratur respektive befintliga modeller samt genom intervjuer, se avsnitt 3.2 och 3.3.

Formulering av syfte spelar en central roll eftersom det utgör vad hela processen för utveckling av modellen strävar efter att uppnå (Hassel, 2010). Syfte kan exempelvis härledas från ett behov som föreligger hos potentiella användare eller behov av att uppfylla ett visst lagkrav (Abrahamsson, 2009; Hassel, 2010). Med hjälp av inhämtade bakgrundskunskaper enligt stycket ovan kan ett lämpligt syfte formuleras.

Designkriterierna utgör en uppsättning av normativa förutsättningar som på en mer konkret nivå formulerar vad som behövs för att uppfylla det mer generellt formulerade syftet (Hassel, 2010). Det är viktigt att dessa kriterier är transparenta, eftersom de har en direkt påverkan på framtagandet av modellen. Utifrån designkriterierna konstrueras ett förslag till modell, vilket ofta innebär att man utgår från en befintlig modell och söker att åstadkomma en utveckling eller förbättring av denna (Abrahamsson, 2009; Hassel, 2010).

Efter att en modell tagits fram följer tillämpning av den för att därpå göra en utvärdering i syfte att identifiera lärdomar som kan utgöra indata till eventuell modifiering av modellen, men även till eventuella modifieringar av syfte och designkriterier ifall det bedöms behövas. Detta eftersom arbetsprocessen kan innebära nya kunskaper och insikter som inte fanns vid ursprunglig formulering av dessa. Processen kan alltså ha en iterativ karaktär ifall det behövs (Hassel, 2010). Processen avslutas när formulerade designkriterier bedöms vara uppfyllda i tillfredsställande omfattning.

3.2 Litteraturstudier

Som beskrivits i avsnitt 3.1 ovan utgör litteraturstudier och de bakgrundskunskaper sådana ger en viktig del av arbetet. Vetenskaplig litteratur har inhämtats och analyserats genom en så kallad *scoping study*, vars resultat redovisas i avsnitt 4. För att ge extra bredd till litteraturstudierna har litteratur även inhämtats och studerats genom så kallad *snowballing* genom vilken även grå litteratur⁴ har inkluderats. Därutöver har även ett urval av befintliga modeller för uppskattning av olycksfrekvens studerats.

3.2.1 Scoping study

I detta avsnitt beskrivs genomförandet av den så kallade *scoping study* av vetenskaplig litteratur som genomförts samt bakgrunden till valet av den.

Scoping study är en av ett flertal metoder som kan användas för att inhämta, analysera och sammanställa en bild över den vetenskapliga litteratur som finns tillgänglig inom ett visst område (Tehler & Beerens, 2016).

⁴ Litteratur som inte genomgår en kontrollerad publikationsprocess via förlag, t.ex. rapporter från myndigheter (Karolinska institutet, 2017).

Arksey och O'Malley (2005) anger att en annan metod som är vanligt förekommande är *full systematic review* och att definitioner av och distinktioner mellan olika metoder sällan är tydliga, men att scoping study som metod karakteriseras av att den är mer lämpad för att adressera bredare ämnen istället för mer specifika frågor. En annan skillnad är att scoping study inte tillämpas för att utvärdera kvaliteten hos litteraturen.

Den metod som används för scoping study i denna rapport är den som beskrivs av Arksey och O'Malley (2005). Metod beskrivs här översiktligt och därefter i större detalj under respektive avsnitt nedan. En viktig aspekt i metoden är att dess genomförande ska redogöras tillräckligt detaljrikt för att det ska låta sig replikeras av andra. I dess beskrivning kan processen framstå som linjär, men i själva verket har den en iterativ karaktär där steg upprepas och justering sker utav styrande parametrar, såsom kriterier för urval av litteratur. Kortfattat består genomförandet av scoping study av att frågeställning till litteratursökningen formuleras, därefter sker litteratursökning och relevant litteratur identifieras. Urval av denna litteratur genomförs utifrån inkluderande respektive exkluderande kriterier, varpå den utvalda litteraturen analyseras och resultaten sammanställs. Denna process redogörs för nedan med en uppdelning i fyra steg.

Steg 1: frågeställning för litteratursökning

Den frågeställning som här formuleras utgör utgångspunkten för den fortsatta litteratursökningen. Arksey och O'Malley (2005) belyser därför vikten av att frågeställningen är tillräckligt bred i sin omfattning samtidigt som man i fortsatta arbetet är uppmärksam på tvetydigheter i frågeställningens begrepp som kan generera större mängder irrelevant litteratur.

Till denna litteratursökning valdes följande frågeställning: *vad är känt inom den vetenskapliga litteraturen om hur frekvens för olyckor med transport av gods på väg kan uppskattas, i synnerhet med avseende på den fysiska trafikmiljöns egenskaper?*

Som synes av frågeställningen ovan intar den en relativt bred omfattning genom att inte endast beakta transporter av farligt gods utan även tunga godstransporter på väg i stort. Detta görs med förhoppning om att ge bättre förutsättningar till att fånga in intressant litteratur. Samtidigt innebär det att frågan om hur giltigt det är att likställa olyckskvoterna hos de två mängderna behöver adresseras.

Steg 2: identifiering av relevant litteratur

Att identifiera relevant litteratur består huvudsakligen av två moment; att välja databas för litteratursökning och vilken typ av litteratur som är intressant respektive att identifiera de sökord som ska användas. Dessa moment beskrivs nedan.

Val av databas och typ av litteratur

Valet av databas föll på Scopus som ägs av Elsevier (tillgänglig via www.scopus.com). Valet styrdes av att Scopus är världens största databas för referentgranskad (eng: *peer review*) litteratur och att den täcker in en god bredd utav forskningsområden (Tehler & Beerens, 2016).

Den typ av litteratur som söktes efter i databasen var, med engelska benämningar; *article*, *conference paper*, *review* och *conference review*. Källtyper som användes var *journals* och *conference proceedings*.

Identifiering av sökord

Sökningarna genomfördes med så kallad boolesk teknik som med tillämpning bland annat operatorerna *and*, *or* och *and not* på de valda sökorden skapar sökresultat.

De fem sökorden som användes var *accident**, *road*, *goods*, *frequenc** och *method*. Asterisk tillämpas för de ord som förmodas kunna ha olika ändelser hos olika intressanta sökträffar, exempelvis *frequency* och *frequencies*.

I likhet med vad Tehler och Beerens (2016) påpekar finns det många synonymer till dessa ord. Synonymer till respektive ord arbetades därför fram genom att översiktligt studera sökresultat av de fem sökorden ovan. Parallellt med detta identifierades sökord för sökträffar som inte är önskvärda varpå dessa lades till som exkluderande sökord. I tabell 1 nedan redogörs för de olika synonymerna. Vissa ord kan egentligen inte betraktas som synonymer till varandra, exempelvis *frequency* och *risk* samt *goods* och *freight*, men är ändå av intresse att byta ut mot varandra i syfte att få fram resultat som kan besvara frågeställningen.

Tabell 1 Synonymer till respektive sökord

Sökord	Synonymer
accident*	crash*, collision,
road	-
goods	freight, cargo, haul*
frequenc*	probability, risk
method	model, assessment, analysis, estimat*

Genom studie av sökresultaten arbetades det även fram exkluderande sökord, alltså ord som används med operatoren *and not* och innebär att de träffar som sökorden förekommer i exkluderas. Dessa ord är *bicycle* och *theft*.

Steg 3: urval av artiklar

I detta skede genomfördes en sällning av artiklarna i två steg där de som bedömdes ha en relevans för att besvara litteratursökningens frågeställning behölls och de som inte hade det sorterades bort. På liknande vis som Arksey och O'Malley (2005) samt Tehler och Beerens (2016) redogör för togs det fram inkluderande och exkluderande kriterier. I likhet med Arksey och O'Malley togs kriterierna inte fram på förhand utan utvecklades i samband med litteraturgenomgången. Kriterierna redovisas i tabell 2 nedan och avser vad artiklarnas innehåll behandlar.

Tabell 2 Inkluderande och exkluderande kriterier vid urval av artiklar

Inkluderande

Presentation eller utvärdering av metod för analys av risk, frekvens eller sannolikhet för olycka med tung godstransport på väg

Presentation eller utvärdering av metod för analys av risk, frekvens eller sannolikhet för olycka med transport av farligt gods på väg

Behandlar påverkan av trafikmiljöns fysiska utformning på risk, frekvens eller sannolikhet för olycka med tung godstransport

Exkluderande

Artiklar som inte stämmer in med något av de inkluderande kriterierna

Behandlar endast inverkan på olycksrisken av andra faktorer än den fysiska trafikmiljön, såsom fordonstekniska aspekter, väder, antagonistiska hot eller förarens egenskaper

Behandlar andra typer av risker såsom arbetsskador, luftföroreningar, trafikstörningar eller ekonomi

Behandlar endast nischad typ av transport, till exempel transport av kärnavfall eller transport i tunnlar

Behandlar endast hantering av inträffade olyckor med farligt gods, till exempel räddningsinsats

Steg 4: artikelanalys och resultat

Detta skede utgör det fjärde och sista steget, vilket omfattar genomläsning och analys av de återstående artiklarna. Återstående artiklar delades upp i två grupper. Artiklar i grupp 1 analyserades översiktligt i syfte att på en generell nivå besvara litteratursökningens frågeställning. Artiklar i grupp 2 analyserades i större detalj, då dessa bedömdes besvara frågeställningen och ge underlag till frekvensmodellens utveckling i högre grad.

3.2.2 Kompletterande litteraturstudie

Syftet med att genomföra en scoping study var att skapa en bild över den vetenskapliga litteratur som finns tillgänglig för att besvara den formulerade frågeställningen i avsnitt 3.2.1 om hur frekvens för olyckor med tunga godsfordon på väg kan uppskattas. Det ligger nära till hands att en sådan studie har flera begränsningar i sin möjlighet att fånga upp den intressanta vetenskapliga litteratur som finns till hands. Wohlin (2014) tar exempelvis upp att val av lämpliga sökord är svårt och har en stor påverkan på resultatet, likaså den därpå följande manuella sällningen av artiklar. Författaren presenterar metoden snowballing som ett effektivt sätt att bemöta sådana begränsningar och komplettera resultatet av en genomförd full systematisk review. Som konstaterats i avsnitt 3.2.1 finns det tydliga likheter mellan en sådan och den scoping study som genomförts i detta arbete.

Principen för metoden består av att man använder referenslistan i artiklar till att identifiera ytterligare intressant litteratur. Därtill undersöker man även hur samma artiklar har refererats till i andra sammanhang och kan även därigenom identifiera litteratur som är av intresse för att besvara den frågeställning som formulerades i genomförd scoping study. Dessa två tillvägagångssätt kallas enligt Wohlin för backward snowballing respektive forward snowballing.

Det första steget är enligt Wohlin (2013) att identifiera vilka artiklar man ska starta snowballing-processen utifrån. Viktiga egenskaper hos dessa är att antalet artiklar ska vara tillräckligt stort och att behovet styrs av bredden hos det undersökta området – ett mindre område som är mer specifikt kräver generellt färre artiklar. Vidare bör artiklarna täcka in flera olika utgivare, år och författare. Som jämförelse kan sägas att Wohlin använde tre artiklar i sin redovisade tillämpning av snowballing. Att identifiera artiklar kan göras på olika vis, men då snowballing i detta fall genomförs som komplement till scoping study är det tänkbart att de artiklar som valdes ut för detaljerad analys i avsnitt 4 kan utgöra lämpligt underlag.

Vid genomgång av de utvalda artiklarnas referenslistor i processen för backward snowballing med metodik enligt Wohlin utvärderas den refererade litteraturen utifrån dess titel och vad den säger om huruvida litteraturen är intressant. Även hur litteraturen har refererats i den aktuella artikeln är av vikt att utvärdera. Därtill kan information om publiceringsplats och författare ges viss betydelse, till exempel ifall författarna känns igen för att ha publicerat annan intressant litteratur. Ifall litteraturen även efter genomläsning av abstract bedöms vara intressant så införskaffas fulltexten för vidare bedömning av huruvida den ska inkluderas genom översiktlig genomläsning. Vid forward snowballing används Google scholar för att undersöka hur de aktuella artiklarna refererats i andra sammanhang. Den litteratur som påträffas utvärderas på motsvarande sätt som beskrivits för backward snowballing i stycket ovan.

Den litteratur som, efter genomläsning av fulltext, bedöms vara intressant inkluderas till att användas i nästa iteration av snowballing på lika vis som för de ursprungliga artiklarna. Nya iterationer genomförs tills att ingen ny litteratur hittas. Parallellt med genomläsning av fulltext genomförs även sammanfattning och analys av litteraturens innehåll på motsvarande vis som beskrivet i avsnitt 3.2.1. Denna redogörs för i avsnitt 5.

Ett generellt kriterium är i likhet med genomförd scoping study att litteraturen ska finnas tillgänglig i fulltext på engelska. Dock begränsas inte litteraturen till att endast omfatta sådan som är referentgranskad.

3.2.3 Befintliga modeller

Identifiering och urval av de befintliga modeller för uppskattning av olycksfrekvens som studerats inom ramen för detta arbetes litteraturstudier skedde genom diskussion med två riskkonsulter på Afry⁵.

3.3 Expertintervjuer

Utöver de litteraturstudier som beskrivs i avsnitt 3.2 ovan har även ett flertal olika personer med relevant expertkompetens intervjuats. Detta i syfte att komplettera de kunskaper som inhämtats via litteraturstudierna, att underlätta arbetsprocessen med hjälp av de synvinklar som dessa personer bidrar med och att ta del av kunskap från en bredd av olika institutioner som har kunskap inom och intresse för olyckor med transporter av farligt gods på väg. Gruppen av intervjuade personer representerar därför i sin helhet såväl offentliga myndigheter och expertorgan som konsulter och forskare.

⁵ Möte med Christoffer Clarin och Sohrab Nassiri på Afry, 2019-09-30.

Intervjuer har vid möjlighet skett genom fysiska möten, men även genom telefonmöten och e-postkonversationer. Intervjuerna har varit av typen ostrukturerade där öppna frågor ställts till de intervjuade personerna, vilket gett dem stor frihet i vilka typer av svar de ger och vilken inriktning intervjun tar (Fontana, 2004). Detta har bedömts vara en lämplig intervjumetod då den ger god möjlighet till att ta del av den information som den intervjuade personen bedömer vara viktig för detta arbete och den synvinkel personen har på ämnet.

Personer att intervjua har identifierats på olika vis. En del av dem identifierades genom att vissa intervjuade personer tillfrågades om vilka fler personer som kan tänkas vara givande att intervjua. En del andra personer kontaktades genom att de bedömdes ha lämpliga kunskaper för att bidra med svar eller perspektiv till vissa frågor. Antalet respondenter bedömdes vara tillräckligt stort när det inte fanns fler tips på personer att kontakta och det inte gick att identifiera fler personer som bedömdes kunna bidra med svar eller perspektiv till frågor inom arbetet. Nedan listas de personer som intervjuats inom ramen för detta arbete, vad de har för relevant kompetens och deras sysselsättning.

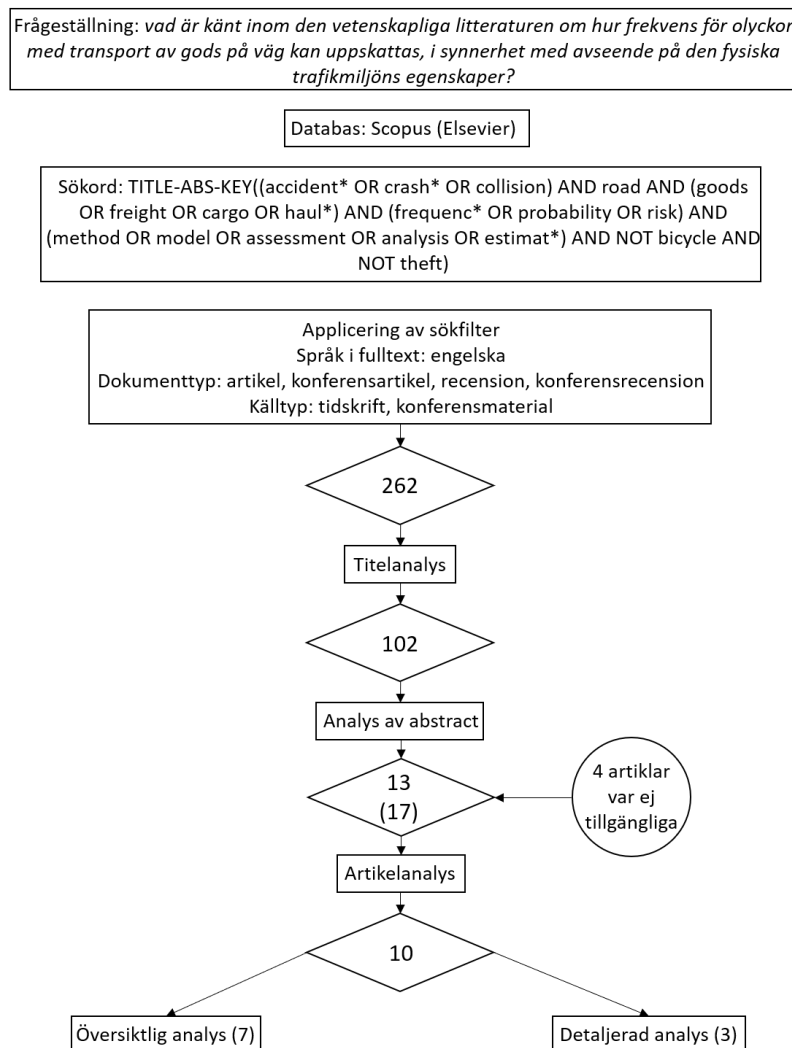
- Lars-Erik Andersson, trafikingenjör på Afry, möte, telefonmöte och e-postkonversation
- Torsten Bergh, seniorkonsult och f.d. verksamhetsstrateg på Trafikverket, e-postkonversation
- Sara Berntsson, utredare på Trafikanalys, e-postkonversation
- Christoffer Clarin, brandingenjör och civilingenjör i riskhantering, konsult på Afry, möte
- Carmelo D'Agostino, doktor vid avdelningen Trafik och Väg på LTH, möte
- Joakim Ekberg, statistikproducent på MSB, e-postkonversation
- Ludvig Elgström, strategisk planerare på Trafikverket, möten
- Johan Granlund, vägteknikexpert samt civilingenjör väg och vatten, telefonintervju
- Jonathan Hedlund, statistiker på Transportstyrelsen, e-postkonversation
- Ulf Lundström, säkerhetssamordnare för vägtunnlar på Trafikverket, möten
- Anette Myhr, statistiker på Trafikanalys, e-postkonversation
- Sohrab Nassiri, master i kemiteknik, section manager på Afry, telefonintervju
- Joakim Nielsen, managing director på DGM Sverige, e-postkonversation
- Magnus Sandberg, regional samordnare Strada på Transportstyrelsen, e-postkonversation
- Simon Sternlund, civilingenjör och teknologie licentiat, sakkunnig på Trafikverket, telefonmöte och e-postkonversation
- Claes Tingvall, professor i trafiksäkerhet vid CTH och tidigare trafiksäkerhetsdirektör på Trafikverket, telefonintervju
- Anna Sofia Welander, trafiksäkerhetssamordnare på Trafikverket, möte och e-postkonversation

4 Analys och resultat från scoping study

Litteratursökningen enligt avsnitt 3.2.1 resulterade i 262 artiklar. I ett första skede sållades artiklarna utifrån deras titel och 158 artiklar sorterades bort. Därtill sorterades ytterligare 2 artiklar som utgjorde dubletter bort. I de fall artikeln hade en titel som indikerade att den inte var intressant, men inte med tillräcklig säkerhet kunde uteslutas endast baserat på titeln, gjordes en kort genomläsning av dess abstract i syfte att förvissa sig om att inte en intressant artikel sållas bort. Därefter lästes abstract hos samtliga av kvarvarande 102 artiklar.

Därigenom sorterades ytterligare 85 artiklar bort, varefter 17 artiklar återstod. Fyra av dessa artiklar var ej tillgängliga varken via Scopus funktioner eller via Google scholar. I samband med genomläsningen sållades ytterligare tre artiklar bort då det konstaterades att de inte uppfyller kriterierna i tabell 2, varvid tio återstod. Dessa delades in i två olika analysgrupper som beskrivet i avsnitt 3.2.1.

I figur 3 nedan åskådliggörs arbetsprocessens steg och dess resultat. Sammanfattning och analys av artiklarna utifrån litteraturstudiens frågeställning återfinns i bilaga B. I avsnittet nedan redogörs för diskussion utifrån genomförd sammanfattning och analys samt utblick mot vidare arbete.



Figur 3. Arbetsprocess för scoping study och dess resultat.

4.1 Diskussion av resultat och utblick mot vidare arbete

Syftet med den scoping study som har genomförts och redovisats i detta avsnitt samt i bilaga B var att skapa en samlad bild över vad som sägs inom den vetenskapliga litteraturen om hur olycksfrekvens för tunga fordon under transport på väg kan uppskattas. Detta dels för att skapa en bild över kunskapsläget, men framförallt för att ge underlag som kan användas till framtagande av en beräkningsmodell för uppskattning av olycksfrekvens för olycka med vägtransport av farligt gods. I detta avsnitt redogörs för diskussion utifrån genomförd sammanfattning och analys av den studerade litteraturen och utblick mot det vidare arbetet.

Ett framträdande drag hos de analyserade artiklarna är att nästintill alla, med undantag för artikeln av Bin Islam och Hernandez (2016), avser specifikt transporter av farligt gods. Detta trots att varken de valda sökorden eller kriterierna för urval av artiklar avgränsar sig till den typen av vägtransporter med tunga fordon. Det kan tolkas som att det finns ett relativt stort intresse för olycksfrekvens hos just den typen av godstransport på väg.

Några av artiklarna, såsom artikeln av Macharis, Mairesse och Van Raemdonck (2013) samt artikeln av Leung, Nannan och Rongrong (2017), inriktar sig mot att på en vägnätsövergripande nivå göra semikvantitativa uppskattningar av risker för jämförelse av riskerna mellan olika vägsträckor, ofta för att ge underlag till vägvalsstyrning av transporter. I flera fall implementeras dessa i ett geografiskt informationssystem, förkortat GIS-system.

Det kan konstateras att flera av artiklarna, såsom den av Bezerra, Cordeiro, Peixoto och Ramos (2016) respektive den av Leung, Nannan och Rongrong (2017) samt artikeln av Kumeta, Miyake och Ogawa (2006), behandlar en aspekt som är av centralt intresse för genomförd scoping study, nämligen hur egenskaper hos trafikmiljön påverkar sannolikhet och frekvens för olycka. Vidare kan det dock även konstateras att det i flertalet fall rör sig om avancerade datormodeller eller statistiska beräkningar vars metoder och resultat svårigen låter sig extraheras och användas till utveckling av förslag till ny beräkningsmodell. Svårigheten kommer exempelvis av att de förutsätter tillgång till data för inträffade olyckor av hög omfattning och detaljrikedom eller att metoden inte beskrivs i tillräcklig detalj. *Genomförd scoping study har alltså inte utmynnat i någon praktiskt användbar metod för uppskattning av frekvens för olyckor med tunga fordon under transport på väg.*

Däremot kan det sägas att några artiklar ger information om vilka egenskaper hos trafikmiljön som kan anses vara mest intressanta avseende deras påverkan på olycksfrekvens. Bezerra et al. (2016) redogör för att den egenskap hos trafikmiljön som konstaterats ha störst påverkan på olycksfrekvensen är sammansättning av körfält. Därefter följer väggeometri (till exempel förekomst av horisontella kurvor), storlek hos årsmedeldygnstrafik (ÅDT) och i sista hand sammansättning av trafikflöde (proportioner mellan förekomst av personbilar och tunga fordon). Bęczkowska (2019) lyfter fram typ av väg, hastighetsgräns, vägmiljö och trafikintensitet som viktiga egenskaper. Leung et al. (2017) valde att i sin analys beakta nivå hos hastighetsgräns och ÅDT. Dock tolkas det av artikeln att nivå hos ÅDT inte avses påverka olyckskvoten. Kumeta et al. (2006) belyser också hastighetsgräns som en viktig egenskap tillsammans med antal körfält. Detta i likhet med Bezerra et al. (2016) som anger att sammansättningen av körfält är en viktig egenskap, följt av väggeometri. Martínez-Alegría, Ordóñez och Taboada (2003) menar att sannolikheten för en olycka främst påverkas av vägtyp, trafikintensitet och rådande klimat.

Av artikeln tolkas det dock att nivå hos ÅDT inte avses påverka olyckskvoten. En sammanställning av egenskaperna hos trafikmiljön som behandlats ovan presenteras i tabell 3.

Tabell 3 Antal artiklar från genomförd scoping study som anger respektive egenskap hos trafikmiljön som betydande för olycksfrekvensen

Egenskap hos trafikmiljön	Antal artiklar	Kommentar
Vägtyp	2	
Hastighetsgräns	3	
Sammansättning av körfält	3	
Vägmiljö	1	
Rådande klimat	1	
Proportioner - personbilar och tunga fordon	1	
Trafikintensitet	4	Påverkan på olyckskvot, utöver påverkan på olycksfrekvens kan ej uttolkas
Väggeometri	2	Exempelvis förekomst av horisontella kurvor

Ett av studiens främre resultat är att vägtransporter med farligt gods tycks kunna förväntas ha en olyckskvot som är lika eller till och med lägre än den hos tunga transporter i stort.

Detta belyses av Davies och Lees (1992) som menar på att detta kan härledas till dels fordonets handhavande och dels dess tekniska utformning.

Det senare påståendet blir än mer intressant i ljuset av att många transportörer av farligt gods kan anses ligga i framkant inom sektorn tunga godstransporter gällande säkerhetstekniskt utförande av fordonen. Enligt Tingvall⁶ ligger företag som transporterar farligt gods i framkant i sitt arbete med att minska olycksriskerna förknippade med transport på väg. Granlund⁷ menar att de stora transportörerna av farligt gods ställer stora krav på åkarna och arbetar utifrån att olyckor inte får hända, vilket ger att det råder stora skillnader i säkerhet mellan transporter av farligt gods och övriga tunga lastbilar avseende både tekniskt utförande av fordonen och förarkompetens. Enligt Nielsen⁸ är säkerheten central för åkerier som transporterar farligt gods, vilket innebär bättre underhåll av fordon och större medvetenhet hos transporterernas chaufförer. Detta leder enligt honom till minskad sannolikhet för olyckor.

Det kan också anses vara vanligt förekommande att olycksbenägenheten för transporter med farligt gods antas vara lika den för vägtrafik i allmänhet, vilket framgår exempelvis av Martínez-Alegría et al. (2003). I kontrast till detta belyser Gwehenberger och Langwieder (2002) att just tankbilar, vilka står för en betydande andel av transporter med farligt gods, har egenskaper som ökar deras benägenhet att välta och därmed typiskt råka ut för en singelolycka. Detta på grund av att de i allmänhet har en högre belägen tyngdpunkt och att vätskerörelser i tanken kan ytterligare förstärka vältningsbenägenheten.

⁶ Claes Tingvall, professor i trafiksäkerhet vid CTH och tidigare trafiksäkerhetsdirektör på Trafikverket, telefonintervju 2019-12-03.

⁷ Johan Granlund, vägteknikexpert samt civilingenjör väg och vatten, telefonintervju 2020-02-07.

⁸ Joakim Nielsen, managing director på DGM Sverige, e-post 2020-02-20.

Samtidigt påpekar författarna att åtgärder i skrivande stund var under genomförande, åtminstone i Tyskland, som motverkar vätskerörelser och sänker tyngdpunkten hos tankfordon.

Författarna anger också att transporter av farligt gods allmänt karakteriseras av hög standard hos tekniska säkerhetssystem och utbildning av förare som har en positiv inverkan på olycksbenägenheten. I detta sammanhang är det också av intresse att Bin Islam och Hernandez (2016) tar upp tanken om att den extra utbildning som förare av tunga transporter med släp har fått skulle ge en positiv inverkan på olyckskvoten. Att exempelvis ADR-utbildning för förare skulle ha en positiv inverkan på olyckskvoten ligger därför nära till hands.

En annan faktor som kan ha en inverkan på benägenheten för transporter med farligt gods att vara med i en olycka är huruvida medtrafikanter har en annorlunda riskperception av sådana transporter jämfört med andra tunga transporter. Hjort och Sandin (2012) anger att ”medtrafikanter är ett återkommande problem. Många gånger verkar det som om infrastrukturen, kontexten eller de tunga fordonens begränsningar inte orsakar några större problem i sig utan att problemen uppstår i kombination med medtrafikanter som inte visar hänsyn” (s. 21). Av intresse är därför om vetskapen om att fordonet är lastat med farligt gods påverkar trafikanters beteende till att visa mer hänsyn mot det i trafiken. Detta med tanke på de konsekvenser av ett utsläpp av farligt gods i samband med trafikolycka som kan drabba dem och omgivningen.

Sett till den presenterade informationen i de två styckena ovan bedöms det vara rimligt att anta att olyckskvoten för transporter med farligt gods är lika den för tunga lastbilar i stort och att detta antagande troligen kan anses vara konservativt.

Det är också värt att här nämna att valet av frågeställning till genomförd scoping study, se avsnitt 3.2.1, som omfattar uppskattning av olycksfrekvens för tunga godstransporter på väg i stort kan anses vara lämpligt. Detta då det sett till informationen ovan kan anses saknas anledning till att anse att olyckskvot hos transporter av farligt gods skulle överstiga den hos tunga godstransporter på väg i stort.

Ett annat intressant resultat av genomförd scoping study är att en betydande andel av de utsläpp av farligt gods som inträffar under transport på väg tycks ske utan att involvera någon form av trafikolycka. Exempelvis anger Kumeta, Miyake och Ogawa (2006) att trafikolyckor står för 87 % av olyckorna med farligt gods under vägtransport. Vidare skriver Davies och Lees (1992) att olyckor med transport av farligt gods på väg som inte involverar trafikolycka bör inte försummas, även om de också verkar se anledning till att de skulle vara förknippade med mindre allvarliga konsekvenser jämfört med de som följer av trafikolyckor. Ardin och Markselius (2016) har tittat närmare på bland annat just sådana händelser som inte involverar trafikolycka. Genom analys av insatsrapporter från svenska räddningstjänster konstaterade de att cirka hälften av utsläppen av farligt gods under vägtransport inte involverade trafikolycka. Den främsta orsaken bland dessa var istället felaktig hantering av det farliga godset, alltså exempelvis felaktig lastning eller säkring av det och felaktig hantering av utrustning, alltså bland annat ventiler och luckor som lämnats öppna. Vidare anger författarna att i de fall som utsläppsmängderna gått att uttyda från insatsrapporterna så har dessa varit mindre i de fall inte någon trafikolycka förelegat. Därtill också att majoriteten av dessa olyckor utgörs av styckegodstransporter, alltså inte transport med till exempel tankbil.

I likhet med Davies och Lees menar också Ardin och Markselius att även dessa utsläpp som inte orsakas av trafikolyckor måste beaktas för att ge en rättvis helhetsbild av riskerna förknippade med transport av farligt gods. Button (1999) har med hjälp av olycksstatistik från Kanada, USA och Frankrike bland annat undersökt just utsläpp av farligt gods som inte involverar trafikolycka och menar på att utsläpp i samband med dessa är mindre sannolika att vara stora jämfört med de som sker i samband med trafikolycka, men likväl kan leda till katastrofala konsekvenser. Button menar också att utsläpp som inte involverar trafikolycka är mer vanliga på landsbygden än inom tätort och för resonemang om att det kan bero på att vägar landsbygden kan orsaka mer vibration, att fordonshastigheter generellt är högre och att fordonet kan färdas längre sträckor utan att kontroll av fordonets eller lastens status sker. Det anges också vara vanligare med sådana utsläpp för transporter som inte är tankbilar, alltså styckegodstransporter.

Slutligen kan det sägas vara av intresse att Davies och Lees (1992) menar på att vältning av fordon står för de största sannolikheterna för utsläpp av farligt gods, vilket även Ardin och Markselius (2016) också framfört som en anledning till att uppskatta frekvens för singelolyckor separat. Gwehenberger och Langwieder (2002) lyfter också fram vältning av fordon som den olyckstypen med störst sannolikhet för utsläpp av farligt gods, följt av kollision med andra tunga fordon. Även Button (1999) anger att huruvida vältning av fordon förekommer är en signifikant faktor som påverkar sannolikheten för utsläpp, medan förekomst av kollision avfärdas som signifikant faktor. Till detta hör också att enligt Button tenderar olyckor enligt statistik ha involverat antingen vältning eller kollision med annat fordon och att endast 3 % av olyckor med tunga fordon involverar både och.

5 Analys och resultat från kompletterande litteraturstudie

I detta avsnitt redovisas analys och resultat av de kompletterande litteraturstudierna som genomförts. Även val av litteratur till den snowballing-process genom vilken litteraturen har identifierats beskrivs.

5.1 Val av litteratur

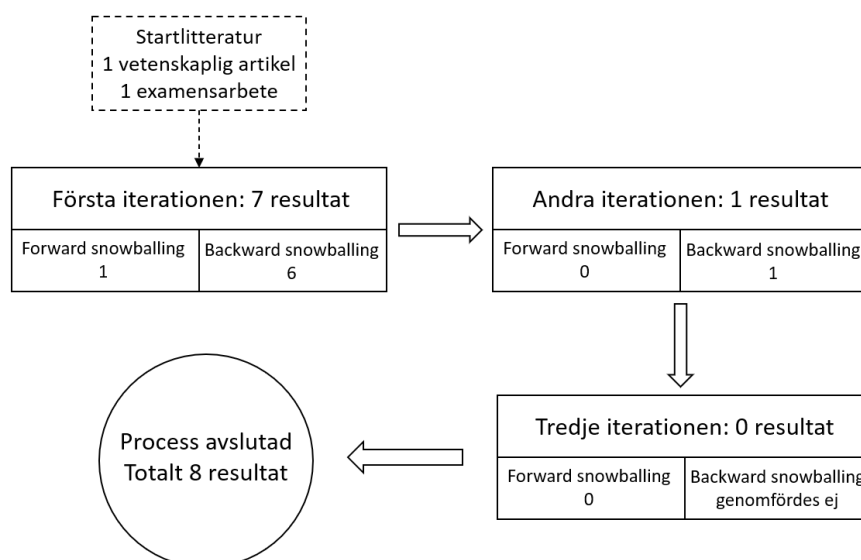
Som utgångspunkt för snowballing-processen har en vetenskaplig artikel och ett examensarbete valts ut. Artikeln är den av Bezerra et al. (2016) som ingått i den detaljerade analysen i avsnitt 4. Examensarbetet är det av Ardin och Markselius (2016) som har genomfört en ingående analys av VTI-modellen. Att utgå från två stycken publikationer har bedöms vara lämpligt sett till att det studerade området kan anses vara relativt specifikt och att snowballing-processen utförs som ett komplement till en redan genomförd scoping study.

Artikeln av Bezerra et al. valdes ut då den vid genomläsning bedömdes innehålla intressanta referenser avseende bland annat hur egenskaper hos trafikmiljön påverkar förekomsten av olyckor. Sett till vad som redovisats i avsnitt 4 låg det nära till hands att välja ut artikeln av Davies och Lees (1992) till snowballing-processen då den innehöll allra mest intressant underlag. Artikeln exkluderades dock då den är närmare tre decennier gammal och refererar till litteratur som är än äldre. Det bedömdes innebära att intressant litteratur vore svår att få tag på och anses vara alltför daterad.

Att använda ett examensarbete som utgångspunkt kan anses vara något okonventionellt men bedöms i detta fall vara ett lämpligt val då publikationen vid genomläsning har bedömts innehålla gott om underlag och referenser som är av intresse. Därtill kan det återigen nämnas att snowballing-processen har genomförts som ett komplement till en scoping study, vilken är avgränsad till enbart referentgranskad vetenskaplig litteratur. Att examensarbetet används som utgångspunkt kan därför ses som en breddning av litteraturstudierna.

5.2 Utfall från snowballing-processen

I detta avsnitt beskrivs snowballing-processen som applicerats på den litteratur som valts ut enligt föregående avsnitt och iterationerna av processen. I figur 4 nedan illustreras processen och dess utfall. Genomförandet av iterationerna beskrivs i bilaga C. Sammanfattning och analys av litteraturen redovisas i bilaga D. I avsnittet nedan redogörs för diskussion kring resultaten av genomförd sammanfattning och analys samt utblick mot vidare arbete.



Figur 4. Iterationerna av genomförd snowballing-process och deras utfall.

5.3 Diskussion av resultat och utblick mot vidare arbete

Syftet med genomförd snowballing var att bemöta de begränsningar som antagits vara förknippade med genomförd scoping study och komplettera det underlag av litteratur som kan bidra till att uppfylla detta arbetes syfte. I detta avsnitt redogörs för diskussion utifrån den sammanfattning och analys av identifierad litteratur som genomförts och återfinns i bilaga D. Diskussionen relateras också till den i avsnitt 4.1 för att därigenom skapa en utblick mot vidare arbete.

Att Alvarsson och Jansson (2016) konstaterar att ingen av de riskbedömningarna de undersökt har beaktat utsläpp av farligt gods som kan ske av annan orsak än trafikolyckor kan ställas i relation till diskussionen i avsnitt 4.1 kring dessa händelser och det kan konstateras att frågan är fortsatt intressant.

Vägverket (1999) tillför med sin rapport en hel del intressant information. Att den generiska olyckskvoten för tunga lastbilar anges vara 50 % högre än för personbilar tyder på en väsentlig skillnad i olycksbenägenhet, samtidigt som en icke försumbar del av skillnaden borde bero på skillnader i rapporteringsgrad. Att den återstående faktiska skillnaden i olycksbenägenhet vidare skulle bestå av omkörnings- och mötesolyckor kan ses i ljuset av information som redovisas av Harwood et al. (1993). De anger att olika former av singelolyckor, utöver kollision med tåg, står för de mest betydande sannolikheterna för utsläpp följt av kollision med lastbil vars sannolikhet för utsläpp är cirka en tredjedel så stor. Därpå följer kollision med personbil och andra typer av fordon som i sin tur har en sannolikhet för utsläpp som är cirka en tredjedel så stor som den för kollision med lastbil. Siffrorna från Harwood et al. har förvisso tagits fram med data från USA, men bedöms i detta fall vara tillräckligt giltiga för svenska förhållanden då skillnaden mellan länderna i hur det farliga godsets inneslutning påverkas av våldet vid respektive olyckstyp inte borde vara särskilt stor. Därtill är syftet med siffrorna inte att använda dem till beräkningar utan endast att ge en uppfattning om proportioner mellan de sannolikheter som är förknippade med de olika olyckstyperna.

Det kan alltså sägas att den olyckstyp som mestadels bidrar till skillnad i olycksbenägenhet mellan personbilar och lastbilar, alltså omkörnings- och mötesolyckor, är förknippad med relativt låga sannolikheter för utsläpp.

Därmed skulle skillnaden också ha en relativt liten påverkan på de riskmått, exempelvis individ- och samhällsrisk, som uppskattas vid en riskanalys. Detta förutsätter dock att uppskattning av frekvens för trafikolyckor sker med lämplig uppdelning med avseende på olyckstyper, exempelvis i singel- och kollisionsoolyckor, som kombineras med händelseträdd med anpassade sannolikheter för efterföljande händelser. Relevant för resonemanget är även att Vägverket (1999) menar på att släp eller påhäng på lastbil ökar risken för singelolycka, vilket rimligen i någon utsträckning borde utgöra en del av förklaringen till den påstådda skillnaden i olyckskvot mellan personbilar och tunga lastbilar. Intressant är också att enligt Hyllenius, Lindberg, Modig och Neergaard (2003) var tunga lastbilar och tunga släp under år 2002 överrepresenterade vad gäller andel fordon som är underkända bromssystem med krav på efterkontroll vid fordonskontroll. Detsamma gäller för tunga lastbilar som är underkända utan krav på efterkontroll. För underkännanden med krav på efterkontroll i stort har endast bussar en större andel. Det är tänkbart att detta kan vara en bidragande orsak till ovan nämnda skillnader i olycksbenägenhet. Om så vore fallet är det även tänkbart att denna effekt motverkas något just för transporter med farligt gods. Detta eftersom transportörer av farligt gods, utifrån resonemang i avsnitt 4.1 kan anses ligga i framkant vad gäller säkerhet hos fordonen.

Det ska dock i samband med resonemang ovan nämnas att tunga lastbilar kan råka ut för följdhändelser som är förknippade med hög sannolikhet för utsläpp även vid omkörnings- och mötesolyckor. Sådana följdhändelser kan exempelvis vara vältning och avåkning från väg. Av data från Trafikverket (1999) kan det urskiljas att vältning respektive avåkning från väg vid mötesolyckor har skett i 2 % respektive 31 % av fallen. Motsvarande för omkörningsolyckor är 2 % för vältning och 20 % för avåkning. För mer detaljer kring Trafikverkets data hänvisas läsaren till tabell D2 i bilaga D. Det är möjligt att det i endast hälften av fallen beskrivna ovan är lastbilen som drabbas av följdhändelsen, men det går inte att med klarhet utläsas av Vägverket (1999). Det går heller inte att utläsa av Harwood et al. (1993) hur olyckor som exempelvis involverar både kollision med annat motorfordon och avåkning från väg har kategoriserats och använts till för att beräkna de sannolikheter för utsläpp som presentera. För översikt av sannolikheterna se tabell D3 i bilaga D. Det kan dock tänkas att exempelvis avåkning från väg som sker som följdhändelse av en kollision inte sker med samma energi som en avåkning från väg i samband med singelolycka, eftersom en betydande del av rörelseenergin rimligen absorberats genom kollisionen och inbromsningar i samband med denna. Att Button (1999) avfärdar förekomst av kollision som en signifikant faktor för sannolikheten för utsläpp kan tolkas som att dessa olyckor är mindre intressanta.

Vägverkets (1999) undersökning och slutsatser rörande trafikflödets inverkan på olycksrisken tolkas som att förändringar av flödet innebär viss inverkan på vissa olycksrisker, men att det generellt kan sägas att påtagliga förändringar i trafikflödet åtföljs av åtgärder och förändringar i vägens trafikmiljö av vägghållaren, vilket till en del verkar utjämnande på risken. Även ifall total utjämnning av risken inte uppnås bedöms utförandet av vägens trafikmiljö vara mer lämpliga parametrar att uppskatta olycksrisken utifrån.

Enligt D'Agostino⁹ utgör detta en förenkling som dock kan anses acceptabel för en modell som också ska vara relativt enkel att använda.

Avseende vilka egenskaper hos trafikmiljön som kan anses vara mest intressanta avseende deras påverkan på olycksfrekvensen kan det sägas att Jamil (2006) menar att hastighetsgränsen har en hög inverkan. Att information från Vägverket (1999) kretsar kring variationer av egenskaperna hastighetsgräns, vägtyp och vägmiljö kan tolkas som att dessa anses vara av förhållandevis stort intresse för olycksfrekvensen. Av Huang et al. (2018) framgår att typ av vägmiljö förmodligen anses vara den viktigaste egenskapen, följt av vägbredd, bredd hos sidoområde, genomsnittlig bredd hos vägseparationer, kurvradie, tvärlutning, vägunderlag och trafikintensitet i proportion till vägens kapacitet.

De olika egenskaper hos trafikmiljöer för vilka Trafikverket (2018) ger datamaterial från vägtrafiksäkerhetsmodellen TS-EVA att beräkna olyckskvoter med kan konstateras sammanfalla relativt väl med de som genom litteraturstudier har funnits vara mest intressanta. Väggeometri utgör i viss mån ett undantag som Bezerra et al. (2016) lyfte fram som en viktig faktor, i kontrast till att Jamil (2016) menar att inverkan av de geometriska egenskaperna är låg för flera vägtyper, med undantag för 2+1-väg.

Siktklass hos vägvägnittet har inte lyfts fram som en viktig faktor av någon studerad litteratur och data från Trafikverket (2018) tyder på att dess inverkan på olyckskvoten är mindre betydelsefull. Detta kan sägas stämma väl överens med att enligt Vägverket (1999) påverkar rådande siktförhållanden på vägen vilken hastighetsgräns som är satt, vilket rimligen har en utjämnande verkan på olycksrisken.

Att Trafikverkets data är redovisade för axelparkilometer istället för fordonskilometer kan framstå som något underligt och innebär att fordon med fler axelpar ges en högre olyckskvot jämfört med om data fordonskilometer hade använts. Några tydliga fördelar med att använda axelparkilometer har inte påträffats och användningen antas bero på att trafikmätningar är enklare att göra i den enheten.

Sett till den stora betydelse som singelolyckor har konstaterats ha för händelser med utsläpp av farligt gods och ovan resonemang kring uppställda designkriterier bör det också vidare undersökas hur andelen singelolyckor av inträffade trafikolyckor kan uppskattas.

⁹ Carmelo D'Agostino, doktor vid avdelningen Trafik och Väg på LTH, möte 2019-10-17.

6 Analys av befintliga modeller

I detta avsnitt beskrivs resultat från analys av utvalda befintliga modeller för uppskattning av frekvens för olycka med transport av farligt gods. Analys har genomförts i syfte att bidra till modellutvecklingen genom att undersöka hur modellerna tagits fram och är uppbyggda samt vilka behov hos användarna de uppfyller. Beskrivning sker kortfattat i punktform utifrån ett designkriterieperspektiv och utgör en del av kunskapsunderlaget för att ta fram designkriterier för modellutvecklingen, se avsnitt 3.1.

Valet av dessa modeller beskrivs i avsnitt 3.2.3 och i bilaga E återfinns mer detaljerad sammanfattning och analys av respektive modell. I avsnitt 6.4 nedan redogörs för diskussion utifrån genomförd sammanfattning och analys samt utblick mot vidare arbete.

6.1 VTI-modellen

Den så kallade VTI-modellen är framtagen av Nilsson (1994) och är utgiven av Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI). Principen för modellens skattning av förekomst av olyckor med transport av farligt gods är att dessa står i proportion till förekomsten av transporter med farligt gods på vägsträckan och tar hänsyn till totala förekomsten av trafikolyckor på denna, både singel- och flerfordonsolyckor. I modellen ingår antagande om att olycksbenägenheten för tunga transporter med farligt gods är lika den för personbilar.

En handbok av Räddningsverket (1996) finns utgiven som är baserad på Nilsson (1994). Tanken med handboken anges att vara mer tillgänglig för den praktiska användaren med en mer renodlad metodik. I handboken har det också tillförts en tabell med fördefinierade olyckskvoter respektive andel singelolyckor för olika typer av trafikmiljöer med avseende på vägmiljö, hastighetsgräns och typ av gata eller väg.

Utifrån genomförd sammanfattning och analys kan VTI-modellen anses ha följande huvudsakliga egenskaper:

- Uppskattning av frekvens för olyckor kan ske med hänsyn till vissa egenskaper hos det aktuella vägavsnittets trafikmiljö - avseende typ av vägmiljö, vägtyp och hastighetsgräns.
- Genom en viss ombearbetning av modellen kan frekvens för kollision- respektive singelolyckor beräknas separerade från varandra.
- Angivna olyckskvoter täcker generellt in de allmänna vägar i Sverige som kan tänkas relevanta för en riskanalys, men omfattar inte vägtyper som tillkommit efter modellens framtagande, såsom 2+1-vägar.
- Olyckskvoter saknas för hastighetsgränser som tillkommit efter modellens framtagande i samband med införandet av det så kallade tiostegssystemet med tio möjliga hastighetsgränser, till exempel 60 och 80 km/h (Trafikverket, 2019c).
- Genom handboksversionen av modellen från Räddningsverket (1996) är modellen relativt lättanvänd för till exempel konsulter som genomför en riskanalys.
- Modellen saknar en del transparens, främst avseende hur man tagit fram de tabellerade olyckskvoterna från Räddningsverket (1996).

6.2 Hallands-modellen

Den så kallade Hallands-modellen tillkom genom ett projekt av Länsstyrelsen i Hallands län som avsåg att skapa ökad förståelse för händelser med farliga ämnen och ökad förmåga att hantera dem. Som en del av detta ingick att för utvalda transportsätt kvantifiera frekvenser av olyckor, vilket redovisas av Länsstyrelsen i Hallands län (2011).

För transporter av farligt gods på väg utmynnade detta i en generell olycksfrekvens om $4 \cdot 10^{-7}$ olyckor [farligt gods-lastbilskilometer⁻¹ år⁻¹], vilken togs fram med hjälp av statistik för inträffade olyckor och utfört trafikarbete med tung trafik.

Utifrån genomförd sammanfattning och analys kan Hallands-modellen anses ha följande huvudsakliga egenskaper:

- Den generiska olyckskvoten kan enkelt tillämpas i riskanalyser.
- Modellen ger tämligen grova uppskattningar. Detta då den inte beaktar det lokala vägnätets egenskaper, utöver uppmätt ÅDT för tung trafik.
- Modellen har viss avsaknad av transparens eftersom den generiska olyckskvoten bygger på ett antagande om nationellt antal olyckor per år som saknar tydlig beskrivning av hur det togs fram.
- Den generiska olyckskvoten bedöms vara förknippad med relativt stora osäkerheter då antagandet om nationellt antal olyckor per år inte framstår som väl underbyggt. Därtill inkluderar inte data för nationellt trafikarbete med lastbilar det trafikarbete som utländska transporter med farligt gods utför på svensk mark.

6.3 Nederländska modellen

I Nederländerna finns det en bokserie utgiven av Ministeriet för bostäder, fysisk planering och miljö (på nederländska förkortat *VROM*) som på en nationell nivå ger förhållandevis tydliga och vägledande riktlinjer för hur riskhantering avseende olycksrisker med farliga ämnen bör ske. Riktlinjerna uppfattas vara relativt styrande för detta och den modell de presenterar kallas i denna rapport *Nederländska modellen*. I boken av Ale och Uijt de Haag (2005), kallad 'Purple book', ges riktlinjer för genomförande av kvantitativ riskanalys av bland annat transport av farligt gods på väg. Det enklaste förfarandet är att kontrollera huruvida det årliga antalet transporter med farligt gods på den aktuella sträckan överstiger ett på förhand angivet gränsvärde för den aktuella väg- och omgivningstypen samt befolkningsdensiteten. Ifall antalet transporter överstiger gränsvärdet behöver riskerna undersökas närmare med hjälp av ett datorprogram kallat RBM II (tidigare IPORBM). I det fall en mer detaljerad riskanalys behöver genomföras ger Uijt de Haag och Ale (2005) även riktlinjer för detta.

Utifrån genomförd sammanfattning och analys kan den modell för detaljerad kvantitativ riskanalys som de nederländska riktlinjerna presenterar anses ha följande huvudsakliga egenskaper:

- Uppskattning av frekvens för olyckor kan ske med viss hänsyn till egenskaper hos det aktuella vägavsnittet genom de tre generiska olyckskvoterna som finns att välja mellan och genom att förekomst av personskadeolyckor med motorfordon på det aktuella vägavsnittet vägs in.
- Metoden är relativt enkel i sin uppbyggnad, men kräver tillgång till data för olyckor och transportarbete på den aktuella vägsträckan. Tillförlitliga generiska olyckskvoter för olyckor med utsläpp behöver tas fram alternativt att de nederländska används, vilket är förknippat med osäkerheter.
- Modellen har relativt hög transparens.
- Ingen uppdelning av uppskattad frekvensen avseende singel- eller kollisionsolyckor ges, eftersom frekvens av olyckor med utsläpp uppskattas direkt.
- Att olyckskvoten beräknas som en linjär funktion av olyckskvoten för trafikolyckor med motorfordon som ger personskada bedöms vara en förenkling förknippad med osäkerheter.

6.4 Diskussion av resultat och utblick mot vidare arbete

Utifrån redovisad beskrivning och analys av befintliga modeller kan det konstateras att de tydligt skiljer sig åt i uppbyggnad och typ av skattningar. Bland de mest framträdande skillnaderna finns att den nederländska modellen direkt skattar frekvens för olyckor med utsläpp av farligt gods istället för trafikolycka som *kan* leda till utsläpp. VTI-modellen medger jämförelsevis långtgående möjligheter till att anpassa skattningen efter förutsättningar hos den lokala trafikmiljön medan Hallands-modellen ger väsentligt grövre och mer generiska skattningar.

Att det i VTI-modellen antas att olycksbenägenhet är lika mellan tunga fordon och personbilar är intressant, särskilt i kontrast till skillnaden mellan dessa fordonsslag som Vägverket (1999) redogör för enligt avsnitt 5.3. Sett till tidigare diskussioner som förts utifrån genomförd scoping study i avsnitt 4.1 respektive snowballing i avsnitt 5.3 är dessa skillnader fortsatt intressanta att undersöka vidare.

Den generiska olyckskvoten för personskadeolyckor som uppskattades av Nilsson (1994) kan genom jämförelse med den i Hallands-modellen konstateras ligga nära denna. Så även om den olycksstatistik som Hallands-modellens olyckskvot baseras på har en del avsaknad av transparens kan det sammantaget tolkas som att den inte involverar olyckor med endast egendomsskador, alltså olyckor utan personskada.

Att Nilsson (1994) i modellarbetet fick göra grova skattningar om fördelning av utfört trafikarbete mellan bland annat tätort och landsbygd, rimligen med påtagliga osäkerheter som följd, är en svårighet som även påträffats inom ramen för detta arbete. Tidigt i arbetsprocessen fanns det en ambition om att ta fram nya olyckskvoter som kan vara specifikt anpassade för egenskaperna hos den aktuella vägsträckan. Detta skulle då göras genom att ställa data för inträffade olyckor i relation till motsvarande exponering, alltså utfört trafikarbete.

Det kan alltså konstateras att det nu liksom år 1994 finns svårigheter med att ta fram tillräckligt fint indelade statistiska data.

Med indelning av data avses här exempelvis indelning efter vägtyp. Denna observation återkom i studierna av Hallands-modellen, vars framtagande involverade relativt omfattande studier av statistiska data och ändå ger relativt grova skattningar.

En gemensam egenskap som de tre studerade modellerna kan konstateras ha är att de inte beaktar påverkan från vägens trafikflöde på dess olyckskvot. Detta ter sig som rimligt i ljuset av diskussionen i avsnitt 5.3 om att storleken på trafikflödet på en väg följs av åtgärder och förändringar av övriga egenskaper hos trafikmiljön från väghållaren. Detta gör att inverkan av trafikflöde på olyckskvot mindre viktig och troligen även svårare att modellera.

Som framförts tidigare i denna rapport är huruvida en trafikolycka är en singelolycka av stor betydelse för riskerna förknippade med efterföljande händelser. Att VTI-modellen genom omarbetning skulle kunna uppskatta frekvensen för dessa olyckor separat bör ses som en styrka hos denna. Men det ska samtidigt observeras att den nederländska modellen, genom att direkt skatta frekvens för olyckor som leder till utsläpp, rimligen tar hänsyn till dessa skillnader mellan olika olyckstyper och hur fördelningen av dessa varierar mellan olika vägtyper och vägmiljöer.

Att den nederländska modellen direkt skattar frekvens för olyckor som leder till utsläpp kan anses innebära vissa fördelar såsom att man inte behöver ta ställning till vilka trafikolyckor som ska ingå i uppskattningen – exempelvis huruvida trafikolyckor med endast egendomsskador ska ingå i uppskattningen. Därtill hanteras också de konstaterade skillnaderna i risk för efterföljande konsekvenser som olika typer av trafikolyckor är förknippade med. Beroende på hur de generiska olyckskvoterna för olycka med utsläpp i de nederländska riktlinjerna tagits fram är det möjligt att de också innefattar utsläpp som sker under vägtransport utan att någon trafikolycka har inträffat, vilka i avsnitt 4.1 konstaterats inte vara utan viss betydelse för helhetsbilden av riskerna förknippade med vägtransporter av farligt gods. Samtidigt finns det osäkerheter förknippade med att ta fram en specifik olyckskvot för den aktuella vägsträckan. Sådana svårigheter framgår exempelvis av beskrivning av Hallands-modellen i bilaga E.

En gemensam egenskap hos de tre studerade modellerna är att de alla bedöms i viss mån sakna transparens, om än i olika omfattning. Det kan enkelt påstås att transparens är en viktig egenskap för en modell eftersom det skänker förtroende till den och dess uppskattningar som inte sällan ska ligga till grund för politiska beslut om samhällets planering och utformning. Därtill innebär transparens också ökade möjligheter till framtida arbeten med modellutveckling.

En särskiljande egenskap hos den nederländska modellen som är nämnvärd är att den har en tydligt vägledande och i någon mening även toppstyrande ställning som ger tydlighet och likriktning till hur riskanalyser bör genomföras. Utan att här vidare analysera eller värdera fördelar och nackdelar med detta kan det konstateras att det ger goda möjligheter för de nationella olyckskvoterna för olycka med utsläpp att vara väl underbyggda och genomarbetade samt till att vidareutvecklas varefter den samlade nationella kunskapen inom området förbättras.

Det ligger också nära till hands att det på central nivå inom landet finns större möjligheter till att ta fram statistiska data med fin indelning efter olika parametrar, vilket enligt resonemang tidigare i detta avsnitt annars är förknippat med svårigheter.

7 Förslag till beräkningsmodell

I detta avsnitt redogörs för detta arbetes utveckling av en beräkningsmodell för att uppskatta frekvens för vägtrafikolycka med transport av farligt gods. Framtagandet följer de olika stegen i designprocessen som beskrivits i avsnitt 3.1. Avsnittet omfattar därför sammanfattning av den bakgrundskunskap som inhämtats, formulering av syfte och designkriterier för modellen, presentation av modell samt utvärdering av denna. Som en del av utvecklingsarbetet undersöks också skillnader i olycksbenägenhet mellan tunga transporter av farligt gods och andra fordonstyper samt andel singelolyckor av olyckor med tunga transporter med farligt gods.

7.1 Sammanfattning av bakgrundskunskap och slutsatser

Den bakgrundskunskap som i enlighet med första steget i designprocessen har inhämtats, analyserats och sammanställts i avsnitt 4, 5 och 6 med tillhörande bilagor är omfattande och låter inte sig lätt sammanfattas. I detta avsnitt redogörs dock för en sammanfattning av de viktigaste resultaten och slutsatserna ifrån dessa avsnitt. Sammanfattningen gör dock av ovanstående skäl ingen ansats till att omfatta all den information som används till det vidare modellarbetet. Den intresserade läsaren uppmanas att se ovanstående avsnitt och tillhörande bilagor för mer omfattande information.

De egenskaper hos trafikmiljön som utifrån genomförda litteraturstudier kan sägas vara mest intressanta avseende deras påverkan på olyckskvoten har konstaterats vara typ av väg, typ av vägmiljö, hastighetsgräns och egenskaper hos vägens körfält såsom bredd och antal. Påverkan specifikt från trafikflödet bedöms kunna bortses från och beaktas i tillräcklig utsträckning via att andra egenskaper hos trafikmiljön kan förväntas ha anpassats av väghållaren efter bland annat trafikflödet. Detta innebär främst att trafikflödets påverkan på fördelningen mellan olyckstyper, exempelvis mellan singel- och flerfordonsolyckor, förenklas. Även geometriska egenskaper hos vägen, såsom linjeföring, och siktklass bedöms kunna bortses från.

Slutsatsen att tunga transporter med farligt gods kan anses ha en benägenhet till trafikolycka som inte är större än motsvarande för tunga lastbilar i stort utan troligen snarare är lägre bedöms vara väl underbyggd med stöd av flera olika typer av referenser. De litteraturstudier som genomförts pekar mot att tunga lastbilar har en olycksbenägenhet som är högre än den för motorfordon i stort. Därtill finns det anledning till att anta att skillnaden i olycksbenägenhet, utöver att olyckor med tung lastbil kan förväntas ha högre rapporteringsgrad, mestadels beror på högre benägenhet till kollisionsoolyckor och främst mötes- samt omkörningsolyckor.

Den påverkan som transportfordon för farligt gods utsätts för vid olika former av singelolyckor särskiljer sig markant från den vid olika former av kollisionsoolyckor avseende sannolikhet för utsläpp av farligt gods samt troligtvis även avseende utsläppets intensitet och omfattning. Det är därför av intresse att kunna uppskatta frekvens för singel- respektive kollisionsoolycka uppdelat.

Transparens hos en modell är en viktig egenskap eftersom det skänker förtroende till modellen och dess uppskattningar samt ger ökade möjligheter till framtida arbeten med utveckling av modellen.

Trafikverkets modell för trafiksäkerhet TS-EVA är en av de mest uppdaterade och tillförlitliga modellerna för uppskattning av frekvens för vägtrafikolyckor med motorfordon.

De parametrar som genom litteraturstudier konstaterats vara de mest betydelsefulla för olyckskvoten på vägavsnitt sammanfaller relativt väl med de parametrar hos trafikmiljöer som TS-EVA beaktar.

7.2 Formulering av syfte

Modellens syfte är att vara praktiskt användbar för exempelvis konsulter till att uppskatta frekvens av trafikolyckor med vägtransport av farligt gods på lokala vägavsnitt med hänsyn till de lokala förutsättningarna. Detta som en del av beslutsunderlaget till kommuners samhällsplanering.

7.3 Formulering av designkriterier

Ett antal designkriterier har formulerats som anger vad som behövs för att modellen ska uppfylla sitt syfte. Dessa anges nedan.

- Modellen ska kunna uppskatta frekvens av olyckor med transport av farligt gods på lokala väglänkar med hänsyn till den aktuella trafikmiljön.
- Dess uppbyggnad och hur den tagits fram ska vara transparent
- Den ska vara praktiskt användbar genom att vara tillräckligt enkel och effektiv att använda samtidigt som den ger tillräckligt goda uppskattningar.
- Uppskattad frekvens ska kunna delas upp i frekvens för kollisions- respektive singelolyckor.

7.4 Avslutande undersökningar och konstruktion av modell

I detta avsnitt presenteras konstruktion av förslag till modell med hjälp av inhämtad bakgrundskunskap. Det redovisas även avslutande undersökningar som undersöker skillnader i olycksbenägenhet mellan tunga transporter med farligt gods och andra fordonstyper samt av andel singelolyckor av olyckor med tunga transporter av farligt gods. Dessa undersökningar utgörs av analys av både litteratur och statistik.

7.4.1 Andel singelolyckor och uppräkningsfaktor olycksbenägenhet

I detta avsnitt redovisas undersökningar av skillnader i olycksbenägenhet mellan tunga transporter med farligt gods och andra fordonstyper samt av andel singelolyckor av olyckor med tunga transporter av farligt gods. Dessa undersökningar har efterlysts i tidigare avsnitt baserat på de resonemang och slutsatser som följde av genomförd scoping study och de kompletterande studierna av litteratur som identifierats genom snowballing. För den intresserade läsaren redovisas i bilaga F undersökningarna som består av ytterligare litteraturstudier samt analys av statistik för olyckor och utfört trafikarbete i detalj. Nedan redogörs för de slutsatser som dessa undersökningar lett till.

Genom analyserna har flera olika uppskattningar av andel singelolyckor för tunga lastbilar erhållits. Uppskattningarna kan sägas vara utspridda i ett relativt stort intervall som sträcker sig från enstaka procent till 50 %. Den högsta skattningen är hämtad från Hjort och Sandin (2012) och dess relativt höga värde beror troligen på att den avser endast skadade lastbilschaufförer och inte exempelvis personer i annat fordon vid kollisionsolycka. Det ligger nära till hands att lastbilschaufförer är väsentligen bättre skyddade från skada vid exempelvis kollision med personbil jämfört med avkörning från väg eller vältning, vilket då innebär en högre skattning av andel singelolyckor.

Att analys av data från Strada respektive Trafikanalys (2019a), vars data tolkas komma från Strada, ger en väsentligt lägre andel om 21 % förefaller därför vara rimligt. Detta då den statistiken även involverar döda och skadade personer i övriga fordon i kollisionsolyckorna.

Att använda data för räddningsinsatser beslutades i samråd med personer från Trafikverket¹⁰ och bedöms vara lämpligt då det ligger nära till hands att räddningstjänsten närvarar vid en relativt god andel av inträffade vägtrafikolyckor, även vid olyckor med endast egendomsskador. Detta jämfört med exempelvis polisen som rapporterar olyckor med skadade och döda personer till Strada. Att data för genomförda räddningsinsatser ger en uppskattad andel om 44 %, vilken är väsentligt högre än de 21 % som data från Strada ger, skulle kunna tolkas som att singelolyckor som inte leder till personskada i högre utsträckning än motsvarande kollisionsolyckor leder till att kriterierna för räddningsinsats ändå uppfylls. Enligt lag (2003:778) om skydd mot olyckor 1 kap. 2 § genomförs räddningsinsatser vid olyckor eller överhängande fara för olyckor i de fallen ”detta är motiverat med hänsyn till behovet av ett snabbt ingripande, det hotade intressets vikt, kostnaderna för insatsen och omständigheterna i övrigt”. Det är tänkbart att exempelvis en vältning med tungt fordon där ingen person kommer till skada ändå kan leda till att räddningsinsats genomförs.

För en mer direkt jämförelse med data från Strada har räddningsinsatser under 2018 vid trafikolyckor med tung lastbil som enligt räddningstjänstens bedömning involverat personskada hämtats från MSB med hjälp av Ekberg¹¹. Med dessa data uppskattas motsvarande andel singelolyckor till 29 %, vilket ligger betydligt närmare de data som hämtats från Strada, om än cirka 40 % högre. Orsakerna till att betydande skillnader ändå kvarstår är svårt att säga, men det är tänkbart att det till viss del beror på skillnader mellan vilka händelser som räddningstjänsten utför räddningsinsats mot och de som polisen närvarar vid.

En styrka hos uppskattningarna utifrån data från Strada är att de ger en uppskattningar av andel singelolyckor som är uppdelade med avseende på vägmiljö, med en andel om 0,25 på landsbygd och 0,11 i tätort. Sammantaget bedöms data för genomförda räddningsinsatser ge den mest kompletta bilden av andel singelolyckor för att uppfylla detta arbetes syfte. Samtidigt bedöms proportionerna mellan andel singelolyckor i tätort och landsbygd enligt data från Strada och vikten som respektive andel ger till genomsnittet vara acceptabla att tillämpa. Det innebär att andel singelolyckor för tunga lastbilar i stort uppskattas 0,44 och med uppdelning på tätort och landsbygd beräknas dessa andelar till cirka 0,23 respektive 0,52. Beräkningarna för denna uppdelning beskrivs i bilaga G. Andel singelolyckor i tätort antas också representera andelen singelolyckor på motorväg och motortrafikled, då dessa andelar konstaterades sammanfalla relativt väl vid skattningar utifrån data från Strada. Uppskattade andelar presenteras i tabell 4 nedan.

¹⁰ Ulf Lundström och Ludvig Elgström, Trafikverket, möte 2019-11-19.

¹¹ Joakim Ekberg, statistikproducent på MSB, e-post 2020-02-24.

Tabell 4 Uppskattad andel singelolyckor för olika olyckstyper, med uppdelning avseende på vägtyp och vägmiljö

Typ av väg eller vägmiljö	Olyckstyp	
	Personskadeolyckor	Genomförda räddningsinsatser
Generellt	0,21	0,44
Tätort	0,11	0,23
Landsbygd	0,25	0,52
Motorväg	0,12	0,23
Motortrafikled	0,13	0,23

Att uppskattad olyckskvot för tunga lastbilar enligt beräkningar utifrån data för genomförda räddningsinsatser är närmast dubbelt så stor jämfört med motsvarande för personbilar och motortrafik kan jämföras med att den enligt Vägverket (1999) är 50 % större jämfört med den för personbilar. Dessa skillnader låter sig inte enkelt förklaras, men till de tänkbara delförklaringarna hör att Vägverket (1999) endast avser statliga vägar respektive att det ligger nära till hands att räddningstjänsten är mer benägen att genomföra en räddningsinsats vid mindre allvarliga olyckor med tung lastbil jämfört med motsvarande olyckor med personbil. Detta utifrån resonemang liknande de som förs i stycket om andel singelolyckor ovan.

En annan möjlig delförklaring ges av Granlund¹² som presenterar fakta och resonemang kring påverkan av olycksbenägenhet av bland annat vilken typ av lastbilskeppage det rör sig om. Detta avseende bland annat transporter i nordiskt vinterväder.

Han menar att lastbilskeppage som är registrerade utanför Norden har ett klart sämre säkerhetstekniskt utförande med sämre däck och högre felfrekvens. Granlund¹¹ anför vidare att lastbilskeppage av typen EU-trailer, vilka enligt honom¹³ är överrepresenterade bland utomnordiskt registrerade lastbilskeppage på svenska vägar, är ”betydligt mer olycksbenägen per körd km än i Sverige/Finland vanlig 60 ton lastbil med släpvagn” (16:e stycket). Vidare anger Granlund¹¹ att ”Våra långa lastbilskeppage har en olycksfrekvens per körd km som är nästan lika låg som personbilarnas. Det är EU-trailerskeppagen och andra korta lastbilar som är orsak till att tunga lastbilar sammantaget har högre olycksfrekvens än personbilar” (näst sista stycket). Det påpekas också av honom att den högre olyckskvoten för korta lastbilar jämfört med långa åtminstone delvis beror på att de i högre utsträckning förekommer i stadsmiljö, vilket tolkas avse tätortsmiljö, med fler konflikter med andra trafikanter. Intressant i sammanhanget är att Bin Islam och Hernandez (2016) menar utifrån analys av amerikansk statistik menar att tunga lastbilar med släp har en lägre olyckskvot än de utan.

Nævestad et al. (2016) presenterar omfattande information om skillnader om effekterna på vägolycksrisker i Norge från ökande förekomst av utländska transporter med tung lastbil. En av deras slutsatser är att utländska tunga lastbilar löper tre gånger högre risk att vara involverad i en singelolycka jämfört med de norska och två gånger högre för kollisionsoolycka. Det författarna avser med risk bedöms motsvara vad som i denna rapport kallas olyckskvot. Nævestad et al. belyser också tolv olika riskfaktorer förknippade med utländska transporter, i synnerhet erfarenhet av körning på norska vägar och av vinterväglag, men även bland annat säkerhetsbeteende och -kultur, teknik och status på utrustning och regelefterlevnad.

¹² Johan Granlund, vägexpert samt civilingenjör väg och vatten, bloggartikel på Expertbloggen 2014-03-09, tillhandahållen via e-post 2020-02-12.

¹³ Johan Granlund, vägexpert samt civilingenjör väg och vatten, telefonintervju 2020-02-07.

Författarna presenterar också uppskattade olyckskvoter för tunga lastbilar i Norge uppdelat på vilket land som transporten kommer från. De indikerar att olyckskvoten för transporter från andra EU15-länder¹⁴, Sverige och Danmark exkluderade, är mer än 2,5 gånger högre än för norska transporter. Polska, baltiska och övriga EU-27 länder har motsvarande cirka två gånger högre olyckskvot och den för danska transporter ligger i nivå med de norska. Att olyckskvoten för svenska transporter i Norge jämfört med de norska och danska är så hög förvånade författarna och skiljer sig från tidigare forskning. Det framförs att rapportens referensgrupp resonerat om att en förklaring till det vore att en betydande andel av svenska transporter i Norge framförs av förare från andra länder än Sverige.

Sett till ovanstående är det av intresse att undersöka vilken andel av det utförda trafikarbetet med tung lastbil på svensk mark som utländska transporter står för samt hur det har utvecklats över åren. Detta har uppskattats med data från Trafikanalys (2019c) för trafikarbete med svenskregistrerade lastbilar och data för utlandsregistrerade tunga lastbilar på svenska vägar från Trafikanalys¹⁵ för år 2000 till 2018.

Beräkningar ger att andelen utfört trafikarbete som utförts av utlandsregistrerade lastbilar har över åren ökat från cirka 11 % till cirka 16 %, motsvarande en ökning av andelen med cirka 43 %. Data för trafikarbete av utlandsregistrerade lastbilar för år 2017 och 2018 utgör uppskattningar.

Om data för 2016 istället används, vilket representerar den högsta uppskattade andelen i dataserien, uppskattas ökningen av andelen till cirka 49 %. Det är tänkbart att ökningen av de utländska lastbilarnas andel av utfört trafikarbete på svensk mark har i någon mån bidragit till ökningen av skillnaden mellan uppskattad olyckskvot för tunga lastbilar och den för personbilar.

Det är också intressant att undersöka vilken andel av trafikarbete med transport av farligt gods som utlandsregistrerade lastbilar står för. I samråd med Trafikanalys¹⁶ har data för år 2016 från Trafikanalys (u.å.; u.å) använts till att uppskatta denna andel. Utlandsregistrerade lastbilar uppskattas utifrån dessa data transportera 6 % av det farliga godset inom Sverige mätt i antal ton, men stå för 18 procent av transportarbetet och 20 % av trafikarbetet. Detta kan tolkas som att utländska transporters andel av utfört trafikarbete med transport av farligt gods är större än motsvarande andel av trafikarbetet med tunga lastbilar i stort, vilket i så fall kan tänkas medföra en förhöjd olyckskvot för transporter av farligt gods. Samtidigt är det Niensens¹⁷ uppfattning att utländska transporter av farligt gods håller lika hög standard som svenska. Nielsen resonerar om att en tänkbar orsak till detta är att många transporter till Sverige kör via Tyskland där myndigheterna utövar effektiv tillsyn med kostsamma påföljder om brister i säkerheten upptäcks. Det är här värt att återigen belysa att Davies och Lees (1992) menar att transporter med farligt gods, åtminstone i brittisk kontext, kan förväntas ha en 20 % lägre olyckskvot jämfört med tunga lastbilar i stort, sett till att de kan förväntas hålla en högre standard i utformningen och handhavandet av fordonet.

¹⁴ EU15 avser de 15 medlemsländerna i EU innan utvidgningen år 2004. EU27 avser de 27 medlemsländerna innan Kroatien gick med år 2013.

¹⁵ Anette Myhr, statistiker på Trafikanalys, data tillhandahållna via e-post 2020-02-14.

¹⁶ Anette Myhr, statistiker på Trafikanalys, e-post 2020-02-18.

¹⁷ Joakim Nielsen, managing director på DGM Sverige, e-post 2020-02-20.

Slutsatsen att tunga transporter med farligt gods kan anses ha en benägenhet till trafikolycka som inte är större än motsvarande för tunga lastbilar i stort utan troligen snarare är lägre bedöms vara väl underbyggd med stöd av flera olika typer av referenser. Utifrån helheten av den kunskap rörande skillnad i olycksbenägenhet mellan olika fordonstyper som sammanställts bedöms skillnaden i olycksbenägenhet mellan tunga lastbilar och motortrafik i stort främst påverkas av följande faktorer:

- Att tunga lastbilar är ett väsentligt annorlunda fordon jämfört med exempelvis personbilar.
- Att det förekommer utländska transporter i Sverige.
- Hur medtrafikanter visar hänsyn till fordonet.

Detta medför att olycksbenägenheten för tunga lastbilar kan antas vara 1,5 till 2,0 gånger högre än för motortrafik i stort, beroende på vilka data som studeras.

Därtill bedöms skillnaden i olycksbenägenhet mellan tunga transporter med farligt gods och tunga lastbilar i stort främst påverkas av att transporter med farligt gods jämfört med tunga lastbilar i stort kännetecknas av högre nivå hos säkerhetstekniskt utförande, tekniskt underhåll och förarkompetens. Det är därtill tänkbart att olycksbenägenheten för transporter av farligt gods minskar något genom att medtrafikanter visar mer hänsyn till fordonet på grund av vetskapen om att det är lastat med farligt gods.

I samråd med Clarin¹⁸ har det utifrån insamlade kunskaper och statistik bedömts vara konservativt att anta en uppräkningsfaktor om 1,5 för att ta hänsyn till skillnader i olycksbenägenhet mellan tunga transporter av farligt gods och motortrafik i stort.

7.4.2 Konstruktion av modell

Genom tämligen omfattande studier av litteratur, som identifierats i tre olika processer, omfattande såväl vetenskapliga artiklar som rapporter och annan grå litteratur har det undersökts hur olycksfrekvens för trafikolycka med vägtransport av farligt gods kan uppskattas och vilka lokala förhållanden som har störst påverkan på denna.

Som framgår av avsnitt 4.1 utmynnade inte genomförd scoping study i identifiering av någon praktiskt användbar metod, vilket i sig kan betraktas som ett resultat vilket indikerar att det finns ett behov av den typ av arbete som här har genomförts. Genomförd scoping study resulterade likväl i en del kunskap om vilka förhållanden i trafikmiljön som är av intresse vid frekvensuppskattning, vilka senare visade sig sammanfalla relativt väl med de egenskaper som beaktas i Trafikverkets modell TS-EVA.

Utifrån den insamlade bakgrundskunskapen och de slutsatser som kunnat dras utifrån denna bedöms TS-EVA vara en av de allra mest uppdaterade och tillförlitliga modellerna för uppskattning av olycksfrekvens för motorfordon. Det ska här dock belysas att modellens data för kommunala vägar enligt Sternlund¹⁹ är förknippade med större osäkerheter än de för statliga vägar och bör användas med större försiktighet. Det ska också belysas att modellens värden för beräkning av olyckskvoter på väglänkar involverar även anslutnings- samt korsningsolyckor där det är färre än tre statliga vägben.

¹⁸ Christoffer Clarin, brandingenjör och civilingenjör riskhantering på Afry, möte 2020-02-21.

¹⁹ Simon Sternlund, sakkunnig på Trafikverket, möte 2020-02-11.

För de fall det förekommer korsningar med minst tre statliga vägben finns det schablon tillägg som är begränsade till de två skadegraderna döda och svårt skadade.

TS-EVA bedöms därmed vara lämplig att använda för att skapa en anpassad modell för uppskattning av frekvens för trafikolyckor med transporter av farligt gods på väglänkar. Att Trafikverkets modell avser motortrafik i stort och inte är specifik för till exempel tunga lastbilar är en förenkling som bedöms vara tolerabel, men som måste förhållas till i modellkonstruktionen.

Det kan också noteras, som tidigare angetts i avsnitt 3.1, att konstruktion av en modell ofta innebär att man utgår från en befintlig modell som man utvecklar. I detta fall utgör TS-EVA en sådan befintlig modell.

Ett alternativ som har utvärderats under arbetsprocessen har varit att utveckla olyckskvoter med hjälp av olycksstatistik och data för utfört trafikarbete. Det har dock, som tidigare nämnts i avsnitt 6.4, under arbetet visat sig att den statistik som finns att tillgå saknar tillräcklig detaljrikedom för att kunna användas till utveckling av olyckskvoter. Exempelvis finns det enligt Berntsson²⁰ ingen nationell statistik för utfört trafikarbete med uppdelning på vägtyp att tillgå.

Som tidigare belysts avser Trafikverkets modell TS-EVA motorfordon i stort, vilket även involverar motorcyklar som kan antas ha en tydligt annorlunda olycksbenägenhet jämfört tunga lastbilar. Detta har rimligen en mindre påverkan på data. För jämförelse kan det sägas att motorcyklar i december 2019 utgjorde cirka 5 % av de bilar, lastbilar, bussar och motorcyklar som var i trafik i Sverige (Statistiska centralbyrån, 2020). I samråd med Trafikverket²¹ bedöms påverkan av motorcyklar vara så liten att den kan försummas.

De trafikolyckor som är av intresse för detta arbete bedöms inte vara begränsade till sådana som leder till någon form av personskada, vilket också har varit slutsatsen vid kontakt med Welander²².

Därför bedöms olyckskvot som även inkluderar olyckor med endast egendomsskador vara den mest intressanta. Ardin och Markselius (2016) har tidigare återgett anpassade olyckskvoter för egendomsskador utifrån 2016 års version av Trafikverket (2018) och påtalade samtidigt betydelsen av att kontrollera förändringar hos data då en ny version publiceras. En uppdaterad version som presenteras av Trafikverket (2018) har sedan dess kommit ut och den aktuella datan visade sig vid en översiktlig kontroll inte ha uppdaterats.

Genom dialog med Bergh och Sternlund²³ om hur data och beräkningsmodeller från Trafikverket (2018) kan användas för att beräkna olyckskvot har beräkningsuttryck enligt ekvation 7.1 nedan tagits fram. Resultaten skiljer sig från de som Ardin och Markselius (2016) redovisat bland annat genom att de inkluderar uppräkningsfaktor för statistiskt bortfall av egendomsskador respektive svårt skadade och lindrigt skadade personer.

²⁰ Sara Berntsson, utredare på Trafikanalys, e-post 2019-10-18.

²¹ Ludvig Elström, Ulf Lundström, Simon Sternlund och Anna Sofia Welander, Trafikverket, möte 2020-02-11.

²² Anna-Sofia Welander, trafiksäkerhetssamordnare på Trafikverket, e-post 2019-11-26.

²³ Torsten Bergh, seniorkonsult och före detta verksamhetsstrateg på Trafikverket och Simon Sternlund, sakkunnig på Trafikverket, e-post 2020-01-29, 2020-01-30, 2020-02-12 och 2020-02-13.

Värt att notera är att uppräkningsfaktor för statistiskt bortfall av svårt skadade och lindrigt skadade inom tätort är 1,5 istället för 1,7, vilket enligt Sternlund²⁴ oavsiktligt inte framgår av Trafikverket (2018).

Det kan också noteras att uttrycket har anpassats för att olyckor som involverar omkomna personer inte ska kombineras med uppräkningsfaktor eftersom dessa olyckor inte anses ha något mörkertal.

I TS-EVA avser dödsföljd andel av skadade personer som omkommer och inte andel av personskadeolyckorna som är dödsolyckor. Det behövs alltså göras ett antagande om hur många döda personer det i snitt är per dödsolycka.

Med hjälp av Sternlund²⁵ har detta antal beräknats till 1,12 utifrån data hämtade från Strada för åren 2010 till 2019 avseende genomsnittligt antal döda per dödsolycka. Denna parameter representeras av storheten DO i ekvation 7.1 nedan.

$$O_{anpassad} = (PO_k * EG_p * BF_{EG} + PO_k * ((DF * SF)/DO) + PO_k * (1 - ((DF * SF)/DO)) * BF_{SS/LS}) * U_{LB} * K_{TA} \quad (7.1)$$

$O_{anpassad}$ = anpassad olyckskvot för olyckor med personskada eller egendomsskada [miljonfordonskm⁻¹år⁻¹]

PO_k = personskadeolyckskvot [miljonaxelparkm⁻¹år⁻¹]

EG_p = egendomsskadepåslag

BF_{EG} = uppräkningsfaktor för statistiskt bortfall av egendomsskador

DF = dödsföljd, andel döda av skadade personer

SF = skadeföljd, antal skadade personer per olycka

DO = uppskattat antal döda personer per dödsolycka

$BF_{SS/LS}$ = uppräkningsfaktor för statistiskt bortfall av svårt skadade och lindrigt skadade

U_{LB} = uppräkningsfaktor för högre olycksbenägenhet hos tunga transporter med farligt gods

K_{TA} = faktor för konvertering av trafikarbete från axelparkilometer till fordonskilometer

Det ligger nära till hands att trafikolyckor som varken leder till personskada eller genom sin beskaffenhet i övrigt kommer till polisens kännedom kan antas vara relativt blygsamma i sin allvarlighetsgrad och därmed också blygsamma i den sannolikhet det finns för utsläpp av farligt gods. I samråd med Trafikverket²⁶ bedöms därför uppräkningsfaktor för statistiskt bortfall av egendomsskador i denna modell kunna antas vara 1.

Att olyckskvoter som beräknas med TS-EVA har enheten olyckor per axelparkilometer bedöms vara mindre lämpligt. Kontaktpersoner från Trafikverket²⁴ menar att det för denna modell är lämpligare att ta fram olyckskvoter för olyckor per fordonskilometer.

²⁴ Simon Sternlund, sakkunnig på Trafikverket, e-post 2020-01-29.

²⁵ Simon Sternlund, sakkunnig på Trafikverket, e-post 2020-02-19.

²⁶ Ludvig Elgström, Ulf Lundström, Anna-Sofia Welander och Simon Sternlund, Trafikverket, möte 2020-02-11.

Med hjälp av Sternlund²⁷ har en metod för att konvertera olyckskvoterna till olyckor per fordonskilometer tagits fram.

Nationella data för utfört trafikarbete i axelparkilometer respektive fordonskilometer på statlig väg har tagits fram med uppdelning på olika hastighetsgränser. Genom att bilda kvoter mellan dessa data och multiplicera dem med olyckskvoter för de olika hastighetsgränserna kunde dessa konverteras. Tillämpade data finns redovisade i tabell H7 i bilaga H.

Beräknade olyckskvoter enligt ekvation 7.1 redovisas i bilaga H. I underlaget förekommer en del förkortningar och begrepp som kan vara obekanta för läsaren, såsom tangent och bokstavsbezeichnungar för olika vägyttermiljöer. Förklaring av dessa återfinns i Trafikverket (2019d).

De värden som använts för beräkning av dessa hade också kunnat korrigeras för hur god sikt det är på det aktuella vägvägnittet, med hjälp av indelning i siktklasser och tillhörande korrigeringsvärden från Trafikverket (2018). Av värdena framgår dock att dessa endast innebär några enstaka procents korrigering, vilket stämmer väl överens med tidigare slutsatser om att denna faktor kan försummas, särskilt med hänsyn till att modellen ska vara enkel och effektiv att använda.

Även om fokus för denna modell ligger på olyckor på väglänkar kan det här konstateras att schablon tillägg för förekomst av korsningar med minst tre statliga vägben som är begränsade till de två skadegraderna döda och svårt skadade. Dessa schablon tillägg presenteras i tabell H8 i bilaga H, men behandlas ej vidare inom ramen för detta arbete.

För uppskattning av olycksfrekvens på en viss väglänk kan aktuell olyckskvot hämtad från bilaga H användas tillsammans med data för vägvägnittets längd, ÅDT för tunga lastbilar och andelen av dessa som transporterar farligt gods. Beräkning av olycksfrekvens kan då ske enligt ekvation 7.2 nedan.

$$\lambda = L * O_{anpassad} * P * \text{ÅDT}_{tung\ lastbil} * 10^{-6} * 365 \quad (7.2)$$

λ = uppskattat antal olyckor per år [år^{-1}]

L = vägsträckans längd [km]

$O_{anpassad}$ = olyckskvot från föreslagen modell [$\text{miljonfordonskm}^{-1} * \text{år}^{-1}$]

P = andel tunga transporter med farligt gods av tunga lastbilar

$\text{ÅDT}_{tung\ lastbil}$ = årsmedeldygnstrafik för tunga lastbilar

Frekvens för singelolyckor kan uppskattas separat genom att multiplicera frekvensen med uppskattad andel singelolyckor.

7.5 Modelltillämpning

I detta avsnitt utvärderas modellen genom att tillämpas på två utvalda vägsträckor. Parallellt med detta tillämpas även VTI-modellen respektive Hallands-modellen som behandlats i avsnitt 6 och jämförelse sker med olycksdata för den aktuella vägsträckan som inhämtats från Strada samt med de olyckskvoter som presenteras av Vägverket (1999).

²⁷ Simon Sternlund, sakkunnig på Trafikverket, e-post 2020-02-11.

Vägsträckor för tillämpning valdes ut baserat på att de uppfyller vissa krav på egenskaper som stämts av med Trafikverket²⁸. Dessa anges nedan.

- Undertecknad har lokal kännedom om dem och eventuella förändringar eller ombyggnader av sträckorna som kan ha en påverkan på utvärderingen.
- De är relativt väl trafikerade.
- Trafikflödesdata finns tillgängliga.
- De utgör rekommenderade transportleder för farligt gods.
- De har relativt långa vägsträckor med homogena egenskaper hos trafikmiljön och låg förekomst av korsningar respektive av- och påfarter.
- De skiljer sig åt avseende flertalet egenskaper såsom vägtyp, vägmiljö och hastighetsgräns.

För denna analys har väg 108 mellan Staffanstorp och Lund samt väg E18 mellan trafikplats Brunna och trafikplats Bro i Upplands-Bro kommun valts ut med beaktande av kriterierna ovan.

I respektive avsnitt nedan redogörs för respektive vägsträcka inhämtade indata och applicering av respektive modell. Detaljerade beräkningar återges i bilaga I.

7.5.1 Väg 108

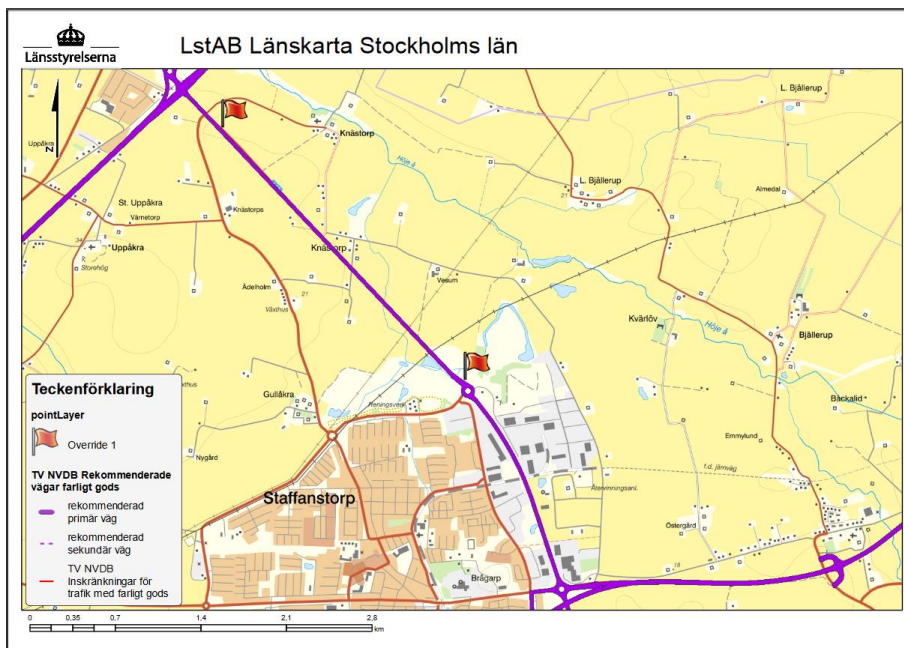
Mellan gränsen till Staffanstorps tätort och den punkt i utkanten av Lunds kommun, söder om Lunds tätort, där hastighetsgränsen övergår mellan 70 och 80 km/h löper den del av väg 108 som valts ut för modelltillämpning. Vägen har statlig vägghållare, två körfält och ingen separering av körriktningarna.

Vägens sidoområde är tämligen litet och angränsar generellt mot dike med lätt lutning. Hastighetsgränsen är 80 km/h efter att ha sänkts från 90 km/h år 2009. Vägens bredd är enligt NVDB²⁹ 6,6–9,5 meter och enligt Trafikverket (2017b) är den 8,8 till 9,0 meter bred. I figur 5 markerar en röd flagga i närheten av Lund övergången av hastighetsgränsen till 70 km/h och vid den andra flaggan i närheten av Staffanstorp övergår den till 50 km/h. Den aktuella sträckan uppskattas med hjälp av Google maps till att vara cirka 2 770 meter lång.

Den aktuella vägsträckan framgår av figur 5 nedan med ändpunkterna markerade med röda flaggor. I figur 6 visas en bild av en del av vägsträckan ur ett förarperspektiv.

²⁸ Ludvig Elgström, Ulf Lundström, Anna-Sofia Welander och Simon Sternlund, Trafikverket, möte 2020-02-11.

²⁹ Trafikverkets nationella vägdatabas som via en karta på en webbsida presenterar en mängd olika data för Sveriges vägnät.



Figur 5. Kartbild med det utvalda avsnittet av väg 108 markerat med röda flaggor (hämtad från Länsstyrelsen Stockholms länskartan 2020-02-15).



Figur 6. Väg 108 strax utanför Staffanstorps med vy i riktning mot Lund (hämtad från Google maps 2020-02-20).

Med Trafikverkets webbresurs Vägtrafikflödeskartan³⁰ ger mätning från år 2017 att ÅDT för samtliga fordon var 6 360 (plus/minus 7 %) och för lastbilar var det 710 (plus/minus 8 %).

I Räddningsverkets (1996) handbok finns inte tabellerade värden för vägar med hastighetsgräns 80 km/h. Därför användes istället medelvärdet av tabellerade värden för motsvarande väg med hastighetsgräns 70 respektive 90 km/h. Andel av lastbilar som transporterar farligt gods har antagits vara 4 % i likhet med vad som antas av Länsstyrelsen i Hallands län (2011). I tabell 5 nedan presenteras uppskattad olycksfrekvens med respektive modell.

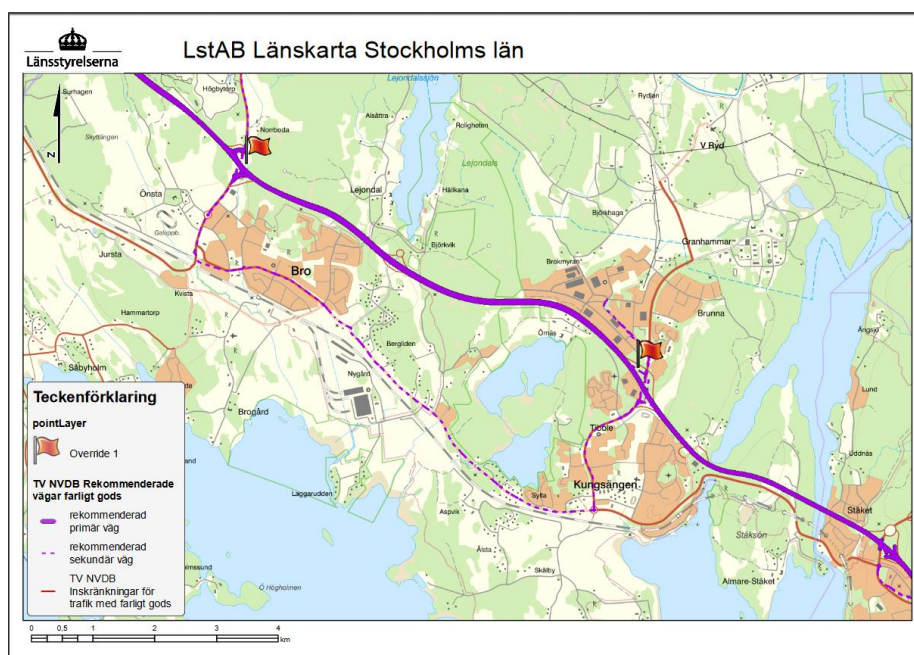
³⁰ Trafikverkets klickbara karta med data för bland annat vägtrafikflöden, tillgänglig via <http://vtf.trafikverket.se/SeTrafikinformation>.

Tabell 5 Uppskattad olycksfrekvens och andel singelolyckor på väg 108 med respektive modell

Tillämpad modell	Olycksfrekvens	Andel singelolyckor
VTI-modellen	0,028	0,375
Hallands-modellen	0,012	-
Föreslagen modell	0,014	0,52

7.5.2 Väg E18

Den del av väg E18 som har valts ut modelltillämpning löper mellan trafikplats Brunna och trafikplats Bro i Upplands-Bro kommun. I figur 7 nedan visas en kartbild med ändpunkterna för den aktuella sträckan markerad med röda flaggor. I figur 8 åskådliggörs en del av vägsträckan ur ett förarperspektiv. Vägen har statlig vägghållare, fyra körfält med två i vardera riktningen och körriktningarna separeras med räcke och mittremsa. Respektive körriktning har sidoområde som är belagt med asfalt och avskilt från terrängen med räcke. Hastighetsgränsen är 110 km/h. Den aktuella sträckan uppskattas vara cirka 6 390 meter lång. Uppskattningen har gjorts genom att genomsnittet av avståndet mellan avfart respektive påfart vid de båda trafikplatserna i vardera körriktningen har beräknats med data från Google maps.



Figur 7. Kartbild med det utvalda avsnittet av väg E18 markerat med röda flaggor (hämtad från Länsstyrelsen Stockholms länskartan 2020-02-15).



Figur 8. Väg E18 strax nordväst om trafikplats Brunna med vy i riktning mot trafikplats Bro (hämtad från Google maps 2020-02-20).

Mätning från år 2015 hämtad från Trafikverkets webbsurs Vägtrafikflödeskartan ger att ÅDT för samtliga fordon var 16 410 (plus/minus 6 %) och för lastbilar var det 2 000 (plus/minus 6 %).

Andel av lastbilar som transporterar farligt gods har i likhet med beräkning för väg 108 i avsnitt 7.5.1 antagits vara 4 %. I tabell 6 nedan presenteras uppskattad olycksfrekvens med respektive modell.

Tabell 6 Uppskattad olycksfrekvens och andel singelolyckor på väg E18 med respektive modell

Tillämpad modell	Olycksfrekvens	Andel singelolyckor
VTI-modellen	0,068	0,60
Hallands-modellen	0,075	-
Föreslagen modell	0,063	0,23

7.5.3 Utvärdering utifrån designkriterierna

I detta avsnitt redogörs för en utvärdering av den föreslagna modellen utifrån de designkriterier som formulerades i avsnitt 7.3. Detta görs bland annat i ljuset av den tillämpning av modellen som beskrivits i avsnitten ovan.

Det kan konstateras att man med den föreslagna modellen kan uppskatta frekvens av olyckor med hänsyn till det aktuella vägvägnings trafikmiljö. Därtill är modellens uppbyggnad och hur den tagits fram transparent, vilket ger möjlighet både till att kontrollera modellens trovärdighet och att vidareutveckla den.

Genom modellens tillämpning framkom det att den är relativt enkel att tillämpa och beräkna uppskattningar med, särskilt i kontrast till de motsvarande beräkningar som genomfördes i tillämpningen av VTI-modellen.

Att utvärdera hur goda skattningar den föreslagna modellen ger är förenat med svårigheter, eftersom den typ av olyckor som den uppskattar frekvens för är sällsynta händelser. Det kan dock konstateras att skattningarna inte avviker från skattningarna med VTI- respektive Hallandsmodellen i så stor omfattning att de därigenom framstår som orimliga.

Det bedöms vara intressant att även jämföra de olyckskvoter som används för de aktuella vägsträckorna med den föreslagna modellen med motsvarande olyckskvoter som presenteras av Vägverket (1999). Kategorin *övrigt* har exkluderats från dessa olyckskvoter i enlighet med tidigare bedömningar av vad kategorin innehåller i bilaga D. För väg 108 tillämpades med föreslagen modell en olyckskvot om 0,49. Närmast motsvarande olyckskvot från Vägverket är 0,37 för tvåfältsväg med hastighetsgräns 90 km/h och 0,70 för tvåfältsväg med hastighetsgräns 50–70 km/h. Det kan alltså sägas att värde för olyckskvot med föreslagen modell ungefärligen är mitt emellan dessa två värden. För E18 tillämpades med föreslagen modell en olyckskvot om 0,34. Vägverket anger också motsvarande olyckskvot till 0,34. Det kan sammantaget sägas att de två olyckskvoter från föreslagen modell som tillämpats i detta avsnitt överensstämmer relativt väl med motsvarande olyckskvoter som Vägverket anger för tunga lastbilar på statlig väg.

Den föreslagna modellens uppskattningar kan också jämföras med data från Strada för inträffade personskadeolyckor med tung lastbil. På väg 108 inträffade under åren 2009 till 2019 en olycka med tung lastbil, vilken var en flerfordonsolycka. Med antagande om att olycksbenägenhet för tunga lastbilar i stort är densamma som för tunga transporter med farligt gods kan frekvensen för olyckor under denna period uppskattas. Detta genom beräkning där den uppskattade frekvensen divideras med tillämpad andel transporter med farligt gods och multipliceras med det antal år som statistiken från Strada avser. Detta ger cirka 3,5 olyckor under perioden, vilket avviker tydligt från data från Strada. Samtidigt är det värt att nämna att det rör sig om sällan förekommande olyckor där slumpen spelar stor roll för statistiken och att tunga lastbilar i stort egentligen kan antas vara mer olycksbenägna än tunga transporter med farligt gods. Därtill hade polisen enligt Hedlund³¹ problem med inrapporteringen av olyckor under år 2014 till 2016. I synnerhet år 2014 var drabbat av dessa problem (Transportstyrelsen, u.å.). Jämförelsen försvåras också av att det kan ha skett trafikolyckor med endast egendomsskada som inte framgår av statistiken. Det kan dock konstateras att den föreslagna modellen inte verkar underskatta frekvensen.

På E18 inträffade under åren 2013, 2014, 2015, 2018 och 2019 sex olyckor med tung lastbil, varav två singelolyckor. Åren 2016 och 2017 exkluderas eftersom ett större vägarbete med trafikplats Kockbacka pågick under den perioden. Genom motsvarande beräkning som i stycket ovan uppskattas antalet olyckor under perioden till cirka 7,9 olyckor, varav 1,7 singelolyckor. Det kan alltså sägas att uppskattningarna och olycksstatistiken sammanfaller relativt väl.

Den sammantagna bedömningen är att föreslagen modell uppfyller det syfte och de designkriterier som har formulerats, inklusive kriteriet om att den ska ge tillräckligt goda uppskattningar.

³¹ Jonathan Hedlund, statistiker på Transportstyrelsen, e-post 2020-02-20.

8 Diskussion

I detta avsnitt presenteras diskussion och resonemang kring hur väl detta arbetes resultat besvarar de formulerade frågeställningarna och den arbetsprocess som tillämpats. Till diskussionen hör även att belysa de olika avvägningar som gjorts i utvecklingsarbetet och betydelsen av arbetets avgränsningar. Diskussion och resonemang förs kring begränsningar och uppskattningar i föreslagen modell och vilka förslag till vidare utveckling av den som kan lämnas samt hur en fortsatt modellutvärdering skulle kunna genomföras. Avslutningsvis förs diskussion om vad för betydelse föreslagen modell kan ha för samhällsplaneringen.

8.1 Arbetsprocess och utmaningar

Det är väl värt att nämna att i början av den arbetsprocess som i slutändan har lett fram till denna rapport involverade den tänkta arbetsplanen att med hjälp av olycksstatistik och motsvarande data för utfört trafikarbete utveckla olyckskvoter för olika trafikmiljöer. Vid närmare undersökningar av vilken tillgång till statistiska data som fanns drogs slutsats om att dessa saknade tillräcklig detaljrikedom för att kunna användas till utveckling av olyckskvoter. Exempelvis fanns det ingen nationell statistik för utfört trafikarbete med uppdelning på vägtyp att tillgå. Detta utgjorde en bidragande faktor till bedömningen att Trafikverkets modell TS-EVA var lämpligast att utgå från vid framtagande av föreslagen modell.

Litteraturstudierna har inom ramen för detta arbete varit omfattande och genom de olika processerna för identifiering av litteratur getts en god bredd som inkluderar såväl vetenskaplig som grå litteratur. Som kan noteras av litteraturstudierna är flera av de mest använda och relevanta källorna förhållandevis gamla med en ålder om 20 till 30 år. Detta medför en viss osäkerhet då informationen kan ha blivit något daterad, exempelvis på grund av utveckling inom trafiksäkerhetsområdet och att tillgången till data kan ha ökat generellt. Men som belysts ovan har arbetet med identifiering av intressant litteratur varit omfattande och bland annat lett till slutsatsen att nyare litteratur som motsvarar den äldre litteraturen saknas.

För att komplettera denna litteratur har även ett antal personer med relevant expertkompetens intervjuats och bidragit med kunskap, synvinklar och personliga uppfattningar kring aspekter som är av vikt för detta arbete. Gruppen av intervjuade personer innehåller en god bredd av olika kompetenser och tillhörigheter till olika institutioner som har kunskap och intresse inom olyckor med transporter av farligt gods på väg. Däribland återfinns flera statliga myndigheter, konsulter och forskare. Den komplettering av inhämtad kunskap från litteratur som dessa personer gett till arbetet utgör en styrka som är väl värd att lyfta fram.

En central aspekt i arbetet som belystes redan i resultaten av genomförd scoping study är att tunga transporter med farligt gods kan anses ha en benägenhet till trafikolycka som inte är större än den för tunga lastbilar, utan troligen snarare är lägre. I ljuset av detta kan det sägas vara en styrka hos arbetet att processerna för identifiering av litteratur redan från början intog ett vidare perspektiv genom att undersöka hur olycksfrekvens för tunga lastbilar i stort kan uppskattas. Styrkan ligger i att det rimligen gav förbättrade förutsättningar för att finna användbart underlag.

8.2 Avvägningar i modellutvecklingen

Hur olycksbenägenhet skiljer sig mellan olika fordonstyper är en aspekt som genomgående återkommer i arbetet samt utgör en viktig och central del av detta. Detta faller sig naturligt eftersom TS-EVA avser trafikolyckor för motorfordon i stort och skillnader i olycksbenägenhet mellan fordonstyperna därför behöver ges hänsyn, i föreslagen modell genom en uppräkningsfaktor.

Att uppskatta olycksfrekvens för tunga transporter med farligt gods på detta vis medför oundvikligen osäkerheter, kanske särskilt genom att samma uppräkningsfaktor appliceras för alla trafikmiljöer. Å andra sidan medför användning av TS-EVA att föreslagen modell är understödd av en modell som kontinuerligt utvecklas och uppdateras av en statlig myndighet som har tillgång till omfattande expertkunskap och relevanta data. Till detta hör att TS-EVA utgör ett viktigt verktyg för Trafikverkets arbete och de har uttryckt vikten av att modellen återkommande kompletteras och uppdateras.

Genomförd snowballing-process utmynnade i ytterligare kunskap om vilka lokala förhållanden som har störst påverkan på olyckskvoten, främst att geometriska egenskaper hos vägen, såsom linjeföring, generellt kan anses ha en mindre påverkan. Det ligger nära till hands att sådana egenskaper hos en väg kan, jämfört med exempelvis hastighetsgräns och vägtyp, vara relativt omständliga för modellanvändaren att ta fram data för. Att i den föreslagna modellen inte beakta dessa egenskaper bedömdes därför lämpligt.

Av genomförda litteraturstudier och intervjuer framgick det att olyckskvot och andel singelolyckor i någon utsträckning skiljer sig mellan olika typer av transporter av farligt gods, se avsnitt 2.5 för beskrivning av olika typer, och även mellan transporter med respektive utan släp. Detta har inte specifikt tagits hänsyn till i föreslagen modell, vilket innebär en förenkling av verkligheten som bidrar till viss osäkerhet. Anledningarna till detta val är dock flera. Att utveckla modellen till att ta hänsyn till olika typer av transporter av farligt gods skulle innebära att den blir betydligt mer svårhanterad. Detta bland annat genom att ställa krav på att användaren uppskattar fördelningen mellan de olika transporttyperna i det aktuella analysfallet. Därtill skulle utveckling av modellen för detta i sig vara förknippad med osäkerheter. Det bedömdes därför vara mer lämpligt att låta egenskaper hos aktuell trafikmiljö vara prediktionsvariabler till dessa fördelningar. Exempelvis finns det anledning att anta att transporter med släp är mer vanligt förekommande på landsbygden, vilket rimligen haft en inverkan på uppskattad andel singelolyckor på landsbygden.

8.3 Arbetets avgränsningar

I ovan nämnda litteraturstudier har det noterats att utsläpp av farligt gods under vägtransport som sker av annan anledning än trafikolycka är en olyckstyp som är av vikt att beakta för att ge en helhetsbild av riskerna förknippade med transporterna. Denna olyckstyp är utanför detta arbetes avgränsningar och utgör därmed ett område som bör utforskas i framtiden. Det kan dock noteras att ingen av de studerade befintliga modellerna, möjligen undantaget den nederländska modellen, heller beaktar denna typ av olyckor.

Den föreslagna modellen är avgränsad till att avse transport på väglänkar och olyckor som kan ske på dessa. Även anslutnings- och korsningsolyckor där det är färre än tre statliga vägben inkluderas. Troligen involverar befintliga modeller, såsom VTI-modellen, även olyckor i vägnoder såsom korsningsolyckor men på grund av bristande transparens är detta svårt att avgöra.

Detta innebär bland annat att användaren inte kan få en uppfattning om hur detta bidrar med osäkerhet i resultaten vid exempelvis applicering på en vägsträcka som saknar vägnoder. Att föreslagen modell ger en tydlig avgränsning mellan väglänkar och vägnoder kan därför ses som en styrka. I rapporten belyses dock att för förekomst av korsningar med minst tre statliga vägben finns det i TS-EVA schablon tillägg för skadegraderna döda och svårt skadade.

Därtill innehåller TS-EVA också systemvärden för mer detaljerade beräkningar avseende korsningsolyckor. Till framtida arbete föreslås att undersöka hur föreslagen modell kan utvecklas till att på ett lämpligt sätt inkludera olyckor i vägnoder.

8.4 Föreslagen modells begränsningar och utvecklingspotential

Att den föreslagna modellen inte beaktar geometriska egenskaper hos vägen utgör en förenkling av verkligheten. Troligen mer så för vissa vägtyper såsom 2+1-vägar. Det ska också belysas att påverkan från rådande trafikflöde, främst på andel singelolyckor, har försumrats i den föreslagna modellen. Detta utgör en förenkling som bedömts vara acceptabel, men som kan utgöra föremål för vidareutveckling av den föreslagna modellen i framtiden.

Det bör nämnas att påverkan på olyckskvot av skillnader i fördelning av olika typer av transporter med farligt gods mellan olika vägmiljöer inte tas hänsyn till i föreslagen modell. Detta då en generisk uppräkningsfaktor för skillnader i olycksbenägenhet mot motorfordon i stort har tillämpats. Att utveckla motsvarande uppräkningsfaktorer för olika vägmiljöer lämnas som förslag till framtida arbete.

Att TS-EVA, som tidigare angetts, är förknippad med större osäkerheter för kommunala vägar berördes inte i tillämpning och utvärdering av modellen i detta arbete, eftersom fokus ligger på statlig väg. Att närmare undersöka de osäkerheter som är förknippade med tillämpning på kommunal väg föreslås till framtida arbete.

8.5 Uppskattning av uppräkningsfaktor och andel singelolyckor

Av rapporten kan det uttydas att uppskattning av uppräkningsfaktor för skillnader i olycksbenägenhet mellan tunga transporter av farligt gods och motortrafik i stort hör till en av de större och mer betydelsefulla utmaningarna som kan sägas ha en relativt stor inverkan på de frekvensuppskattningar som den föreslagna modellen ger. Särskild omsorg ägnades därför åt att undersöka vilka kunskaper till uppskattning av denna faktor som fanns tillgängliga och värdering av denna skedde genom diskussioner med en extern handledare till detta arbete. Sett till svårigheterna med att uppskatta uppräkningsfaktor och betydelsen den har för frekvensuppskattningarna kan denna med fördel vara föremål för framtida närmare undersökningar.

En annan större och betydelsefull utmaning har varit att uppskatta andel singelolyckor, då det klarlagts att denna olyckstyp i kontrast till andra trafikolyckor är förknippade med betydligt högre sannolikheter för utsläpp och troligen i någon mån även större storlek på utsläppen. Även om sannolikhet för utsläpp och storleken hos ett sådant kan sägas ligga utanför detta arbetes avgränsningar så utgör singelolyckor en delmängd av de olyckor som föreslagen modell ska uppskatta. Värdet av att kunna uppskatta singelolyckor separat kunde också otvivelaktigt sägas vara stort. Hur en uppdelning av olycksfrekvens i singel- respektive kollisionsolyckor bäst används för fortsatt riskanalys med exempelvis händelsetråd återstår att utforska.

En frågeställning kan exempelvis vara huruvida olika händelsetråd bör användas för olika olyckstyper eller om det kan utvecklas en enklare metod som använder ett händelsetråd men som bibehåller hänsyn till att olika typer av olyckor är förknippade med olika sannolikheter och konsekvenser för efterföljande händelser. I vilket fall som helst bidrar uppskattning av andel singelolyckor i detta arbete till att visa modell användare och beslutsfattare vad total uppskattad frekvens innehåller och kan förhoppningsvis leda till bättre informerade val i riskanalysprocessen och beslut i samhällsplaneringen.

Som framgår av rapporten är uppskattad andel singelolyckor för motorvägar och motortrafikleder låg i jämförelse med motsvarande andel för olyckor på landsbygd. En inte helt orimlig tanke vore att detta kan leda till underskattning av olycksrisken för transporter av farligt gods på motorvägar och motortrafikleder. Detta med tanke på att det råder höga hastighetsgränser på dessa vägar, dock begränsat till 80 respektive 90 km/h för lastbilar med respektive utan släp, och motorfordonen därmed har hög rörelseenergi vid trafikolyckor som kan påverka inneslutningen av det farliga godset. Men det ska då samtidigt påpekas att körriktningarna alltid är separerade på dessa vägar, vilket innebär att de fordon som rimligen kan hamna i konflikt med varandra färdas i samma riktning. Det innebär i sin tur att medan rörelseenergierna är höga så är differensen mellan fordonens kraftvektorer³² liten. Därmed bedöms olycksrisken inte underskattas.

Det bör också belysas att uppskattad andel singelolyckor bygger på data för genomförda räddningsinsatser under år 2018. Att använda data begränsat till endast ett år medför osäkerheter och kommer av, som tidigare beskrivet, att det är det första och i skrivande stund enda året som i helhet bygger på räddningstjänsternas händelserapportering. Allteftersom det med kommande år tillförs större dataunderlag ökar också möjligheten till mer välgrundade uppskattningar av andel singelolyckor.

8.6 Utvärdering av föreslagen modell

Som beskrivet i avsnitt 3.1 utgör utvärdering av den föreslagna modellen ett viktigt steg i designprocessen. Av avsnitt 7.5 framgår det att utvärdering är förenat med vissa svårigheter, såsom att olycksdata från Strada för de aktuella vägsträckorna avser endast personskadeolyckor, att rapporteringen är förknippad med mörkertal och att föreslagen modell uppskattar olyckor som är relativt sällan förekommande. Till eventuella framtida utvärderingar kan dock några rekommendationer lämnas. Ifall utvärdering sker genom applicering på en eller flera specifika vägavsnitt skulle insats- och händelserapporter för vägavsnittet kunna inhämtas från MSB i syfte att få ett mer heltäckande dataunderlag för inträffade olyckor på vägavsnittet. Därtill skulle utvärdering kunna ske genom korrelationsanalys i vilken indataparametrar varieras och korrelation mellan utdata från de olika modellerna undersöks.

Att de undersökta olyckorna är en typ som sällan förekommer innebär att jämförelsen är känslig för slumpmässig variation av antal inträffade olyckor i statistiken. Detta skulle eventuellt kunna hanteras genom så kallade χ^2 -tester som beskrivet av Rychlik och Rydén (2006). Därigenom skulle det för olika grader av konfidens kunna prövas huruvida observerade data motsäger modellen eller ej.

³² Vektor är ett matematiskt begrepp som kan användas för att beskriva både storlek och riktning hos fysikaliska storheter, såsom rörelseenergi.

8.7 Betydelse av föreslagen modell för samhällsplaneringen

Att framtagande av föreslagen modell och uppbyggnaden hos denna ska vara transparent har genomsyrat hela arbetsprocessen. I detta finns det flera viktiga värden att lyfta fram.

Transparensen kan sägas skänka modellen större trovärdighet eller ger åtminstone användaren en mer informerad uppfattning om hur stor trovärdigheten är.

Transparensen utgör också en grundförutsättning för att andra personer ska kunna utveckla modellen, exempelvis genom att lyfta in aspekter som utelämnats i detta förslag. Till dessa hör bland annat påverkan av trafikflödet, eller att utveckla befintliga aspekter, såsom uppräkningsfaktor för skillnad i olycksbenägenhet mellan fordonstyper. För tydlighets skull kan det sägas att föreslagen modell alltså inte aspirerar till att vara en optimalt framtagen modell utan snarare till att vara en användbar modell med god utvecklingspotential, i enlighet med vad som anges i avsnitt 3.1.

Resultaten från modelltillämpning i avsnitt 7.5 antyder i någon mån att riskanalyser som görs med hjälp av föreslagen modell i vissa fall kan leda till lägre uppskattade risknivåer jämfört med motsvarande analyser som görs med hjälp av befintliga modeller, såsom VTI- eller Hallandsmodellen. De antaganden som gjorts i utvecklingen av den föreslagna modellen är med hänsyn till rådande osäkerheter något konservativa, vilket kan tänkas innebära att framtida vidareutveckling av modellen som ger mer kunskap och mindre osäkerheter kan ge frekvensuppskattningar som är ytterligare lägre.

Lägre uppskattade risknivåer kan från ett samhällsplaneringsperspektiv innebära att kommunerna tillåter bebyggelse med mindre skyddsavstånd till riskkällor eller ställer lägre krav på riskreducerande åtgärder. Även om det i sådant fall kan ses som en följd av att besluten, förhoppningsvis, är bättre informerade så innebär det i så fall de facto att bebyggelse utförs med lägre skydd mot olyckor med transport av farligt gods. Ett annat sätt som generellt lägre uppskattade risknivåer kan bemötas på är att man överväger revidera de acceptanskriterier som riskanalysens resultat jämförs mot. De acceptanskriterier som tillämpas kan rimligen ses som en kompromiss mellan skydd mot olyckor och samhällets behov av att bebygga mark samt av att utföra transporter av farligt gods. Ifall risknivåer uppskattas vara lägre än man tidigare trott borde balansen i denna kompromiss rimligen förskjutas. I slutändan utgör ovanstående ett ställningstagande som delas av utförare av riskanalyser, politiker och berörda myndigheter som är väl värt att ha i åtanke.

I likhet med vad flera äldre källor belyser är arbetet med uppskattning av olycksfrekvens än idag präglad av att tillgång till statistiska data är begränsad och förknippad med betydande osäkerheter. Detta har lett till begränsningar i hur goda uppskattningar som har varit möjliga att göra och vad som har varit resursmässigt möjligt att åstadkomma inom ramen för detta arbete. Därtill innebär osäkerheter även att uppskattningar hålls konservativa i någon mån. Detta leder å andra sidan till, som framgår av diskussionen ovan, att det finns ett gott urval av ämnen och frågeställningar som kan ges uppmärksamhet i framtida arbeten.

Att detta arbete genomgående präglats av ambitionen att vara transparent leder förhoppningsvis till att dessa arbeten underlättas.

9 Slutsatser

De egenskaper hos trafikmiljön som är mest intressanta avseende deras påverkan på olyckskvoten är typ av väg, vägmiljö, hastighetsgräns och egenskaper hos vägens körfält såsom bredd och antal. Påverkan från rådande trafikflöde har också en påverkan. Genom att ta hänsyn till andra egenskaper hos trafikmiljön som kan förväntas ha anpassats av väghållaren utefter bland annat trafikflödet, så kan hänsyn delvis även tas till detta. Även vägens geometriska egenskaper, såsom linjeföring, har en viss påverkan på olyckskvoten men att ta hänsyn till sådana egenskaper skulle samtidigt göra modellen märkbart mer svåränvänd.

Vad gäller skillnader i olycksbenägenhet mellan olika typer av motorfordon kan det sägas att tunga lastbilar har en olycksbenägenhet som är högre än den för motorfordon i stort. Denna skillnad består troligen mestadels av högre benägenhet till kollisionsolyckor och främst mötes- samt omkörningsolyckor. Tunga transporter med farligt gods kan samtidigt anses ha en benägenhet till trafikolycka som inte är större än motsvarande för tunga lastbilar i stort utan troligen snarare är lägre. Sammantaget har tunga transporter med farligt gods, med ett visst mått av konservativ hållning, bedömts ha en 50 % större olyckskvot jämfört med motorfordon i stort. Att närmare undersöka hur skillnader i olycksbenägenhet kan beaktas i modellen lämnas som förslag till framtida arbete. Till de förslag till framtida arbete som särskilt kan belysas hör även hur en uppdelning av olycksfrekvens i singel- respektive kollisionsolyckor bäst används för fortsatt riskanalys med exempelvis händelsetråd.

De olika personer som har intervjuats inom ramen för detta arbete har sammantaget erbjudit en god bredd av kunskap som utgör ett värdefullt bidrag och har kompletterat genomförda litteraturstudier väl. Det har med tydlighet framgått av den studerade litteraturen och de intervjuade personerna att uppskattning av frekvens för olyckor med transport av farligt gods är föremål för ett tämligen stort intresse samtidigt som det befintliga utbudet av praktiskt användbara metoder är begränsat.

Den sammantagna bedömningen är att föreslagen modell uppfyller sitt syfte och de designkriterier som formulerats samt har god potential att bidra till kunskapen om hur frekvens för olyckor med transport av farligt gods på väg kan uppskattas.

10 Referenser

- Abrahamsson, M. (2009). *Analytic Input to Societal Emergency Management - On the Design of Methods*. Diss. Lund: Lunds universitet. Hämtat från <https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/5479504/1502824.pdf>
- Ahlström, P. (2014). *Riskhantering ikommuner och landsting: ISO 31000, riskbegreppet och organisationsövergripande riskhantering*. Magisteruppsats, Fakulteten för samhälls- och livsvetenskaper. Karlstad: Karlstads universitet. Hämtat från <http://kau.diva-portal.org/smash/get/diva2:708178/FULLTEXT01.pdf>
- Alvarsson, O., & Jansson, J. (2016). *Jämförelsestudie av riskbedömningar avseende vägtransport av farligt gods*. Examensarbete masternivå, Avdelningen för riskhantering och samhällssäkerhet. Lund: Lunds Universitet. Hämtat från <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8896423>
- Ardin, F., & Markselius, M. (2016). *Utsläpp av farligt gods vid vägtransport - Utvärdering av modell för frekvensberäkning*. Examensarbete masternivå, Avdelningen för riskhantering och samhällssäkerhet. Lund: Lunds universitet. Hämtat från <https://lup.lub.lu.se/student-papers/search/publication/8900087>
- Arksey, H., & O'Malley, L. (2005). Scoping studies: towards a methodological framework. *International Journal of Social Research Methodology*, 8(1), ss. 19-32. doi:10.1080/1364557032000119616
- Bęczkowska, S. (2019). The method of optimal route selection in road transport of dangerous goods. *Transportation Research Procedia*, 40, ss. 1252-1259. doi:<https://doi.org/10.1016/j.trpro.2019.07.174>
- Bin Islam, M., & Hernandez, S. (2016). Fatality rates for crashes involving heavy vehicles on highways: A random parameter tobit regression approach. *Journal of Transportation Safety & Security*, 8(3), ss. 247-265. doi:10.1080/19439962.2015.1027071
- Boverket. (2014). *Vad är en detaljplan*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/planering/detaljplan/detaljplaneinstrumentet/vad-ar-detaljplan1/> den 12 Oktober 2019
- Boverket. (2019). *Transporter och farligt gods*. Hämtat från Boverket: <https://www.boverket.se/sv/PBL-kunskapsbanken/Allmant-om-PBL/teman/halsa-sakerhet-och-risker/risker-riktvarden-och-underlag/farligt-gods/> den 12 Oktober 2019
- Button, N. P. (1999). *Release and fire incident rates for trucks carrying dangerous goods*. Diss. Waterloo: University of Waterloo. Hämtat från <https://uwspace.uwaterloo.ca/bitstream/handle/10012/362/NQ38226.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carlsson, H., Bläckberg, S., & Magnusson, S. E. (u.d.). *Risk*. Hämtat från Nationalencyklopedin: <http://www.ne.se.ludwig.lub.lu.se/uppslagsverk/encyklopedi/lang/risk> den 10 februari 2020

- Cordeiro, F. G., Bezerra, B. S., Peixoto, A. S., & Ramos, R. A. (2016). Methodological aspects for modeling the environmental risk of transporting hazardous materials by road. *Transportation Research Part D: Transport and Environment*, 44, ss. 105-121. doi:10.1016/j.trd.2016.02.008
- Davies, P. A., & Lees, F. P. (1992). The assessment of major hazards: The road transport environment for conveyance of hazardous materials in Great Britain. *Journal of Hazardous Materials*, 32(1), ss. 41-79. doi:10.1016/0304-3894(92)85105-A
- Fabiano, B., Currò, F., Palazzi, E., & Pastorino, R. (2002). A framework for risk assessment and decision-making strategies in dangerous good transportation. *Journal of Hazardous Materials*, 93(1), ss. 1-15. doi:10.1016/S0304-3894(02)00034-1
- Fontana, A. (2004). Unstructured Interview. i M. S. Lewis-Beck, A. Bryman, & T. Futing Liao, *The SAGE Encyclopedia of Social Science Research Methods*. Thousand Oaks, CA: Sage Publications, Inc. doi:10.4135/9781412950589
- Gwehenberger, J., & Langwieder, K. (2002). Tanker trucks in the current accident scene and potentials for enhanced safety. *7th International Symposium on Heavy Vehicles Weights & Dimensions*, (ss. 141-152). Delft, Nederländerna 16-20 juni.
- Harwood, D. J., Viner, J. G., & Russell, E. R. (1993). Procedure for developing truck accident and release rates for hazmat routing. *Journal of Transportation Engineering*, 119(2), ss. 189-199. doi:10.1061/(ASCE)0733-947X(1993)119:2(189)
- Hassel, H. (2010). *Risk and vulnerability analysis in society's proactive emergency management: Developing methods and improving practices*. Diss. Lund: Lunds universitet. Hämtat från <https://lup.lub.lu.se/search/ws/files/3846073/1578417.pdf>
- Hjort, M., & Sandin, J. (2012). *Trafiksäkerhetseffekter vid införande av längre och tyngre fordon - En kunskapsöversikt*. Linköping: Statens väg- och transportforskningsinstitut. Hämtat från <http://vti.diva-portal.org/smash/get/diva2:669267/FULLTEXT01.pdf>
- Huang, X., Wang, X., Pei, J., Xu, M., Huang, X., & Luo, Y. (2018). Risk assessment of the areas along the highway due to hazardous material transportation accidents. *Natural hazards*, 93, ss. 1181-1202. doi:10.1007/s11069-018-3346-4
- Hyllenius, P., Neergaard, K., Lindberg, J., & Modig, K. (2003). *Trafiksäkerhetsarbete inom företag med tunga transporter*. Borlänge: Vägverket.
- International Organization for Standardization. (2018). *The new ISO 31000 keeps risk management simple*. Hämtat från International Organization for Standardization: <https://www.iso.org/news/ref2263.html> den 10 februari 2020
- Jamil, S. (2006). *Samband mellan trafikolyckor och väggeometri*. Examensarbete på masternivå, Avdelningen för geologi och geoteknik. Göteborg: Chalmers tekniska högskola. Hämtat från <http://publications.lib.chalmers.se/records/fulltext/25688.pdf>
- Karolinska institutet. (2017). *Grå litteratur*. Hämtat från Universitetsbiblioteket: <https://kib.ki.se/soka-vardera/gra-litteratur> den 1 November 2019

- Kumeta, K., Miyake, A., & Ogawa, T. (2006). Prediction of accident frequency for road transport of dangerous goods using cluster analysis. *Science and Technology of Energetic Materials*, 67(1), ss. 17-22.
- Leung, Y., Rongrong, L., & Nannan, J. (2017). Application of extended Dempster–Shafer theory of evidence in accident probability estimation for dangerous goods transportation. *Journal of Geographical Systems*, 19(3), ss. 1-23. doi:10.1007/s10109-017-0253-2
- Länsstyrelsen i Hallands län. (2011). *Risikanalys av farligt gods i Hallands län*. Halmstad: Länsstyrelsen i Hallands län.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. (2016a). Fakta 2016:6. Riktlinjer för planläggning intill vägar och järnvägar där det transporteras farligt gods. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län.
- Länsstyrelsen i Stockholms län. (2016b). *Vägvalsstyrning för transport av farligt gods - en inriktning mot en regional strategi*. Stockholm: Länsstyrelsen i Stockholms län.
- Makka, K., Stachova, D., & Kampova, K. (2019). Assessment of the mobile risk source in road transport. *Communications - Scientific Letters of the University of Zalina*, 21, ss. 68-73.
- Martínez-Alegría, R., Ordóñez, C., & Taboada, J. (2003). A Conceptual Model for Analyzing the Risks Involved in the Transportation of Hazardous Goods: Implementation in a Geographic Information System. *Human and Ecological Risk Assessment*, 9(3), ss. 857-873. doi:10.1080/713609970
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2011). Transport av farligt gods: Väg och järnväg [broschyr]. Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. Hämtat från <https://www.msb.se/RibData/Filer/pdf/26071.pdf>
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap. (2019a). *Klassificering*. Hämtat från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/klassificering/> den 10 februari 2020
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap. (2019b). *ADR-S 2019: Myndigheten för samhällsskydd och beredskaps föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng*. Karlstad: Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap. Hämtat från <https://rib.msb.se/filer/pdf/21657.pdf>
- Myndigheten för samhällsskydd och beredskap. (2019c). *Förarutbildning för ADR*. Hämtat från Myndigheten för samhällsskydd och beredskap: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/adr-utbildning/forarutbildning-for-adr/> den 10 februari 2020
- Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap. (2019d). *MSBFS 2018:5 föreskrifter om transport av farligt gods på väg och i terräng (ADR-S)*. Hämtat från Myndigheten för Samhällsskydd och Beredskap: <https://www.msb.se/sv/amnesomraden/skydd-mot-olyckor-och-farliga-amnen/farligt-gods/lag-forordning-och-foreskrifter/adr-s/> den 10 februari 2020

- Nævestad, T.-O., Phillips, R. O., Levlin, G. M., & Hovi, I. B. (2016). *Internationalisation in road transport of goods: safety outcomes, risk factors and measures*. Oslo: Transportøkonomisk Institutt.
- Nilsson, G. (1976). *Olyckskvot som trafiksäkerhetsmått: olyckskvotens variation under olika väglags- och ljusförhållanden*. Linköping: Statens väg- och trafikinstitut.
- Nilsson, G. (1994). *Vägtransporter med farligt gods - Farligt gods i vägtrafikolyckor*. Linköping: Väg- och transportforskningsinstitutet.
- Russo, F., & Rindone, C. (2013). Risk occurrence measures for dangerous goods transport on a road network. *WIT Transactions on the Built Environment*, 134, ss. 529-539. doi:10.2495/SAFE130471
- Rychlik, I., & Rydén, J. (2006). *Probability and risk analysis: an introduction for engineers*. Berlin Heidelberg: Springer-Verlag.
- Räddningsverket. (1996). *Farligt gods – Riskbedömning vid transport. Handbok för riskbedömning av transporter med farligt gods på väg eller järnväg*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. (2003). *Handbok för riskanalys*. Karlstad: Räddningsverket.
- Räddningsverket. (2006). *Kartläggning av farligt godstransporter - september 2006*. Räddningsverket.
- Statistiska centralbyrån. (2020). *Fordon enligt bilregistret efter fordonsslag, status och månad*. Hämtat från Statistiska centralbyrån: <http://www.statistikdatabasen.scb.se/sq/81532> den 24 Januari 2020
- Tehler, H., & Beerens, R. J. (2016). Scoping the field of disaster exercise evaluation - A literature overview and analysis. *International Journal of Disaster Risk Reduction*, 19, ss. 413-446. doi:10.1016/j.ijdr.2016.09.001
- Torretta, V., Rada, E. C., Schiavon, M., & Viotti, P. (2017). Decision support systems for assessing risks involved in transporting hazardous materials: A review. *Safety Science*, 92, ss. 1-9. doi:<https://doi.org/10.1016/j.ssci.2016.09.008>
- Trafikanalys. (2018). *Utländska lastbilstransporter i Sverige 2015-2016, Statistik 2018:22*. Stockholm: Trafikanalys. Hämtat från https://www.trafa.se/globalassets/statistik/vagtrafik/utlandska-lastbilar/rapport-2018_22-utlandska-lastbilstransporter-i-sverige-2015-2016.pdf
- Trafikanalys. (2019a). *Vägtrafikskador*. Hämtat från Trafikanalys: <https://www.trafa.se/vagtrafik/vagtrafikskador/> den 05 Februari 2020
- Trafikanalys. (2019b). *Trafikarbete på svenska vägar*. Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikanalys. (2019c). *Lastbilstrafik 2018 [bearbetat utdrag ur Lastbilstrafik 2018, Statistik 2019:13]*. Stockholm: Trafikanalys.
- Trafikanalys. (u.d.). *Gör ditt eget statistikurval*. Hämtat från Trafikanalys: <https://www.trafa.se/vagtrafik/lastbilstrafik/?cw=1&q=t10061|ar:2016|kordakm|godsm|trparbete|kortyp|riktningh|godstyp~standardtable> den 19 februari 2020

- Trafikanalys. (u.d.). *Gör ditt eget statistikurval*. Hämtat från Trafikanalys:
<https://www.trafa.se/vagtrafik/utlandska-lastbilar/?cw=1&q=t0301|ar:2016|ton|kmmmedlast|tonkmsv|typgods~standardtable> den 19 februari 2020
- Trafikverket. (2015). *Bygg om eller bygg nytt - Kapitel 1 Introduktion*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från
https://www.trafikverket.se/contentassets/0ebc841761f74f56b31c6eba59511bca/bygg-om/kapitel_1_introduktion.pdf
- Trafikverket. (2017a). *Transporter av farligt gods i samhällsplaneringen*. Hämtat från Trafikverket: <https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/samhallsplanering/Sakerhet-och-konflikter/Transporter-av-farligt-gods/> den 12 Oktober 2019
- Trafikverket. (2017b). *Väg 108, Trelleborg-Åsljunga, delen Staffanstorp-Lund, mötesfri landsväg*. Malmö: Trafikverket. Hämtat från
https://www.trafikverket.se/contentassets/3e981a553d194b3d93da21c5c36d6488/vag_108_staffanstorp_lund_planbeskrivning_granskningshandling.pdf
- Trafikverket. (2018). *Bygg om eller bygg nytt - Kapitel 6 Trafiksäkerhet*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från
https://www.trafikverket.se/contentassets/0ebc841761f74f56b31c6eba59511bca/bygg-om/kapitel_6_trafiksakerhet.pdf
- Trafikverket. (2019a). *Effekter vid väganalys (EVA)*. Hämtat från Trafikverket: <https://www.trafikverket.se/tjanster/system-och-verktyg/Prognos--och-analysverktyg/EVA/> den 31 januari 2020
- Trafikverket. (2019b). *Effektsamband*. Hämtat från Trafikverket:
<https://www.trafikverket.se/for-dig-i-branschen/Planera-och-utreda/Planerings--och-analysmetoder/Samhallsekonomisk-analys-och-trafikanalys/Effektsamband/> den 24 Januari 2020
- Trafikverket. (2019c). *Rätt hastighet på vägen*. Hämtat från Trafikverket:
<https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/Trafiksakerhet/Din-sakerhet-pa-vagen/Hastighetsgranser-pa-vag/Nya-hastighetsgranser/> den 27 Januari 2020
- Trafikverket. (2019d). *Bygg om eller bygg nytt - Kapitel 2 Vägtyper, korsningar och förbättringsåtgärder*. Borlänge: Trafikverket. Hämtat från
https://www.trafikverket.se/contentassets/0ebc841761f74f56b31c6eba59511bca/bygg-om/kapitel_2_vagtyper_korsn_forbattringsatg_190401.pdf
- Transportstyrelsen. (u.d.). *Antal olyckor januari-december*. Borlänge. Hämtat från
https://www.transportstyrelsen.se/globalassets/global/vag/strada/rapporter/polisensregistrering_2017.pptx den 22 februari 2020
- Transportstyrelsen. (u.d.). *Mörkertal i statistiken*. Hämtat från Transportstyrelsen:
<https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/Olycksstatistik/morkertal-i-statistiken/> den 4 juni 2019

- Uijt de Haag, P. A., & Ale, B. J. (2005). *Guidelines for quantitative risk assessment, 'Purple book', CPR 18E*. Haag, Nederländerna: Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen. Hämtat från Publicatiereeks Gevaarlijke Stoffen:
<https://content.publicatiereeksgevaarlijkestoffen.nl/documents/PGS3/PGS3-1999-v0.1-quantitative-risk-assessment.pdf>
- Van Raemdonck, K., Macharis, C., & Mairesse, O. (2013). Risk analysis system for the transport of hazardous materials. *Journal of Safety Research*, 45, ss. 55-63.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.jsr.2013.01.002>
- Wohlin, C. (2014). Guidelines for snowballing in systematic literature studies and a replication in software engineering. *Proceeding EASE '14 Proceedings of the 18th International Conference on Evaluation and Assessment in Software Engineering Article No. 38 London, England, United Kingdom, May 13 - 14, 2014*. New York: ACM. doi:10.1145/2601248.2601268
- Vägverket. (1999). *Antal olyckor och risker för tung lastbil på det statliga vägnätet*. Borlänge: Trafikverket.
- Åkerstedt, T. (den 08 september 2008). Volvolastbilar varnar trötta chaufförer. *Dagens Nyheter*. Hämtat från Dagens Nyheter:
<https://www.dn.se/ekonomi/motor/volvolastbilar-varnar-trotta-chaufforer/> den 04 februari 2020

11 Förteckning över bilagor

Bilaga A.....	1
Förteckning över artiklar som genom scoping study har identifierats och valts ut för sammanfattning och analys.	
Bilaga B.....	2
Sammanfattning och analys av de artiklar som identifierats genom scoping study.	
Bilaga C.....	7
Beskrivning av genomförda iterationer av den snowballing-process genom vilken litteratur för kompletterande litteraturstudie identifierats.	
Bilaga D.....	9
Sammanfattning och analys av de artiklar som identifierats genom snowballing.	
Bilaga E.....	16
Sammanfattning och analys av ett urval av befintliga beräkningsmodeller	
Bilaga F.....	22
Undersökningar skillnader i olycksbenägenhet mellan tunga lastbilar och andra fordonstyper samt av andel singelolyckor av olyckor med tunga lastbilar.	
Bilaga G.....	27
Beräkningar av andel singelolyckor på väg inom tätort respektive väg på landsbygd.	
Bilaga H.....	28
Tabeller som redovisar de olyckskvoter som beräknats med föreslagen modell respektive förhållanden mellan trafikarbete i axelparkilometer och i fordonskilometer.	
Bilaga I.....	34
Beräkningar av uppskattad olycksfrekvens vid tillämpning av respektive beräkningsmodell.	

Bilaga A

Tabell A1 Förteckning och indelning i analysgrupp av artiklar utvalda till analys inom ramen för genomförd scoping study

Titel	Författare	År	Analysgrupp
Assessment of the mobile risk source in road transport	Kampova K., Makka K. och Stachova D.	2019	1
Decision support systems for assessing risks involved in transporting hazardous materials: A review	Torretta V., Rada E.C., Schiavon M., Viotti P.	2017	1
Fatality rates for crashes involving heavy vehicles on highways: A random parameter tobit regression approach	Islam M.B., Hernandez S.	2016	1
Application of extended Dempster Shafer theory of evidence in accident probability estimation for dangerous goods transportation	Leung Y., Nannan J., Rongrong L.	2017	1
Methodological aspects for modeling the environmental risk of transporting hazardous materials by road	Cordeiro F.G., Bezerra B.S., Peixoto A.S.P., Ramos R.A.R.	2016	2
Risk analysis system for the transport of hazardous materials	Macharis C., Mairesse O., Van Raemdonck K.	2013	1
The assessment of major hazards: The road transport environment for conveyance of hazardous materials in Great Britain	P.A. Davies, F.P. Lees	1992	2
The method of optimal route selection in road transport of dangerous goods	Bęczkowska	2019	1
A Conceptual Model for Analyzing the Risks Involved in the Transportation of Hazardous Goods: Implementation in a Geographic Information System	Martínez-Alegría R., Ordóñez C., Taboada J.	2003	2
Prediction of accident frequency for road transport of dangerous goods using cluster analysis	Kumeta K., Miyake A., Ogawa O.	2005	1

Bilaga B

I denna bilaga redogörs för den sammanfattning och analys som genomförts av artiklar från genomförd scoping study, se avsnitt 4.

Analysgrupp 1

Macharis, Mairesse och Van Raemdonck (2013) presenterar en metod för att kvantifiera risk för olycka med transport av farligt gods på olika sträckor inom ett vägnät genom att bland annat olycksstatistik och parametrar hos den lokala infrastrukturens utformning samt funktion läggs in i ett GIS. De lokala parametrarna, som används för att korrigera en generisk olycksfrekvens för vägnätet i stort, kvantifieras genom att olycksstatistik för en vägsträcka med vissa parametergenskaper genom statistisk analys jämförs med olycksstatistik för vägnätet i stort, viktat för längd hos vägsträcka. Detta ger möjligheterna till att i ett GIS visualisera skillnaderna i olycksrisk mellan olika vägsträckor och transportsätt.

Kampova, Makka och Stachova (2019) ger i sin översiktsartikel (eng: *review article*) vägledning till hur man kan uppskatta riskerna förknippade med transport av farligt gods. Detta genom att presentera definierade frekvenser för olycka med transport av farligt gods som leder till utsläpp som hämtats från Uijt de Haag och Ale (2005) och tillämpa dem på ett typexempel. Just frekvens för olycka med transport av farligt gods, oaktat om utsläpp sker eller inte, behandlas alltså inte.

Rada et al. (2017) redogör i sin översiktsartikel för en beskrivning och analys av sex digitala system för beslutsstöd till vägval för transporter med farligt gods. Olika beslutsstöd beaktar i olika omfattning värden - såsom olycksrisk, transporttid, transportkostnad och avstånd till räddningstjänst. Artikeln presenterar endast en översikt över beslutsstöden och inte närmare information om hur frekvens uppskattas, men det framgår att i flera av beslutsstöden ingår uppskattning av frekvens för olyckor med transport av farligt gods. Utifrån artikeln kan man dra slutsatsen att det finns flera avancerade mjukvaror som med databaser och beräkningsmodeller kan beräkna uppskattad frekvens för olycka med transport av farligt gods utifrån flera typer av parametrar, däribland trafikmiljön.

Bin Islam och Hernandez (2016) undersökte hur olika faktorer påverkar olyckskvoten för dödsolyckor med tunga lastbilar på större vägar (eng: *highway*) i USA, däribland utgör den fysiska trafikmiljön en undersökt faktor. Undersökningen genomfördes med en statistisk analysmetod, på engelska kallad *random parameter tobit regression approach*. Denna resulterade bland annat i slutsats om att närvaro av mitträcke som separerar köriktningarna minskar olyckskvoten för dödsolyckor. Därtill hade tunga transporter med släp en lägre olyckskvot. Författarna resonerar om att det kan bero på den extra utbildning som förare av tunga transporter med släp får.

Leung, Nannan och Rongrong (2017) presenterar ett nytt sätt att uppskatta sannolikhet för olyckor med transport av farligt gods som leder till utsläpp genom att applicera så kallad *Dempster-Shafer-evidensteori* (eng: *Dempster-Shafer theory of evidence*) som ger möjlighet att i uppskattningen sammanväga olika data, även i det fall de motsäger varandra. Detta involverar att tillskriva olika hypoteser en grad av tilltro, rimlighet och sannolikhet och genom matematiska modeller kvantifiera olycksrisker i relativa (ej absoluta) tal, vilket exempelvis innebär att olika ruttalternativ för transporter av farligt gods kan jämföras.

I föreslagen metod beaktas, utöver generisk olyckskvot och längd hos den beaktade sträckan, påverkan av nivå hos hastighetsgräns respektive ÅDT – alltså hur fort fordon kan förväntas köra respektive hur tät trafiken kan förväntas vara. Av artikeln tolkas det att påverkan av ÅDT består i att större flöde av fordon på vägen ökar exponeringen av fordon som kan råka ut för en olycka och därmed att sannolikheten eller frekvensen för olycka ökar. Därmed görs tolkningen att ÅDT inte avses påverka olyckskvoten.

Bęczkowska (2019) ger en översiktlig beskrivning av en modell för riskuppskattning avsedd att utgöra underlag till vägvalsstyrning av transporter med farligt gods. De huvudsakliga grupper av egenskaper som påverkar uppskattningen utgörs av egenskaper hos föraren, egenskaper hos trafikmiljön respektive tekniska egenskaper hos transportfordonet. De egenskaper hos trafikmiljön som beaktas är typ av väg, hastighetsgräns och trafikintensitet. Indelningen i vägtyper tolkas bestå av vägar inom tätort respektive utanför tätort (eng: *built-up area* respektive *undeveloped area*). Därtill även sträckans längd, eftersom denna har en direkt påverkan på mängd utfört trafikarbete. Den totala sträckan delas också in i segment. Indelningen styrs av att de påverkande egenskaperna ska vara homogena inom segmentet. Ingen närmare beskrivning av modellen ges av författaren utan fokus ges istället åt genomförda datorsimuleringar med den.

Kumeta, Miyake och Ogawa (2006) redogör för en metod för att uppskatta frekvens av olyckor med transporter av farligt gods med hjälp av så kallad klusteranalys (eng: *cluster analysis*), som utgörs av relativt avancerade matematiska beräkningar, av olycksstatistik för större vägar (eng: *highway*) i Kanto i Japan med avseende på ett antal olika vägegenskaper. Med olycksfrekvens menas i detta fall frekvens för trafikolycka som i senare skede kan multipliceras med sannolikheter för olika konsekvenser av olyckan, såsom till exempel utsläpp av farligt gods. Författarna belyser också att trafikolyckor utgör den främsta orsaken till olyckor med transport av farligt gods och för olyckor på motorväg i Japan står trafikolyckor för 87 % av dem. Genom klusteranalys kunde Kumeta et al. analysera olycksstatistik för olika vägar i relation till deras egenskaper och likheter i dessa mellan vägarna, så att man kunde gruppera vägar i kluster baserat på likheterna i egenskaper. De analyserade egenskaperna var följande; minskade körfältsbredder, grad av trafikstockning, förekomst av mittremsa (eng: *central reserve*), ÅDT, körfältsbredd, fordon per timme i rusningstid, genomsnittshastighet i rusningstid, hastighetsgräns och antal körfält. Utav dessa egenskaper anger författarna att antal körfält och hastighetsgräns har störst påverkan. Genom applicering av analysen på andra vägar kan olycksfrekvens på dessa uppskattas med hjälp av olycksstatistik för vägar som tillhör ett kluster med liknande egenskaper.

Analysgrupp 2

Bezerra, Cordeiro, Peixoto och Ramos (2016) ger en presentation av metodologiska aspekter för analys av miljörisker förknippade med transporter av farligt gods, vilka inkluderar bland annat uppskattning av sannolikhet eller frekvens för olycka. En central typ av aspekt i detta anges utgöras av vägens egenskaper. Genom expertbedömningar anges olika typer av egenskaper, till exempel sammansättning av körfält (eng: *lane type*), kunna tillskrivas ett viktvärde för dess påverkan på sannolikheten för olycka. De olika varianterna på egenskapen, till exempel 2+1 körfält, ges ett påverkansvärde som används vid beräkning av ett olycksindex. Det anges dock inte metod för att ta fram just påverkansvärdena. Viktvärden för olika typer av egenskaper kan enligt Bezerra et al. göras genom att jämföra dem parvis med hjälp av en jämförelseskala där siffran ett (1) representerar lika vikt.

Därigenom kan det konstrueras en matris av storlek $n \times n$ för n stycken typer av egenskaper, varpå vikten värdena normaliseras.

Författarna redogör för att den egenskap hos trafikmiljön som konstaterats ha störst påverkan på olycksfrekvensen är sammansättning av körfält. Därefter följer väggeometri (till exempel förekomst av horisontella kurvor), storlek hos ÅDT och i sista hand sammansättning av trafikflöde (proportioner mellan förekomst av personbilar och tunga fordon). Beräkning av ovan nämnda index för en homogen vägsträcka kan enligt Bezerra et al. beräknas enligt ekvation B.1 nedan med lika storheter bibehållna.

$$IA = S_{IA} = \sum_k w_k * \chi_{IAk} \quad (B.1)$$

IA = olycksindex [-]

S_{IA} = sammanvägt värde av påverkan från egenskaper i trafikmiljön

w_k = påverkansvärde för den k:te egenskapen hos den aktuella vägsträckan [-]

χ_{IAk} = det normaliserade viktvärdet för den k:te egenskapen [-]

Författarna redogör vidare för att det beräknade olycksindexet kan användas för att justera en storhet för den aktuella vägsträckan som av Bezerra et al. benämns *accident rate*, vilket i denna rapport benämns som olyckskvot. Olyckskvoten har beräknats utifrån statistiska data för inträffade olyckor med farligt gods på vägsträckan och utfört trafikarbete av transporter med farligt gods på den. Justerad olyckskvot kan beräknas enligt ekvation B.2 hämtad från Bezerra et al. nedan.

$$P_{TRPP} = T_A + T_A * IA \quad (B.2)$$

T_A = olyckor per miljon fordonskilometer med transport av farligt gods och dag [$\text{dag}^{-1} * \text{km}^{-1}$]

Davies och Lees (1992) presenterar en tämligen omfattande mängd statistik för olyckor med tunga transporter (eng: *heavy goods vehicle, HGV*) i Storbritannien i syfte att skapa underlag till uppskattning av olycksriskerna förknippade med transport av farligt gods. En utmaning med att använda olycksstatistik är enligt författarna att definiera vad som är en olycka. Den primära uppdelningen är i olyckor som leder till personskada respektive de som endast leder till egendomsskador. De menar att en olycka som är så allvarlig att lasten utsätts för risk också är mer trolig att leda till personskada. Eftersom olyckor med egendomsskada därtill är en kategori som är svår att avgränsa anser författarna det vara rimligt att endast beakta olyckor som lett till personskada. Det refereras också till en artikel som behandlar risker med transport av radioaktivt avfall, i vilken endast singelolyckor och kollisioner med andra tunga fordon som dessutom ledde till allvarlig skada eller dödsfall bedömdes ha potential till att utsätta lasten för risk.

Olycksstatistik för år 1986 relateras av Davies och Lees (1992) till statistik för utfört trafikarbete och delas upp efter bland annat vägtyp, typ av lastbil, antal hjulaxlar och huruvida omgivningen är en tätort. En generisk olyckskvot för tunga lastbilar uppskattas till $0,62 * 10^{-6}$ [km^{-1}]. Statistik presenteras också med uppdelning avseende singelolyckor respektive olika former av flerfordonsolyckor. En enklare beräkning utifrån de presenterade siffrorna, med exkludering av olyckor med fotgängare och cyklar, ger att cirka 8 % av trafikolyckorna med tung lastbil var singelolyckor. Specifikt för olyckor med två fordon kan andelen kollisioner med annan tung lastbil beräknas till cirka 7 %.

Även olycksstatistik från USA för år 1981 till 1985 presenteras med uppdelning avseende vägtyp och huruvida omgivningen är en tätort.

För Kalifornien uppskattas den generiska olyckskvoten vara cirka $2,16 \cdot 10^{-6}$ [km^{-1}]³³. Avseende singelolyckor ges en uppdelning i olika typer av sådana och deras andel av totala antalet singelolyckor, angivet för respektive vägtyp. Exempel på typ av singelolyckor är vältning och kollision med fast objekt. För kollisionsolyckor med annat fordon anges 26 % ha involverat kollision med annan tung lastbil. Vidare redovisas uppskattade sannolikheter för utsläpp givet olika typer av trafikolyckor. Utöver kollision med tåg står avåkning från väg och vältning av fordon för de största sannolikheterna, följt av kollision med annan tung lastbil.

Davies och Lees adresserar också frågan om hur olycksstatistik för tunga lastbilar skiljer sig från den för specifikt tunga lastbilar med farligt gods. Referens lämnas till litteratur som anger att tankbilar med farligt gods har utrustning och utförande som minskar sannolikheten för inträffande av olycka. Utifrån den information som behandlats i rapporten redogör Davies och Lees för sin slutsats om att transporter med farligt gods kan förväntas ha en 20 % lägre olyckskvot jämfört med tunga lastbilar i stort, sett till att de kan förväntas hålla en högre standard i utformningen och handhavandet av fordonet. Uppskattad generisk olyckskvot skulle därför vara $0,8 \cdot 0,62 \cdot 10^{-6} \approx 0,5 \cdot 10^{-6}$ [km^{-1}]. Samtidigt menar författarna också att fordon med farligt gods kan förväntas utföra en större mängd trafikarbete per år jämfört med tunga godstransporter i stort, vilket totalt sett skulle innebära att olycksfrekvensen hos transporter med farligt gods kan förväntas vara lika den för tunga godstransporter. I den avslutande diskussionen belyser Davies och Lees andra former av utsläpp av farligt gods under transport, vilka ej borde försummas även om de samtidigt anför tanken att sådana utsläpp skulle vara förknippade med mindre allvarliga konsekvenser. För tankbilar anges sådana uppstå av exempelvis läckage från ventiler och överfyllning av tank.

Martínez-Alegría, Ordóñez och Taboada (2003) presenterar en modell för att uppskatta de risker för liv, hälsa och miljö som är förknippade med transporter av farligt gods på väg. Vidare ges också en beskrivning av hur modellen kan implementeras i ett GIS.

Riskuppskattningen involverar dels uppskattning av möjliga konsekvenser av olika olyckor, dels sannolikheten för att de inträffar. De möjliga konsekvenserna ges en semikvantitativ uppskattning genom att ett riskvärde tillskrivs olika typer av egenskaper hos olyckan; såsom det transporterade ämnets egenskaper samt sårbarhet hos människor, samhällsfunktioner och naturmiljö i närheten. Olyckor delas också in i fem olyckstyper med avseende på i vilken utsträckning det farliga godset och dess inneslutning påverkats av olyckan.

För uppskattning av sannolikhet för olycka menar Martínez-Alegría et al. (2003) att denna främst påverkas av vägtyp, trafikintensitet (eng: *traffic intensity*) och rådande klimat. Det innebär att den föreslagna modellen bygger på data för trafikintensitet, motsvarande trafikintensitet för transporter av farligt gods och olycksstatistik för olika vägtyper. Begreppet trafikintensitet tolkas motsvara begreppet ÅDT. Artikeln tolkas som att påverkan av ÅDT består av att sannolikheten för olycka ökar som en följd av att exponeringen av fordon som kan råka ut för olycka, alltså antalet fordon, ökar. Därmed görs tolkningen att ÅDT inte avses påverka olyckskvoten.

³³ Omräknat från enheten *mile* som motsvarar 1,609344 kilometer.

Det påpekas av författarna att det finns flera betydelsefulla faktorer som dock inte beaktas i den aktuella modellen, såsom exempelvis väglutning, trafiksignaler och vägens kondition.

Den presenterade modellen innebär att data för antal inträffade trafikolyckor i den aktuella regionen, i detta fall den spanska provinsen Valladolid, inhämtas för ett flertal sammanhängande år.

Genom att ta fram en logaritmisk regressions-trendlinje med de antalet observerade år som variabel föreslås ett värde för årligt antal olyckor att använda i kommande beräkningar. För att fördela uppskattat antal olyckor på olika vägtyper används data för antal inträffade olyckor på olika vägtyper i en annan region, som sådana data finns tillgängliga för.

För att uppskatta antal olyckor på en viss vägsträcka appliceras en faktor som utgör kvoten mellan den aktuella vägsträckans trafikintensitet och den totala trafikintensiteten i stort. Den totala trafikintensiteten tolkas vara begränsad till den aktuella vägtypen. Det framtagna värdet multipliceras därefter med kvoten mellan trafikmängden för transporter med farligt gods och den totala trafikmängden för den aktuella sträckan. Nedan återges ett samlat beräkningsuttryck i ekvation B.3, tolkat utifrån modellbeskrivningen av Martínez-Alegría et al. (2003) och med samma storheter bibehållna.

$$\mu = T_{AY} * P_{AY} * I_{DT}/I_{TDT} * I_{DTH}/I_{DT} = T_{AY} * P_{AY} * I_{DTH}/I_{TDT} \quad (B.3)$$

μ = frekvens för olycka med farligt gods [år^{-1}]

T_{AY} = totalt antal vägtrafikolyckor i den aktuella regionen [år^{-1}]

P_{AY} = andel av det totala antalet vägtrafikolyckorna som inträffat på en viss vägtyp [-]

I_{DT} = trafikintensitet på aktuell vägsträcka [dag^{-1}]

I_{TDT} = total trafikintensitet för den aktuella vägtypen [dag^{-1}]

I_{DTH} = trafikintensitet transporter med farligt gods på aktuell vägsträcka [dag^{-1}]

Utifrån den presenterade modellen för uppskattning av frekvens för olycka med farligt gods på en viss vägsträcka kan några väsentliga antaganden tolkas. Genom att data för det totala antalet vägtrafikolyckor används i beräkningen bygger denna på antagande om att olycksbenägenheten för transporter med farligt gods är lika den för vägtrafik i allmänhet. Att uppskattat antal trafikolyckor på en viss vägtyp beräknas genom att applicera en approximerad fördelning av olyckor mellan vägtyperna kan anses vara förenat med en del osäkerheter och inte heller ta hänsyn till fördelning av trafikarbete mellan de olika vägtyperna i det aktuella fallet. Vad som avses med kvoten I_{DT}/I_{TDT} är något svårt att tolka från rapporten, men det bedöms avse ÅDT på den aktuella vägsträckan delat med totalt ÅDT för den aktuella vägtypen inom regionen eller den geografiska avgränsning som gjorts. Det innebär i så fall att olycksfrekvensen antas stå i direkt proportion till ÅDT och att längd hos den aktuella vägsträckan inte beaktas. Det kan också noteras att inget resonemang eller någon diskussion förs kring vilka typer av olyckor som bör inkluderas i de data som används till beräkningarna – exempelvis om olyckor som involverar fotgängare, cyklar, vilt respektive mopeder ska ingå i statistiken.

Bilaga C

I denna bilaga beskrivs genomförda iterationer av den snowballing-process genom vilken litteratur för kompletterande litteraturstudie identifierats.

Iteration 1

Här beskrivs den första iterationen av snowballing-processen.

Backward snowballing

Bezerra et al. (2016) har använt 34 stycken referenser. Utav dessa kunde sex stycken exkluderas då de är på portugisiska och ytterligare en som redan analyserats i genomförd scoping study. Av kvarvarande referenser bedömdes tio av dessa vara möjligen intressanta utifrån deras titlar. Efter att ha utvärderat hur de refereras till i artikeln återstod sju vetenskapliga artiklar. Dessa artiklar inhämtades och abstract studerades. Därtill genomfördes också en översiktlig genomgång av artiklarna i fulltext. Därutifrån exkluderades samtliga artiklar utom en utav Currò, Fabiano, Palazzi och Pastorino (2002).

Ardin och Markselius (2016) har använt 42 stycken referenser. Utav dessa kunde en exkluderas då den är på tyska. Av de återstående referenserna bedömdes 13 stycken kunna vara intressanta. Genom utvärdering av hur de refereras till i examensarbetet kunde fem exkluderas. Vid översiktlig genomgång av litteraturen i fulltext kunde ytterligare en exkluderas, varpå sju referenser återstod. Efter genomläsning i fulltext kunde två exkluderas varpå fem återstod. Dessa var av Alvarsson och Jansson (2016), Jamil (2006), Vägverket (1997, 1999) och Trafikverket (2018).

Forward snowballing

Enligt Google scholar hade Bezerra et al. (2016) refererats till i annan litteratur 18 gånger. Utav dessa kunde tre stycken exkluderas då de är på portugisiska. Kvarvarande litteratur bestod av 15 artiklar vars abstract studerades och tre artiklar bedömdes vara möjligen intressanta. Två av dessa artiklar var dock inte tillgängliga. Den kvarvarande artikeln av Huang et al. (2018) bedömdes vara intressant även efter genomläsning i fulltext.

Ardin och Markselius (2016) har enligt Google scholar refererats till i annan litteratur två gånger. Utav dessa bedöms ett examensarbete av Alvarsson och Jansson (2016) vara intressant, vilket även har identifierats i forward snowballing ovan samt refereras till i avsnitt 1.1.

Iteration 2

Här beskrivs den andra iterationen av snowballing-processen.

Backward snowballing

I artikeln av Currò et al. (2002) återfanns 18 stycken referenser. Att bedöma dessa var förknippat med vissa svårigheter då referenslistan saknade en del information, såsom titel hos respektive referens. Det innebär att respektive referens fick uppsökas för att kunna bedömas. Sju av dessa gick inte att finna och av de elva återstående bedömdes sex stycken vara möjligen intressanta. Efter genomläsning av artiklarnas abstract och översiktlig genomgång av dem i fulltext bedömdes ingen av dem vara intressant.

Huang et al. (2018) gav 40 stycken referenser. Av dessa kunde två exkluderas då en är på kinesiska och en hade redan analyserats i tidigare scoping study.

Av resterande 38 referenser bedömdes tre vara möjligen intressanta. Två av dessa exkluderades efter genomläsning av abstract och översiktlig genomgång i fulltext. En artikel av Harwood, Russell och Viner (1993) bedömdes vara intressant.

Alvarsson och Jansson (2016) använde sig av 62 stycken referenser i sitt examensarbete. Två av dessa bedömdes vara intressanta, men konstaterades också redan vara inkluderade i iteration 1.

I examensarbetet av Jamil (2006) återfanns elva stycken referenser. Ingen av dess bedömdes vara intressant.

Vägverket (1999) har använt sig att fem stycken referenser. Utav dessa bedömdes två vara intressanta, vilka redan hade inkluderats och analyserats i detta arbete.

I rapporten av Vägverket (1997) återfanns sex stycken referenser. Två av dessa bedömdes vara intressanta, men de hade sedan tidigare behandlats i detta arbete.

Forward snowballing

Artikeln av Currò et al. (2002) har refererats till i annan litteratur 222 gånger. Utav dessa kunde 71 exkluderas då de är på andra språk än engelska och svenska såsom bland annat kinesiska, turkiska och polska. Av kvarvarande litteratur valdes tolv ut baserat på titel. Efter genomläsning av abstract bedömdes ingen av dessa vara intressant.

Enligt Google scholar hade Huang et al. (2018) refererats till endast en gång. Utifrån den refererande artikelns abstract bedömdes den inte vara intressant.

Varken Alvarsson och Jansson (2016) eller Jamil (2006) har enligt Google scholar refererats till någon gång. Vägverket (1997) respektive Vägverket (1999) gick inte att hitta via Google scholar och exkluderades därför från vidare iteration.

Iteration 3

Här beskrivs den tredje iterationen av snowballing-processen, vilken utgår från artikeln av Harwood et al. (1993). Ingen backward snowballing genomfördes då samtliga referenser den använder är väl över 30 år gamla, vilka rimligen kan anses vara något daterade och svåra att få tag på.

Forward snowballing

Enligt Google scholar hade Harwood et al. (1993) refererats till i 88 publikationer. Efter att ha analyserat den refererande litteraturens titlar och vid behov även analyserat abstract respektive översiktligt gått igenom fulltext bedömdes ingen av dem vara intressant.

Bilaga D

I detta avsnitt redogörs för sammanfattning och analys av den litteratur som identifierats genom utförd snowballing-process. I likhet med sammanfattning och analys av litteratur i genomförd scoping study sammanfattar inte denna nödvändigtvis litteraturen i dess helhet. Istället har vikt lagts vid information som besvarar litteratursökningens frågeställning och ger underlag till modellens utveckling.

Alvarsson och Jansson (2016) har i sitt examensarbete gjort en jämförelsestudie av 14 stycken riskbedömningar avseende olyckor med transporter av farligt gods på bland annat väg som kan hota närliggande bebyggelse. Som del av detta har det utvärderats hur frekvens av initierande händelse, alltså till exempel trafikolycka har uppskattats. I elva av riskbedömningarna användes VTI-modellen, vilken i denna rapport behandlas i avsnitt 6.1. I två av de övriga tre fallen uppskattas olycksfrekvens med hjälp av nationella data för antal olyckor med transport av farligt gods per fordonskilometer, varav en av dessa görs med Hallands-modellen, som behandlas i avsnitt 6.2. I den återstående riskbedömningen uppskattades enligt författarna frekvensen med hjälp av Trafikverkets handbok *Effektsamband för transportsystemet* från vilken schablonvärden för personskadeolyckor per miljon fordonskilometer tillämpas. Intressant är också att framräknad frekvens antas representera singelolyckor, varpå en uppräkningsfaktor om 40 %, hämtad från Räddningsverket (1996) appliceras för att inkludera flerfordonsolyckor i den beräknade frekvensen. Alvarsson och Jansson identifierar också att ingen av riskbedömningarna beaktar olyckor som kan ske av annan orsak än trafikolyckor, undantaget en riskbedömning som beaktar skadehändelser som kan uppstå till följd av fordonsbrand. I likhet med vad som belysts i avsnitt 4.1 menar författarna att detta leder till en underskattning av olycksfrekvensen. Omfattningen av denna underskattning är något som de menar bör utredas vidare.

Jamil (2006) genomförde i sitt examensarbete analys av statistikdata för några olika vägtyper i Västra Götalands, Värmlands, och Hallands län för att undersöka hur olika vägegenskaper påverkar olyckskvoten för motortrafik i stort. De undersökta parametrarna är hastighetsgräns, vägbredd och linjeföring (kurvatur, tvärfall och backighet) för motorvägar, 2+1-vägar och 4-fältsvägar. Analysen ger att för samtliga vägar har hastighetsgränsen en hög inverkan på olyckskvoten, med en minskande olyckskvot vid en ökande hastighetsgräns. För de geometriska egenskaperna kommer författaren fram till att de har en ganska låg påverkan på olyckskvoten för motorväg och 4-fältsväg, men däremot en hög inverkan på olyckskvoten för 2+1-väg. Större vägbredd, ökad kurvighet och brantare backighet innebär ökad olyckskvot. Tvärfallslutning hos vägen vid vänstersväng innebär minskad olyckskvot. Effekten av ökad kurvighet anges dock vara större för högerkurva, vilket rimligen kan bero på att fordonet i en sådan kurva riskerar att komma över i mötande körfält. Inverkan av backighet anges vara allmänt låg. Jamil adresserar det något överraskande resultatet att olyckskvoten minskar med ökad hastighet och påpekar att konsekvenser av inträffade olyckor däremot ökar med ökad hastighet. Vidare förs också resonemang kring att vilken hastighetsgräns som råder på en väg bland annat beror på om den går utanför eller inom tätort, vilket i sin tur anges vara en faktor av betydelse för olyckskvoten i likhet med vad som angetts i flertalet andra litteraturer som studerats inom ramen för detta arbete.

Vägverket (1999) presenterar ett relativt omfattande underlag rörande olycksrisker för transport av farligt gods på det statliga huvudvägnätet och likaså för tunga transporter i stort på detta.

I rapporten adresseras flera gånger VTI-rapporten av Nilsson (1994), se avsnitt 6.1, där det framförs synpunkter på den samtidigt som ansats görs till att åstadkomma förbättringar av möjligheten till att uppskatta olycksrisker jämfört med VTI-rapporten. Vägverket framför bland annat synpunkter på att VTI-modellen inte tar hänsyn till trafikflödets påverkan på risk och att vissa tabellerade olyckskvoter ter sig underliga, exempelvis att en smal väg med hastighetsgräns 110 km/h har lägre olyckskvot än en motorväg. Vägverket redovisar framtagna olyckskvoter som baseras på de senaste sex årens olyckor med tung lastbil på det statliga huvudvägnätet. För att kunna göra det behövdes även data för utfört trafikarbete, vilket fördelades på olika typer av vägar med hjälp av schabloner. Detta är förknippat med en viss osäkerhet som innebär att slutsatser utifrån olyckskvoterna ska dras med viss försiktighet enligt Vägverket. Vidare gjordes antaganden om att en åttondel av den tunga trafiken utgörs av bussar istället för tunga lastbilar. En styrka hos materialet är dock enligt Vägverket att underlaget av data för olyckor är omfattande, vilket reducerar inverkan av slump. Vidare exkluderas viltolyckor och rapporten kan även tolkas som att olyckor med endast egendomsskada inte ingår, då sådana inte omfattats av någon anmälningsplikt och uppskattningar av antalet sådana är förenade med relativt stora osäkerheter.

En intressant slutsats som Vägverket (1999) kommer till är att för olyckor med tunga lastbilar är den generiska olyckskvoten på statliga vägar 0,78 olyckor per miljon fordonskilometer medan den är 0,52 för bilar. Vidare ges en slutsats om att lastbilar har högre benägenhet att vara inblandade i omkörnings- och mötesolyckor jämfört personbilar och för övriga olyckstyper, exempelvis singel- och upphinnandeolyckor, är benägenheten densamma. Detta framstår som rimligt eftersom en lastbil är längre än en personbil och kan ta längre tid att köra om. Därtill har tunga lastbilar lägre maxhastighet än personbilar på vägar med hög skyltad hastighet, vilket rimligen ökar behovet av omkörningar, inklusive att lastbilar kör om varandra på grund av små skillnader i hur fort de kan köra. Vägverket belyser också att olyckor där tung lastbil är involverad troligen är mer sannolika att rapporteras till polis, bland annat på grund av större risk för trafikstörningar och större behov av bärgare. Det påverkar då statistiken mot en relativ överrepresentation av olyckor med tung lastbil. Sammantaget kan det tolkas som att skillnaderna mellan olyckskvoterna ovan huvudsakligen kan förklaras med skillnader i benägenhet till omkörnings- och mötesolyckor samt skillnader i olycksrapportering till polis. Vidare kan det konstateras att Vägverket (1999) inte anger huruvida redovisade data avser endast personskadeolyckor eller om även olyckor med endast egendomsskada på något vis är inkluderade.

I tabell D1 nedan återges de beräknade olyckskvoter för tunga lastbilar på statliga vägar, däribland tunga lastbilar med farligt gods, som Vägverket (1999) redovisar utifrån de data och antaganden som angetts ovan. Data för trafikarbete är från mitten av 90-talet och data för olyckor är från år 1992–1997. Förkortningarna MV, 4-F och 2-F betyder motorväg, fyrfältsväg respektive tvåfältsväg. Kategorin *övrigt* tolkas rymma, utöver korsningsolyckor, bland annat singelolyckor med gående och cyklister samt även vad som kallas ”konflikt med traktor eller spårbundet fordon”. Siffrorna anger vägens hastighetsgräns. Det kan i tabellen direkt observeras att tvåfältsväg med hastighetsgräns 110 km/h har en högre olyckskvot än för motsvarande motorväg, vilket ter sig rimligt. Vidare framgår också att på vägar med mittremsa eller mitträcke förekommer knappt några mötesolyckor, vilket även det bedöms vara rimligt.

Tabell D1 Olyckskvoter för tunga lastbilar på olika typer av statliga vägar, återgivna från Vägverket (1999)

Vägtyp	ÅDT tung lastbil	ÅDT totalt	Singel	Möte	Omkörning, upphinnande	Övrigt	Totalt
Europaväg							
MV 110	1 200	15 000	0,12	0,01	0,21	0,08	0,42
MV 70-90	2 000	30 000	0,14	0,01	0,97	0,33	1,44
4-F 70	700	12 000	0,15	0	1,08	0,59	1,84
2-F 110	500	5 000	0,18	0,07	0,12	0,12	0,49
2-F 90	650	7 000	0,21	0,11	0,17	0,24	0,75
2-F 50-70	700	8 000	0,44	0,09	0,64	0,81	1,99
Övrig riksväg							
2-F 90	250	3 400	0,15	0,10	0,12	0,20	0,57
2-F 50-70	250	3 400	0,33	0,13	0,24	0,58	1,28
Primära länsvägar							
2-F 90	100	1 400	0,13	0,13	0,11	0,21	0,57
2-F 50-70	100	1 400	0,28	0,15	0,12	0,44	1,00

Vägverket (1999) presenterar flera resonemang och slutsatser kring trafikflödets inverkan på olyckskvoten. Det anges att omkörnings- och upphinnandeolyckor är flödesberoende, vilket framstår som rimligt sett till närheten mellan fordon som uppstår. Däremot anges det att samma inte gäller för mötesolyckor, då det ökade antalet möten som varje fordon utsätts för vid högre trafikflöde typiskt åtföljs av att vägar med höga trafikflöden har högre standard med ökad bredd och bättre sikt, vilket ger reduktion av risken. Detsamma anges gälla för omkörnings- och upphinnandeolyckor på landsbygdsvägar där ökat flöde och därmed ökat omkörningsbehov hanterats genom större vägbredd. Vägverket redovisar inte någon uppdelning av olyckskvoter efter vägbredd och anger att respektive vägkategori i sig motsvarar en vägbredd som varierar beroende på flödet. Utifrån samma idé förs resonemang om att den ökning av olyckskvoten som tycks uppstå vid lägre hastighetsgräns, kan egentligen bero på att högt trafikflöde och därmed exempelvis högre benägenhet till omkörnings- och upphinnandeolyckor som i sin tur lett till en reduktion av hastighetsgränsen. Detta är av särskilt intresse eftersom det leder till slutsatsen att trafikflödets betydelse för trafiksäkerheten i sin tur påverkas av anpassning av vägens egenskaper utifrån trafikflödet. Vägverket sammanfattar själva detta med följande slutsats; ”den koppling till vägens totala trafikflöde som efterlysts fångas i många fall upp genom att vägkategori och hastighetsgräns är prediktionsvariabler” (avsnitt 6, första stycket).

Vägverket (1999) noterar också att lastbilarna i 38 procent av fallen hade släp/påhäng, medan de hade det i 50 procent av singelolyckorna och anför resonemang om att släp/påhäng innebär ökad benägenhet till singelolycka. Utöver Vägverkets resonemang skulle en annan förklaring kunna vara att transporter med släp/påhäng i större utsträckning förekommer i trafikmiljö med högre risk för singelolycka. Av rapporten kan det uttolkas att lastbil med släp/påhäng förekommer i högre utsträckning på landsbygd.

Detta motsägs av att såväl Nilsson (1994) och Vägverket (1999) som Hjort och Sandin (2012) menar att lastbil utan släp/påhäng är vanligast förekommande i tätortsmiljö samtidigt som Vägverket (1999) anger att tätortsmiljö är förknippad med förhöjd risk för singelolycka, därtill även för omkörnings-/upphinnandeolycka respektive korsningsolycka. Varför risken för singelolycka är förhöjd i tätortsmiljö framstår som oklart, men Vägverket resonerar kring att det kan dels bero på högre rapporteringsgrad, dels på singelolyckor som uppkommer i samband med skarpa svängar.

Som tidigare angett i avsnitt 4.1 finns det anledning att anta att vältning av fordon är den olyckstyp som ger störst sannolikhet för utsläpp av farligt gods, följt av kollision med tunga fordon. Vägverket (1999) gör en liknande koppling och presenterar data för inträffande av bland annat vältning vid olika typer av olyckor. Dessa återges i tabell D2 nedan. Observera att i vissa fall har flera av händelserna inträffat vid samma olyckstillfälle. Från tabellen kan det utläsas att i 16 % av singelolyckorna har vältning skett. För möte respektive omkörning är motsvarande andel 2 % och för upphinnande är den 0,4 %. Vägverket anger att det i hälften av flerfordonsolyckorna då vältning eller påkörning av fast föremål inträffat har varit den tunga lastbilen som drabbats. Det framgår inte om siffrorna i tabell D2 inkluderar de fall då annat fordon än den tunga lastbilen varit drabbat.

Tabell D2 Antal inträffade fall av olika händelser efter olyckstyp för tung lastbil för år 1997, återgivna från Trafikverket (1999)

Händelse	Singel	Möte	Omkörning	Upphinnande
Påkörning fast föremål	105	5	5	2
Avkörning från vägbana	448	85	75	20
Vältning	91	6	8	1
Totalt antal olyckstillfällen	578	276	383	254

Genom enklare beräkning med data från tabell D1 kan andelen singelolyckor av trafikolyckorna beräknas. Med olyckstyp *övrigt* exkluderad beräknas andelen till cirka 32 %. Att exkludera kategorin *övrigt* bedöms vara rimligt sett till att den rymmer endast olyckor som är utanför avgränsningarna för detta arbete, möjligen med undantag för konflikt med traktor eller spårbundet fordon, vilka antas vara relativt få till antalet. Beräkning av andel singelolyckor med data från tabell D2 ger en andel om cirka 39 %.

Vägverket (1997) har genomfört en närmare undersökning av de totalt 46 olyckor med farligt gods på väg som inträffade under åren 1995 till 1996 och resulterade i läckage. Det framgår att en mycket stor andel av dessa olyckor inträffade utanför tätort, om än något oklart hur stor andelen är. Det anges både att samtliga inträffade utanför tätort och att alla utom två gjorde det. Detta säger inte nödvändigtvis något om fördelningen av trafikolyckor mellan tätort och landsbygd men det kan antyda att trafikolycksfrekvensen är väsentligt högre utanför tätort eller att sannolikheten för att en trafikolycka resulterar i en händelse som orsakar utsläpp är det. Att en förhöjd sannolikhet för en sådan händelse skulle ha del i förklaringen passar väl in med att Vägverket kommer fram till att höga hastigheter, brant släntlutning och närvaro av vägtrumma i dike har varit typiska bidragande orsaker till olyckorna.

Det ligger nära till hands att dessa företeelser förekommer i högre utsträckning utanför tätort. Därtill har det tidigare belysts i detta avsnitt att närvaro av släp/påhäng kan förväntas förekomma i större utsträckning i landsbygdsmiljö och medföra en ökad benägenhet till singelolycka.

Huang et al. (2018) redovisar hur de i ett par fallstudier uppskattat olycksfrekvens för vägtransporter med farligt gods i området kring Peking i Kina genom att utgå från en utav två generiska olyckskvoter, för transporter inom respektive utom tätort, som sedan anpassas utifrån sju korrektionsfaktorer förknippade med vägens egenskaper och kan användas för att med data för trafikarbete uppskatta olycksfrekvens. Till respektive generisk olyckskvot finns också angivna sannolikheter för utsläpp givet inträffad olycka. De två generiska olyckskvoterna är 1,35 respektive 0,4 olyckor per miljon fordonskilometer för transporter inom respektive utom tätort. Detta kan jämföras med att Vägverket (1999) anger att olyckskvoter har en storlek om 1 till 2 i tätortsnära miljöer, oberoende av vägtyp vilket visar god samstämmighet med olyckskvoten för tätortsmiljö från Huang et al. Inga av de olyckskvoter som återfinns i tabell D1 är dock så låga som 0,4.

De vägegenskaper förknippade med korrektionsfaktorerna som Huang et al. (2018) redogör för är vägbredd, bredd hos sidoområde, genomsnittlig bredd hos vägseparationer, kurvradie, tvärlutning, vägunderlag och trafikintensitet i proportion till vägens kapacitet. Data för hur korrektionsfaktorerna kan användas för att justera de generiska olyckskvoterna tycks inte beskrivas, utan har hämtats från en refererad artikel som dessvärre är på kinesiska.

Harwood et al. (1993) riktar i sin artikel kritik mot de dåvarande riktlinjerna från USA:s Department of Transportation, som kan anses vara motsvarigheten till svenska Transportstyrelsen, vilka avser riskanalys av transportleder för farligt gods och däribland uppskattning av frekvens för olycka. Till kritiken hör att riktlinjerna bygger på olycksstatistik för motorfordon i stort istället för lastbilar och även att de bygger på antagande om att alla typer av trafikolyckor är förknippade med lika sannolikhet för utsläpp. Författarna kritiserar även att riktlinjerna rekommenderar användande av statistik för den aktuella vägsträckan utan vägledning kring hur stort dataunderlaget behöver vara. Författarna redovisar därför olyckskvoter för olika vägtyper framtagna med statistik för tre amerikanska delstater och föreslår att använda dem när tillräckliga data för den specifika vägsträckan saknas. Det anges inte vilka år statistiken är ifrån, men det ska märkas väl att artikeln i skrivande stund är närmare 30 år gammal och avser vägar i USA. Redovisade olyckskvoter för vägar utanför tätort är inom intervallet 1,3 till 2,8 och inom tätort är det mellan 5,3 och 8,7. För motorvägar inom respektive utom tätort är det 1,35 respektive 0,40. Avseende sannolikhet för utsläpp givet en trafikolycka menar Harwood et al. att denna varierar med typ av olycka och att typ av olycka i sin tur varierar mellan olika vägtyper och vägmiljöer (tätort respektive landsbygd). I den redovisade fördelningen av olyckstyper (inkl. kollision med icke-motorfordon) som bygger på statistik från Kalifornien år 1985–1987 kan det utläsas att i landsbygd anges avåkning från väg stå för cirka 4 % av olyckorna och vältning för 3–8 %. Motsvarande för tätort anges vara 0,2–1,6 % respektive 0,6–2,6 %. Utifrån statistik från tre delstater anges uppskattade sannolikheter för utsläpp givet olika typer av trafikolycka. Dessa återges i tabell D3 nedan.

Tabell D3 Uppskattade sannolikheter för utsläpp vid olika typer av trafikolycka, återgivna från Harwood et al. (1993)

Olyckstyp	Sannolikhet för utsläpp
Singelolyckor utan kollision	
Avåkning från väg	0,331
Vältning	0,375
Andra icke-kollisioner	0,169
Singelolyckor med kollision	
Kollision med parkerat fordon	0,031
Kollision med tåg	0,455
Kollision med icke-motorfordon	0,015
Kollision med fast objekt	0,012
Annan kollision	0,059
Flerfordonsolyckor	
Kollision med personbil	0,035
Kollision med lastbil	0,094
Kollision med annan typ av fordon	0,037

Av tabell D3 framgår det att olika former av singelolyckor, i synnerhet avåkning från väg och vältning, står för de mest betydande sannolikheterna, förutom kollision med tåg. Det anges även att kollision med lastbil är förknippad med flerfaldigt större sannolikhet för utsläpp än exempelvis kollision med personbil.

Trafikverket har i sin dokumentserie *Effektsamband* samlat kunskap om samband mellan olika effekter i transportsystemet i deras modell *Effekter vid väganalys* (EVA) som de använder till stöd i deras planering och uppföljning av detta (Trafikverket, 2019a, 2019b). Trafikverket (2015) poängterar vikten av att denna dokumentserie återkommande kompletteras och uppdateras. En väsentlig del av effektsamband utgörs av trafiksäkerhet, som behandlas i kapitel 6 av den del av dokumentserien som kallas *Bygg om eller bygg nytt* och beskriver Trafikverkets vägtrafiksäkerhetsmodell TS-EVA. Denna modell ingår som en del av EVA och används för att uppskatta hur investeringar och regleringar påverkar trafiksäkerheten (Trafikverket, 2018). TS-EVA är alltså allmän för trafik i stort och inte specifik för till exempel tunga lastbilar.

Modellen bygger på olyckor som rapporterats av polisen till Strada och involverar bland annat systemvärden som kan kombineras för att beräkna olyckskvoter för olika vägmiljöer och även uppdelat på olika skadegrader. Beräknade olyckskvoter för väglänkar avser även anslutnings- och korsningsolyckor där det är färre än tre statliga vägben. För de fall det förekommer korsningar med minst tre statliga vägben finns det schablontillägg för de två skadegraderna döda och svårt skadade. Trafiksäkerhetsmodellen innehåller också systemvärden för mer detaljerade beräkningar avseende korsningsolyckor.

Trafiksäkerhetsmodellen involverar möjlighet till justering av värdena för väglänkar för att kompensera för bortfall i polisrapporteringen. Datamaterialet från polisen består främst av rapporterade personskadeolyckor med uppdelning på döda, svårt skadade och lindrigt skadade personer.

Därtill kan även egendomsskadeolyckor uppskattas med hjälp av äldre data för egendomsskadeolyckor som registrerats av polisen, som trots att de är äldre troligen utgör de nyaste data för relationen mellan person- och egendomsskadeolyckor³⁴.

Uppdelning av datamaterialet för olika trafikmiljöer har skett utifrån ett flertal parametrar. Dessa redovisas i punktlista nedan, i vissa fall med de olika möjliga parametervärdena angivna.

- Vaghållare – statlig, kommunal
- Vägmiljötyp – tätort, landsbygd
- Antal körfält – 2 till 6
- Trafikfunktion (endast kommunal väg) – citygata, genomfart/infart, tangent
- Omgivningsmiljö (endast kommunal väg) – centrum, mellan, ytter
- Vägbredd (endast statlig väg)
- Hastighetsgräns

Systemvärden finns angivna för tre olika kategorier; trafikolycka mellan motorfordon tillsammans med singelolyckor för motorfordon, mellan motorfordon och fotgängare respektive mellan motorfordon och cykel/moped. För detta arbete är endast förstnämnda kategori intressant. Data från TS-EVA kan kombineras med olika skadekvoter för få en anpassad olyckskvot som avser antal olyckor med en viss skada per miljon axelparkilometer. Trafikarbetet är alltså räknat i axelparkilometer istället för fordonskilometer, vilket anges bero på "historiska skäl".

³⁴ Torsten Bergh, seniorkonsult och f.d. verksamhetsstrateg på Trafikverket, e-post 2020-01-29.

Bilaga E

VTI-modellen

Den så kallade VTI-modellen är framtagen av Nilsson (1994) och är utgiven av Väg- och transportforskningsinstitutet (VTI). Den togs fram inom ramen för ett större projekt, kallat *Transport av farligt gods*, som initierades av dåvarande Räddningsverket och Statens Järnvägar. Principen för modellens skattning av förekomst av olyckor med transport av farligt gods är att dessa står i proportion till förekomsten av transporter med farligt gods på vägsträckan och tar hänsyn till totala förekomsten av trafikolyckor på denna, både singel- och flerfordonsolyckor. Viltolyckor respektive olyckor under transport som inte är trafikolyckor behandlas dock inte.

I modellens utvecklingsarbete har statistik för olyckor med tunga lastbilar sammanställts. Den delades upp med avseende på om olyckan var inom eller utom tätbebyggt område, huruvida om lastbilen hade släp och om olyckan ledde till personskada. Med hjälp av nationell statistik för trafikarbete med tunga fordon beräknades nationell olyckskvot för trafikolyckor med tunga fordon räknat per fordonskilometer. Antal tunga fordon i trafikolycka beräknades till 1,55 per miljon fordonskilometer. Motsvarande kvot för endast personskadeolyckor beräknades till 0,46.

Genom att göra antaganden om fördelning av trafikarbete mellan tätbebyggt respektive ej tätbebyggt område och andel av trafikarbetet inom respektive områdestyp som uträttas med släp kunde olyckskvoter för dessa olika fall beräknas. Dessa antaganden benämns i rapporten som ”grov skattning” (Nilsson, 1994, s. 18).

Nilsson (1994) konstaterar utifrån data för singel- respektive kollisionsoolyckor med tunga fordon att benägenheten till dessa kan antas vara lika de hos personbilar, även om personbilar anges ha något högre benägenhet till singelolyckor och motsvarande lägre för kollisionsoolyckor. Därigenom skapas ett uttryck för förväntat antal olyckor med farligt gods som funktion av totala antalet trafikolyckor, andelen singel- respektive kollisionsoolyckor och andel fordon med farligt gods i trafiken. Författaren använder också data för trafikarbete med transporter av farligt gods i relation till det för tunga transporter i stort för att beräkna sannolikheten för att båda fordonen i en olycka med två tunga fordon transporterar farligt gods.

I rapporten finns också ett avsnitt i vilket tillämpade beräkningar för tjugotalet faktiska vägsträckor redovisas. I en tabell listas vägsträckornas egenskaper; såsom vägtyp, hastighetsgräns och huruvida det är en tätorts- eller landsbygdssträcka. Därtill listas indata till beräkningar för respektive väg; såsom fordonsflöde, olyckskvot, andel tung trafik och andel fordon med farligt gods. Det anmärks också att ”alla dessa värden, bortsett från olyckskvoten (antal trafikolyckor per miljon fordonskilometer) är valda godtyckligt men med viss verklighetsförankring” (Nilsson, 1994, s. 36). Hur olyckskvot tagits fram anges inte.

Rapporten av Nilsson (1994) utgör tillsammans med andra rapporter i samma rapportserie ett underlag till en handbok av Räddningsverket (1996), som är utarbetad av VTI under medverkan av Länsstyrelsen i Malmöhus län och på uppdrag av Räddningsverket. Tanken med handboken anges att vara mer tillgänglig för den praktiska användaren med en mer renodlad metodik. Det anges också att handboken helt baseras på resultaten i de bakomliggande rapporterna.

Bokens olika avsnitt behandlar bland annat beräkning av förväntat antal olyckor med farligt gods på väg respektive järnväg samt beräkning av konsekvenserna av olycka.

Det avsnitt som behandlar antal olyckor med farligt gods på väg baseras på Nilsson (1994). I rapportens inledning poängteras det att metodiken och det statistiska underlaget den baseras på har begränsningar och att "metodiken inte bör användas till att uppskatta absoluta risknivåer för lokala väg- och järnvägsavsnitt" (Räddningsverket, 1996, s. 5). Det kan noteras att denna information står i viss kontrast till att Nilsson (1994) anger att "Modellen kan användas för såväl lokala miljöer som på mer övergripande nivå (...)" (s. 1).

Den renodlade metodiken för beräkning av antalet olyckor på väg är enligt handboken uppdelad i tre steg;

1. Inhämta uppgifter om ÅDT på den aktuella vägsträckan
2. Uppskatta antalet singel- respektive kollisionsolyckor på vägsträckan per år
3. Uppskatta hur många transporter med farligt gods som passerar per dygn

För steg 2 beskrivs två alternativ; använda olycksstatistik för den aktuella sträckan eller använda tabellerade värden för olyckskvot respektive andel singelolyckor och kombinera dessa med data för vägsträckans längd och ÅDT för att beräkna förväntat antal olyckor. I en tabell anges olyckskvoter respektive andel singelolyckor för olika typer av trafikmiljöer med avseende på vägmiljö (tätort eller landsbygd), hastighetsgräns och typ av gata eller väg. Den samlade beräkningsekvationen för antalet trafikolyckor med transport av farligt gods är, med viss omskrivning, följande:

$$\lambda = L * O * \text{ÅDT}_{total} * 365 * 10^{-6} * ((y * x) + (1 - y)(2x - x^2)) \quad (\text{E.1})$$

λ = frekvens för olycka med farligt gods [år^{-1}]

L = vägsträckans längd [km]

O = olyckskvot [$\text{miljonfordonskm}^{-1} * \text{år}^{-1}$]

ÅDT_{total} = årsmedeldygnstrafik för motorfordon [dygn^{-1}]

y = andel singelolyckor [-]

x = andel transporter med farligt gods av motortrafiken i stort [-]

I handboken ges ingen beskrivning av hur de angivna olyckskvoterna eller andel singelolyckor för de olika trafikmiljöerna har tagits fram och de kan inte återfinnas i Nilsson (1994). Inte heller i handbokens avsnitt *Brister i modellen eller skattningarna* berörs frågan. Det kan noteras att de tabellerade olyckskvoterna och andelarna för singelolyckor är relativt finindelade med avseende på trafikmiljöns egenskaper medan Nilsson (1994) menade att den betydligt grövre fördelningen av trafikarbete mellan två typer av vägmiljö var att betrakta som en grov skattning.

En omfattande genomgång och utvärdering av VTI-modellen har gjorts av Ardin och Markselius (2016), vilket inkluderar undersökning av modellens uppbyggnad och hur väl de olycksfrekvenser som tillämpning av modellen ger överensstämmer med aktuella data för inträffade olyckor. Därtill även vilka osäkerheter modellen är förknippad med och behov av utveckling som finns. I sin analys av modellens uppbyggnad konstaterar författarna att x-termen kan beskrivas med följande ekvation:

$$x = \frac{\text{ÅDT}_{\text{farligt gods}}}{\text{ÅDT}_{\text{total}}} \quad (\text{E.2})$$

Genom att samtidigt försumma x^2 -termen i ekvation E.1, vilket innebär relativt liten skillnad för resultatet med en förskjutning åt det konservativa hållet, kan ekvationens uttryck skrivas med faktorn $\text{ÅDT}_{\text{farligt gods}}$ istället för de två faktorerna $\text{ÅDT}_{\text{total}}$ och x . Med detta tydliggör författarna att det är trafikflödet av transporter med farligt gods snarare än det totala trafikflödet som påverkar den beräknade frekvensen.

Ardin och Markselius (2016) anger, efter analys av statistik för räddningsinsatser, att singelolyckor kan tillskrivas högre sannolikhet för utsläpp av farligt gods än kollisionsoolyckor och möjligen även större utsläppsmängder. De belyser därmed också ett potentiellt värde i att tillämpa en beräkningsmodell där frekvens för singel- respektive kollisionsoolyckor beräknas var för sig, så att möjlighet ges att applicera den på olika händelsetråd för efterföljande händelser. I övrigt belyses betydelsen av andel singelolyckor även avseende att de har en påverkan på beräknad olycksfrekvens genom att en ökning av andelen innebär sänkning av frekvensen, se ekvation E.1 ovan. Att VTI-modellen inte tar hänsyn till att andelen singelolyckor varierar med trafikflödet på vägen framhävs också av författarna som betydelsefullt.

Hallands-modellen

Den så kallade Hallands-modellen tillkom genom ett projekt av Länsstyrelsen i Hallands län som avsåg att skapa ökad förståelse för och ökad förmåga att hantera händelser med farliga ämnen. Som en del av detta ingick att för utvalda transportsätt kvantifiera frekvenser av olyckor, vilket redovisas av Länsstyrelsen i Hallands län (2011). För transporter av farligt gods på väg utmynnade detta i att en generell olycksfrekvens om $4 \cdot 10^{-7}$ olyckor [$\text{farligt gods} \cdot \text{lastbil} \cdot \text{km}^{-1} \cdot \text{år}^{-1}$], vilken togs fram med hjälp av statistik för inträffade olyckor och utfört trafikarbete med tung trafik.

Antal transporter med farligt gods kvantifierades genom att data för transportarbete av farligt gods i Hallands län hämtades från Räddningsverket (2006) som redovisar en kartläggning av transporter av farligt gods på olika transportleder i Sverige under september år 2006. Med antagande om 16 ton farligt gods per transport beräknades trafikarbetet, vilket räknades upp till trafikarbete för ett helt år. För de vägar där data saknades använde man istället data för ÅDT av tunga fordon och antagande att det kunde räknas upp till årsflöde genom att multipliceras med 260 arbetsdagar per år. Fyra procent av dessa transporter antogs då transportera farligt gods, baserat på data för transportarbete av svenska lastbilar från Trafikanalys³⁵. Överensstämmelsen mellan de båda metoderna anges vara god, men rekommendation lämnas att företrädesvis använda metoden med Räddningsverkets kartläggning samtidigt som de betydande osäkerheter det är förknippat med belyses och det anges att för mindre vägar kan det vara lämpligare att använda metoden med data för ÅDT. Till osäkerheterna hör att transittrafik genom Sverige förbises i undersökningen, inte alla tillfrågade i undersökningen lämnade svar, den är baserad på endast en månad och att behov av godstransporter förändras med tiden (Länsstyrelsen i Hallands län, 2011).

³⁵ Svensk myndighet med uppdrag att ge kunskapsunderlag till beslutsfattare inom transportpolitik.

Data för inträffade olyckor med transport av farligt gods under transport på väg inhämtades från flera olika källor; rapporter till MSB från transportörer, statistik för genomförda räddningsinsatser från MSB och rapporterade olyckor med tunga fordon i Strada³⁶. Rapportering från transportörer anges underskatta frekvensen med en faktor som troligen ligger mellan 2 och 3, vilket då skulle ge cirka 35 olyckor per år. Räddningstjänst i siffror, vilket är statistik från MSB över genomförda räddningstjänstinsatser, gav att utav cirka 16 000 årliga insatser mot vägtrafikolyckor var last- och tankbilar inblandade i 10 % av olyckorna och transporter med farligt gods i 0,5 % av dem, motsvarande 80 olyckor. Ytterligare ett flertal exempel på statistik från IDA³⁷ avseende olika, i vissa fall vagt definierade, former av olyckor med farliga ämnen ges. Med hjälp av statistik för utfört trafikarbete med svenska lastbilar under år 2007 och antagande om 30 olyckor med transport av farligt gods per år beräknades en generisk olyckskvot till $3 \cdot 10^{-7}$ olyckor per lastbilskilometer och år. Denna kvot kombinerades med data för trafikarbete för tre olika vägsträckor i Halland för uppskattning av olycksfrekvens.

En alternativ metod presenteras där statistik från Strada för inträffade olyckor med tunga fordon på tre vägsträckor i Halland användes för att uppskatta antal trafikolyckor med tung trafik per kilometer vägsträcka och år. Genom att kombinera detta med antagande om att 4 % av den tunga trafiken som uppmätts på vägsträckorna uppskattades respektive sträckas olycksfrekvens.

Även uppskattning av olycksfrekvens för respektive vägsträcka med VTI-modellen genomfördes följt av jämförande analys mellan metoderna. Till de presenterade slutsatserna hör att metoderna ger ganska likartade resultat och att VTI-modellen genomgående gav de högsta skattningarna av frekvens. Rekommendation lämnas att använda generisk olyckskvot, framtagen med nationell statistik enligt ovan. Det anges dock att 40 årliga olyckor istället för 30 borde antas, vilket då ger en olyckskvot om $4 \cdot 10^{-7}$ olyckor per lastbilskilometer och år.

Det är i detta sammanhang värt att nämna att den alternativa metoden som involverar användning av statistik från Strada troligen kommer att bli svårare att tillämpa i framtida riskanalyser. Detta eftersom Transportstyrelsen i skrivande stund genomför en översyn av hur tillgång till Strada för bland annat konsulter kommer att fungera i framtiden. Enligt Lars-Erik Andersson³⁸ kommer tillgång till data troligen att kunna ges på förfrågan till ett specifikt projekt och endast i den omfattning som det behövs för det specifika projektet. Lars-Erik gav resonemang om att det kan göra projekt mer tidskrävande och svårarbetat när man arbetar med metoder som kräver data från Strada. Enligt Magnus Sandberg³⁹ på Transportstyrelsen kommer konsulter som arbetar för en kommun ha rätt att få tillgång till Strada under uppdragstiden, men att man i skrivande stund inte tagit fram en lösning för hur det ska ske i praktiken.

³⁶ STRADA - Swedish Traffic Accident Data Acquisition, informationssystem för data om skador och olyckor inom vägtransportssystemet. Det bygger på uppgifter från två källor, polis och sjukvård, samt ägs av Transportstyrelsen.

³⁷ MSB:s verktyg för statistik och analys kring bland annat olyckor och skador.

³⁸ Lars-Erik Andersson, trafikingenjör på Afry, möte 2019-11-29.

³⁹ Magnus Sandberg, regional samordnare Strada på Transportstyrelsen, e-postkonversation 2020-01-28.

Nederländska modellen

I Nederländerna finns det en bokserie utgiven av Ministeriet för bostäder, fysisk planering och miljö (på nederländska förkortat *VROM*) som på en nationell nivå ger förhållandevis tydliga och vägledande riktlinjer för hur riskhantering avseende olycksrisker med farliga ämnen bör ske. Riktlinjerna uppfattas vara relativt styrande för detta och den modell de presenterar kallas i denna rapport *Nederländska modellen*. Böckerna betecknas ofta efter deras olika färger på omslagen. I boken av Ale och Uijt de Haag (2005), kallad *Purple book*, ges riktlinjer för kvantitativ riskanalys av bland annat transport av farligt gods på väg.

Till dessa hör förenklade metoder för riskanalys. Den enklaste är att kontrollera huruvida det årliga antalet transporter med farligt gods på den aktuella sträckan överstiger ett på förhand angivet gränsvärde för den aktuella väg- och omgivningstypen samt befolkningsdensiteten.

Ifall antalet transporter överstiger gränsvärdet behöver riskerna undersökas närmare med hjälp av ett datorprogram kallat RBM II (tidigare IPORBM). Användaren kan i detta program ange en avgränsad mängd indata rörande bland annat vilken fördefinierad vägtyp det rör sig om, längd hos vägsträckan och frekvenser av transporter av olika ämnestyper. Givet att inga särskilda förutsättningar föreligger, såsom tunnlar eller skarpa kurvor, kan programmet ge en uppskattad frekvens för olycka som ger utsläpp. Programmet ger också möjlighet till andra uppskattningar, exempelvis av konsekvenser, som behövs för att ge en uppskattning av individ- respektive samhällsrisk (Uijt de Haag & Ale, 2005).

I det fall en mer detaljerad riskanalys behöver genomföras ger Uijt de Haag och Ale (2005) även riktlinjer för detta. Tabellerade generiska olyckskvoter för olyckor som ger utsläpp om minst 100 kg av det farliga ämnet presenteras, med uppdelning avseende vägtyp och vägmiljö (motorväg, väg utanför tätort respektive väg inom tätort) samt avseende om transporten förvarar det farliga ämnet vid atmosfärstryck eller i trycktank. Olyckskvoterna är framtagna med hjälp av statistikdata för olyckor med transport av farligt gods som lett till utsläpp och utfört trafikarbete med farligt gods under samma tidperiod.

Uijt de Haag och Ale (2005) lämnar dock rekommendation om att olyckskvot för det specifika fallet tas fram istället för att direkt använda en generisk. Författarna anger vidare att det i Nederländerna är praxis att anta att olyckskvoten för olycka med utsläpp är en linjär funktion av olyckskvoten för trafikolycka med motorfordon som ger personskada. Beräkning kan då ske genom att olyckskvot för olycka med personskada för den specifika vägsträckan tas fram med hjälp av statistik för antal inträffade personskadeolyckor i motortrafik respektive utfört trafikarbete med motortrafik på den aktuella vägsträckan under en viss tidsperiod. En kvot bildas sedan mellan den specifika olyckskvoten och en nationell generisk olyckskvot för personskadeolyckor i motortrafik för den aktuella vägtypen. Genom att multiplicera denna kvot med tabellerad generisk olyckskvot för olycka som ger utsläpp ges enligt författarna specifik olyckskvot för olycka som ger utsläpp för den aktuella vägsträckan. Tre stycken generiska olyckskvoter tillhandahålls; för vägar inom tätort, vägar utanför tätort respektive motorvägar.

Att det i den ovan beskrivna metoden används olyckskvoter för olyckor som leder till utsläpp snarare än olyckskvot för trafikolycka med transport av farligt gods, oaktat om utsläpp sker eller ej, bedöms vara särskilt intressant.

Uijt de Haag och Ale (2005) menar att sannolikheten för utsläpp givet att en olycka inträffat kan inte beräknas direkt från de generiska olyckskvoterna eftersom olyckskvot för olycka (oaktat om utsläpp sker eller ej) inte kan beräknas utifrån allmän olycksstatistik. Det är därtill också intressant att olyckskvoten för olyckor med utsläpp på en vägsträcka anges vara proportionell mot olyckskvoten för trafikolycka med motorfordon som ger personskada. Detta bedöms vara en förenkling förknippad med osäkerheter, då det förutsätter att benägenhet till olyckor med motorfordon i stort som leder till personskada och benägenhet till olyckor med tunga lastbilar som leder till utsläpp påverkas lika av vägens trafikmiljö.

Bilaga F

Som tidigare redogjorts för kan det anses vara ett rimligt antagande att olycksbenägenheten hos transporter med farligt gods har en lika, om inte lägre, olycksbenägenhet som tunga lastbilar i stort. Vad gäller specifikt andelen singelolyckor av dessa olyckor fördes resonemang om att vätskerörelser i tanken och den relativt högt belägna tyngdpunkten hos tankbilar kan öka vältningsbenägenheten samtidigt som arbete redan för cirka 20 år sedan pågick för att med tekniska lösningar hantera dessa effekter. Det kan också tilläggas att Hjort och Sandin (2012) utifrån forskningsdata från Volvo lastvagnars olycksforskning *ART (Accident Research Team)* menar att 20 % av alla singelolyckor med lastbil orsakas av trötthet. Genom att fordon för transport av farligt gods enligt resonemang i avsnitt 4.1 ligger i framkant med säkerhetstekniska lösningar kan det tänkas att exempelvis system som varnar trötta förare minskar benägenheten till singelolyckor för transporter med farligt gods, vilket är något exempelvis både Volvo och Scania arbetar med (Dagens Nyheter, 2008; Hyllenius, Lindberg, Modig och Neergaard, 2003). Det kan också tilläggas att genom att transportörer av farligt gods enligt vad som framförts i diskussion utifrån genomförd scoping study i avsnitt 4.1 kan antas hålla en relativt högre ambitionsnivå vad gäller exempelvis kör- och vilotider för chaufförer. Sammantaget bedöms det vara rimligt att här anta att tunga transporter med farligt gods har en benägenhet till singelolyckor som är lika den för tunga lastbilar i stort. Detta antagande ger också ökad möjlighet till att finna tillförlitlig information rörande andelen singelolyckor, vilken redogörs för nedan.

Utifrån ovan nämnda olycksdata från ART anger Hjort och Sandin (2012) att singelolyckor står för 50 % av de olyckor där lastbilschauffören blir skadad. Vidare anger Hyllenius et al. (2003) utifrån data från Scania att vanligaste olyckan där lastbilsförare blir skadade är vältning.

Beräkning i bilaga D med data från tabell D1 gett en andel singelolyckor om 32 % och beräkning med data från tabell D2 har gett en andel om 39 %. Detta stämmer relativt väl överens med Vägverket (1997) som anger att utav 100 till 120 årliga polisrapporterade olyckor med transport av farligt gods var 40 till 50 singelolyckor. Det ger då en andel singelolyckor om 33 till 50 %. Ifall beräkningarna med data från tabell D1 genomförs specifikt för motorvägar respektive tvåfältsvägar med hastighetsgräns 50 till 70 km/h ges andelar om 18 % respektive 46 %.

Med statistik för döda och svårt skadade personer i vägtrafikolyckor med tung lastbil från Trafikanalys (2019a) för år 2014 till 2018 kunde det beräknas andel singelolyckor av totala antalet trafikolyckor, exklusive olyckor mellan lastbil och moped, cykel, gående respektive djur. Andelen varierar mellan cirka 21 och 22 % över åren med ett snitt om cirka 21 %.

För jämförelse är det även intressant att uppskatta andel singelolyckor för olika vägmiljöer utifrån data från Harwood et al. (1993), även om det rör sig om cirka 30 år gamla data från USA. Författarna redovisar fördelning av olyckor mellan de elva olika olyckstyper som framgår av tabell D3 i bilaga D där uppskattad sannolikhet för utsläpp vid respektive olycka anges. I uppskattningarna har kollision med parkerat fordon och kollision med icke-motorist exkluderats. Uppskattningarna redovisas i tabell F1 nedan.

Tabell F1 Uppskattade andelar singelolyckor (undantaget kollision med parkerat fordon och kollision med icke-motorist) för olika vägtyper och vägmiljöer, beräknade med data från Harwood et al. (1993)

	Tätort	Landsbygd
Enkelriktad gata	0,13	-
Tvåfältsväg	0,17	0,29
Flerfältsväg utan mittseparering	0,14	0,30
Flerfältsväg med mittseparering	0,15	0,23
Motorväg	0,08	0,22
Alla vägtyper	0,10	0,25

Då data i tabellerna ovan både är 30 år gamla och från USA bör inga långtgående slutsatser dras utifrån dem. Det kan dock konstateras att andel singelolyckor indikeras vara väsentligt högre på landsbygden med en faktor 2,5 högre andel. Båda beräkningsmetoderna ger dock tydligt betydligt lägre andelar än de data i som angetts tidigare i detta avsnitt och kan tyda på att de siffrorna inte underskattar andelen singelolyckor.

Nævestad, Phillips, Levlin och Hovi (2016) redovisar uppskattade fördelningar mellan olika olyckstyper för tunga lastbilar i Norge, med uppdelning avseende vilket land lastbilen kommer från. Fördelningarna bygger på data för polisrapporterade olyckor med personskada under åren 2007 till 2012. Fördelningarna återges i tabell F2 nedan.

Tabell F2 Uppskattade fördelningar mellan olika olyckstyper för tunga lastbilar i Norge efter lastbilens ursprungsland, återgivna från Nævestad et al. (2016)

Olyckstyp	Norge	Sverige	Danmark	Baltiska länder/Polen	Andra EU15	Andra EU27	Andra länder	Totalt
Fordon i samma riktning	0,32	0,30	0,24	0,26	0,31	0,41	0,19	0,31
Frontal-kollision	0,29	0,36	0,22	0,39	0,27	0,24	0,38	0,30
Korsnings-olycka	0,14	0,09	0,06	0,06	0,04	0	0	0,13
Olycka med fotgängare	0,04	0,01	0,06	0,05	0,02	0	0	0,04
Singel-olycka	0,15	0,23	0,35	0,19	0,28	0,35	0,33	0,16
Övriga	0,06	0,02	0,06	0,04	0,07	0	0,10	0,06
Totalt	3 220	117	49	93	99	17	21	3 716

Det kan konstateras att andelen singelolyckor varierar markant beroende på vilket land som transporten kommer från. Ifall kategorin *olycka med fotgängare* exkluderas kan genomsnittlig andel singelolyckor beräknas till cirka 40 % och ifall kategorin *övrigt* exkluderas beräknas den till cirka 29 %.

Analys av genomförda räddningsinsatser

I detta avsnitt redogörs för närmare undersökning av olycksbenägenhet för tunga lastbilar, bland annat i relation till den hos personbilar. Sådan har skett genom att nationella data för genomförda räddningsinsatser mot trafikolyckor har jämförts med data för riske exponering, vilket i detta fall utgörs av trafikarbete.

Trafikanalys (2019b) redogör för statistik över trafikarbete på svenska vägar för olika fordonsslag. I statistiken har det även tagits hänsyn till att svenska fordon utför en del trafikarbete i utlandet och att utländska fordon kör på svenska vägar. Detta är viktigt eftersom exempelvis utländska tunga lastbilar utför en väsentlig del av trafikarbetet med tunga lastbilar på svenska vägar (Trafikanalys, 2018). Enligt Trafikanalys (2019b) uppgick det totala trafikarbetet av motorfordon under år 2018 (exkl. moped) till 84 536 miljoner fordonskilometer. Personbilar stod för 68 639 av dessa och tunga lastbilar stod för 4 860.

Data för olyckor är hämtade från MSB:s statistikdatabas IDA och avser genomförda räddningsinsatser mot vägtrafikolyckor med tung lastbil respektive personbil involverad. Att använda data för räddningsinsatser beslutades i samråd med personer från Trafikverket⁴⁰ och bedöms vara lämpligt då det ligger nära till hands att räddningstjänsten närvarar vid en relativt god andel av inträffade vägtrafikolyckor, även vid olyckor med endast egendomsskador. Detta jämfört med exempelvis polisen som rapporterar olyckor med skadade och döda personer till Strada. I analysen användes data för år 2018, då det i skrivande stund är det första och enda året med fullständiga data från räddningstjänsternas nya sätt att rapportera, kallat händelserapportering som ersatt det tidigare systemet som kallades insatsrapportering. Den nya rapporteringen innebär att olycksdata för tunga lastbilar kan urskiljas från lastbilar i stort. I data nedan har olyckor mellan motorfordon och vilt, cykel respektive fotgängare exkluderats.

Under år 2018 genomfördes 17 484 räddningsinsatser vid trafikolyckor med personbil, tung lastbil, lätt lastbil, motorcykel, buss och husbil. Kategorierna viltolycka, kollision med cykel eller fotgängare har exkluderats. Även kategorin annan vägtrafikolycka har exkluderats då den enligt Ekberg⁴¹ rymmer viltolyckor med flera fordon och kollisionsoolyckor med fordon av typen *annat trafikelement*, såsom A-traktorer. Av de 17 896 olyckorna var 3 542 av dem olyckor med två motorfordon och 329 av dem med tre fordon eller fler. 13 469 av dem var singelolyckor. För olyckor med personbilar genomfördes 15 903 räddningsinsatser under år 2018. Av dessa var 3 377 olyckor med två fordon och 322 med tre fordon eller fler. 12 204 av dem var singelolyckor. Tunga lastbilar var under 2018 involverade i 1 982 räddningsinsatser med singel- eller flerfordonsolycka. Av dessa var 1 034 av olyckorna med två fordon och 84 av dem med tre fordon eller fler. 864 av dem var singelolyckor.

I de fall då flera fordon varit inblandade är den totala sammansättningen av olika fordonstyper okänd. Vilket leder till både över- och underrepresentation av de olika fordonsslagen olycksbenägenhet vid beräkning av olyckskvoter. Då olyckskvoterna inte är avsedda att tolkas som absoluta tal utan snarare för inbördes jämförelse samt att över- och underrepresentationerna i någon mån förväntas ta ut varandra bedöms detta vara godtagbart.

⁴⁰ Ulf Lundström och Ludvig Elgström, Trafikverket, möte 2019-11-19.

⁴¹ Joakim Ekberg, statistikproducent på MSB, e-post 2020-02-24.

Med hjälp av redovisade data ovan i detta avsnitt kan generiska olyckskvoter för de tre olika kategorierna beräknas genom att antal inträffade olyckor divideras med utfört trafikarbete. Även andel singelolyckor kan uppskattas vilken för tung lastbil uppgår till 0,44 och för personbilar till 0,76.

I tabell F3 nedan redovisas uppskattade generiska olyckskvoter. Även uppskattad olyckskvot för singelolyckor som beräknats med andel singelolyckor enligt stycket ovan anges.

Tabell F3 Uppskattade generiska olyckskvoter för olika sammansättningar av transportslag

Transportslag	Trafikarbete [milj. fordonskm]	Olyckor	Singelolyckor	Uppskattad olyckskvot [milj. fordonskm ⁻¹]	Uppskattad singelolyckskvot [milj. fordonskm ⁻¹]
Motortrafik exkl. moped	84 536	17 484	13 469	0,21	0,16
Personbil	68 639	15 903	12 204	0,23	0,17
Tung lastbil	4 860	1 982	864	0,41	0,17

Som framgår av beräkningarna ovan har tunga lastbilar en väsentligt högre uppskattad olyckskvot jämfört med motortrafik i stort och personbil. Att uppskattad olyckskvot för singelolyckor däremot är densamma för personbilar och tunga lastbilar är i linje med att Vägverket (1999) menar att skillnaden i olycksbenägenhet skulle bestå av mötes- och omkörningsolyckor samt högre rapporteringsgrad av olyckor med lastbil.

Analys av data från Strada

Data från Strada för olika typer av personskadeolyckor med tung lastbil involverad, med uppdelning mellan tätbebyggt och ej tätbebyggt område, har inhämtats från Transportstyrelsen⁴² och använts till att uppskatta andel singelolyckor utav dessa. I tabell F4 nedan presenteras data för de olyckor i underlaget som avser singelolyckor med tung lastbil respektive kollisionsolyckor med tung lastbil involverad.

Tabell F4 Antal personskadeolyckor med tung lastbil år 2010–2019 efter olyckstyp och vägmiljö

Olyckstyp	Ej tätbebyggt område	Tätbebyggt område
Avsvängande-motorfordon	364	200
Korsande-motorfordon	477	436
Möte-motorfordon	989	151
Omkörning-motorfordon	531	178
Singel-motorfordon	1 508	268
Upphinnande-motorfordon	2 103	1 066
Backning/vändning/u-sväng	51	46
Andel singelolyckor	0,25	0,11

⁴² Jonathan Hedlund, statistiker Transportstyrelsen, e-post 2020-02-12 och 2020-02-13.

Av data i tabell F4 ovan kan även andel singelolyckor i stort, utan uppdelning på tätbebyggt och ej tätbebyggt område, uppskattas till 0,21. Uppskattad andel singel olyckor i landsbygd är cirka 2,3 gånger högre än den för tätbebyggt område. Dessa proportioner i andel mellan tätort och landsbygd stämmer relativt väl överens med de från Harwood et al. (1993) som framgår av tabell F1.

Transportstyrelsen¹⁹ överlämnade även motsvarande data med uppdelning mellan olika vägtyper. Benämningen hos flertalet redovisade vägtyper bedöms vara alltför vagt definierad för att kunna användas till att uppskatta andel singelolyckor på olika vägtyper. Det bedöms dock vara möjligt för vägtyperna motorväg och motortrafikled, då dessa vägtyper kan anses vara tillräckligt väldefinierade. För dessa vägtyper genomfördes likadana beräkningar som de i stycket ovan och resulterade i att andel singelolyckor uppskattades till cirka 0,13 för motortrafikled och cirka 0,12 för motorväg, vilket råkar sammanfalla relativt väl med uppskattad andel för tätbebyggt område enligt ovan.

Att andel singelolyckor är lägre för dessa vägtyper stämmer väl överens med uppskattning av andel singelolyckor utifrån data i tabell D1. Uppskattningarna framstår som rimliga även sett till att motorvägar och motortrafikleder i kontrast till övriga vägtyper avskiljer trafiken från omgivningen i högre grad, vilket rimligen minskar förekomsten av singelolyckor.

Ovanstående data fanns även tillgänglig med uppdelning mellan tätort och landsbygd. Sådan uppdelning bedöms dock vara mindre meningsfull sett till att trafiken är relativt väl avskild från omgivningen även när vägen löper genom tätort. Det är dock tänkbart att andelen singelolyckor är något lägre på exempelvis stadsmotorvägar på grund av att trafiken kan förväntas vara tätare där. En överskattning av andelen singelolyckor, som enligt tidigare slutsatser är förknippade med bland annat högre sannolikhet för utsläpp av farligt gods, bedöms dock vara en acceptabel osäkerhet eftersom det leder till konservativa skattningar. Vidare antas det finnas förhöjda osäkerheter i rapporteringen genom att det mellan olika rapporterade individer kan finnas skilda uppfattningar om huruvida exempelvis en motorväg som löper genom eller längs med en tätort anses vara en del av tätorten eller inte.

Bilaga G

I denna bilaga beskrivs beräkning av andel singelolyckor på väg inom tätort respektive väg på landsbygd.

Bibehållen vikt hos andel inom tätort respektive landsbygd för beräkning av den antagna generiska andelen ger:

$$\frac{6023}{6023 + 2345} * X + \frac{2345}{6023 + 2345} * Y = 0,44$$

Bibehållna proportioner mellan andelarna ger:

$$X = \frac{0,25}{0,11} * Y$$

Genom tillämpning av substitutionsmetoden ges att $X \approx 0,52$ och $Y \approx 0,23$

Bilaga H

Tabell H1 Olyckskvoter för vanlig väg med kommunal väghållare och två körfält inom tätort, beräknade med data från Trafikverket (2018)

Trafikfunktion	Omgivningsmiljö	Hastighetsgräns	Olyckskvot
City	C	40	1,13
City	M	40	1,06
GIF	C	40	0,99
GIF	M	40	0,88
Tangent	C	40	1,06
Tangent	M	40	0,95
City	C	50	1,25
City	M	50	1,18
GIF	C	50	1,09
GIF	M	50	0,97
GIF	Y	50	0,88
Tangent	C	50	1,18
Tangent	M	50	1,06
Tangent	Y	50	0,97
GIF	M	60	0,61
GIF	Y	60	0,55
Tangent	M	60	0,68
Tangent	Y	60	0,61
GIF	M	70	0,67
GIF	Y	70	0,60
Tangent	M	70	0,75
Tangent	Y	70	0,67
GIF	Y	80	0,49
Tangent	Y	80	0,49

Tabell H2 Olyckskvoter för fyrfältsväg med kommunal väghållare inom tätort, beräknade med data från Trafikverket (2018)

Trafikfunktion	Omgivningsmiljö	Hastighetsgräns	Olyckskvot
City	C	40	1,74
City	M	40	1,65
GIF	C	40	1,47
Tangent	C	40	1,65
City	C	50	1,92
City	M	50	1,79
GIF	C	50	1,65
GIF	M	50	1,48
GIF	Y	50	1,36
Tangent	C	50	1,79
Tangent	M	50	1,61
Tangent	Y	50	1,48
GIF	M	60	0,83
GIF	Y	60	0,78
Tangent	M	60	0,91
Tangent	Y	60	0,83
GIF	M	70	0,90
GIF	Y	70	0,84
Tangent	M	70	0,99
Tangent	Y	70	0,90
GIF	Y	80	0,57
Tangent	Y	80	0,57
GIF	Y	90	0,65
Tangent	Y	90	0,65

Tabell H3 Olyckskvoter för vanlig väg med statlig väghållare och två körfält inom tätort, beräknade med data från Trafikverket (2018)

Bredd	Hastighetsgräns	Olyckskvot
-	40	0,72
< 5,7	50	0,90
5,7-6,6	50	0,90
6,7-7,9	50	0,90
8-10	50	0,90
10,1-11,5	50	0,90
11,6 -	50	0,90
-	60	0,77

Tabell H4 Olyckskvoter för vanlig väg respektive motortrafikled med statlig väghållare och två körfält på landsbygd, beräknade med data från Trafikverket (2018)

Vägtyp	Bredd	Hastighetsgräns	Olyckskvot
Vanlig väg	< 5,7	70	1,00
Vanlig väg	5,7-6,6	70	0,86
Vanlig väg	6,7-7,9	70	0,86
Vanlig väg	8-10	70	0,66
Vanlig väg	10,1-11,5	70	0,62
Vanlig väg	11,6-	70	0,62
Vanlig väg	< 5,7	80	0,63
Vanlig väg	5,7-6,6	80	0,64
Vanlig väg	6,7-7,9	80	0,64
Vanlig väg	8-10	80	0,49
Vanlig väg	10,1-11,5	80	0,50
Vanlig väg	11,6-	80	0,50
Vanlig väg	< 5,7	90	0,54
Vanlig väg	5,7-6,6	90	0,54
Vanlig väg	6,7-7,9	90	0,54
Vanlig väg	8-10	90	0,46
Vanlig väg	10,1-11,5	90	0,44
Vanlig väg	11,6-	90	0,44
Vanlig väg	< 5,7	100	0,41
Vanlig väg	5,7-6,6	100	0,41
Vanlig väg	6,7-7,9	100	0,41
Vanlig väg	8-10	100	0,44
Vanlig väg	10,1-11,5	100	0,51
Vanlig väg	11,6-	100	0,51
Motortrafikled	-	50	0,64
Motortrafikled	-	70	0,54
Motortrafikled	-	80	0,47
Motortrafikled	-	90	0,42
Motortrafikled	-	100	0,42
Motortrafikled	-	110	0,43

Tabell H5 Olyckskvoter för olika vägtyper med statlig väghållare och 2+1 körfält på landsbygd, beräknade med data från Trafikverket (2018)

Vägtyp	Bredd	Hastighetsgräns	Olyckskvot
Vanlig väg mötesfri	13-14	80	0,63
Vanlig väg mötesfri	13-14	90	0,57
Vanlig väg mötesfri	13-14	100	0,46
Vanlig väg mötesfri	13-14	110	0,55
Vanlig väg mötesfri gles	9-13	90	0,61
Vanlig väg mötesfri gles	9-13	100	0,51
Mötesfri motortrafikled	13-14	90	0,65
Mötesfri motortrafikled	13-14	100	0,57
Mötesfri motortrafikled	13-14	110	0,42
Målad 2+1	12,5-13	80	0,53
Målad 2+1	12,5-13	90	0,47
Målad 2+1	12,5-13	100	0,47
Målad 2+1 gles	6,7-13	80	0,64
Målad 2+1 gles	8-13	80	0,57
Målad 2+1 gles	6,7-13	90	0,57
Målad 2+1 gles	8-13	90	0,51
Målad 2+1 gles	6,7-13	100	0,56
Målad 2+1 gles	8-13	100	0,51

Tabell H6 Olyckskvoter för olika vägtyper med fyra eller fler körfält och statlig väghållare på landsbygd, beräknade med data från Trafikverket (2018)

Vägtyp	Antal körfält	Bredd	ÅDT	Hastighetsgräns	Olyckskvot
Motorväg	4	-	-	50	2,25
Motorväg	4-6	-	-	70	1,17
Motorväg	4-6	-	-	80	0,58
Motorväg	4-6	-	-	90	0,54
Motorväg	4	18,5	-	100	0,56
Motorväg	4	21,5	-	100	0,44
Motorväg	4-6	>24,5	-	100	0,48
Motorväg	4	18,5	-	110	0,45
Motorväg	4	21,5	-	110	0,34
Motorväg	4	>24,5	<32 000	110	0,34
Motorväg	4-6	>24,5	>32 000	110	0,39
Motorväg	4	<24,5	<32 000	120	0,51
Motorväg	4	>24,5	<32 000	120	0,39
Motorväg	4	Alla	<32 000	120	0,45
4-fältsväg	4	>16	-	80	0,71
4-fältsväg	4	>18	-	90	0,63
4-fältsväg	4	18,5	-	100	0,60
4-fältsväg	4	>20,5	-	100	0,52
4-fältsväg	4	18,5	-	110	0,53
4-fältsväg	4	>20,5	-	110	0,43

Tabell H7 Uppskattat förhållande mellan trafikarbete i axelparkilometer och i fordonskilometer, uppdelat på hastighetsgräns

Hastighet	Trafikarbete axelparkilometer	Trafikarbete fordonskilometer	Kvot, avrundad
30	109,727	104,969	1,05
40	945,751	889,212	1,06
50	2 957,053	2 783,823	1,06
60	1 915,603	1 764,277	1,09
70	14 137,003	13 170,252	1,07
80	12 275,311	11 041,633	1,11
90	9 825,627	8 550,081	1,15
100	11 253,485	9 829,125	1,14
110	14 526,518	12 475,028	1,16
120	2 827,815	2 313,932	1,22

Tabell H8 Schablon tilläggs-faktorer för döda och svårt skadade i korsningar med minst tre statliga vägben, hämtade från Trafikverket (2018)

Hastighets- gräns	Vägtyp						
	2KF smal	2KF normal	2KF bred	4KF	Mötesfri motortrafikled	Mötesfri landsväg	Motorväg
40	1,15	1,15	1,15	-	-	-	-
50	1,21	1,21	1,21				
60	1,27	1,27	1,27				
70	1,18	1,32	1,32				
80	1,08	1,15	1,12	1,05	-	-	-
90	1,10	1,13	1,13	1,11	1,15	1,30	1,08
100	1,08	1,08	1,08	1,12	1,08	1,33	1,07
110	-	-	-	1,24	1,06	1,15	1,07
120	-	-	-	-	-	-	1,05

Bilaga I

I denna bilaga redovisas genomförda beräkningar med de olika beräkningsmodellerna för uppskattning av olycksfrekvens för vägtrafikolycka som beskrivs i avsnitt 7.5. De storheter som används för beräkningar med VTI-modellen finns beskrivna i avsnitt 6.1.

Väg 108

VTI-modellen

$$\lambda = L * O * \text{ÅDT}_{total} * 365 * 10^{-6} * ((y * x) + (1 - y) * (2x - x^2))$$

$$L = 2,770 \text{ km} \quad y = \frac{0,45+0,30}{2} = 0,375 \quad \text{ÅDT}_{total} = 6\,360 \quad \text{ÅDT}_{tung \text{ lastbil}} = 710$$

$$x = \frac{0,04 * \text{ÅDT}_{tung \text{ lastbil}}}{\text{ÅDT}_{total}} = \frac{0,04 * 710}{6\,360} = \frac{28,4}{6\,360} \quad O = \frac{0,80+0,40}{2} = 0,60$$

$$\begin{aligned} \lambda &= 2,770 * 0,60 * 6\,360 * 365 * 10^{-6} \\ &\quad * \left(0,375 * \frac{0,04 * 710}{6\,360} + (1 - 0,375) * \left(2 * \frac{28,4}{6\,360} - \left(\frac{28,4}{6\,360} \right)^2 \right) \right) \\ &\approx 0,0279 \text{ olyckor per år} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \lambda_{singel} &= 2,770 * 0,60 * 6\,360 * 365 * 10^{-6} * 0,375 * \frac{0,04 * 710}{6\,360} \\ &\approx 0,0065 \text{ singelolyckor per år} \end{aligned}$$

Hallands-modellen

$$\begin{aligned} \lambda &= L * 4 * 10^{-7} * 0,04 * \text{ÅDT}_{tung \text{ lastbil}} * 365 = 4 * 10^{-7} * 2,770 * 0,04 * 710 * 365 \\ &\approx 0,0115 \text{ olyckor per år} \end{aligned}$$

Föreslagen modell

$$\begin{aligned} \lambda &= L * O * 0,04 * \text{ÅDT}_{tung \text{ lastbil}} * 365 = 2,770 * 0,49 * 10^{-6} * 0,04 * 710 * 365 \\ &\approx 0,0141 \text{ olyckor per år} \end{aligned}$$

$$\lambda_{singel} = 2,770 * 0,49 * 10^{-6} * 0,04 * 710 * 365 * 0,52 = 0,0073 \text{ singelolyckor per år}$$

E18*VTI-modellen*

$$\lambda = L * O * \dot{A}DT_{total} * 365 * 10^{-6} * ((y * x) + (1 - y) * (2x - x^2))$$

$$L = 6,390 \text{ km} \quad y = 0,60 \dot{A}DT_{total} = 16\,410 \dot{A}DT_{tung \text{ lastbil}} = 2000 \quad x = \frac{0,04 * \dot{A}DT_{tung \text{ lastbil}}}{\dot{A}DT_{total}} = \frac{0,04 * 2000}{16\,410} = \frac{80}{16\,410} \quad O = 0,26$$

$$\lambda = 6,390 * 0,26 * 16\,410 * 365 * 10^{-6} * \left(0,60 * \frac{80}{16\,410} + (1 - 0,60) * \left(2 * \frac{80}{16\,410} - \left(\frac{80}{16\,410} \right)^2 \right) \right) \approx 0,0678 \text{ olyckor per år}$$

$$\lambda_{singel} = 6,390 * 0,26 * 16\,410 * 365 * 10^{-6} * 0,60 * \frac{80}{16\,410} \approx 0,0291 \text{ singelolyckor per år}$$

Hallands-modellen

$$\lambda = L * 4 * 10^{-7} * 0,04 * \dot{A}DT_{tung \text{ lastbil}} * 365 = 4 * 10^{-7} * 6,390 * 0,04 * 2000 * 365 \approx 0,0746 \text{ olyckor per år}$$

Föreslagen modell

$$\lambda = L * O * 0,04 * \dot{A}DT_{tung \text{ lastbil}} * 365 = 6,390 * 0,34 * 10^{-6} * 0,04 * 2000 * 365 \approx 0,0634 \text{ olyckor per år}$$

$$\lambda_{singel} = 6,390 * 0,34 * 10^{-6} * 0,04 * 2000 * 365 * 0,23 = 0,0146 \text{ singelolyckor per år}$$