

Utredning av säkerhetshöjande åtgärder för korta dragbilar



© Transportstyrelsen

Väg och järnväg
Teknik -väg

Rapporten finns tillgänglig på Transportstyrelsens webbplats www.transportstyrelsen.se

Dnr/Beteckning	TSG 2018-4050
ISBN	[Klicka och skriv]
Författare	Omar Bagdadi
Månad År	Oktober 2020

Eftertryck tillåts med angivande av källa.

Förord

Transportstyrelsen fick i uppdrag (N2018/04592/MRT) av regeringen att utreda omfattningen av olyckor med korta dragbilar med påhängsvagn och föreslå säkerhetshöjande åtgärder riktat mot dessa fordon.

Projektledare för uppdraget har varit Omar Bagdadi, avdelningen Väg- och järnväg. Följande personer har ingått i utredningen; Tommy Lägermo, avdelningen Sjö- och Luft, Josefine Montelius, Pär Ekström och Fredrik Forsanäs samtliga från avdelningen Väg- och järnväg.

Transportstyrelsen gav Statens väg-och transportforskningsinstitut, VTI, uppdrag att genomföra en simuleringsstudie för att undersöka de fordonsdynamiska egenskaperna hos korta dragbilar med påhängsvagn och jämföra dessa med egenskaperna hos andra typer av vanligt förekommande lastbils kombinationer. I rapporten har resultatet och diskussionen från denna studie återgetts. VTI:s rapport från simuleringsstudien kan läsas i sin helhet i VTI-notat# (Fredrik Bruzelius, Sogol Kharrazi, Mattias Hjort and Bruno Augusto, 2020), se bilaga 2.

VTI har även genomfört en olycksanalys baserat på polisrapporterade olyckor i Sveriges nationella olycksdatabas, STRADA. Resultat och diskussion från den analysen har återgetts i rapporten under avsnitt ”Polisrapporterade olyckor med korta dragbilar med påhängsvagn”. Rapporten från VTIs olycksanalys kan läsas i sin helhet i VTI-Notat# Sandin, J., (work in progress).

Samarbete och samråd har skett med transportbranschen och fordonstillverkare samt andra myndigheter såsom Trafikverket, MSB och Sveriges kommuners räddningstjänster. Vidare har dialoger förts med Polismyndigheten, SOS-alarm samt vägassistansbolag.

Borlänge, Oktober 2020

Sammanfattning

Transportstyrelsen har fått i uppdrag av regeringen att analysera omfattningen av olyckor med korta dragbilar med påhängsvagn och föreslå säkerhetshöjande åtgärder riktat mot dessa fordon. I uppdraget ingår även att undersöka tekniska lösningar på exempelvis bromssystem och stabilitetssystem som kan bidra till förbättringar för trafiksäkerheten och analysera om det behöver ställas krav på att sådana ska användas.

Resultatet av utredningen visar att olycksriskerna för lastbilar registrerade i utlandet är högre än för svenskregistrerade dragbilar och lastbilar om man ser till de olyckor som Sveriges kommuners räddningstjänster har larmats ut på.

För polisrapporterade olyckor med personsador är olycksrisken snarare högre för andra svenskregistrerade lastbils kombinationer än för svenska kombinationer med dragbil med tillkopplad påhängsvagn eller utländska lastbilar.

Varje lastbil och släpvagn som godkänts inom EU, antingen via ett europeiskt typgodkännandeförfarande eller via nationellt enskilt godkännande måste uppfylla de harmoniserade europeiska reglerna vilket innebär att det konstruktionsmässigt är mycket liten skillnad mellan svenskregistrerade och utlandsregistrerade dragbilar.

Utredningens bedömning är att skillnaderna i olycksstatistiken inte helt kan förklaras utifrån konstruktionsmässiga skillnader mellan fordonen utan att det finns andra faktorer som kan ha stor betydelse. En faktor som sannolikt har stor betydelse är förarnas kunskaper om riskerna som kan uppstå på vintervägar och erfarenheter av hur fordonskombinationen beter sig på sådana vägar.

Resultaten från utredningen visar också att störst problem med stabilitet och framkomlighet och därmed risker uppstår vid vinterväglag. För att förbättra förutsättningarna för förarna att kunna hantera vinterväglaget är en av de viktigaste åtgärderna att säkerställa att fordonen har tillräckligt med tryck på drivande axel.

Vad ett tillräckligt drivaxeltryck är beror på, förutom på däckens utformning och väglaget, även på fordonskombinationernas faktiska vikter. För fordonskombinationer med högre sammanlagda bruttovikter behöver lastbilen ha ett högre drivaxeltryck jämfört med lättare kombinationer.

Utredningens förslag är att följande krav införs för 2-axliga tunga lastbilar, med en drivande axel, och med en eller flera tillkopplade släpvagnar:

- minst 25 procent av den sammanlagda bruttovikten belastar den drivande axeln, eller
- släpvagnarnas sammanlagda bruttovikt ska inte överskrida lastbilens bruttovikt med en faktor som är högre än 1,5 gånger.

Förslaget är att kravet ska gälla perioden 1 december–31 mars.

En av utredningens slutsatser är att det inte är möjligt införa nationella särkrav som hindrar att fordon som godkänts i ett annat EU land hindras från att användas i Sverige. Det är inte heller möjligt att hindra fordon från andra medlemsstater som uppfyller kraven i rådets direktiv 96/53/EU från att brukas i Sverige.

Utredningen rekommenderar därför att Sverige fortsätter att medverka i det internationella arbetet av ECE-reglemente 13 om tekniska krav på bromsar på tunga fordon samt i det internationella arbetet med rådets direktiv 96/53/EG om högsta tillåtna mått och vikter på fordon i internationell trafik.

Innehåll

INNEHÅLL	6
1 INLEDNING	8
1.1 Bakgrund.....	8
1.2 Syfte.....	9
1.3 Frågeställningar	9
1.4 Metod	10
1.5 Disposition	10
1.6 Definitioner och begrepp.....	11
2 KORTA DRAGBILAR MED PÅHÅNGSVAGN	13
3 EU-RÄTTSLIG REGLERING	15
3.1 Inledning	15
3.2 EU-rättslig reglering	15
4 ORSAKER BAKOM PROBLEMATIKEN MED FÄLLKNIVSSITUATIONER, VAGNSVING OCH FRAMKOMLIGHET	17
4.1 Bakgrund.....	17
4.2 Metod	19
4.3 Resultat - Faktorer som påverkar	19
4.4 Diskussion.....	24
5 KRAV PÅ BROMSSYSTEM FÖR TUNGA FORDON	26
5.1 Elektroniska stabilitetssystem - ESP	26
5.2 Bromssystem - ABS, EBS	27
6 OLYCKOR RAPPORTERADE AV RÄDDNINGSTJÄNSTERNA	29
6.1 Metod.....	29
6.2 Resultat.....	32
6.3 Diskussion.....	36
7 POLISRAPPORTERADE OLYCKOR	38
7.1 Metod	38
7.2 Resultat.....	40
7.3 Diskussion om dragbilars olycksinblandning	51
8 FORDONSDYNAMISKA EGENSKAPER	54
8.1 Syfte.....	54
8.2 Metod	54
8.3 Resultat.....	58
8.4 Diskussion.....	70

9	DISKUSSION OCH SLUTSATSER	73
9.1	Olycksrisk för dragbilar med påhängsvagn	74
9.2	Betydelsen av lastens placering vid körning på vinterväglag	75
9.3	Utökning av tillåten totallängd för ledade fordon	76
9.4	Bromssystem och stabilitetssystem.....	77
9.5	Utbildning	78
10	ÅTGÄRDSFÖRSLAG OCH REKOMMENDATIONER	79
10.1	Åtgärdsförslag för tillräckligt drivaxeltryck vid vinterväglag	79
10.2	EU-rättsligt handlingsutrymme för införande av nationella krav	80
10.3	Övriga rekommendationer	83
	REFERENSER	84
	BILAGA 1 Konsekvensutredning och författningsförslag.....	86
	BILAGA 2 Simuleringsstudie	112

1 Inledning

1.1 Bakgrund

Det transportpolitiska hänsynsmålet innebär bl.a. att transportsystemets utformning, funktion och användning ska anpassas till att ingen ska dödas eller skadas allvarligt¹. För vägtransportområdet finns även ett etappmål som innebär att antalet omkomna ska halveras och antalet allvarligt skadade minskas med en fjärdedel mellan 2007 och 2020. Trafiksäkerhet är ett prioriterat område för regeringen.

Den 1 september 2016 fattade regeringen beslut om inriktningsdokumentet Nystart för Nollvisionen. I inriktningsdokumentet konstateras att en rad åtgärder och arbetssätt har bidragit till färre omkomna och allvarligt skadade i trafiken, men att trafiksäkerhetsarbetet måste intensifieras och ytterligare åtgärder vidtas för att gällande mål ska kunna nås. En angelägen åtgärd är att se över säkerheten för fordonskombinationer som är särskilt olycksdrabbade.

Det har under senaste åren uppmärksammats av bland andra åkeribranschen att det förekommer problem lastbils kombinationer med dragbilar påhängsvagn som hamnar i så kallade fällknivssituationer, främst på vinterväglag.

En bidragande orsak till förekomsten kan vara den stora viktskillnaden mellan dragfordonet och påhängsvagnen. Det korta axelavståndet som en dragbil, jämfört med andra lastbilar, har anses ge sämre förutsättning att förhindra fällknivssituationer och försämrar longitudinell stabilitet i övrigt. Under senare år har material och konstruktioner utvecklats vilket har bidragit till att dragbilarnas egenvikt har minskat. Fordonens viktminskning har möjliggjort en högre godsvikt med bibehållen totalvikt på fordonskombinationer. Detta påverkar viktfordelningen dels mellan bilens främre och bakre axelgrupp, dels mellan bil och släp och det kan vara en bidragande faktor till problemet med fällknivssituationer.

Utöver stabilitetsproblem har dragbilar med kort axelavstånd även problem med framkomlighet vintertid. Då även övriga tunga fordon har problem med framkomlighet under vintertid infördes det 2013 krav om vinterdäck på drivande axlar på tunga fordon i kap 4. 18 a § trafikförordningen². Under 2019 ändrades kraven på vinterdäck i kap 4. 18 a § trafikförordningen till att omfatta fordonens samtliga hjul³.

¹ Prop.2008/09:93 Regeringens proposition – Mål för framtidens resor och transporter.

² SFS 2012:705 Förordning om ändring i trafikförordningen (1998:1276).

³ SFS 2018:1547 Förordning om ändring i trafikförordningen (1998:1276).

Det sker en pågående utveckling av bromssystem och stabilitetssystem och det kan finnas tekniska lösningar som förbättrar situationen. Vidare skulle tillåtandet av en ökning av dragbilens längd, vikt och fler axlar i internationell trafik kunna innebära en trafiksäkerhetsförbättring.

1.1.1 Uppdragsbeskrivning

Transportstyrelsen har fått i uppdrag (N2018/04592/MRT) av regeringen att utreda omfattningen av olyckor med korta dragbilar med påhängsvagn och föreslå säkerhetshöjande åtgärder riktat mot dessa fordon.

Uppdraget består i att analysera i vilken omfattning dragbilar med kort kopplingsavstånd orsakar olyckor och framkomlighetsproblematik under olika väder- och vägförhållanden. Uppgifterna ska jämföras med motsvarande uppgifter för andra typer av lastbilsekipage. I uppdraget ingår även att kartlägga tekniska lösningar på exempelvis bromssystem och stabilitetssystem som kan bidra till förbättringar för trafiksäkerheten och analysera om krav bör ställas på att sådana ska användas.

Vidare ingår det i uppdraget att vid behov föreslå andra regelförändringar som bedöms vara effektiva för att förbättra trafiksäkerheten och framkomligheten med avseende på användningen av lastbilar med två och tre axlar till vilken det kopplats en påhängsvagn, och fordontågets längd inte överskrider 16,5 meter.

Analysen ska inkludera konsekvenser av de författningsändringar som föreslås vad gäller trafiksäkerhet, framkomlighet samt de samhälls-ekonomiska konsekvenserna samt konsekvenserna för privata och offentliga aktörer. Analysen ska vidare inkludera konsekvenser vad gäller bränsleförbrukning, klimat och miljö.

Vid genomförande av uppdraget ska Transportstyrelsen inhämta synpunkter från berörda myndigheter, branschföreträdare och eventuella berörda fackförbund.

Transportstyrelsen ska redovisa uppdraget till Regeringskansliet (Näringsdepartementet) senast den 15 oktober 2020.

1.2 Syfte

Syftet med uppdraget är att ur ett trafiksäkerhetsperspektiv föreslå åtgärder, inklusive regelförändringar, som främjar en ökad trafiksäkerhet för lastbilar med två och tre axlar till vilken det kopplats en påhängsvagn, där fordontågets längd inte överskrider 16,5 meter.

1.3 Frågeställningar

1. Vilket handlingsutrymme finns för införande av nationella krav?

2. Hur ser olycksstatistiken ut för dragbilar med påhängsvagn?
3. Vad är de bakomliggande orsakerna att fällknivssituationer, vagnsving och framkomlighetsproblem uppstår?
4. Hur ser de fordonsdynamiska egenskaperna, såsom bakåtförstärkning, sidoaccelerationer, spåravvikelse och backtagningsförmåga ut för olika fordonskombinationer?
5. Vilka tekniska system såsom bromssystem och stabilitetssystem finns på marknaden i dag?

1.4 Metod

Utredningen har genomfört flera delstudier:

- Studie om fällknivssituationer, vagnsving och framkomlighetsproblem och dess orsaker
- Analys av EU-rättsliga förutsättningar
- Utredning av bromssystem och stabilitetssystem
- Olycksanalyser
- Studie över fordonsdynamiska egenskaper

En beskrivning av metoderna för respektive delstudie återfinns i följande kapitel i rapporten.

1.5 Disposition

Kapitel 1 i denna rapport innehåller bakgrund och uppdragsbeskrivningen samt metod och frågeställning.

Kapitel 2 beskriver kortfattat begreppet korta dragbilar och dess innebörd.

Kapitel 3 beskriver EU-rättsliga förutsättningar och begränsningar som kan finnas avseende att införa åtgärder i syfte att förbättra trafiksäkerheten för korta dragbilar med påhängsvagnar.

Kapitel 4 beskriver kritiska händelser, såsom fällknivssituationer, vagnsving och framkomlighet, som kan vara problematiska för dragbilar med påhängsvagn och tänkbara faktorer som påverkar uppkomsten av det.

Kapitel 5 redogör för gällande regelverk för bromssystem och stabilitetssystem för lastbilar och släpvagnar.

Kapitel 6 och 7 omfattar olycksanalyserna för dragbilar med påhängsvagnar och andra lastbils kombinationer.

Kapitel 8 beskriver resultaten av den simuleringsstudie som genomförts inom uppdraget där olika lastbils kombinationer, inkl. dragbil med påhängsvagn, egenskaper testats i olika scenarier som har bedömts vara relevanta för uppkomsten av fällknivssituationer och vagnsving.

Kapitel 9 innehåller sammanfattning och slutsatser

Kapitel 10 innehåller förslag på åtgärder och rekommendationer från utredningen.

Bilaga 1 Konsekvensutredning och författningsförslag.

Bilaga 2 VTI rapport - Simuleringsstudie

1.6 Definitioner och begrepp

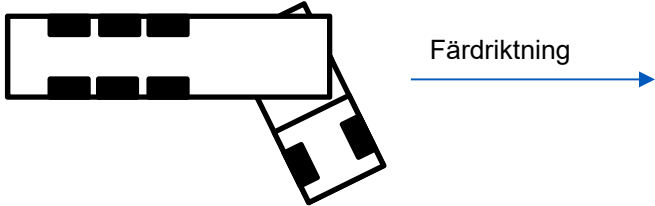
Enligt lagen (2001:559) om vägtrafikdefinitioner är en tung lastbil ett fordon som är inrättat för i huvudsak godsbefordran och vars totalvikt överstiger 3,5 ton.

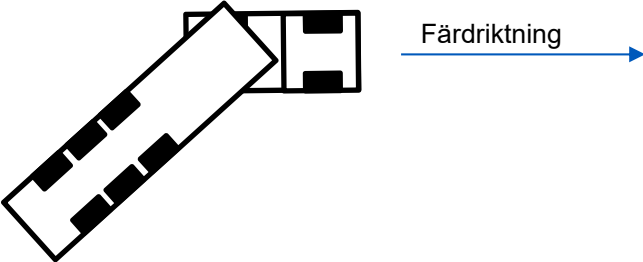
I denna rapport avses med begreppet lastbil, en lastbil med totalvikt över 16 ton. Med en lastbils kombination avses en kombination med en lastbil med en tillkopplad släpvagn.

En lastbil som har en kopplingsanordning bestående av en vändskiva och som i huvudsak är avsedd att sammankopplas med en påhängsvagn benämns i denna rapport som dragbil. För läsbarheten så används begreppet dragbil synonymt med dragbil med tillkopplad påhängsvagn genomgående i rapporten.

Förklaringar för begrepp som används i rapporten ses i Tabell 1.

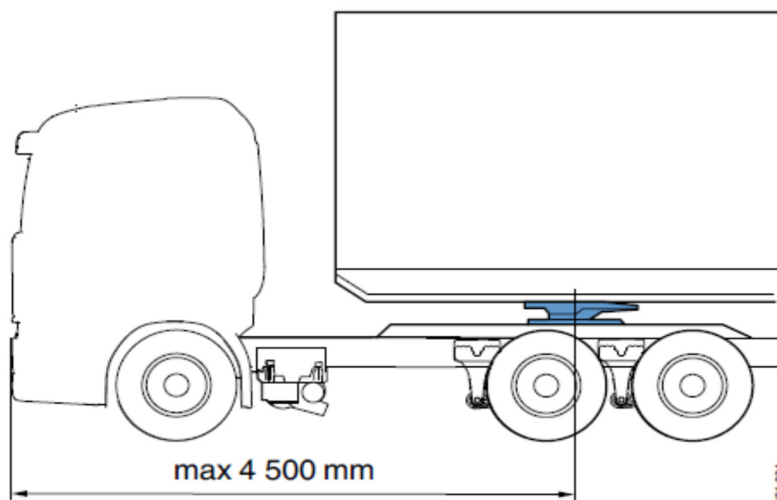
Tabell 1. Begrepp och förklaringar

Begrepp	Förklaring
Dragbil	En lastbil avsedd att i huvudsak sammankopplas med en påhängsvagn.
Link	En påhängsvagn som är utrustad med en bakre vändskiva för tillkoppling av ytterligare en påhängsvagn.
Fällknivssituation	Lastbilen vrider sig i förhållande till den tillkopplade släpvagnen 

Vagnsving	Släpvagnen vrider sig i förhållande till lastbilen. 
Vändskiva	Kopplingsanordning avsedd att sammankopplas med en påhängsvagn.
Femte hjulet	Svensk översättning av engelska "Fifth wheel coupling". Förklaring: se Vändskiva
Traktor	Svensk översättning av engelska "Road tractor" Förklaring: se Dragbil
Hjulbas	Avstånd mellan främre och bakre axelgrupp.
Friktionskoefficient	Ett mått på hur stor friktionen är på till exempel en väg, betecknas μ [my]. En låg friktionskoefficient innebär en låg friktion, såsom ett halt väglag.
Nordisk kombination	En fordonskombination med en totallängd på 25,25 meter bestående av en lastbil som är sammankopplad med en dolly med en tillkopplad påhängsvagn. Kan även utgöras av en lastbil med en släpvagn, då med en totallängd på 24 meter.
B-Dubbel	En fordonskombination med en totallängd på 25,25 meter bestående av en dragbil som är sammankopplad med en link med en tillkopplad påhängsvagn.
Bruttovikt	Den sammanlagda statiska vikt som fordonens samtliga hjul överför till vägbanan.
Retarder	En hjälpbroms som kompletterar ordinarie (färd)bromssystem på tunga fordon

2 Korta dragbilar med påhängsvagn

Korta dragbilar finns inte som en egen fordonskategori. Det som avser är dragbilar, det vill säga lastbilar där kopplingsavståndet är maximalt 4,5 meter, mätt från fordonets framkant, se Figur 1. Kopplingsavståndet på 4,5 meter kan härledas till rådets direktiv 96/53/EG⁴, även kallat mått- och viktdirektivet, som begränsar den maximala tillåtna längden för dragbil med tillkopplad påhängsvagn i internationell trafik till 16,5 meter. Eftersom inte längden eller hjulbasen på dragbilen är reglerad betyder det att dragbilar med avstånd mellan hjulaxlarna ändå kan ha ett kopplingsavstånd på 4,5 meter och därmed klara direktivets krav på max 16,5 meter för kombinationen.



Figur 1. Avstånd från dragbilens framkant till kopplingscentrum för vändskivan

Begränsningen av fordonskombinationens totallängd och därmed dragbilens kopplingsavstånd gäller för internationell trafik. Inom Sverige är det tillåtet att en dragbil med påhängsvagn är längre än 16,5 meter vilket också innebär att de svenskregistrerade dragbilarnas kopplingsavstånd också kan vara större än 4,5 meter. Majoriteten av de 3-axliga dragbilarna en justerbar vändskiva som går att flytta i längdled så att det teoretiskt går att både underskrida och överskrida måttet på 4,5 meter i kopplingsavstånd. Kopplingsavståndet för 3-axliga dragbilar varierar mellan 4,4 och 5,2 meter och för 2-axliga dragbilar mellan 4,4 och 4,6 meter, enligt uppgifter från vägtrafikregistret.

Detta innebär att för de svenskregistrerade dragbilarna som varit med i olyckor kan det inte fastställas om de har haft ett kopplingsavstånd på 4,5

⁴ Rådets direktiv (96/53/EG) av den 25 juli 1996 om största tillåtna dimensioner i nationell och internationell trafik och högsta tillåtna vikter i internationell trafik för vissa vägfordon som framförs inom gemenskapen (EGT L 235 17.9.1996), s. 59.

meter och uppfyllt längdbestämmelserna på 16,5 meter för kombinationen. Trots detta är det sannolikt att de 2-axliga dragbilarnas kopplingsavstånd har varit mycket nära 4,5 meter. Det är dock mindre sannolikt att kopplingsavståndet för de 3-axliga har varit 4,5 meter utan att kopplingsanordningen placeras sannolikt längre bak för att uppnå bättre axellastfördelning på den bakre axelgruppen.

När det gäller de utlandsregistrerade fordonen kan vi med större säkerhet säga att kopplingsavståndet har varit 4,5 meter på grund av att de framförts i internationell trafik och omfattas av rådets direktiv 96/53/EG om mått och vikt. Motsvarande gäller då för svenska dragbilar att när de framförs i andra länder så måste föraren säkerställa att längden på kombinationen inte överskrider 16,5 meter.

3 EU-rättslig reglering

3.1 Inledning

Beroende på hur regleringen utformas kan den EU-rättsliga regleringen tillåta, med eller utan begränsningar, eller helt förbjuda införandet av nya åtgärder. Regler som ställer olika krav beroende på fordonets nationalitet och som hindrar konkurrensen står normalt i strid med EU-rätten.

Syftet är att undersöka och beskriva de EU-rättsliga förutsättningarna och begränsningarna för förslag på åtgärder för att förbättra trafiksäkerheten.

Utredningens bedömning om föreslagna åtgärder överensstämmer med EU-rätten redovisas i kapitel 10.2 EU-rättsligt handlingsutrymme för införande av nationella krav.

3.2 EU-rättslig reglering

Följande internationella bestämmelser har bedömts vara tillämpliga för denna genomgång av den EU-rättsliga regleringen.

- Fördraget om Europeiska unionens funktionssätt, EUF-fördraget.
- Rådets direktiv 96/53/EG av den 25 juli 1996 om största tillåtna dimensioner i nationell och internationell trafik och högsta tillåtna vikter i internationell trafik för vissa vägfordon som framförs inom gemenskapen.

För att avgöra om en åtgärd är förenlig med EU-rätten behöver följande beaktas.⁵

- Finns det någon EU-reglering och är den full- eller minimiharmoniserande?
- Är åtgärden diskriminerande?
- Begränsar åtgärden den fria rörligheten?
- Kan åtgärden motiveras på objektiva grunder?
- Är åtgärden proportionerlig?

Normalt ska en myndighetsåtgärd prövas mot den så kallade sekundärrätten, det vill säga EU-förordningar och EU-direktiv. I det fall EU-rättsakterna utgör en fullständig reglering finns inte utrymme för nationell reglering som skiljer sig från dessa (så kallad fullharmonisering).

⁵ Se till exempel Kommerskollegiums Inre marknadsguide för myndigheter, <https://www.kommerskollegium.se/globalassets/publikationer/guider/for-myndigheter-och-kommuner/inre-marknadsguide-for-myndigheter1.pdf>

Om direktiv eller förordning saknas för en viss fråga eller att det finns mer utrymme för länderna att ha striktare bestämmelser (minimiharmonisering) ska åtgärden prövas mot fördraget om Europeiska unionens funktionssätt, EUF-fördraget. Av artikel 96 p. 1 i EUF-fördraget framgår att det är förbjudet för medlemsstaterna att på transporter inom unionen tillämpa fraktsatser och villkor som i något avseende innefattar stöd eller skydd till förmån för ett eller flera särskilda företag eller näringsgrenar om inte tillstånd har getts av kommissionen.

Oavsett om kommissionen på eget initiativ eller på begäran av en annan medlemsstat granskar villkoren ska den, enligt p. 2, särskilt beakta

- kraven på en ändamålsenlig regionalekonomisk politik,
- de underutvecklade regionernas behov och problemen i regioner som allvarigt påverkas av politiska förhållanden samt
- sådana fraktsatsers och villkors inverkan på konkurrensen mellan olika transportgrenar.

Den fria rörligheten består av ett generellt förbud mot åtgärder som indirekt, faktiskt eller potentiellt begränsar den fria rörligheten. Det väsentliga i sammanhanget är inte vilket syfte åtgärden har utan vilken effekt den får. Denna princip om den fria rörligheten kan påverkas av både åtgärder som är diskriminerande och icke-diskriminerande.

Diskrimineringsförbudet innebär att utländska och svenska företag, tjänster, med mera ska behandlas lika och att det inte ska ställas olika krav beroende på till exempel om en produkt är utländsk eller nationell. Även indirekt diskriminering såsom språkkrav är förbjudna.

Den fria rörligheten innehåller även ett restriktionsförbud som innebär att åtgärder som visserligen inte är diskriminerande ändå kan vara förbjudna. Exempelvis skulle en sådan åtgärd kunna vara krav på visst sätt att tillverka en vara fast detta krav inte finns i ursprungslandet. Detta försvårar för den utländske tillverkaren även om kravet gällde alla tillverkare inom EU. Förbudet gäller sammantaget åtgärder som hindrar eller på något gör det mindre attraktivt att utöva någon av de fyra friheterna i Sverige.⁶

Det finns dock undantag från både diskriminerings- och restriktionsförbudet enligt EUF-fördraget och i EU-domstolens praxis, det vill säga om en myndighetsåtgärd tillgodoser ett väsentligt skyddsintresse och åtgärden är objektivt motiverad samt proportionerlig. Ett objektivt skyddsintresse är exempelvis trafiksäkerhet.

⁶ Fri rörlighet för personer, varor, tjänster och kapital mellan EU-länderna.

4 Orsaker bakom problematiken med fällknivssituationer, vagnsving och framkomlighet

4.1 Bakgrund

4.1.1 Fällknivssituationer

Generellt sett uppstår en fällknivssituation i samband med att dragbilen bromsar in och att däcken på dragbilens bakaxel eller bakaxlar förlorar väggreppet. Om påhängsvagnen då inte bromsar in lika mycket som dragbilen utan skjuter på så kan dragbilen bakaxel eller bakaxlar glida ut i sidled, se Figur 2. Stora skillnader i dragbilens och påhängsvagnens vikter har i detta skede en stor påverkan på förloppet och förarens möjligheter att hantera situationen.



Figur 2. Fällknivssituation med dragbil och påhängsvagn

Tillfällen då en fällknivssituation kan inträffa är när:

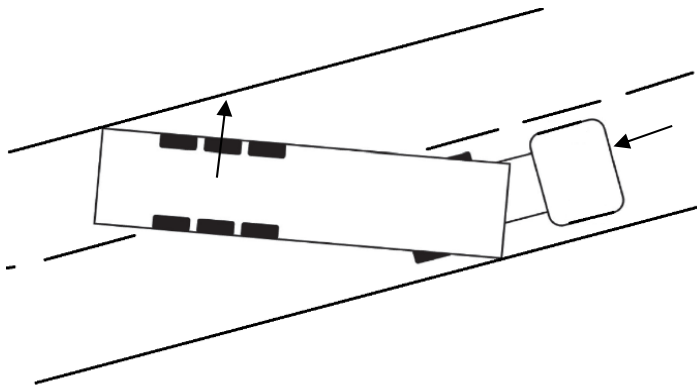
- föraren släpper gasen och kombinationen inte är helt rak såsom i en kurva eller i en cirkulationsplats,
- föraren gör en undanmanöver samtidigt som dragbilen bromsas (motor-, avgas-, tillsatsbroms, luftmotstånd eller liknande),
- påhängsvagnens bromsar har en fördröjd ansättningstid gentemot dragbilens bromsar eller
- påhängsvagnens bromsar har en lägre bromskraft än dragbilens bromsar.

Förutom i ovanstående situationer bedöms att en fällknivssituation lättare kan inträffa i utförsbackar eftersom luftmotstånd mot lastbilens front, motorbroms/avgasbroms och eventuell tillsatsbroms på dragbilen tillsammans med påhängsvagnens påskjutande massa bakifrån, medför att dragbilen har en kraftigare inbromsning än påhängsvagnen.

En fällknivssituation kan även orsakas av att dragbilens höger eller vänstersidas framhjul utsätts för olika rullmotstånd, genom att fordonskombinationen till exempel förs genom olika mängder av snö eller vatten på ena sidan av vägbanan. Denna asymmetriska retardation av framhjulen bedöms inte vara något problem så länge dragbilen fortfarande kan driva kombinationen framåt och framhjulen kan behålla tillräckligt fäste mot vägbanan. Men om föraren släpper gasen samtidigt kan det medföra att ena framhjulets högre rullmotstånd vill vrida dragbil runt kopplingspunkten.

4.1.2 Vagnsving

En vagnsving kan uppstå om påhängsvagnen inte har tillräcklig sidofriktion mot vägbanan när dragbilen bromsar in. Skillnaderna i hastighet kan då få påhängsvagnen att vrida sig ut från dragbilen, se Figur 3.



Figur 3. Vagnsving med dragbil och påhängsvagn

Även här har stora skillnader i dragbilens och påhängsvagnens vikter en stor påverkan på förloppet och förarens möjligheter att kontrollera situationen. Utöver skillnader i vikter mellan dragbilen och påhängsvagnen kan en hög friktion mellan vändskivan och påhängsvagnen också vara en bidragande orsak till att skapa, eller förstärka, en vagnsving eller en fällknivssituation.

Det som börjar som en vagnsving kan dock övergå i en fällknivssituation när påhängsvagnen får en sådan kraftig vinkel mot dragbilen att den träffar förarhyttens bakre hörn och däcken på dragbilens drivaxel eller drivaxlar därmed förlorar fästet mot vägbanan. När detta uppstår är det omöjligt för föraren att kunna ha någon kontroll över fordonet. En vagnsving kan även övergå till en fällknivssituation om påhängsvagnen plötsligt återfår fästet mot vägbanan och därmed trycker dragbilen i sidled så att däcken på dragbilens drivaxel eller drivaxlar förlorar greppet mot vägbanan.

Ett mått på storleken på vagnsvinget är spåravvikelse (eng. off-tracking), det vill säga skillnaden mellan det hjulspår som lastbilens främre axel följer och det som släpvagnens bakre axel följer.

4.1.3 Framkomlighet

Den i särklass viktigaste parametern för god framkomlighet är att det finns tillräcklig friktion mellan däcken på ett fordon drivaxel eller mellan drivaxlar och vägbanan. I likhet med fällknivssituationer är det viktigt att dragbilens bakre axel får tillräcklig friktion mot vägbanan, dock med skillnaden att det istället för ett tillräckligt grepp i sidled nu behövs ett tillräckligt grepp i färdriktningen.

4.2 Metod

Insamling av data har skett genom telefonintervjuer, workshops och mailkonversation med åkerier som har korta dragbilar i sin fordonsflotta samt tillverkare av lastbilar och påhängsvagnar.

En litteraturstudie har genomförts för att få fram underlag kring varför fällknivssituationer och vagnsving uppstår. Det har dock kunnat konstateras att det finns begränsat med relevant litteratur och publicerade vetenskapliga artiklar inom området. De flesta av dessa är från USA och Canada, däremot finns det mycket erfarenheter och teorier om varför dessa uppstår. I många rapporter konstateras att dessa fordon och fordonskombinationer kan råka ut för problemen men går inte in så mycket på de bakomliggande faktorerna.

En litteraturstudie när det gäller framkomlighetsproblemetiken har också genomförts samt en workshop med representanter från fordonsindustri och andra relevanta branscher.

4.3 Resultat - Faktorer som påverkar

4.3.1 Fordonens axelkonfiguration och konstruktion

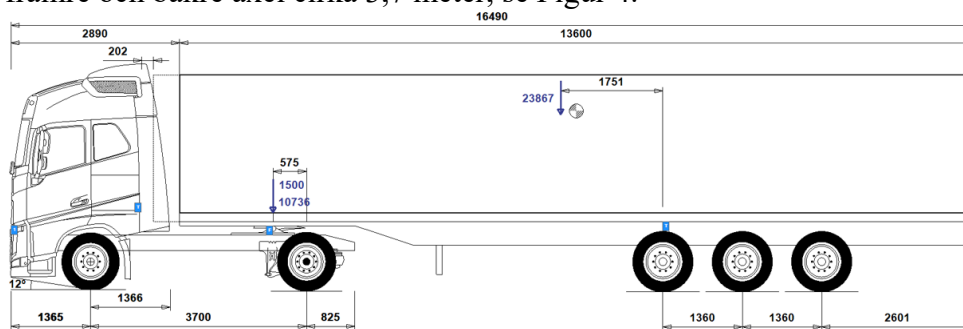
Av Vaa, Giaever och Levin (2009) framkommer det att ett tillräckligt högt drivaxeltryck är avgörande för god framkomligheten oavsett fordonskombination. I diskussioner och samtal med åkeriägare och fordonstillverkare framkommer det även att tvåaxlade dragbilars axelavstånd och påhängsvagnarnas konstruktion kan innebära vissa svårigheter att uppnå tillräckliga axeltryck.

4.3.1.1 Dragbilar

För en dragbil med påhängsvagn påverkas det tryck som drivaxeln får av vändskivans avstånd från drivaxeln. Dragbilar får enligt direktivet 96/53/EG inte överskrida en totallängd på 16,5 meter och kopplingsavståndet (från fordonets framkant till vändskivan) blir därmed begränsat till högst 4,5

meter. För att kunna erhålla ett 11,5 tons drivaxeltryck, utan att dragbilens bruttovikt överskrider 18 ton, kan inte axelavståndet vara större än cirka 3,5–3,6 meter.

Dock innebär ett kortare axelavstånd, som medför bättre framkomlighet, en något sämre stabilitet och därmed en något förhöjd risk för fällknivssituationer, vilket har resulterat i att det är vanligt att förlänga axelavståndet något. För en 2-axlig dragbil är ett vanligt axelavstånd mellan främre och bakre axel cirka 3,7 meter, se Figur 4.



Figur 4. 2-axlig dragbil med ett axelavstånd på 3,7 meter och kopplingsavstånd på 4,5 meter

Det något längre axelavståndet medför att dragbilarna har svårigheter att uppnå de maximala 11,5 tons drivaxeltryck som är tillåtet utan att dragbilens högsta tillåtna bruttovikt på 18 tons överskrids. Ett vanligt maximalt drivaxeltryck ligger istället på omkring 10,8 ton.

När det gäller dragbilar med tre axlar finns det lite andra förutsättning att kunna uppnå ett högre drivaxeltryck även när ekipaget är olastat. Kopplingsavståndet (från fordonets framkant till vändskivan) blir även för dessa bilar begränsat till 4,5 meter (för att klara totallängden på 16,5 meter).

Dragbilar med tre axlar kan förenklat delas in tre grupper:

- bilar med stödaxeln framför den drivande axeln, så kallad Pusher-axel,
- bilar, där stödaxeln är placerad bakom drivaxeln, så kallad Tag-axel, även kallad konventionell boggi, samt
- bilar med tandemdrift, där båda bakre axlarna är drivande.

Framkomligheten mellan dessa olika varianter är delvis olika. Under förutsättning att de drar en påhängsvagn med samma last och lastfördelning kan en 3-axlad bil med pusher-axel till viss del jämföras med en vanlig tvåaxlad dragbil. Detta eftersom vändskivans placering när stödaxeln lyfts upp är placerad på ungefär samma avstånd från drivaxeln som på en tvåaxlad dragbil. Den enda vikt som ytterligare överförs till drivaxeln är

stödaxelns egenvikt när den är upplyft, dock överförs även en del av denna vikt till framaxeln.

När det gäller den konventionella boggin med tag-axel så är vändskivan normalt sett placerad strax bakom den drivande axeln (för att klara ett maximalt kopplingsavstånd på 4,5 meter). Detta medför att när stödaxeln lyfts upp så överförs hela stödaxelns vikt till drivaxeln. Eftersom vändskivan är placerade bakom den drivande axeln så kommer även en del av framaxelns vikt att lyftas över till drivaxeln. Denna skillnad gör att en dragbil med konventionell boggi har något bättre förutsättningar att uppnå maximalt drivaxeltryck och god framkomlighet. Dragbilar med tandemdrift har i grunden bäst förutsättningar att klara vinterväglag på grund av dubbla drivande axlar.

4.3.2 Hastighet

Risken för att en fällknivssituation eller vagnsving ska uppstå påverkas i stor utsträckning av hastigheten och denna påverkar i sin tur friktionen mellan däck och vägbanan, särskilt vid vått eller vinterväglag (Hjort, 2014). Det är skillnad på friktionen mellan ett fritt rullande däck och ett däck som bromsas. Vid inbromsningar eller kurvtagningar utsätts däcken för krafter i längdled eller sidled från vägbanan. Dessa krafter orsakar en glid rörelse hos däckets som kallas slip. Slip är ett mått på den relativa glid rörelsen mellan däck och vägbanan, och kan sägas ange graden av hjullåsning. Ett däck som rullar obehindrat har 0 procent slip och ett däck som bromsats så att det har låst sig helt har 100 procent slip (Hjort, 2014). Vid en slip på mer än cirka 15 procent avtar däckets friktion mot underlaget (Hjort, 2014).

Friktionen mellan ett fritt rullande däck och vägbanan är inte lika beroende av hastigheten som ett däck som inte är fritt rullande, det vill säga har en viss slip mot vägbanan. Eftersom en fällknivssituation eller vagnsving inte kan uppstå utan att däcken på en eller flera axlar har en viss slip i förhållande mot vägbanan är friktionens koppling till hastigheten relevant.

4.3.3 Däckens friktion mot vägbanan

För tyngre fordonskombinationer är behovet av pålagd last på dess axlar av betydelse för såväl god framkomlighet som för att kunna hantera de vikter och krafter som fordon och fordonskombinationen överför till vägbanan under färd. Eftersom en fällknivssituation eller vagnsving inte uppstår utan att däcken på minst en hjulaxel eller axelgrupp förlorar fästet mot vägbanan är behovet av tillräckligt axeltryck och däckens förmåga att bibehålla ett tillräckligt grepp i sidled på dragbilens bakaxel eller bakaxlar av betydelse. För en vagnsving gäller motsvarande för påhängsvagnens axelgrupp.

Behovet av pålagd last för att uppnå tillräckligt högt axeltryck och därmed friktion mellan däck och vägbanan innebär att en fällknivssituation eller vagnsving lättare kan uppstå när kombinationen är olastad eller lastad med lätt gods. Däckens förmåga att bibehålla ett tillräckligt fäste mot vägbanan är förutom dess konstruktion och eventuellt slitage även beroende av hastigheten.

För att erhålla en god framkomlighet i till exempel uppförsbackar är det i likhet med fällknivssituationer viktigt att dragbilens bakre axel eller axlar får tillräcklig friktion mot vägbanan, dock med skillnaden att det istället för ett tillräckligt grepp i sidled nu behövs ett tillräckligt grepp i färdriktningen.

Den 1 juni 2019 trädde Transportstyrelsens föreskrifter (2019:44) om ändring i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (2009:19) om användning av däck m.m. avsedda för bilar och släpvagnar som dras av bilar i kraft. Dessa föreskrifter innebär bland annat att kraven på vinterdäck på tunga fordon skärps till att omfatta samtliga hjul på tunga fordon och då även på släpvagnar. Tidigare har kravet bara gällt vinterdäck på drivaxeln.

4.3.3.1 Tekniska system och utrustningar för ökad friktion mot vägbanan.

Det finns vissa tekniska system och utrustningar som kan eftermonteras för att förbättra däckens friktion mot vägbanan och som kan ha en positiv nytta när det gäller framkomligheten.

Automatiska snökedjor: System som monteras på drivaxeln och som består av kedjehjul som sänks ned och hålls mot drivhjulen. När kedjehjulen roterar kastas kedjorna in under drivhjulen för att öka friktionen. Dessa system kan aktiveras vid behov i hastigheter upp till 50 kilometer i timmen utan att föraren behöver stanna fordonet. Dessa fungerar både vid acceleration och vid bromsning.

Sandlådor: Är monterade framför drivhjulet eller drivhjulen och som förser dessa med en grusbädd som ger bra fäste när man behöver det. Aktiveras från förarhytten. Det finns även sandlådor som är utrustad med värmeelement som förhindrar sanden att frysa.

Konventionella snökedjor: Finns en mängd tillverkare och leverantörer. Monteras av föraren direkt på hjulen. Monteringstiden är beroende av hur van föraren är att hantera dessa, men mellan 5 och 30 minuter per hjul bedöms som normalt.

Däcksstrumpa: Träs över hjulet och ger ökad friktion och är ett alternativ till traditionella snökedjor av stål. Strumpan läggs på upptill på hjulet och dras ner så långt det går. Sedan rullar man framåt eller bakåt så att hjulet snurrar ett halvt varv, för att sedan träs den sista biten. Monteringstid bedöms vara cirka två minuter.

4.3.4 Retardation

Med retardation avses någon form av minskad hastighet och kan ske genom till exempel

- ansättning av fordonens färdbronsar,
- dragbilen vid färd utför till exempel en backe utsätts för en påskjutande kraft från den (oftast) tyngre påhängsvagnen samtidigt som dragbilen retarderas på grund av luftmotstånd,
- genom motor-, avgas- eller annan tillsatsbrons, eller
- dragbilens framhjul möter ett större rullmotstånd än övriga hjul i fordonskombinationen.

När en retardation skapar en tillräckligt stor obalans mellan fordonens vikter så att dragbilens bakre axel eller axlar förlorar fästet, helt eller delvis, mot vägbanan har början till en fällknivssituation uppstått. Huruvida detta leder till en fullständig fällknivssituation beror på förarens möjlighet att hantera situationen och reda ut den innan det är för sent.

När det gäller vagnsving så kan den inträffa till exempel när hela fordonskombinationen bromsas med hjälp av färdbronsen, som aktiverar både bilens och släpvagnens bromsar. Om påhängsvagnen då inte har ett låsningsfritt bromssystem (ABS) så kan det medföra att påhängsvagnens däck förlorar greppet mot vägbanan vilket kan leda till en vagnsving.

4.3.5 Friktionen mellan dragbilens vändskiva och påhängsvagnen

När en dragbil och påhängsvagn kopplas ihop skapas ett högt tryck mellan dragbilens vändskiva och påhängsvagnens kopplingsanordning. För att friktionen mellan dessa kopplingsanordningar ska bli lägre behöver det påföras fett. Om detta inte görs regelbundet finns det en risk att friktionen ökar med tiden vilket medför att det vid sväng kommer att krävas en större kraft för dragbilen för att övervinna den friktion som finns mellan vändskivan och påhängsvagnen. På marknaden finns det även vändskivor som är försedda med teflonbelagda glidplattor (Volvo, 2006) som ger andra förutsättningar att medge en lägre friktion mellan vändskiva och påhängsvagn.

I låga farter innebär en högre friktion sannolikt inget större trafiksäkerhetsproblem mer än att dragbilen vill gå rakt fram vid en sväng, men vid undanmanövrar i högre farter finns det anledning att anta att en högre friktion kan bidra till att skapa en instabilitet mellan fordonen.

4.3.6 Infrastrukturens betydelse

Vikten av god vinterväghållning är av betydelse både för framkomligheten som för trafiksäkerheten. Alla statliga vägar har en standardklass som avgör hur snabbt vägen ska plogas och om den ska vara snöfri eller inte en viss tid efter det har slutat snöa (Trafikverket, 2019). Klassningen baseras på vägens trafikmängd och högtrafikerade vägar ska prioriteras. Av Trafikverket (2019) framkommer att det även kan sättas in ytterligare resurser vintertid på vissa vägsträckor som kan vara extra besvärliga, som till exempel vid backar där tunga fordon ofta får stopp.

För den tunga trafiken är det inte enbart uppförsbackar som är kritiska, även start från stillastående kan vara problematiskt, både på plan mark och i uppförsbackar. När det gäller fällknivssituation eller vagnsving så är det kurvor och nedförsbackar, snarare än uppförsbackar, som är kritiska.

I telefonintervjuer med fordonstillverkare framkommer, att deras uppfattning är att den främsta säkerhetshöjande åtgärden för transporter vore att säkerställa skicket på de vägar där transporter utförs. Det framkommer också att utöver skicket och underhållet av vägbanan så är vägens utformning viktig. En olämpligt utformad väg ger upphov till belastningar på fordonen som de inte är konstruerade för. Det kan handla om för liten eller felaktig lutning av vägbanan i en kurva eller avfart som ger upphov till högre sidokrafter, och därmed vältrisk, än vad fordonen kan hantera.

Sammantaget kan det konstateras att infrastrukturens betydelse, såväl genom att tillse att vinterväghållningen är tillräcklig som dess underhåll, har stor betydelse.

4.4 Diskussion

Utredningen visar att det inte finns någon absolut vetenskap kring när en fällknivssituation uppstår utan att det är situationsberoende och hur föraren hanterar fordonen strax innan och under det kritiska momentet. Vi har dock sett att de avgörande faktorerna för att riskerna för detta ska öka är hastigheten, friktionen mellan däck mot vägbanan, retardation av något fordon och i viss mån friktionen mellan vändskiva och påhängsvagn.

Den i särklass viktigaste faktorn av dessa är friktion mellan vägbanan och däck. Riskerna med fällknivssituationer eller vagnsving är i det närmaste obefintliga vid torrt väglag. I takt med att vägen blir halare på grund av till exempel snö och is så ökar riskerna. Till viss del kan riskerna sänkas med hjälp av bra däck som är anpassade för rådande väglag samt genom att säkerställa att trycket på drivaxeln eller drivaxlarna är tillräckligt högt för att erhålla en så hög friktion mot vägbanan som möjligt.

Lastens placering är det som påverkar axeltrycken mest men för dragbilar med påhängsvagn har även vändskivans placering en påverkan. En optimalt placerad vändskiva överför maximalt med tryck över den eller de drivande axlarna och ökar på så vis förutsättningarna för bilen att hålla mot de krafter som påhängsvagnen orsakar.

Vändskivans placering i förhållande till bilens drivaxel, eller axlar, påverkar hur stor del av lastvikten som hamnar på den/dem. En begränsning av kopplingsavståndet på 4,5 meter betyder att dragbilar med något längre axelavstånd kan få vissa svårigheter att uppnå maximalt drivaxeltryck utan att överskrida högsta tillåtna bruttovikt för fordonet.

Utredningen konstaterar att 2-axlade dragbilar kan ha större svårigheter vad gäller framkomlighet vid vinterväglag än 3-axliga dragbilar.

Vad gäller tekniska system och utrustningar ställer flera medlemsstater inom EU krav på att snökedjor ska medföras. Många av de som redan idag kör inom Sverige trafikerar sannolikt även andra medlemsstater som ställer sådana krav. I Sverige finns kravet att bilar och släpvagnar ska vara utrustade med vinterdäck eller likvärdig utrustning, som till exempel snökedjor⁷.

⁷ 4 kap. 18 § trafikförordningen (1998:1276).

5 Krav på bromssystem för tunga fordon

Fordonens bromssystem och dess funktion är viktig när det gäller att motverka uppkomsten av fällknivssituation eller vagnsving. Avsaknaden av låsningsfritt bromssystem (ABS) medför enligt litteraturen (Genson & Kerezman, 2006) en ökad risk för uppkomst av fällknivssituation eller vagnsving vid vinterväglag.

I Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2016:22) om bilar och släpvagnar som dras av bilar och som tas i bruk den 1 juli 2010 eller senare ställs krav att tunga lastbilar och släpvagnar ska uppfylla ECE reglemente 13 med avseende på bromssystem. Till det finns i trafikförordningen (SFS1998:1276) 4 kap. 17 § att fordon som ingår i längre fordonskombinationer än 24 meter ska vara utrustade med låsningsfriabromsar.

I ECE reglementet 13 återfinns de tekniska kraven på bromsar och bromssystem som fordonen måste klara i samband med typgodkännande, eller nationellt enskilt godkännande. I reglementet hanteras bland annat kraven på ABS (låsningsfria bromssystem) och EBS (elektroniska bromssystem) men även krav på stabilitetssystem (ESP) för tunga lastbilar och släpvagnar. Kraven på stabilitetssystem skiljer sig åt mellan lastbilar och släpvagnar. För lastbilar gäller att stabilitetssystemen ska hantera både höga laterala sidoaccelerationer som kan få bilen att välta och höga girvinkelhastigheter som kan få lastbilen att hamna i sladd. Kraven på tunga släpvagnar är att systemen endast behöver hantera sidoaccelerationer och minska risken för att släpvagnen välter.

5.1 Elektroniska stabilitetssystem - ESP

Elektroniska stabilitetssystem, ESP, är ett paraplybegrepp med flera funktioner. De vanligaste funktionerna av ESP är att begränsa drivlinans moment och bromsa fordonet för att hjälpa föraren att återfå kontrollen över fordonet. ESP systemets viktigaste funktion är att förhindra att fordonet ska välta (Stensson Trigell et al. 2017) men kan också motverka uppkomsten av fällknivssituationer och vagnsving. ESP systemet övervakar om fordonet färdas i för hög hastighet, till exempel vid plötsliga undanmanövrer eller i en kurva, vilket skulle kunna leda till att det får sladd eller välter. När ESP systemet får signal om att fordonet närmar sig en punkt då det finns risk för att det välter minskar ESP-systemet motormomentet och bromsar de inre hjulen på fordonen lätt.

Om systemet registrerar att ett eller flera hjul på fordonet har låst sig kan det innebära att hjulet är på väg att lyfta. Hjulbromsarna aktiveras då omedelbart så att hastigheten och därmed sidokrafterna minskar så att

fordonet inte välter. På lastbilar fördelas kraften till de drivande hjulen genom att bromsarna kan styras individuellt för varje hjul på bilen.

Om även släpvagnarna är utrustade med ESP-system kan systemet även registrera om ett hjul på släpet är på väg att låsa sig och aktiverar bromsarna på släpet för att ge högre stabilitet åt hela fordonskombinationen (Volvo, 2018).

På senare tid har utvecklingen gått framåt gällande stabilitetssystem för tunga släpvagnar som hanterar både sidoaccelerationer och girvinkelhastigheter. Det pågår också en del forskning inom området både inom EU och USA. Idag finns det endast ett fåtal leverantörer av stabilitetssystem som hanterar både sidoaccelerationer och girvinkelhastigheter för släpvagnar.

5.2 Bromssystem - ABS, EBS

Ett bromssystem med ABS-funktion förhindrar att hjulen låser sig vid kraftig inbromsning. Systemet avhjälper också att bromsarna låser sig vid liten eller måttliga inbromsningar på vinterväglag där friktionen är mycket låg.

I detta reglemente har det även införts krav beträffande anpassning av bromsar mellan dragfordon och påhängsvagn. Även om respektive fordon i en fordonskombination uppfyller gällande krav för bromsar så innebär inte det per automatik att dessa två system tillsammans fungerar optimalt när de kopplas samman. Ett bromssystem som fungerar väl och är bromsanpassat med alla fordonen i kombinationen är av stor vikt för att kombinationen ska kunna hantera de krafter som uppstår vid en bromsning.

Elektroniska bromssystem, EBS, innebär att fordonskombinationens bromsar är elektroniskt styrda. Innan EBS fanns styrdes aktiveringen av bromsarna genom tryckluft i bromssystemet vilket medförde att tiden för att aktivera bromsarna på släpvagnarna blev något fördröjd och att lastbilen bromsade tidigare än släpfordonet. Med EBS så har ansättningstiden av bromsarna mellan lastbil och släpfordon minskats avsevärt vilket bedöms ha positiva effekter mot uppkomsten av fällknivssituation eller vagnsving. Elektroniska bromssystem, EBS, integrerar ofta ABS funktionalitet och anti-slir funktionalitet (ASR) som jobbar för att förhindra att drivhjulen slirar vid acceleration genom att bromsa de hjul som roterar snabbare och säkerställer att framdrivningen fungerar så bra som möjligt, trots eventuellt vinterväglag.

Det finns även olika former av hjälp- och tillsatsbromsar, ofta benämnda motor/växellådsbromsar eller så kallade retarders, för lastbilar som till exempel avgasbroms, elektromagnetiska eller hydrauliska bromsar. Till

skillnad från det ordinarie bromssystemet verkar dessa hjälpbromssystem enbart på drivhjulen och även om dessa system ofta samverkar med fordonets ABS-bromsar så bör man inte använda tillsatsbromsar vid vinterväglag eftersom ABS-systemet har en viss reaktionstid vilket kan ge en kort hjullåsning och därmed försätta fordonet i en mycket kritisk situation (Scania, 1999). Effekten av att ett tillkopplat släpfordon bromsar strax efter dragfordonet kan innebära att släpvagnen under en kort stund skjuter på lastbilen vilket kan förvärra situationen ytterligare och leda till att kombinationen viker sig kring kopplingspunkten. Risken för detta är som störst när fordonskombinationen befinner sig i en kurva i en svag nedförsbacke där motorbromsning är en vanlig åtgärd från föraren.

Bromssystem med separat släpvnagsbroms var vanligt förekommande förr där man manuellt kunde aktivera släpvnagsbromsar lite före bilens. Denna typ av bromssystem är inte tillåtna i dag. Däremot har vissa fordonstillverkare börjat utveckla automatiska varianter av sådana system där till exempel släpets bromsar aktiveras när föraren släpper på gasen.

Genom att systemen bromsar släpfordonet något före det dragande fordonet rätar ekipaget ut sig och undviker att släpet skjuter iväg lastbilen vilket minskar risken för en fällknivssituation. Dessa typer av bromssystem är till för släpvnags med ledad dragstång eller dolly med en tillkopplad påhängsvagn. Det finns inga internationella krav på att sådana system ska finnas på fordonen.

Det finns även rapporteringar om att det förekommer att ägare/åkare eller verkstäder har justerat effekten av denna typ av automatiska släpvnagsbromsar utöver det som tillverkarna har rekommenderat och som resulterat i skador på släpvnagsbromsar. Eventuella begränsningar och krav på sådana system kan därför vara nödvändiga att reglera internationellt.

Vilken dragbil som kopplas ihop med påhängsvagnen avgör graden för hur bra dessa system fungerar tillsammans. Om ett nyare fordon kopplas till ett äldre påverkas funktionen på de elektroniska systemen för hela kombinationen eftersom bromssystem på äldre fordon inte alltid har samma funktionalitet som nyare fordon.

6 Olyckor rapporterade av räddningstjänsterna

I detta kapitel redovisas resultaten av analysen av olyckor med tunga lastbilar som Sveriges kommuners räddningstjänster har larmats ut på under perioden 2017–2018.

6.1 Metod

Det finns idag ingen samlad statistik i Sverige för olyckor som inte inneburit personskador och därmed rapporterats till STRADA, Swedish Traffic Accident Data Acquisition, av polisen.

Underlaget för denna olycksanalys har därför samlats in från Sveriges samtliga kommunala räddningstjänster och omfattar trafikolyckor mellan åren 2017–2018 där minst ett tungt fordon varit inblandat.

Räddningstjänsterna larmas ut till trafikolyckor som är av allvarigare karaktär där ett snabbt ingripande är viktigt. Till exempel om trafiken behöver begränsas förbi olycksplatsen eller ledas om eller när det föreligger fara för personskador (SFS 2003:778). Räddningstjänsterna upprättar sedan händelserapporter för de trafikolyckor de har gjort uttryckningar till. Dessa händelserapporter har legat till grund för den olycksanalys som genomförts.

Dessa olyckor kompletterades sedan med händelsebeskrivningarna som varje räddningstjänst rapporterat in till Myndigheten för Samhällsskydd och beredskap, MSB.

Väglagsinformation

Information om väder- och vägförhållanden har inhämtats från Trafikverkets Väg-väder informationssystem, VViS. Trafikverket har sedan mitten av 80-talet etablerat ett vägväderinformationssystem i syfte att hjälpa vinterväghållningsansvarig att utföra rätt åtgärder i rätt tid och informera trafikanter om väderläget (Jonsson et.al, 2016).

Kategorisering av olyckor

Räddningstjänsterna skriver en händelserapport för varje olycka de larmas ut på. I den finns det bland annat en beskrivning av dels vad som hänt på platsen, dels vad räddningstjänsten har gjort.

Genom att analysera händelsebeskrivningarna har följande kategorier av olyckor identifierats:

- **Singelolyckor** - olyckor med endast ett inblandat fordon. Denna kategori omfattar trafikolyckor där ett fordon exempelvis har åkt av vägen och/eller krockat med ett annat objekt vid sidan av körbanan.

- **Upphinnande- och omkörningsolyckor** - olyckor som inneburit att ett fordon krockat med bakändan på ett annat fordon eller i sidan av ett annat fordon som färdats i samma färdriktning.
- **Mötesolyckor** - olyckor där fordon krockat med ett annat fordon som haft en annan färdriktning och där ett av fordonen kommit, helt eller delvis över på fel körbana.
- **Korsningsolyckor** - olyckor där fordon krockat med annat fordon vid en korsning eller på-/avfart. Här återfinns olyckor såsom kollision med fordon som korsat körbanan.
- **Fastkörningsolyckor** - incidenter där fordon har kört fast men fortfarande befann sig på vägbanan, exempelvis vid svår halka.
- **Övrigt/okänd** - olyckor som antingen saknat händelsebeskrivning eller olyckor som inte varit trafikolyckor såsom exempelvis brand.

Kategorisering av fordon

Studien avser att analysera omfattningen av olyckor där korta dragbilar är inblandade i jämfört med övriga tunga lastbilar. En tung lastbil har enligt lagen om vägtrafikdefinitioner (SFS 2001:559) en totalvikt på över 3,5 ton. Eftersom syftet med utredningen är att undersöka i vilken omfattning som korta dragbilar, med två eller tre axlar, med tillkopplad påhängsvagn är representerade i olyckor jämfört med andra lastbils kombinationer så har ytterligare en viktgräns på 16 ton använts. På så vis säkerställs att kombinationer som används i fjärrtransporter i så stor utsträckning som möjligt inkluderas i studien.

För att korrekt kunna klassificera fordonen behövs tillgång till fordonsuppgifter såsom fordonsslag, karosserikod och uppgifter om kopplingsanordning med mera.

Avsaknad av uppgifter i VTR

Även om alla svenska fordon har uppgifter lagrade i vägtrafikregistret så kan uppgifter om ett visst fordon ändå saknas. Detta inträffar till exempel om ett fordon har avregistrerats. För de dragbilar med påhängsvagn som varit inblandade i en olycka samt att dragbilen har haft ett svenskt registreringsnummer men att detta inte längre varit kopplat till fordonsuppgifter vägtrafikregistret har vi antagit att de har fördelat sig proportionerligt mellan 2-axlade och 3-axlade dragbilar.

Utlandsregistrerade fordon

Fordonsuppgifter för utlandsregistrerade fordon har inte varit möjliga att samla in eftersom internationell trafik med fordon från Polen, Bulgarien och Tjeckien som utgör majoriteten av de internationella transporterna i Sverige

ingår inte i EUCARIS, European car and driving licence information system, samarbetet. Dessutom kan ett registreringsnummer förekomma i flera länder samtidigt då användningen av kombinationerna av siffror och bokstäver inte är unika för ett visst land.

Det har medfört att det inte är känt hur stor andel av olyckorna som involverat lastbilar respektive dragbilar i denna studie.

6.1.1 Trafikarbete

För att det ska vara möjligt att analysera olycksrisken för olika fordonsgrupper så behöver man ta hänsyn till exponeringen av fordonen på vägarna.

För skattning av trafikarbetet för Svenska lastbilar och dragbilar har statistikuppgifter från Trafikanalys undersökning av körsträckor med svenskregistrerade fordon för åren 2017–2018 använts (Trafikanalys, 2018; 2019a). En skattning av 2-axliga och 3-axliga svenskregistrerade dragbilars trafikarbete har gjorts genom att räkna ut andelen trafikarbete som 2-axliga respektive 3-axliga dragbilar har gjort i samband med godstransporter (Trafikanalys, 2019b). Den beräknade andelen, 23 procent respektive 74 procent, har sedan applicerats på uppgifter om dragbilars totala körsträcka för samma år (Trafikanalys, 2018;2019a). Övriga tre procent av trafikarbetet utgörs av dragbilar med fler än tre axlar.

För skattning av trafikarbete för utländska lastbilar har statistik från Trafikanalys undersökning av utländska lastbilars till, från och inom Sverige under 2016 använts (Trafikanalys, 2016). Dessa uppgifter har sedan extrapolerats till 2017 och 2018 vilket gör att uppgifterna är mer osäkra än vad gäller det trafikarbete svenska fordon gör.

I trafikarbete för utlandsregistrerade lastbilar ingår transporter som påbörjas och avslutas i Sverige, cabotagetrafik, den del av transittrafiken samt den del av den gränsöverskridande trafiken som görs inom Sverige.

6.2 Resultat

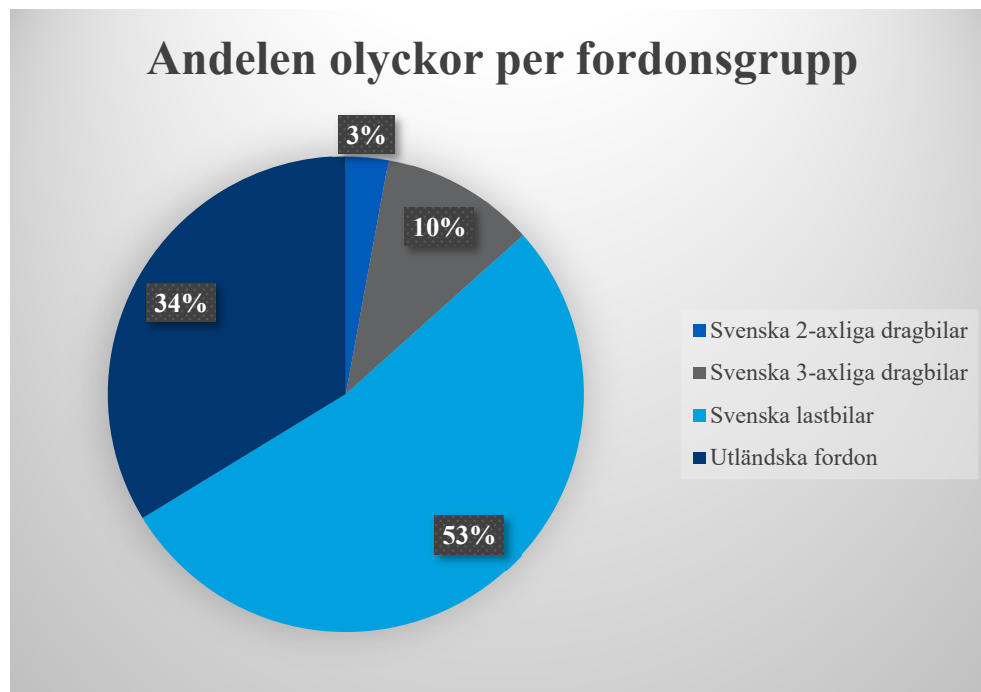
I detta kapitel redovisas resultaten av de analyser som gjorts med avseende på olycksinblandning av dragbilar med påhängsvagn jämfört med andra lastbils kombinationer. Resultaten är uppdelade på fördelning på antal olyckor och olycksrisker.

6.2.1 Hur stor andel av olyckorna är kombinationer bestående av dragbil med påhängsvagn involverade i?

Under åren 2017–2018 gjorde räddningstjänsterna i Sverige uttryckningar till 4 124 olyckor där minst ett tungt fordon varit inblandat. Av dessa fanns det uppgift om nationalitet eller registreringsnummer antecknade för 3 230 tunga lastbilar.

Av de 3 230 fordon som ingår i analysen var 1 709 (53 procent) stycken svenska lastbilar och 432 (13 procent) svenska dragbilar. De utlandsregistrerade fordonen var 1 089 stycken (34 procent). Av de 432 olyckor med svenskregistrerade dragbilar saknas dock uppgifter om fordonen för 100 stycken, dessa har då antagits varit proportionerligt fördelat mellan 2- och 3-axliga dragbilar.

Figur 5 visar den procentuella fördelningen av olyckor för de olika fordonsgrupperna.

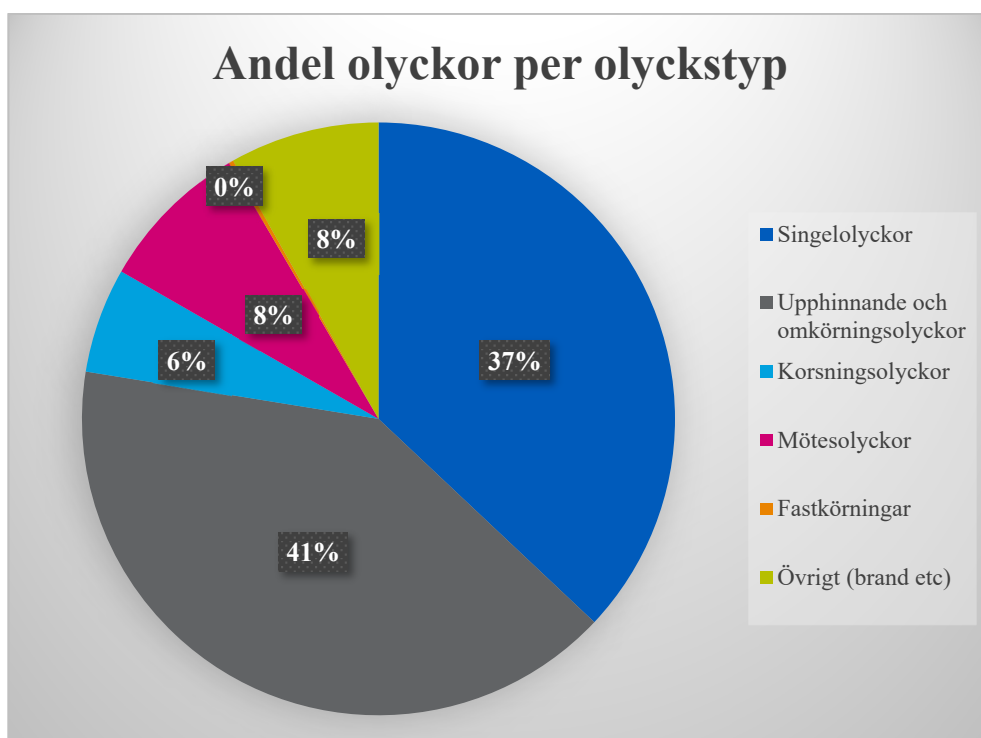


Figur 5. Andel olyckor med lastbilar respektive dragbilar.

6.2.2 Fördelning av olyckor per olyckstyp

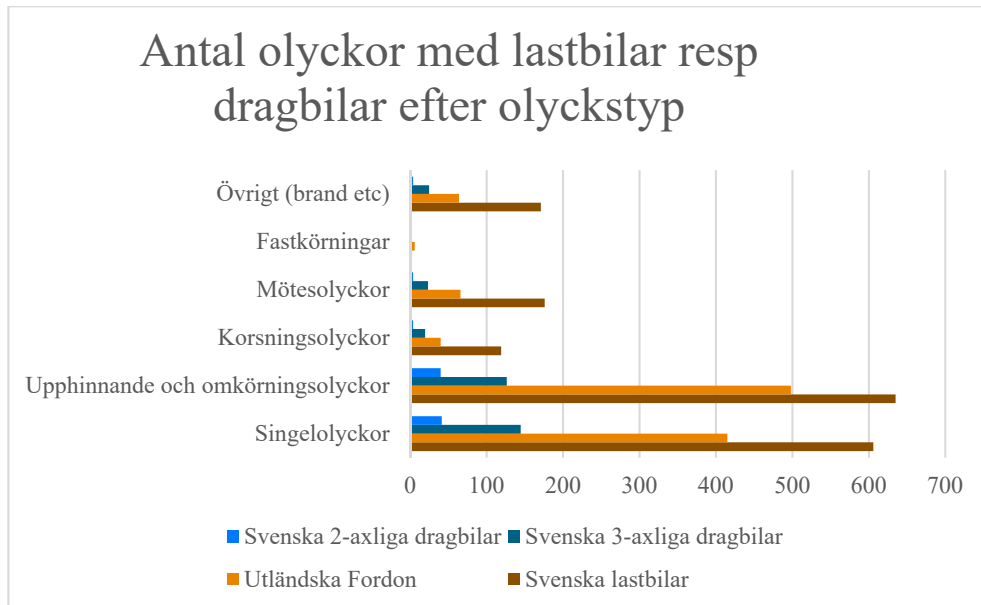
Undersökningen visar att singelolyckor och upphinnande/omkörningsolyckor utgör vardera omkring 38 procent av alla olyckor. Mötesolyckor och korsningsolyckor utgör 9 procent respektive 7 procent och kategorin övrigt utgjorde cirka 9 procent av alla rapporterade olyckor, se Figur 6.

Fastkörningar, dvs situationer där fordonen har fastnat på grund av snö eller halka men som inte lett till någon olycka i övrigt är mycket få till antalet, totalt 8 stycken fastkörningar har rapporterats av räddningstjänsten under åren 2017–2018.



Figur 6. Olyckor per olyckstyp.

En analys av antalet olyckor som lastbilar respektive dragbilar i de olika olyckskategorierna visar att flertalet olyckor sker med svenskregistrerade lastbilar samt utlandsregistrerade fordon. Tillsammans är de inblandade i cirka 2 800 av de drygt 3 200 olyckorna. De svenskregistrerade dragbilarna är involverade i drygt 430 olyckor. Av de åtta olyckskategorierna är singelolyckor och upphinnande-/ omkörningsolyckor vanligast och står för cirka 2 500 av alla olyckor, se Figur 7.

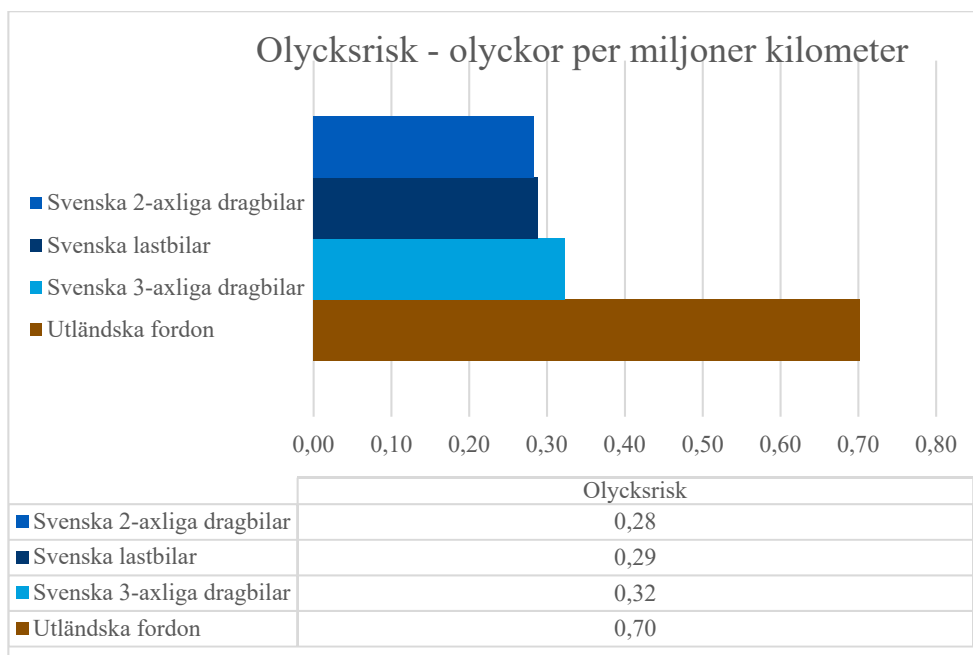


Figur 7. Antal olyckor per olyckstyp

6.2.3 Olycksrisk

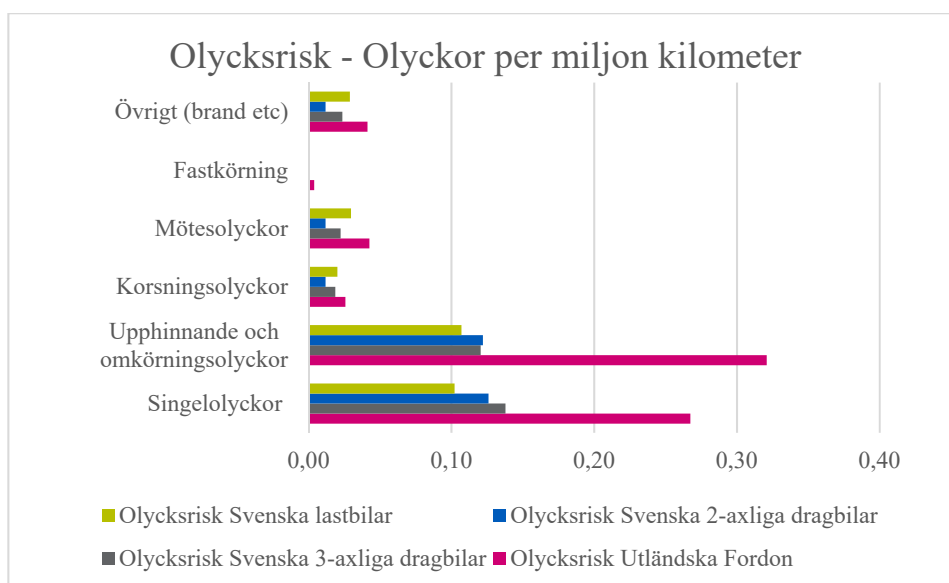
I detta avsnitt redovisas resultaten för analyserna av olycksrisker för dragbilar med påhängsvagn jämfört med andra tunga lastbils kombinationer. Skattningen av olycksrisk har gjorts genom att använda trafikarbetet som exponeringsvariabel. Olycksrisk blir därmed ett mått på antal olyckor per fordonskilometer.

Olycksrisken, uttryckt som antal olyckor per miljoner kilometer, beräknas till 0,29 för svenska lastbilar, 0,70 för utlandsregistrerade fordon, samt 0,28 respektive 0,32 olyckor per miljoner kilometer för svenska 2-axliga dragbilar respektive 3-axliga dragbilar, se Figur 8



Figur 8. Olycksrisk - olyckor per miljoner fordonskilometer.

En analys av hur olycksrisken för de olika fordonskategorierna för varje olyckskategori har gjorts. För singelolyckor och upphinnande-/omkörningsolyckor har utländska fordon en olycksrisk mellan 0,27 och 0,32 respektive jämfört med svenska dragbilar och lastbilar vars olycksrisker ligger mellan cirka 0,11 och 0,14 för de två olyckstyperna. För övriga typer av olyckor är skillnaden mellan fordonsgrupperna betydligt mindre, samtidigt som olycksriskerna i sig är mycket lägre, se Figur 9.

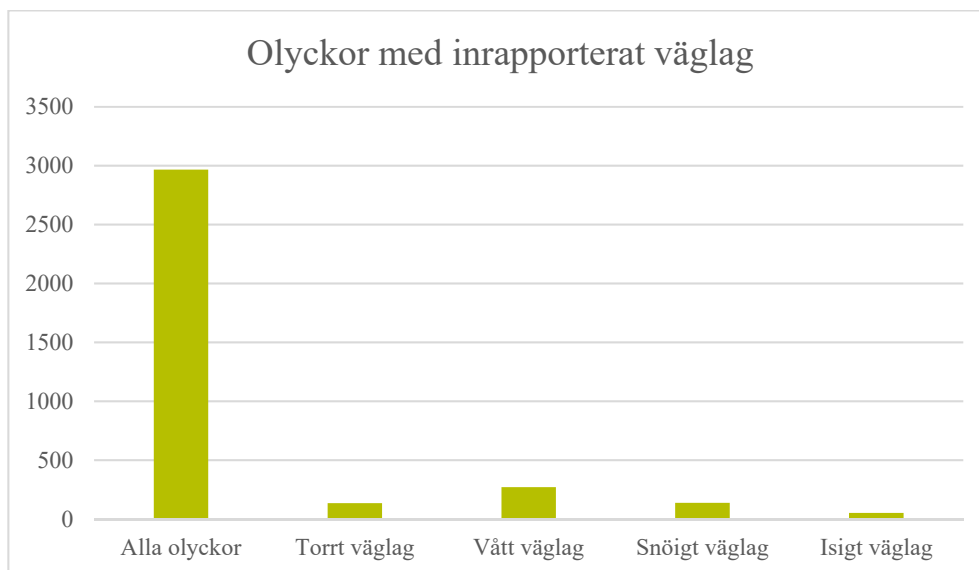


Figur 9 Olycksrisk - olyckor per miljoner fordonskilometer per olyckstyp

6.2.4 Analys av olyckor med avseende på väglag.

Uppgifter om väglaget på vägarna vid olycksplatserna har hämtats från Trafikverkets väg-väder informationssystem. Där fanns väglagsinformation för 593 av de 2966 olyckorna (olyckor inom kategorin övrigt har exkluderats)

För de 593 olyckor där väglagsinformation funnits skedde 135 av olyckorna (23 procent) på torrt väglag, 270 olyckor (46 procent) skedde på vått väglag och 137 olyckor (29 procent) skedde på snöigt underlag samt 51 olyckor (9 procent) på isigt väglag, se Figur 10.



Figur 10. Alla olyckor samt olyckor med väglagsinformation från Trafikverkets VVIS stationer.

6.3 Diskussion

Syftet med uppdraget har varit att analysera om andelen olyckor med korta dragbilar är överrepresenterade jämfört med andra tunga lastbilar.

De uppgifter om olyckor som har använts i detta uppdrag kommer från räddningstjänsterna i Sverige.

Det är viktigt att notera att de incidenter som räddningstjänsten gör uttryckningar på regleras genom lagen om skydd mot olyckor (SFS 2003:778) och är av sådan karaktär att det föreligger risk för personskada eller att ett snabbt ingripande är viktigt. Detta innebär att olyckor av lindrigare karaktär, som inte inneburit risk för personskador eller hinder i trafiken, eller som inte har rapporterats in till exempelvis SOS alarm, inte finns med bland dessa olyckor.

Resultaten visar att majoriteten av olyckor sker med svenska lastbilar, exklusive dragbilar. Utländska lastbilar utgör cirka 1/3 del av alla olyckor och svenska dragbilar utgör cirka 1/10 del av alla olyckor i denna analys. De vanligaste typerna av olyckor var singelolyckor och upphinnande-/omkörningsolyckor.

Inom kategorin fastkörningar hamnade endast åtta olyckor. Detta innebär inte att inga andra fordon har kört fast utan att i dessa fall så hade ingenting annat hänt, det vill säga det hade inte skett en trafikolycka utan att fordonen endast hade haft svårt att ta sig fram från ett stillastående läge och därmed behövt assistans.

6.3.1 Olycksrisk - antal olyckor per miljoner kilometer

Att enbart titta till antalet olyckor ger inte hela bilden utan hänsyn måste tas till den exponeringsgrad fordonen utgör i trafiken. I denna utredning har trafikarbete inom Sverige valts som exponeringsvariabel för att beräkna sannolikheten för att en fordonsgrupp ska vara involverad i en olycka. Utredningen tittar dels på sannolikheten för att de olika grupperna av fordonen ska vara inblandade i en olycka, dels hur den sannolikheten fördelar sig mellan olika olyckskategorier.

En uppdelning av olycksrisken för en fordonsgrupp över de olika olyckskategorierna visar att sannolikheten är störst att de är inblandade i en singel eller upphinnande-/omkörningsolycka för samtliga fordonsgrupper.

Resultatet visar också att sannolikheten att ett utlandsregistrerat fordon ska vara inblandad i en olycka är i omkring dubbelt så hög för dessa två olyckstyper jämfört med övriga fordonskategorier i denna olycksanalys. Skillnaderna i olycksrisken är för liten för att vara statistiskt säkerställd för övriga olyckstyper samt mellan svenska fordon sinsemellan.

6.3.2 Vägslag

Av de 3 000 olyckorna har det varit möjligt att få fram uppgifter om väglaget på vägar i närheten av olyckan genom Trafikverkets VViS stationer för knappt 600 olyckor. Av dessa så skedde cirka 30 procent av olyckorna på snöigt eller isigt väglag och hälften av olyckorna på vått väglag. Då det endast funnits data om väglag för knappt 20 procent av alla olyckor samt att data från VViS stationerna kan ha stora lokala variationer är bedömningen att underlaget är för litet och för osäkert för att dra några slutsatser på.

7 Polisrapporterade olyckor

I detta kapitel redovisas analysen av polisrapporterade olyckor med tunga lastbilar för åren 2009–2018. Underlaget är hämtat från STRADA, Swedish Traffic Accident Data Acquisition. Resultaten kommer från en större studie med syftet att kartlägga olyckor med tunga lastbilar inblandade uppdelade på olika typer av lastbils ekipage. Fokus ligger på lastbilar med tillåten totalvikt över 16 ton.

7.1 Metod

Tidsperioden 2009–2018 valdes för kartläggningen av olyckor med tunga lastbilar. Olyckor med minst en tung lastbil inblandad erhöles från Strada. Strada är ett världsunikt system där både polis och sjukvård rapporterar in information om vägtrafikolyckor med personskador. I andra länder är det endast polisen som rapporterar in olyckor.

För att kunna formulera lämpliga sökkriterier för olika lastbils kombinationer i Strada utfördes först en uppskattning av det trafikarbete som olika lastbils kombinationer utför i Sverige. Det uppskattade trafikarbetet användes även senare för att uppskatta olycksrisk (olyckor per fordonskilometer) för svenska dragbilar, lastbilar respektive utländska lastbilar.

7.1.1 Trafikarbete för svenskregistrerade och utländska lastbilar

Information om det trafikarbete som utförs av olika lastbils ekipage är väsentligt i den här studien av två skäl. Dels för att kunna uppskatta olycksrisken (antal olyckor per fordonskilometer) för respektive lastbils ekipage. Dels för att kunna bedöma rimligheten i de uppgifter som finns för ekipagen i Strada och de som kommer från polisens trafikmålsantekning, till exempel hur stor andel av totala antalet olycksinblandade ekipage som hade släp.

Trafikanalys är den myndighet som tillhandahåller statistiska uppgifter om trafikarbetet för fordon i Sverige. För lastbilar redovisar Trafikanalys statistik om trafikarbete som kommer från olika källor och/eller som bearbetats statistiskt av Trafikanalys för olika ändamål. Inför den här studien har trafikarbete studerats ingående från de tre sammanställningarna *Körsträckor med svenskregistrerade fordon*, *Lastbilstrafik* och *Utländska lastbilar* (Trafikanalys 2016, 2018, 2019a, 2019b)

Ingen av dessa sammanställningar var dock redovisat på ett sätt som uppfyllde behoven i den här studien. Valet föll istället på att specialbeställa ett uttag från Trafikanalys över körsträckedata för svenskregistrerade lastbilar för den aktuella tioårsperioden. Det här uttaget var uppdelat på flera parametrar (karosserikod, antal axlar och totalvikt) och som gjorde det

möjligt att fördela körsträckor på de svenska fordonskategorier som var av intresse för studien.

Trafikanalys beräknar körsträckor med hjälp av en modell som baseras på uppgifter om mätarställningen som besiktningsorganen registrerar i samband med kontrollbesiktning. Mätarställningsuppgifterna från besiktningsorganen matchas sedan med fordonsregistret och på så sätt skapas körsträckor för varje enskilt fordon. Eftersom uppgifterna baseras på faktiska körsträckor hämtat från besiktningsdata så ingår även eventuella körsträckor utomlands. För att kompensera för utrikes körsträckor i den här studien drogs en schablonmässig andel bort för varje år som motsvarade den som andel anges i Trafikanalys uppgifter i *Lastbilstrafik* (Trafikanalys 2019b).

Trafikarbetet för utländska lastbilar uppskattades genom att summera de uppgifter som är tillgängliga i *Utländska lastbilar* på Trafikanalys hemsida. I uppskattningen av trafikarbete togs hänsyn till både cabotage och transitkörningar inom Sverige. Transitsträckorna uppskattades genom att multiplicera det årsvisa antalet transitkörningar med en genomsnittlig transitsträcka på 450 km enligt samma metod som i Trafikanalys (2013).

7.1.2 Strada

Dataunderlaget för olyckor utgjordes av ett uttag från Strada som omfattade alla olyckor med minst en tung lastbil inblandad. Med tung lastbil menas en tillåten totalvikt över 3,5 ton. Studien fokuserade endast på lastbilar med tillåtna totalvikter över 16 ton. Fordonsuppgifterna i Strada hämtas från vägtrafikregistret.

De svenska lastbilarna delades upp i kategorier, huvudsak baserade på de karosserikoder som varje svenskregistrerad lastbil har i vägtrafikregistret. Kategorierna delades sen upp i undergrupper, till exempel baserat på axelantal. För utländska lastbilar finns inte samma detaljerade fordonsdata i Strada som för svenskregistrerade lastbilar. Den enda kategorin som finns är helt enkelt "Utländska lastbilar", vilken således användes i den här studien.

Efter det att ovanstående hade identifierats i Strada så kontrollerades hur många av dessa som hade dragit ett släp vid olyckstillfället enligt uppgift från polisen. I Strada finns bara kategorin "Släp" och kan innefatta även påhängsvagn och trailer.

I nästa steg undersöktes hur många olyckor totalt som svenska lastbilstyper och utländska lastbilar varit inblandade i, och hur många av dessa som resulterat i dödligt eller allvarligt utfall enligt polisens bedömning. Baserat på detta så uppskattades olycksrisken för lastbilskategorierna genom att dela antalet olyckor med det trafikarbete som uppskattats för samma

lastbilskategori. Vidare jämfördes lastbilkategorierna med de huvudgrupper av olyckstyper som finns i Strada, och hur stor andel av dessa som skett på vinterväglag. Även andelen olyckor per lastbilskategori som skett på olika vägtyper analyserades.

De olyckor där två eller fler lastbilar, oavsett kategori, varit inblandade i räknades som en olycka per inblandad lastbil. Denna princip användes eftersom studien kartlade *inblandning* i olyckor. Att till exempel en lastbil blir inblandad i en olycka betyder inte att lastbilen nödvändigtvis orsakade olyckan. Olyckan kan ha förorsakats av ett helt annat fordon eller någon annan trafikant, och det kan vara slumpen som gjorde att en lastbil blev inblandad i olyckan eftersom den råkade befinna sig i omedelbar närhet, till exempel vid en seriekrock med många inblandade fordon.

7.2 Resultat

7.2.1 Antal olyckor

Tabell 2 visar en sammanställning av antalet polisrapporterade olyckor som inträffat under perioden 2009–2018 med de fyra lastbilskategorierna med totalvikt över 16 ton som den här studien fokuserat på;

- svenskregistrerad lastbil, exklusive dragbil, (SVL)*,
- svenskregistrerad dragbil med 2 eller 3 axlar (SVD 2 resp. SVD3) samt
- utländsk lastbil (UTL).

Som jämförelse visar Tabell 2 även att det inträffade totalt 8 499 olyckor med inblandning av minst en svensk- eller utlandsregistrerad lastbil (inklusive dragbil) med totalvikt över 3,5 ton. Av dessa var 5 526 olyckor med minst en svenskregistrerad lastbil med totalvikt över 16 ton. Emellertid hade 99,3 procent av de svenska lastbilarna en tillåten totalvikt över 18 ton, och 13 procent hade två axlar, 74 procent hade tre axlar och 13 procent hade fyra axlar.

Tabell 2. Sammanställning av polisrapporterade olyckor under 2009–2018 med inblandning av minst en tung lastbil, svensk lastbil och dragbil med totalvikt över 16 ton eller utländsk lastbil

Lastbilskategori	Antal polis-rapporterade olyckor	Antal olyckor med dödligt eller allvarligt utfall	Andel olyckor med dödligt eller allvarligt utfall
Alla tunga lastbilar Svenska o utländska (SVL+UTL) >3,5 ton	8 499	1 761	20,7 %
Svensk lastbil >16 ton (SVL)*	5 526	1 174	21,2 %
Svensk dragbil >16 ton	1 161	243	20,9 %
- Varav med 2 axlar (SVD2)	231	53	22,9 %
- Varav med 3 axlar (SVD3)	893	180	20,2 %
Utländsk lastbil (UTL) >16 ton	911	197	21,6 %
*Innefattar ej dragbilar som redovisas separat			

Under 2009–2018 inträffade 1 161⁸ olyckor där minst en svenskregistrerad dragbil varit inblandad, varav 231 olyckor med 2-axlig dragbil och 893 olyckor med 3-axlig dragbil (Tabell 2). Det innebär att 97 procent av olyckorna med svenska dragbilar involverade 2- eller 3-axliga dragbilar. Totalt 911 olyckor hade skett där minst en utländsk lastbil varit inblandad. I Strada finns inga uppgifter om karosserikod, totalvikt, axelantal eller längd för utländska lastbilar.

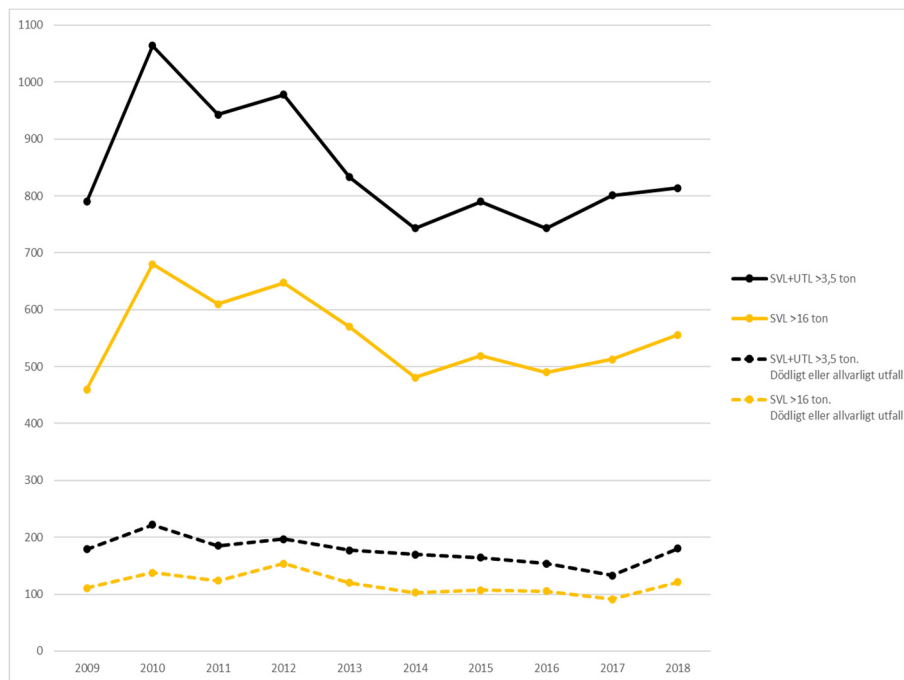
Utöver dessa så fanns totalt 114 olyckor med lastbilar där det inte går att avgöra om de var svenska eller utländska, och där inga fordonsdata fanns registrerade. Dessa är exkluderade från fortsatt analys. De 18 lastbilar som har haft okänd eller ej angiven fordonsnationalitet men däremot angiven utländsk förarnationalitet har behållits. I dessa fall har det antagits att lastbilens nationalitet är densamma som förarens.

Figur 11 nedan visar olyckornas fördelning över åren 2009–2018 där

- minst en svensk- eller utlandsregistrerad lastbil (SVL och UTL) med totalvikt över 3,5 ton varit inblandad,
- minst en svenskregistrerad lastbil med totalvikt över 16 ton (SVL) varit inblandad samt

⁸ 2 olyckor med tåg eller spårvagn är borträknade

- antalet av dessa med dödligt eller allvarligt utfall.



Figur 11 Fördelning av totala antalet polisrapporterade olyckor, och antalet olyckor med dödlig eller allvarligt utfall över åren 2009–2018, för olyckor med inblandning av minst en tung svenskregistrerad eller utländsk lastbil med totalvikt över 3,5 ton (SVL+UTL) samt minst en svenskregistrerad lastbil med totalvikt över 16 ton (SVL).

Fördelningarna är mycket likartade över åren är vilket beror på att svenskregistrerade lastbilar över 16 tons totalvikt utgör den största delen av hela populationen av olycksinblandade tunga lastbilar (SVL och UTL) med totalvikt över 3,5 ton.

Figur 12 visar fördelningen av alla polisrapporterade olyckor med minst en 2- eller 3-axlig svenskregistrerad dragbil respektive utländsk lastbil över åren 2009–2018, och Figur 13 visar antalet av dessa med dödligt eller allvarligt utfall. När man studerar Figur 12 och Figur 13 kan man se en tydlig nedgång i antalet olyckor med utländska lastbilar inblandade för 2016 och 2017. Det är troligt att nedgången 2016 och delvis 2017 beror på ett stort bortfall i polisens olycksrapportering just dessa år⁹. Bortfallet är emellertid tydligt bara för olyckor med utländska lastbilar och inte för svenskregistrerade dragbilar. I Figur 13 för år 2015 syns istället en tydlig ökning av dödliga och allvarliga olyckor med utländska lastbilar inblandade. En genomgång av dessa olyckor visar att det rör sig om ett större antal

⁹ I början av 2016 infördes gränskontroller i Sverige vilket krävde mycket polisresurser. Detta kan ha fått till följd att annan verksamhet som till exempel trafikmål prioriterades ner:
<https://www.svt.se/nyheter/inrikes/rikspolischefen-kraver-fler-poliser>

allvarliga enskilda upphinnandelyckor jämfört med åren före och efter 2015.

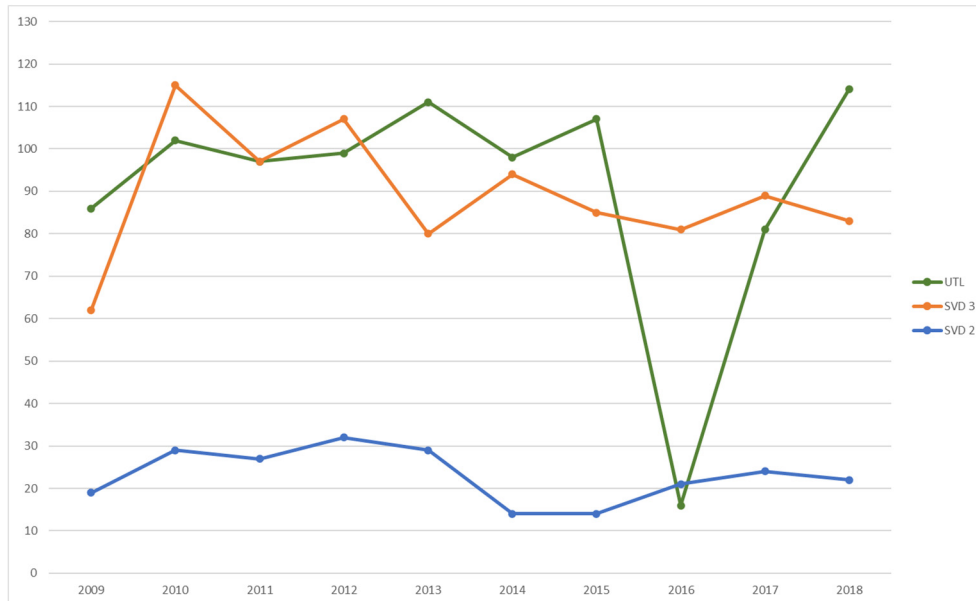
På grund av detta kan data över trafikolyckor med personskada inte ses som helt tillförlitlig. Problemen härrör från de problem som drabbat polisens rapportering av trafikolyckor sedan 2013. Bortfallen rör framförallt svårt och lindrigt skadade. Att antalet rapporterade olyckor sjunker från år 2013 framträder tydligt i Figur 11. Antalet omkomna ska dock inte några bortfall¹⁰.

En generell uppgång i antalet lastbilsolyckor med dödligt och allvarligt utfall syns för 2018 i Figur 11 och Figur 13. Att antalet allvarliga lastbilsolyckor var ovanligt många 2018 är känt sen tidigare. Jämfört med 2017 hade 2018 en fördubbling av antalet personer som omkom i olyckor där tunga lastbilar var inblandade. I majoriteten av fall hade en personbil kommit över i mötande körfält och skett på vägar utan mötesseparering med en hastighetsgräns på 70–90 km/tim. Mätningar visar samtidigt att andelen lastbilar som trafikerar vägarna har ökat (Trafikverket 2019b).

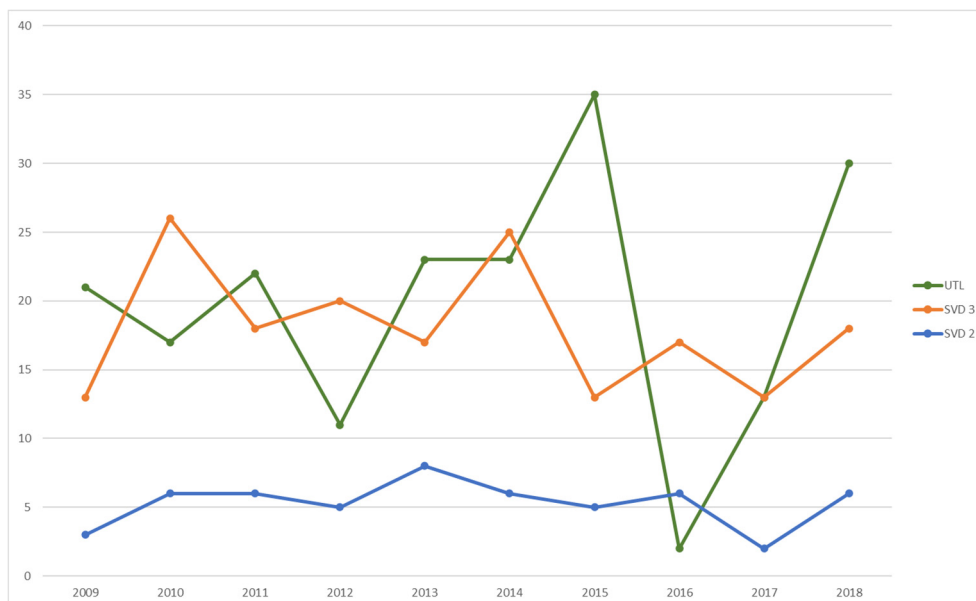
Enligt uppgifterna i Strada hade de svenska dragbilarna dragit ett släp (i.e. påhängsvagn) i 48 procent av olyckorna. I olyckorna med de utländska lastbilarna fanns uppgifter i Strada på att 54 procent av lastbilarna hade dragit ett släp. Dessa uppgifter bedöms emellertid inte som tillförlitliga eftersom den absoluta huvudparten av trafikarbetet med svenska dragbilar utförs med påhängsvagn (Trafikanalys 2019b). Vid fältobservationer som genomfördes 2015 och 2016 på svenska vägar uppskattades att 86 procent av transportarbetet med utländska lastbilar utfördes av dragbil med 3-axlig påhängsvagn, varav 60 procent av trafikarbetet utfördes med dragbilar med två axlar och 26 procent av trafikarbetet utfördes med dragbilar med 3 axlar (Yahya & Henriksson 2016, 2018).

På grund av de otillförlitliga uppgifterna i Strada angående släp går det inte att veta om dragbilar som hade en tillkopplad påhängsvagn eller om lastbilarna var sammankopplad med en släpvagn i olyckorna. Med anledning av detta är grundantagandet i studien att alla olycksinblandade dragbilar och utländska lastbilar har dragit en påhängsvagn respektive släpvagn vid olyckstillfället. Resultaten i Figur 11, Figur 12 och Figur 13 presenteras därför framöver utan hänsyn till Stradas uppgifter om släp.

¹⁰ <https://www.transportstyrelsen.se/sv/vagtrafik/statistik/olycksstatistik/morkertal-i-statistiken/>



Figur 12 Fördelning av antalet polisrapporterade olyckor över åren 2009–2018, med minst en svenskregistrerad dragbil med 2 eller 3 axlar (SVD 2 resp. SVD3) eller med minst en utländsk lastbil (UTL) inblandad.



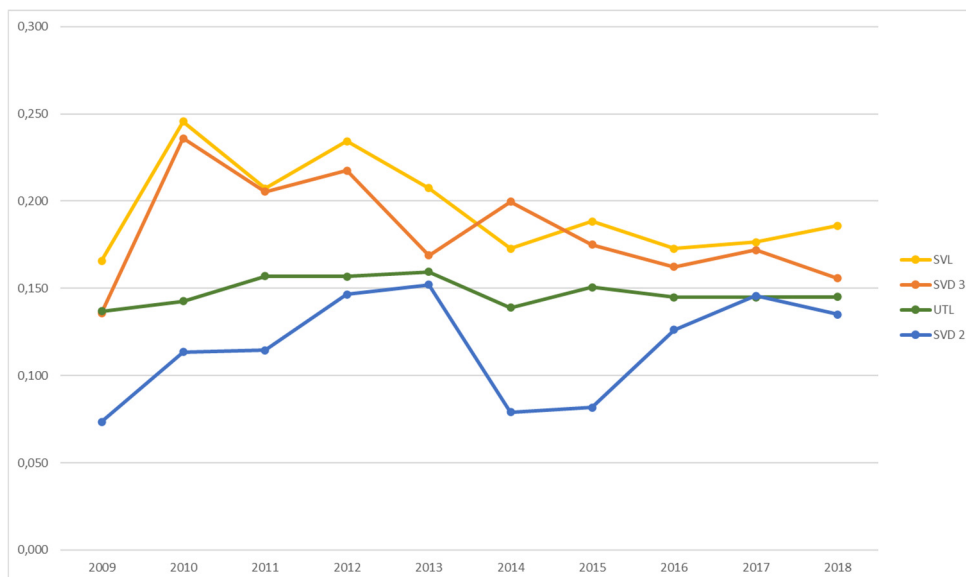
Figur 13 Fördelningen av antalet olyckor med dödligt eller allvarligt utfall för åren 2009–2018, med minst en svenskregistrerad dragbil med 2 eller 3 axlar (SVD 2 resp. SVD3) eller med minst en utländsk lastbil (UTL) inblandad.

7.2.2 Olycksrisk

Med olycksrisk menas i den här studien det antalet olyckor som en lastbilskategori varit inblandad i under en tidsperiod dividerat med det trafikarbete som samma lastbilskategori utfört under samma tidsperiod. Med

trafikarbete avses fordonskilometer som i den här studien är baserat på ett beställt uttag från Trafikanalys med körsträckedata under åren 2009–2018 för lastbilar med totalvikter över 16 ton, och vidare uppdelat på lastbilars totalvikter, axelantal och karosserikoder. Med anledning av det tidigare nämnda bortfallet av polisens rapportering av olyckor med utländska lastbilar har uppskattningen av den genomsnittliga olycksrisken för utländska lastbilar värdet för 2016 och 2017 i Figur 14 och Tabell 3 ersatts med medelvärdet för 2014, 2015 och 2018.

Figur 14 visar den uppskattade olycksrisken för alla polisrapporterade olyckor per miljon fordonskilometer, uppdelat på åren 2009–2018 för svenskregistrerad lastbil (SVL), dragbil med två eller tre axlar (SVD 2 resp. SVD3) och utländsk lastbil (UTL). Tabell 3 visar den genomsnittliga olycksrisken under 2009–2018 för samtliga lastbils kategorier som den här studien fokuserat på. Tabellen är uppdelad på olycksrisk uppskattad för alla polisrapporterade olyckor, och olyckor med dödligt eller allvarligt utfall.



Figur 14 Uppskattad olycksrisk för alla polisrapporterade olyckor per miljon fordonskilometer uppdelat på åren 2009–2018 för svenskregistrerad lastbil (SVL), dragbil med 2 eller 3 axlar (SVD 2 resp. SVD3) utländsk lastbil (UTL). Värdet för UTL år 2016 och 2017 är uppskattat som medelvärde av olycksrisken för åren 2014, 2015 och 2018.

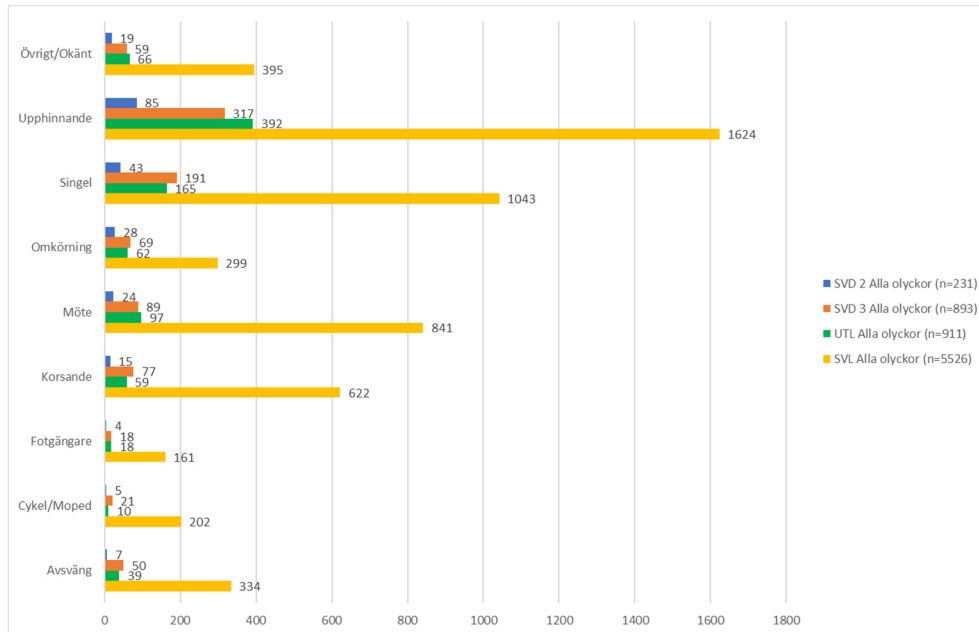
Enligt Tabell 3 har svenskregistrerade lastbilar med totalvikt över 16 ton högst genomsnittlig olycksrisk, följt av 3-axliga svenska dragbilar, utländska lastbilar och sist 2-axliga svenska dragbilar. Den här rangordningen är densamma för alla polisrapporterade olyckor som för olyckor med dödligt eller allvarligt utfall. Samma rangordning framträder också i Figur 14 åtminstone fram till och med 2013, men därefter blir det mindre tydligt.

Tabell 3 Genomsnittlig olycksrisk (antal olyckor per miljon fordonskilometer) för åren 2009–2018 för olika lastbilstyper

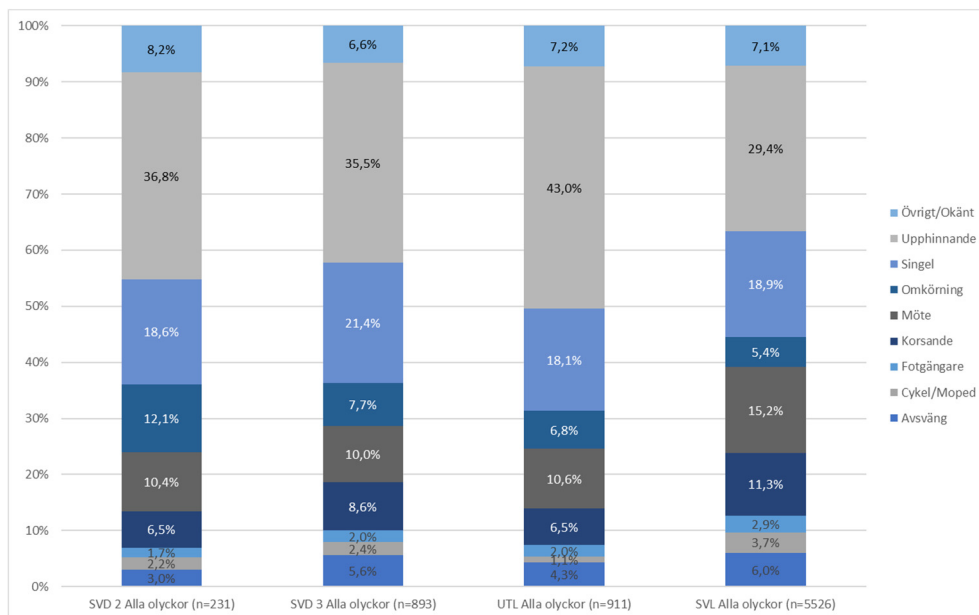
Olyckans svårhetsgrad	Lastbilstyp	Genomsnittlig olycksrisk för 2009–2018 (antal olyckor per miljon fordonskilometer)
Alla polisrapporterade olyckor	Tung lastbil, alla >3,5 ton	0,182
	Svensk lastbil >16 ton (SVL)*	0,196
	Svensk dragbil, alla >16 ton	0,163
	Svensk dragbil, 2 axlar (SVD2)	0,117
	Svensk dragbil, 3 axlar (SVD3)	0,183
	Utländsk lastbil (UTL)	0,148**
Olyckor med dödlig eller allvarligt utfall	Tung lastbil, alla >3,5 ton	0,038
	Svensk lastbil >16 ton (SVL)*	0,042
	Svensk dragbil, alla >16 ton	0,034
	Svensk dragbil, 2 axlar (SVD2)	0,027
	Svensk dragbil, 3 axlar (SVD3)	0,037
	Utländsk lastbil (UTL)	0,034**
*Innefattar ej dragbilar som redovisas separat		
**Värde för 2016 och 2017 är uppskattat som medelvärde av 2014, 2015 och 2018		

7.2.3 Olyckstyper

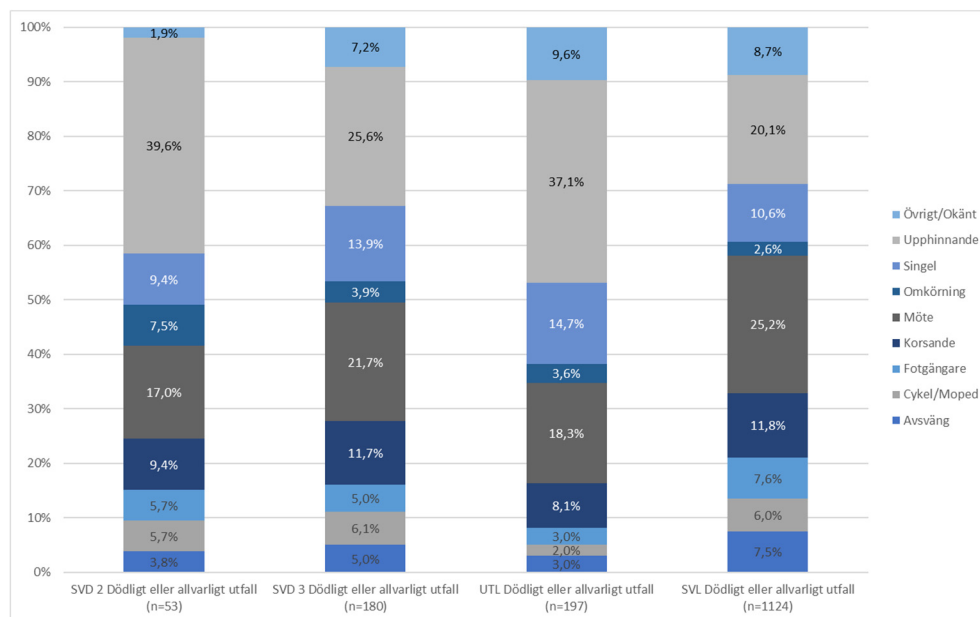
Figur 15 nedan visar antalet polisrapporterade olyckor fördelade över olyckstyper för svenskregistrerade 2- och 3-axliga dragbilar (SVD2 och SVD3), utländska lastbilar (UTL) respektive svenskregistrerade lastbilar över 16 tons totalvikt (SVL). Antalet viltolyckor redovisas inte på grund av fåtalet olyckor. Figur 16 visar andelen av alla polisrapporterade olyckor fördelade över olyckstyper och Figur 17 visar andelen av dessa som resulterade i dödligt eller allvarligt utfall fördelade över olyckstyper.



Figur 15 Antal polisrapporterade olyckor under 2009–2018 fördelade över olyckstyper för svenska 2- och 3-axliga dragbilar (SVD2 och SVD3) med totalvikt över 16 ton, utländska lastbilar (UTL) resp. svenska lastbilar (SVL) med totalvikt över 16 ton.



Figur 16 Andel polisrapporterade olyckor under 2009–2018 fördelade över olyckstyper för svenska 2- och 3-axliga dragbilar (SVD2 och SVD3) med totalvikt över 16 ton, utländska lastbilar (UTL) resp. svenska övriga lastbilar (SVL) med totalvikt över 16 ton.



Figur 17 Andel olyckor under 2009–2018 med dödligt eller allvarligt utfall fördelade över olyckstyper för svenska 2- och 3-axliga dragbilar (SVD2 och SVD3) med totalvikt över 16 ton, utländska lastbilar (UTL) resp. svenska övriga lastbilar (SVL) med totalvikt över 16 ton.

Figur 16 ovan visar att andelen upphinnandelyckor är något större (43 procent) för utländska lastbilar än för svenska dragbilar och lastbilar. I Figur 17 visas att för olyckor med dödligt eller allvarligt utfall är andelen upphinnandelyckor ännu större för utländska lastbilar, liksom för svenska 2-axliga dragbilar, jämfört med svenska 3-axliga dragbilar och lastbilar. Antalet allvarliga olyckor med 2-axliga dragbilar är dock få så det ska tolkas med försiktighet.

Andelen singelolyckor är likvärdiga för alla olyckor relaterade till svenska dragbilar och lastbilar respektive utländska lastbilar. Andelen singelolyckor med dödligt eller allvarligt utfall är cirka 4 procent högre för 3-axliga svenska dragbilar och utländska lastbilar jämfört med de andra.

Andelen omkörningsolyckor med svenska 2-axliga dragbilar ligger något högre än andelarna för de andra lastbilskategorierna, för alla rapporterade olyckor såväl som för de med dödligt eller allvarligt utfall. Men återigen är det få allvarliga olyckor med 2-axliga dragbilar.

Andelen mötesolyckor är högre för olyckor med dödligt eller allvarligt utfall för samtliga lastbilar jämfört med alla olyckor. Detta var väntat eftersom det är välkänt att de allvarligaste olyckorna med lastbilar är mötesolyckor med personbilar.

Andelen korsandelyckor med svenska lastbilar ligger cirka 5 procent högre för alla olycksutfall jämfört med de andra lastbilskategorierna. Andelen

korsandeolyckor med dödligt eller allvarligt utfall är ganska likvärdiga för alla lastbilstyper.

Andelen olyckor med oskyddade trafikanter med dödligt eller allvarligt utfall är högre för svenska dragbilar och lastbilar jämfört med utländska lastbilar.

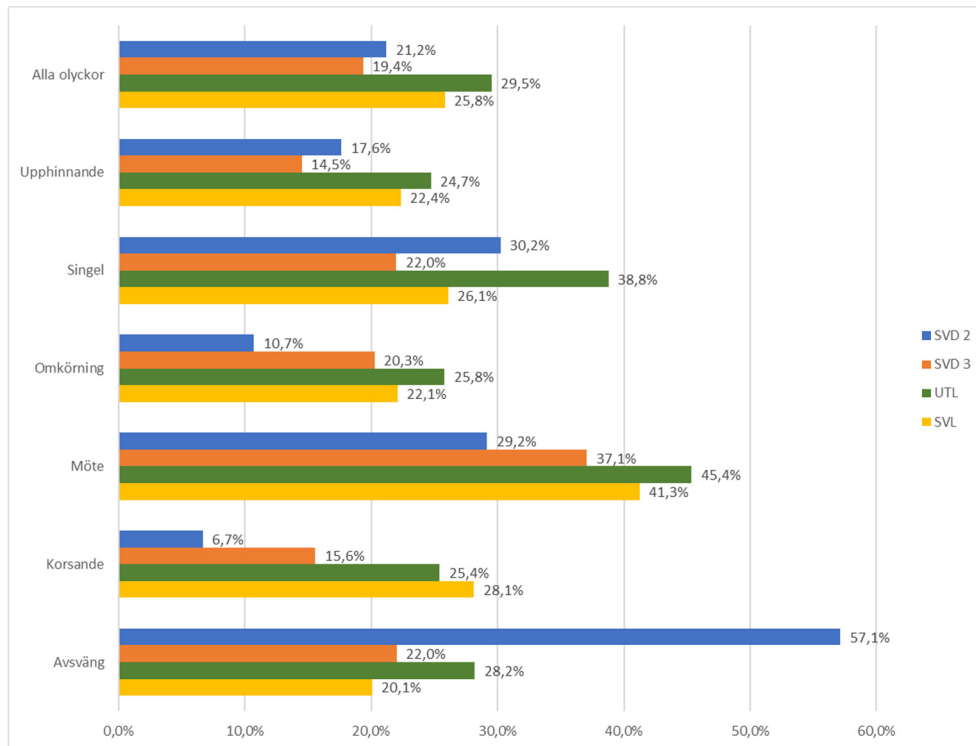
De relativa skillnaderna mellan andelen avsvängningsolyckor är likvärdiga för alla olyckor och de med dödligt eller allvarligt utfall, om än något högre för svenska lastbilar.

7.2.4 Olyckstyper korrelerat med vinterväglag

Figur 18 visar andelar av totala antalet olyckor inom varje olyckstyp i Figur 15 som skett på vinterväglag för de fyra kategorierna av lastbilar. Vinterväglag motsvarar här tre hopslagna parametervärden i Strada: ”Tjock is/packad snö”, ”Tunn is, vägbanan synlig” samt ”Lös snö/snömodd”. ”Alla olyckor” högst upp i Figur 18 representerar andelen av alla olyckor som skett på vinterväglag med respektive lastbilskategori. De utvalda olyckstyperna i Figur 18 relaterar till olyckor mellan lastbil och annat motorfordon samt singelolyckor.

Av det totala antalet olyckor är det en större andel olyckor som skett på vinterväglag där utländska lastbilar (29,5 procent) och svenska lastbilar (25,8 procent) varit involverade, jämfört med svenska dragbilar. Liknande förhållanden syns i upphinnande-, omkörning-, mötes- och korsandeolyckor. Den största skillnaden förekommer i singelolyckor med utländska lastbilar där 38,8 procent har skett på vinterväglag jämfört med svenska lastbilar (26,1 procent) och 3-axliga dragbilar (22,0 procent). Även för 2-axliga svenska dragbilar har en stor andel av singelolyckorna inträffat på vinterväglag (30,2 procent), men det rör sig om relativt få olyckor.

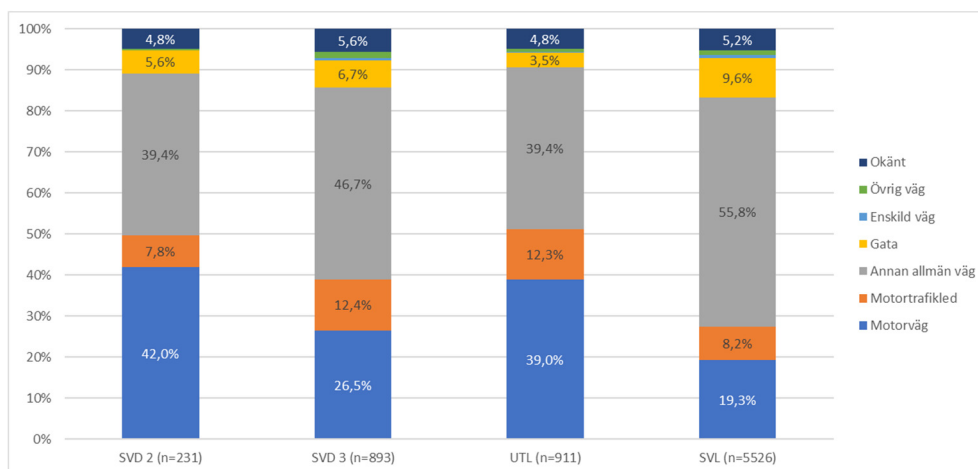
Enligt Figur 15 har totalt 43 singelolyckor inträffat med 2-axliga dragbilar, vilket betyder att 13 av dessa inträffat på vinterväglag. Enligt Figur 18 har 57,1 procent av avsvängningsolyckorna med 2-axliga dragbilar inträffat på vinterväglag. Men återigen är det få olyckor, och enligt Figur 15 har totalt sju avsvängningsolyckor inträffat, vilket betyder att 4 av dessa inträffat på vinterväglag.



Figur 18 Andel av antalet olyckor inom varje olyckstyp som skett på vinterväglag (is, packad snö, snömodd, lös snö) för svenska 2- och 3-axliga dragbilar (SVD2 och SVD3) med totalvikt över 16 ton, utländska lastbilar (UTL) resp. svenska lastbilar (SVL) med totalvikt över 16 ton.

7.2.5 Olyckor korrelerat med vägtyp

Figur 19 visar att andelen olyckor som inträffat på större mittseparerade vägar (motorväg och motortrafikled) är högre för 2-axliga svenska dragbilar (49,8 procent) och utländska lastbilar (51,3 procent) jämfört med 3-axliga svenska dragbilar (38,9 procent) och svenska lastbilar (27,5 procent), som istället har större andelar olyckor på Annan allmän väg (40,7 procent resp. 55,8 procent).



Figur 19 Andel polisrapporterade olyckor fördelade över vägtyp för svenska 2- och 3-axliga dragbilar (SVD2 och SVD3) med totalvikt över 16 ton, utländska lastbilar (UTL) resp. svenska övriga lastbilar (SVL) med totalvikt över 16 ton.

7.3 Diskussion om dragbilars olycksinblandning

Innan resultaten för dragbilars olycksinblandning diskuteras är det viktigt att redogöra för begränsningarna i det fordonsdata som finns tillgänglig i Strada gällande dragbilar.

I Transportstyrelsens uppdrag ingår att ur ett trafiksäkerhetsperspektiv utreda dragbilar med två eller tre axlar till vilken det kopplats en påhängsvagn, och där fordonstågets längd inte överskrider 16,5 meter.

Tyvärr gick det inte att avgöra hur många av de svenska dragbilarna med påhängsvagn som hade en maximal totallängd på 16,5 meter. Detta beror på brister i Stradas fordonsuppgifter och polisens bristande rapportering av påhängsvagnar med tillhörande registreringsnummer. För utländska lastbilar saknas fordonsuppgifter helt i Strada.

På en påhängsvagn får avståndet mellan kopplingstappen och bakkanten inte överstiga 12,0 meter. För att ett ekipage bestående av en dragbil och påhängsvagn inte ska överskrida 16,5 meter får således kopplingsavståndet mellan dragbilens framkant och vändskivans fästpunkt inte överskrida 4,5 meter. Inom EU räknas kopplingsavståndet på detta sätt från ett fordon framkant enligt rådets direktiv 70/156/EEG¹¹. Tyvärr finns inte det europeiska kopplingsavståndet i Strada som istället använder ett nationellt kopplingsavstånd där avståndet räknas från framaxeln.

¹¹ rådets direktiv 70/156/EEG av den 6 februari 1970 om tillnärmning av medlemsstaternas lagstiftning om typgodkännande av motorfordon och släpvagnar till dessa fordon (EGT nr L 42, 23.2.1970), s. 1, senast ändrat genom direktiv 87/403/EEG (EGT nr L 220, 8.8.1987), s. 44.

I teorin skulle det europeiska kopplingsavståndet avståndet kunna beräknas med hjälp av andra fordonsmått, men ofta saknas ett eller flera väsentliga mått (till exempel främre och bakre överhäng).

Ytterligare hinder för att avgöra om en dragbil har ett maximalt europeiskt kopplingsavstånd på 4,5 meter är att en dragbil kan vara försedd med en vändskiva som är skjutbar i längdled i dragbilens körriktning. För sådana dragbilar är det omöjligt att veta vilket kopplingsavståndet var vid olyckstillfället. Polisen har ingen möjlighet att avgöra detta vid en trafikolycka, och det ingår inte i trafikmålsanteckningens standarduppgifter eller i någon separat checklista. Av samma skäl saknas uppgifter om någon axel eventuellt var lyft på en 3-axlig dragbil, eller om påhängsvagnen var olastad, lastad eller felaktigt lastad. Dessa faktorer och fler därtill påverkar ekipagets stabilitet och inverkan vid ett olyckstillfälle.

Ett annat problem är att polisen i endast 48 procent av olyckorna noterade att de svenskregistrerade dragbilarna hade dragit en påhängsvagn vilket inte är troligt då den andel trafikarbete som utförs med endast dragbil utgörs av mindre än 0,1 procent (Trafikanalys 2009–2018). Således antas att alla dragbilar i olyckorna egentligen hade dragit en påhängsvagn vid olyckstillfället.

Sammanfattningsvis redovisas olycksinblandning för fyra lastbils kategorier med följande egenskaper, alla med tillåtna totalvikter över 16 ton.

- Svenskregistrerade 2-axliga dragbilar som alla antas ha dragit en påhängsvagn vid olyckstillfället (SVD2). Dragbilar med två axlar har sällan ett europeiskt kopplingsavstånd över 4,5 meter.
- Svenskregistrerade 3-axliga dragbilar som alla antas ha dragit en påhängsvagn vid olyckstillfället (SVD3). Det europeiska kopplingsavståndet för varje enskild olycksinblandad dragbil är okänt.
- Utländska lastbilar (UTL) där uppemot 90 procent antas ha varit dragbilar med 3-axlig påhängsvagn, varav omkring två tredjedelar är 2-axliga dragbilar (UTL). I varje enskild olycka är det okänt vilken typ av ekipage som var inblandat. Utländska dragbilar antas ha ett europeiskt kopplingsavstånd på maximalt 4,5 meter.
- Svenskregistrerade lastbilar (SVL). Kategorin omfattar många varianter av lastbilar. Majoriteten har tillåten totalvikt över 18 ton och 74 procent har tre axlar. Det är okänt hur många enskilda fordon som drog ett släp vid olyckstillfället eftersom polisens uppgifter är bristfälliga.

Resultaten visar att 2-axliga svenskregistrerade dragbilar har lägst olycksrisk följt av utländska lastbilar, 3-axliga svenska dragbilar, och sist svenskregistrerade lastbilar.

Den här rangordningen är densamma för alla polisrapporterade olyckor liksom för de med dödligt eller allvarligt utfall. Olycksrisk är här uppskattat genom att beräkna antal olyckor per miljoner fordonskilometer. Det finns många osäkerheter bakom en sådan uppskattning. När det gäller antal olyckor är det allmänt känt att polisens rapportering av olyckor sjunker om olyckans allvarlighetsgrad sjunker (Hauer, 2006; Hauer & Hakkert, 1988).

När det gäller Polisens rapportering till Strada så är de instruerade att endast rapportera olyckor med misstänkt personskada. Därtill är antalet trafikolyckor med personskada än mindre tillförlitliga sedan 2013 på grund av de problem som drabbat polisens rapportering av trafikolyckor. Bortfallen rör framförallt svårt och lindrigt skadade. Trots dessa brister redovisar den här studien alla de olyckor som finns rapporterade i Strada, såväl som de som resulterat i dödligt eller allvarligt utfall.

Att få en verklighetsnära och bra uppskattning på trafikarbetet i termer av fordonskilometer har varit en stor utmaning i den här studien. Valet föll till slut på att använda körsträckedata för svenskregistrerade lastbilar, specialbeställt från Trafikanalys. Det här uttaget var uppdelat på flera parametrar (karosserikod, antal axlar och totalvikt) som gjorde det möjligt att uppskatta faktiska körsträckor för de svenska fordonskategorier som var av intresse för studien. Trafikarbetet gällande utländska lastbilar går däremot inte att basera på körsträckor, utan är hämtade från de uppgifter som finns tillgängliga på Trafikanalys hemsida.

Uppskattningen av utländska fordons trafikarbete bedöms ändå som acceptabel och så bra som den kan bli med det data som finns tillgänglig. Slutsatsen är därför att även olycksriskerna är godtagbara uppskattningar. Som indikation på detta kan man notera att olycksrisken för utländska lastbilar ligger på samma nivå som för de svenska 2-axliga och 3-axliga dragbilarna. Detta är rimligt om antagandet stämmer att majoriteten av utländska fordon är 2- och 3-axliga dragbilar med påhängsvagn.

Utifrån resultaten med olyckstyper är det svårt att med säkerhet avgöra huruvida någon lastbilskategori är mer inblandad in någon typ av olyckor jämfört med en annan. Störst skillnader framträder för olyckorna med dödligt eller allvarligt utfall (Figur 17).

Det är ganska små skillnader i fördelningen av olyckstyper när det gäller alla rapporterade olyckor oavsett skadeutfall. Det är först när vinterväglag korreleras mot olyckstyperna som större skillnader uppträder.

8 Fordonsdynamiska egenskaper

8.1 Syfte

Syftet är att utifrån ett fordonsdynamikperspektiv kartlägga hur olika fordonskombinationer beter sig i olika scenarier som är framtagna med avseende att forcera fram en kritisk situation.

Fordonskombinationerna studeras med avseende på deras geometrier och egenskaper och under vilka förhållanden potentiella risksituationer kan uppstå.

Utöver detta studeras även problem med backtagning genom simulering av förmåga att starta i motlut och förmåga att bibehålla en viss hastighet i motlut när det är låg friktion på vägen.

8.2 Metod

Följande fyra fordonskombinationer studerades:

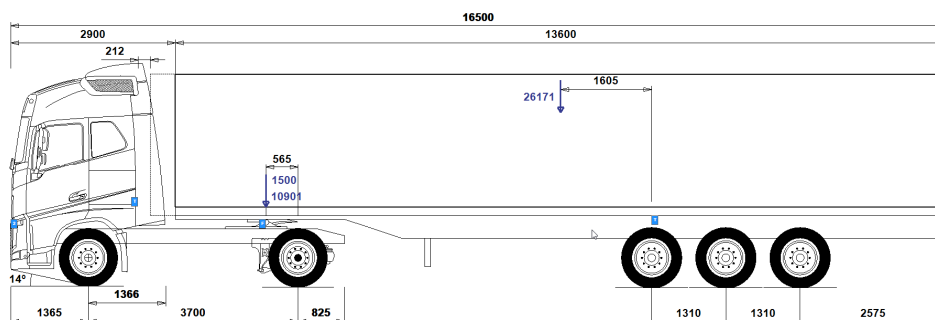
1. Kort dragbil med påhängsvagn (total längd 16,5 m)
2. Lång dragbil med påhängsvagn (total längd cirka 18 m)
3. Lastbil med dolly och påhängsvagn (nordisk kombination, total längd 25,25 m)
4. Dragbil med link och påhängsvagn (B-dubbel, total längd 25,25 m)

8.2.1 Fordonsbeskrivningar

8.2.1.1 2-axlig dragbil med påhängsvagn

Tre olika varianter av 2-axliga dragbilar med påhängsvagn med en totallängd på max 16,5 meter där hjulbasen, avståndet mellan första och andra (sista) axeln varierar från 3,5 meter till 3,7 meter och slutligen 3,9 meter på den längsta 2-axliga dragbilen.

Figur 20 visar en skiss på en 2-axlig dragbil med påhängsvagn och med en hjulbas på 3,7 meter.

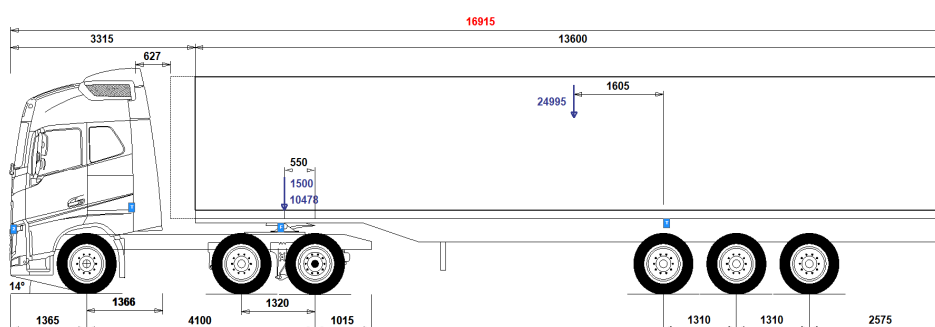


Figur 20 2-axlig dragbil med påhängsvagn.

På samtliga 3 varianter är kopplingsavståndet, avståndet från bilen främre del till kopplingsanordningen, satt till 4,5 meter för att uppfylla kravet på att kombinationens total längd inte får överskrida 16,5 meter, i enlighet med rådets direktiv 96/53/EG. Maximal vikt för dessa kombinationer är 40 ton.

8.2.1.2 3-axlig dragbil med påhängsvagn

Även tre olika varianter av 3-axliga dragbilar med påhängsvagn har studerats. Skillnaderna för dessa tre är antalet drivaxlar samt vilken av axlarna som är drivande. Den första varianten har en så kallad pusher-axel som innebär att den sista (tredje) axeln är den drivande axeln och den andra axeln som sitter framför drivaxeln är hög och sänkbar. På den andra varianten är den andra axeln drivande och den tredje som sitter bakom drivaxeln är hög och sänkbar, även kallad tag-axel. Den tredje varianten har två drivande axlar, så kallad tandemdrift. Ingen av de bakre axlarna är lyftbara på den tredje varianten. Maximal vikt för dessa kombinationer är 40 ton. Figur 21 visar en skiss på en 3-axlig dragbil med påhängsvagn och med pusher-axel.

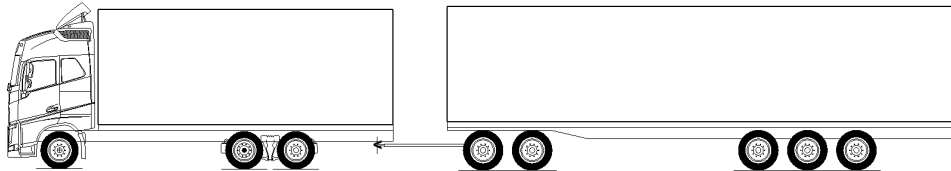


Figur 21 3-axlig dragbil med pusher-axel och påhängsvagn

8.2.1.3 "Nordisk kombination"

En lastbils kombination bestående av lastbil med skåp som är sammankopplad med en dolly och en påhängsvagn kallas ibland för

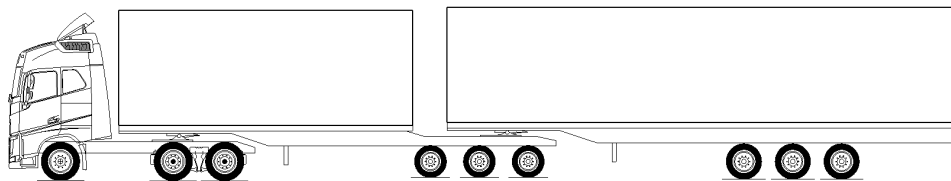
”nordisk kombination”. Totallängden på kombinationen är 25,25 meter och maximal vikt uppgår till 64 ton för denna kombination, se Figur 22.



Figur 22 Nordisk kombination, totallängd 25,25 meter.

8.2.1.4 Dragbil med linktrailer och påhängsvagn

Den sista fordonskombinationen som studeras består av en 2-axlig dragbil med en linktrailer och en påhängsvagn, se Figur 23. Link-trailern är en typ av påhängsvagn som har en vändskiva monterad i bakkant för sammankoppling av en andra påhängsvagn. Totallängden för fordonskombinationen är 25,25 meter och maximal vikt är 60 ton.



Figur 23 3-axlig dragbil med tillkopplad link och påhängsvagn, totallängd 25,25 meter

8.2.2 Lastfördelning

Tre olika lastfall har använts vid simuleringarna. Lastfallen är till för att se hur en tyngdpunktsförflyttning samt ändringar av axeltryck, som beror på olika lastfördelningar för de olika fordonen, påverkar kombinationernas egenskaper.

De tre lastfallen som använts är framlastat, baklastat och olastat.

Fordonskombinationernas totalvikt är, förutom vid olastat, alltid 40 ton för de sex kombinationerna bestående av dragbil med påhängsvagn och 64 ton för den nordiska kombinationen samt kombinationen med dragbil, linktrailer och påhängsvagn. När kombinationerna är olastade utgörs vikten av fordonens sammanlagda tjänstevikter.

Vid framlast så har hela lasten fördelats på 90 procent av påhängsvagnens främre del av lastutrymmet, vilket ger ett tomt utrymme utan last av 1,25 meter mätt från bakkant på påhängsvagnen. För baklast är det motsvarande 1,25 meter av det främre lastutrymmet på påhängsvagnen som lämnats tomt.

8.2.3 Scenarier

För att studera fordonskombinationernas stabilitet kommer två manövrar, enkelt filbyte och inbromsning i kurva, som är kända att skapa kritiska situationer, se till exempel Chen & Shieh Y-A (2010), såsom en fällknivssituation eller vagnsving att användas.

Utöver detta kommer fordonskombinationernas backtagningsförmåga att studeras.

8.2.3.1 Enkelt filbyte

Enkelt filbyte är en standardmanöver som används för att utvärdera fordons dynamiska respons. I denna studie kommer enkelt filbyte enligt standard ISO 14791:2003 att användas. Filbytet innebär en 3,5 meter sidoförflyttning inom 70 meter längdförflyttning och simuleras med hjälp av en förarmodell som används för att följa vägen. Simuleringarna upprepas med ökande hastighet tills lastbilen understyr eller överstyr så mycket att den inte längre följer den önskade banan. Simuleringarna utförs med de tre olika lastfallen samt med tre nivåer av friktion på kopplingsanordningen för påhängsvagnen. Detta motsvarar olika grader av smörjning av vändskivan.

I simuleringen mäts den högsta hastigheten som fordonskombinationerna klarar banan med samt spåravvikelse (eng. off-tracking), det vill säga hur mycket som släpvagnens hjulspår avviker från banan.

8.2.3.2 Inbromsning i kurva

Två olika inbromsningar i kurva kommer att användas för att bedöma hur lätt fordonskombinationens kan hamna i en så kallad fällknivssituation där bilen har vridit sig närmare 90 grader i förhållande till släpvagnen.

Den första inbromsningsmanövern sker genom att bilens motorbroms, och i förekommande fall växellådsbroms (så kallad retarder) aktiveras. Inbromsningen sker då enbart med hjälp av de drivande axlarna på bilen medan bilens främre axel och släpvagnarnas axlar förblir obromsade.

I den andra inbromsningsmanövern ansätts fordonskombinationens färdbröms så att samtliga hjul bromsas.

I båda manövrarna används en förarmodell för att följa en förutbestämd bana som beskriver en kurva med en radie på 400 meter samt en kurva med radie på 300 meter. I simuleringarna är hastigheten innan bromsning satt till 80 km/tim och inbromsningsmanövern påbörjas när fordonet kommit in i kurvan.

Kurvradien har bestämts utifrån att det är den minsta önskade radien för en väg med en hastighetsgräns på 80 km/tim enligt riktlinjerna för vägbyggnad (Trafikverket 2012). I riktlinjerna nämns dessutom en radie på 300 meter

som den minsta acceptabla radien med rekonstruktion av gamla vägar med en hastighetsgräns på 80 km/tim. Således används en radie på 300 meter också i en del av simuleringarna. Simuleringarna upprepas med ökande bromsmoment till dess att fällkniv eller vagnsving uppstår eller att kombinationen avviker från banan på grund av understyrning eller överstyrning.

Simuleringarna utförs med de tre olika lastfallen samt med tre nivåer av friktion på kopplingsanordningen för påhängsvagnen. Detta motsvarar olika grader av smörjning av vändskivan. Friktionen på vägytan i samtliga simuleringar var låg och motsvarar vinterväglag.

8.2.3.3 Backtagningsförmåga

Fordonskombinationernas backtagningsförmåga utvärderas genom att simulera start i motlut från stillastående samt körning i en uppförsbacke med bibehållen hastighet vid låg friktion på vägen.

För de två kombinationerna med 3-axliga dragbilar som hade en tag-axel respektive en pusher-axel har även simuleringar gjorts med tag-/ pusher-axeln nedhissad respektive lyft. Det bör betonas att detta innebär att den lagliga gränsen för axellast för drivaxlar på 11,5 ton överskridits för båda kombinationerna.

Som prestandamått för kombinationernas förmåga att hantera motlut används vägens maximala lutning, i procent, som kombinationerna klarade av.

8.3 Resultat

I figurerna nedan förekommer korta beteckningar på de olika lastbils kombinationerna på grund av platsbrist. Här följer en tabell (Tabell 4) med de beteckningar som använts i figurerna och vilka fordonskombinationer de motsvarar.

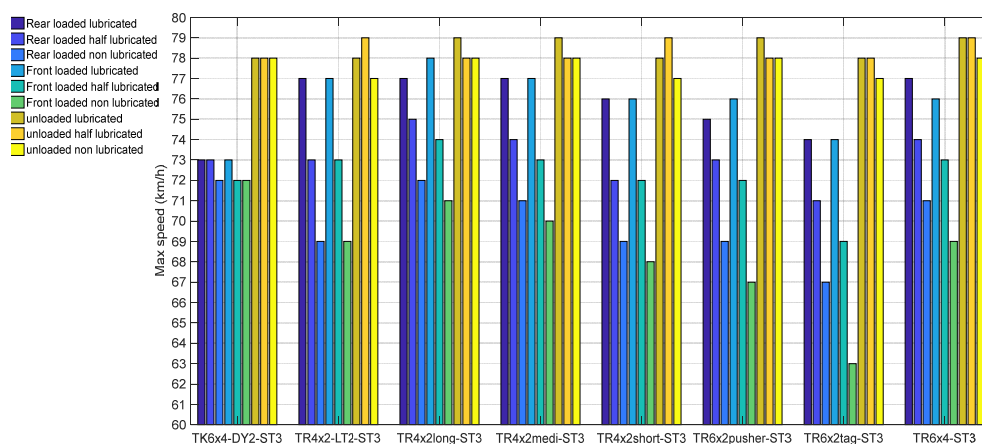
Tabell 4. Beteckning över fordonskombinationer

Beteckning	Förklaring
TR4x2short_ST3	2-axlig dragbil med kort hjulbas med påhängsvagn
TR4x2medi_ST3	2-axlig dragbil med medellång hjulbas med påhängsvagn
TR4x2long_ST3	2-axlig dragbil med lång hjulbas med påhängsvagn
TR6x2pusher_ST3	3-axlig dragbil med pusher-axel med påhängsvagn
TR6x2tag_ST3	3-axlig dragbil med tag-axel med påhängsvagn
TR6x4_ST3	3-axlig dragbil med tandemdrift med påhängsvagn

Beteckning	Förklaring
TK6x4_DY2_ST3	3-axlig lastbil med tandemdrift med dolly och påhängsvagn
TR4x2_LT2_ST3	2-axlig dragbil med linktrailer och påhängsvagn

8.3.1 Enkelt filbyte

Resultaten visar att den högsta hastigheten som kombinationerna klarar av manövern varierar mellan 63 till 79 kilometer i timmen, se Figur 24,



Figur 24. Maximal hastighet vid filbytesmanövern

De lägsta hastigheterna får den 3-axliga dragbilen med pusher-axel när den är tyngdpunkten för lasten är placerad långt bak, följt av den 3-axliga dragbilen med tag-axel när denne har tyngdpunkten för lasten placerad långt fram. I båda fallen är kopplingsanordningen för påhängsvagnen osmord, det vill säga har hög friktion.

De högsta hastigheterna erhålls när kombinationerna är olastade. Resultatet visar att de 2-axliga dragbilarna med påhängsvagn klarar manövern i samma eller högre hastigheter än de 3-axliga dragbilarna, med undantag för den 2-axliga dragbilen med den kortaste hjulbasen som klarar manövern med 1–2 km/tim lägre hastighet än den 3-axliga dragbilen med tandemdrift.

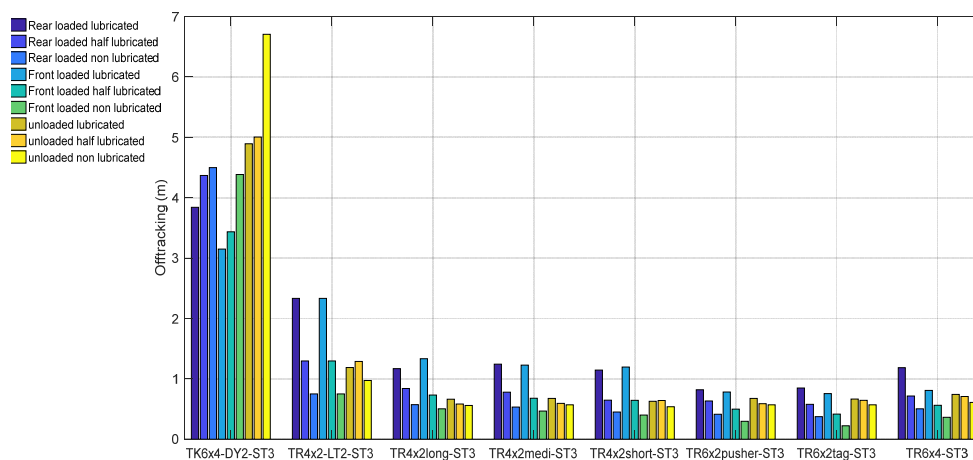
En jämförelse mellan de tre 2-axliga dragbilarna visar att en minskning av hjulbasen sänker hastigheten med cirka 1–2 km/tim för varje steg hjulbasen minskas (det vill säga från 3,9 meter till 3,7 meter och från 3,7 meter till 3,5 meter).

Den största skillnaden i hastighet är mellan det främre lastade icke-smorda fallet för den 2-axliga dragbilen med en lång hjulbas som klarar en hastighet

på 71 km/tim och den 2-axliga dragbilen med en kort hjulbas som klarar en hastighet på 67 km/tim. Detta motsvarar en minskning på 5,6 procent.

Det andra prestandamåttet, spåravvikelse, det vill säga hur mycket som påhängsvagnens hjulspår avviker från banan, ger tillsammans med hastigheten en beskrivning på hur bra fordonskombinationerna har genomfört filbytesmanövern, se Figur 25.

Kombinationernas maximala spåravvikelse mättes vid den maximala hastighet som kombinationen klarade filbytesmanövern. Detta betyder att hastigheten har en inverkan på resultatet för spåravvikelsen. Hastigheterna för respektive kombination kan utläsas i Figur 24 ovan.



Figur 25. Maximal spåravvikelse vid filbytesmanövern

Den nordiska kombinationen med lastbil med dolly och påhängsvagn får störst spåravvikelse bland alla kombinationer. Spåravvikelsen för den nordiska kombinationen varierar från drygt 3 meter, som erhålls då kombinationen är framlastad och har en smord vändskiva vid en hastighet av 73 km/tim, till drygt 6,5 meter som erhålls då kombinationen är olastad och har en osmord vändskiva vid en hastighet av 78 km/tim.

Näst efter den nordiska kombinationen kommer dragbil med linktrailer och påhängsvagn. Den får en minsta spåravvikelse på cirka 0,7 meter med full last och osmorda vändskivor vid en hastighet av 69 km/tim. Den största spåravvikelsen är cirka 2,3 meter och fås när kombinationen är fullastad med osmorda vändskivor, vid en hastighet av 77 km/tim.

Resultatet för de 3-axliga dragbilarna med påhängsvagn visar att samtliga får en spåravvikelse mellan 0,3 och 1,2 meter. Den minsta spåravvikelsen fås med full last och osmorda vändskivor vid en hastighet mellan 63 km/tim för 3-axlig dragbil med tag-axel, 67 km/tim för 3-axlig dragbil med pusher-axel och 69 km/tim för den 3-axliga dragbilen med tandemdrift.

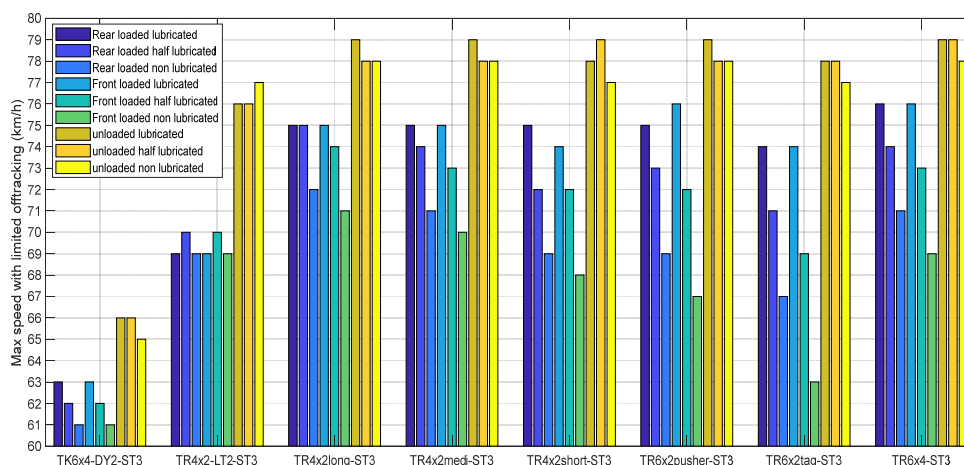
Den största spåravvikelsen fås med full last och smorda vändskivor vid en hastighet mellan 74 km/tim för 3-axlig dragbil med tag-axel, 75 km/tim för 3-axlig dragbil med pusher-axel och 77 km/tim för den 3-axliga dragbilen med tandemdrift.

Resultatet för 2-axliga dragbilarna med påhängsvagnar är nästan identiskt för de tre kombinationerna. Maximal spåravvikelse, cirka 1,2 meter, erhålls vid fullast och smorda vändskivor vid en hastighet av 76–77 km/tim. Den minsta spåravvikelsen, cirka 0,4 meter, erhålls vid fullast och osmorda vändskivor vid en hastighet av cirka 68 km/tim för dragbilen med kortast hjulbas, cirka 70 km/tim för dragbilen med en medellång hjulbas och cirka 71 km/tim för dragbilen med längst hjulbas.

8.3.1.1 Filbytesmanöver med begränsad tillåten spåravvikelse

En simulering av filbytesmanövern gjordes också där den maximala spåravvikelsen begränsades till 1,0 meter för att närmare studera hastighetens inverkan.

Resultaten i Figur 26 visar den maximala hastighet som kombinationerna klarade av manövern utan att överskrida gränsen för spåravvikelse på 1,0 meter.



Figur 26. Maximal hastighet för filbytesmanöver med begränsad tillåten spåravvikelse

Resultatet visar att den medellånga och långa 2-axliga dragbilarna klarar av filbytesmanövern i något högre hastighet än den korta 2-axliga dragbilen. Skillnaden varierar mellan -1,5 procent till 4,5 procent beroende på lastfall och friktion på vändskivan.

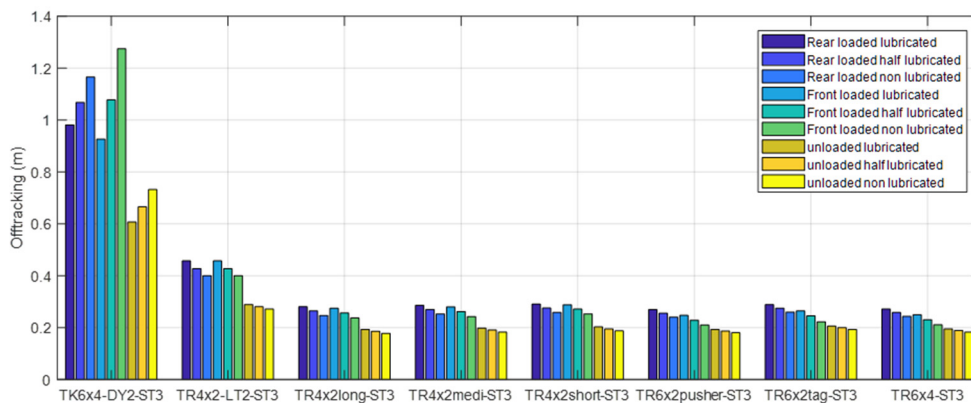
När filbytesmanövern genomfördes med en maximalt tillåten spåravvikelse på 1,0 meter så sjönk den högsta hastigheten som man klarat manövern med för två av fordonskombinationerna, nordisk kombination och dragbil med linktrailer och påhängsvagn. Båda dessa kombinationer var 25,25 meter

långa. Övriga kombinationer visade inga större förändringar jämfört med föregående simulering.

8.3.1.2 Filbytesmanöver med förutbestämd hastighet

Resultaten ovan visar dels på den högsta hastigheten som en kombination kan klara manövern, dels vad spåravvikelsen är vid denna hastighet. På grund av att kombinationerna klarar olika hastigheter så är en direkt jämförelse av spåravvikelse mellan kombinationerna svåra att göra.

Av den anledningen genomfördes filbytesmanövern med en g hastighet med alla kombinationer. Hastigheten valdes till den högsta hastighet som samtliga kombinationer klarade manövern med, 63 km/tim. Resultatet visar att de 2- och 3-axliga dragbilarna med påhängsvagnar har mindre spåravvikelse än de två 25,25 meters ekipagen samt att spåravvikelsen är mindre när fordonskombinationerna är olastade, se Figur 27. För den nordiska kombinationen har även smörjning av vändskivan en positiv effekt gällande spåravvikelsen.



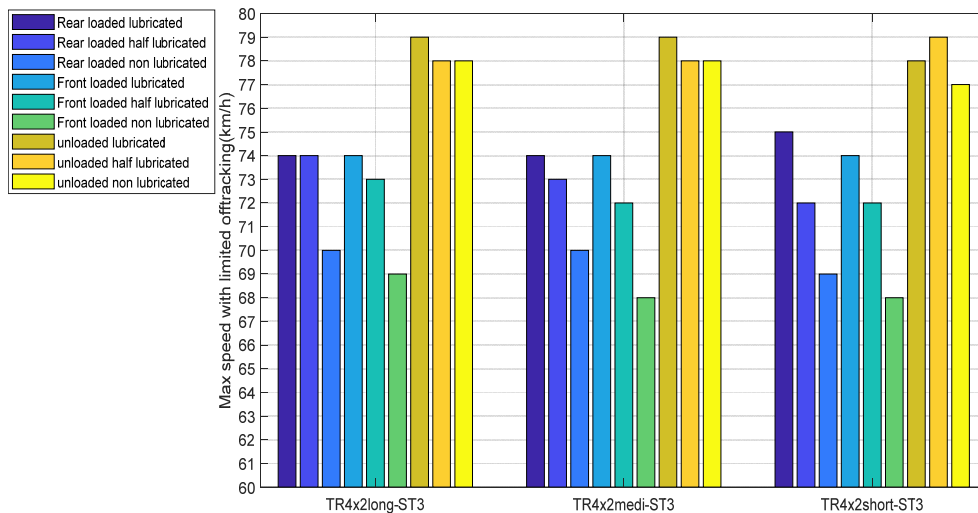
Figur 27. Maximal spåravvikelse vid 63 km/tim ingångshastighet.

8.3.1.3 Filbytesmanöver med 2-axliga dragbilar med förflyttad vändskiva

Två av de 2-axliga dragbilarna har en längre hjulbas, 3,7 meter respektive 3,9 meter, jämfört med den 2-axliga dragbil som har den kortaste hjulbasen på 3,5 meter. Alla tre kombinationer har däremot samma kopplingsavstånd på 4,5 meter.

För att se kopplingsavståndets inverkan på filbytesmanövern genomfördes simuleringar där kopplingsavståndet flyttades i motsvarande grad som hjulbasen förlängts, det vill säga 0,2 meter respektive 0,4 meter för de två längre dragbilarna.

Resultatet av simuleringarna med en flyttad vändskiva visar att de skillnaderna som fanns tidigare uttraderats i det närmaste helt, se Figur 28.



Figur 28. Filbytesmanöver med 2-axliga dragbilar med förlängt kopplingsavstånd

Förflyttningen av vändskivan förändrar viktfordelningen på dragbilarnas axlar. Omkring 1 ton av vikten flyttas från första axeln till den drivande axeln på den längsta av dragbilarna och omkring 0,5 ton för den medellånga dragbilen när kombinationerna är fullastade, se Tabell 5.

Tabell 5. Förändring av axellaster vid förflyttad vändskiva

Combination	Load case/axle	Tractor load on axle with 4,7 m and 4,9 m coupling distance [tonnes]		Tractor load on axle with 4,5 m coupling distance [tonnes]		Difference in axle load [tonnes]	
		1 st	2 rd	1 st	2 rd	1 st	2 rd
TR4x2long_ST3	Empty	5 198	3 141	5 353	2 986	-155	154
	Even	6 078	11 662	7 260	10 802	-1182	860
	Rear	5 912	10 054	6 849	9 117	-937	937
TR4x2medi_ST3	Empty	5 206	3 133	5 288	3 051	-82	82
	Even	6 133	11 607	6 772	11 290	-639	317
	Rear	5 958	10 008	6 452	9 514	-494	494

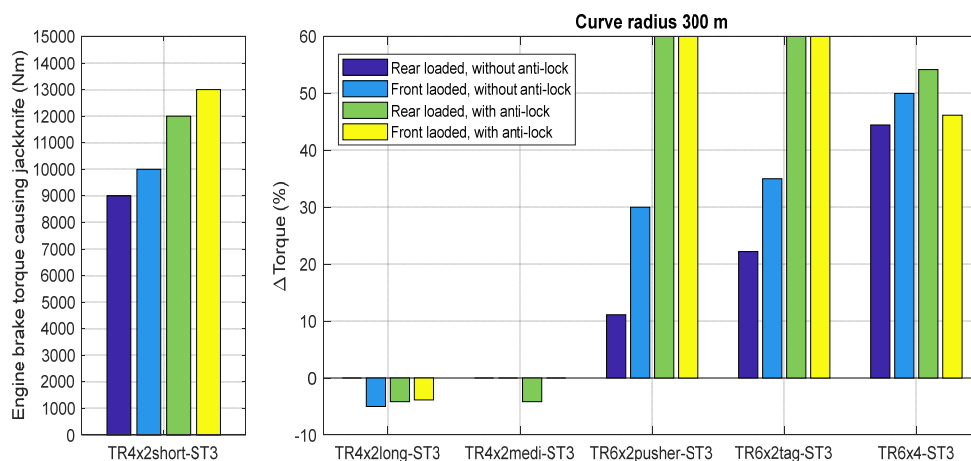
8.3.2 Inbromsning i kurva

8.3.2.1 Motorbromsning

I detta avsnitt redovisas resultatet från simuleringarna som gjorde på en bana med en kurvradie på 300 meter. Ingångshastigheten vid simuleringarna sattes till 80 km/tim och inbromsningen skedde när fordonen kom in i kurvan. Simuleringarna genomfördes två gånger där skillnaden var med eller utan låsningsfriabromsar på fordonen.

Det prestandamått som användes var det vridmoment från motor/växellåda som behövdes för att dragbilarna skulle hamna i en fällknivssituation.

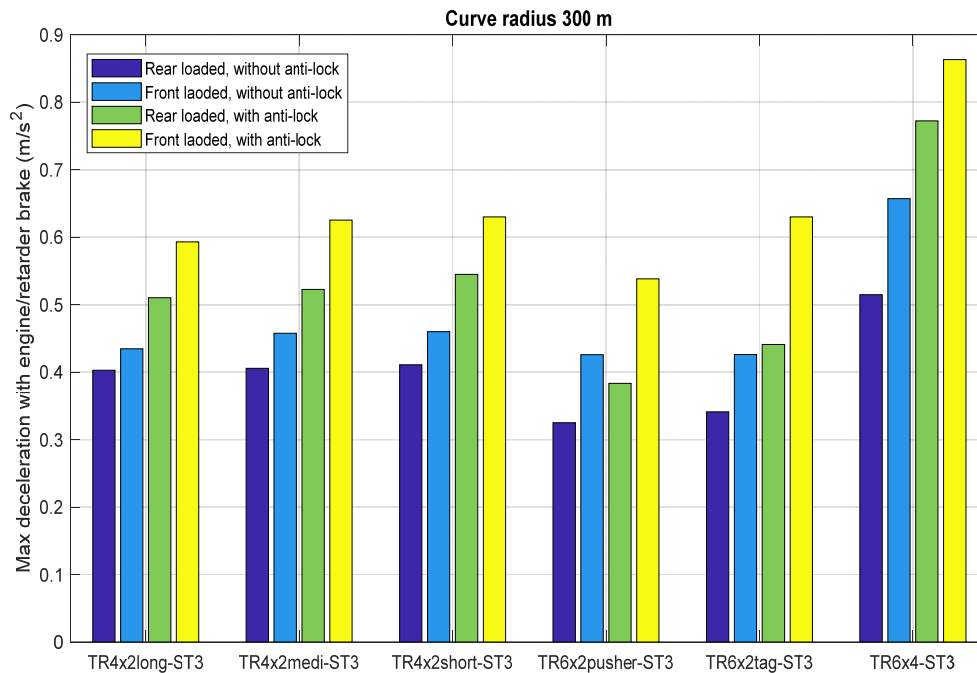
Resultatet av simuleringarna visade att utan låsningsfria bromsar så hamnar samtliga kombinationer med dragbil och påhängsvagn i en fällknivssituation när bromskraften från motor och växellåda blir för högt. När kombinationerna däremot hade låsningsfria bromsar så hamnade inte två av de 3-axliga dragbilarna i en fällknivssituation, den tredje 3-axlade dragbilen klarade ett motormoment som var cirka 50 procent högre än för den 2-axliga dragbilen med kort hjulbas, se Figur 29.



Figur 29. Motorbromsning i kurva med dragbilar med påhängsvagn

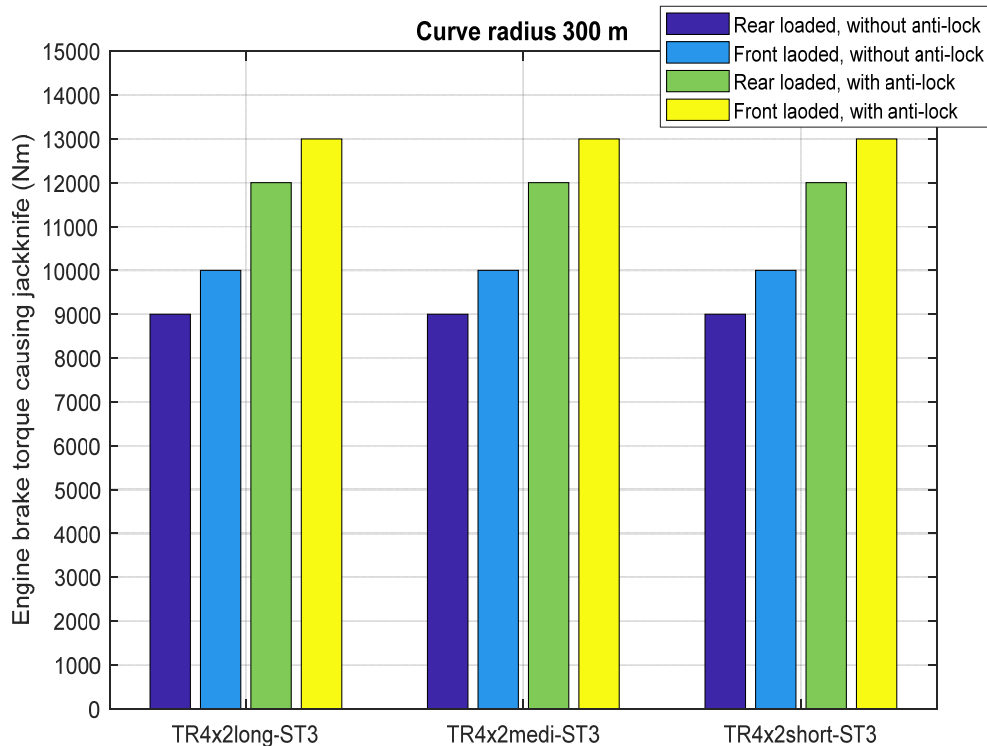
Skillnaderna mellan de tre 2-axliga dragbilarna var mycket små, 0–5 procent, både med och utan låsningsfria bromsar.

Den hastighetsminskning som motorbromsningen åstadkom kan ses i Figur 30 nedan. Resultatet visar att fällknivssituationer uppstår redan vid väldigt små retardationer, speciellt om inte fordonskombinationerna har fungerande låsningsfria bromsar.



Figur 30. Maximal retardation vid motorbromsning

För att se kopplingsavståndets inverkan på motorbromsningen genomfördes också simuleringar där kopplingsavståndet flyttades i motsvarande grad som hjulbasen förlängts, 0,2 meter respektive 0,4 meter för de två längre dragbilarna. I resultatet kan man se att de småskillnader som fanns försvann helt, se Figur 31.



Figur 31. Motorbromsning med 2-axliga dragbilar med flyttad vändskiva

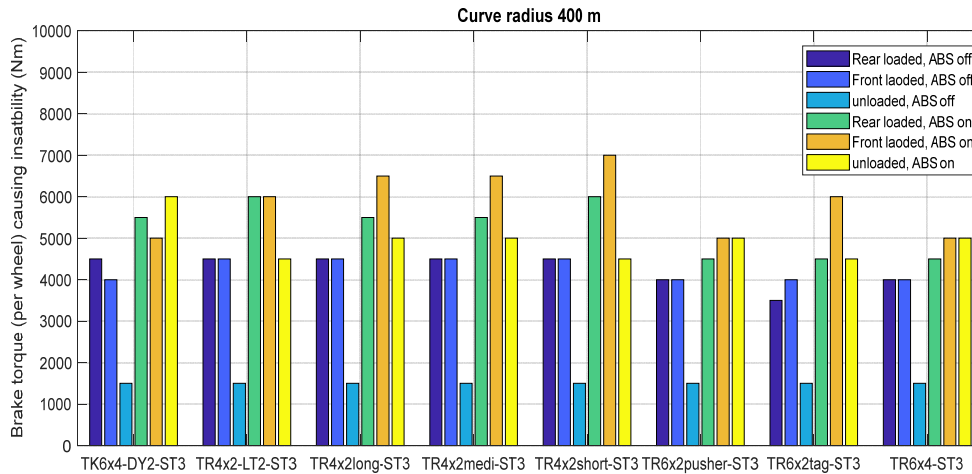
8.3.2.2 Broms på alla hjulen

I detta avsnitt redovisas resultatet från simuleringarna där inbromsning skedde genom aktivering av bromsarna på alla hjul på fordonskombinationerna. Simuleringarna gjordes på en bana med en kurvradi på 400 meter. Ingångshastigheten vid simuleringarna sattes till 80 km/tim och inbromsningen skedde när fordonen kom in i kurvan. Simuleringarna repeterades där bromsmomentet ökades med 500 Newtonmeter (Nm) mellan varje repetition (iteration). Simuleringarna genomfördes dessutom två gånger där skillnaden var med eller utan låsningsfriabromsar på fordonen.

Det prestandamått som användes var det högsta bromsmoment som fordonen kunde bromsas med innan de blev instabila och avvek från banan eller hamnade i en fällknivssituation.

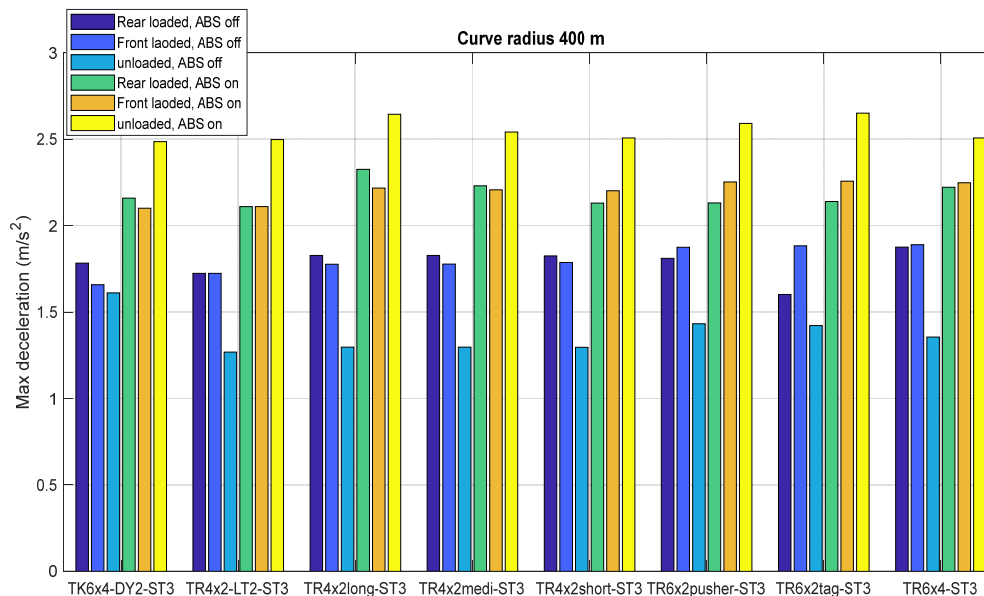
Resultatet av simuleringarna visade att utan låsningsfria bromsar så hamnar samtliga kombinationer med dragbil och påhängsvagn i en fällknivssituation redan när bromskraften är relativt lågt. För de olastade fallen skedde detta redan vid ett bromsmoment på 1 500 Nm. När kombinationerna däremot hade låsningsfria bromsar så hamnade inte två av de 3-axliga dragbilarna i en fällknivssituation alls och den tredje 3-axlade dragbilen klarade ett

motormoment som var cirka 50 procent högre än för den 2-axliga dragbilen med kort hjulbas, se Figur 32.



Figur 32. Inbromsning i kurva

Den hastighetsminskning som bromsning av alla hjul åstadkommer kan ses i Figur 33 nedan. Resultatet visar att fällknivssituationer uppstår redan vid måttliga inbromsningar, speciellt om inte fordonskombinationerna har fungerande låsningsfria bromsar.



Figur 33. Maximal retardation med bromsning med alla hjul

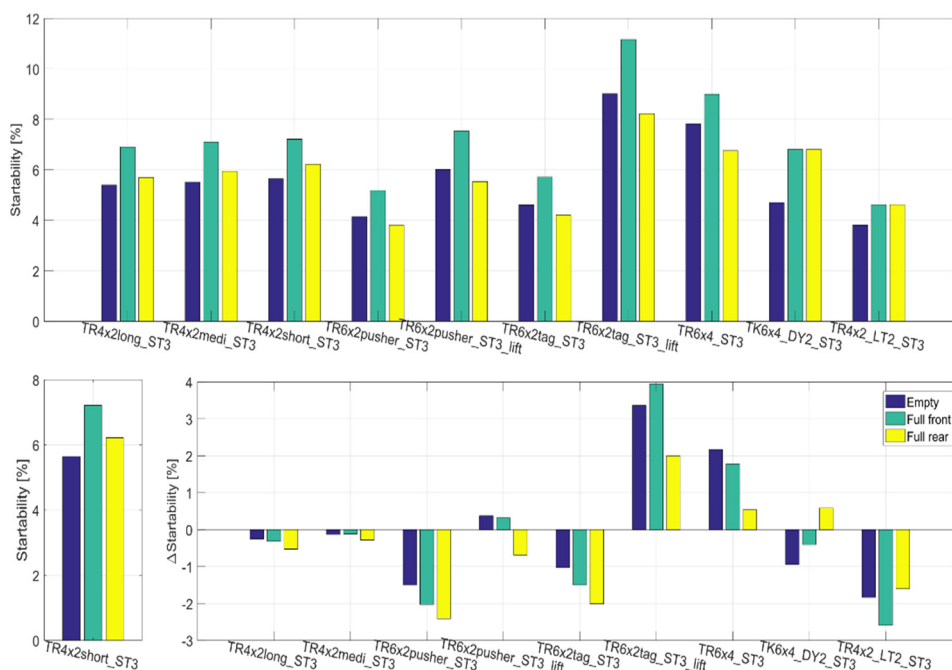
8.3.3 Backtagningsförmåga

8.3.3.1 Start i backe

I detta avsnitt redovisas resultatet från simuleringarna där fordonskombinationerna startar från stillastående i en uppförsbacke med en låg friktion på vägen, det vill säga att vägen är halt. Simuleringarna repeterades och lutningen på vägen ökades för varje repetition. Som prestandamått så användes den lutning på vägen som fordonskombinationerna klarade.

För de två 3-axliga dragbilarna med lyftbara axlar så har simuleringar gjorts med axlarna både i nedfällt- och i upplyft läge. Det ska dock noteras att när axlarna varit i upplyft läge så har maximalt tillåten axelbelastning på 11,5 ton på en drivande axel överskridits med upp till 56 procent.

Resultaten visar att på vinterväglag, med en friktionskoefficient på 0,25 μ , klarar sig den 3-axliga dragbilen med tag-axel sig bäst, när en av axlarna har lyfts, och därefter kommer den 3-axliga dragbilen med tandemdrift. Med alla axlar i nedfällt läge hamnar de två 3-axliga dragbilarna med lyftbara axlar strax efter de 2-axliga dragbilarna. Samtliga fordonskombinationer klarar sig sämst när de är olastade. Den 3-axliga dragbilen med pusher-axel klarar minst lutning av alla kombinationer när denna är olastad, se Figur 34.



Figur 34. Start i uppförsbacke från stillastående på vinterväglag

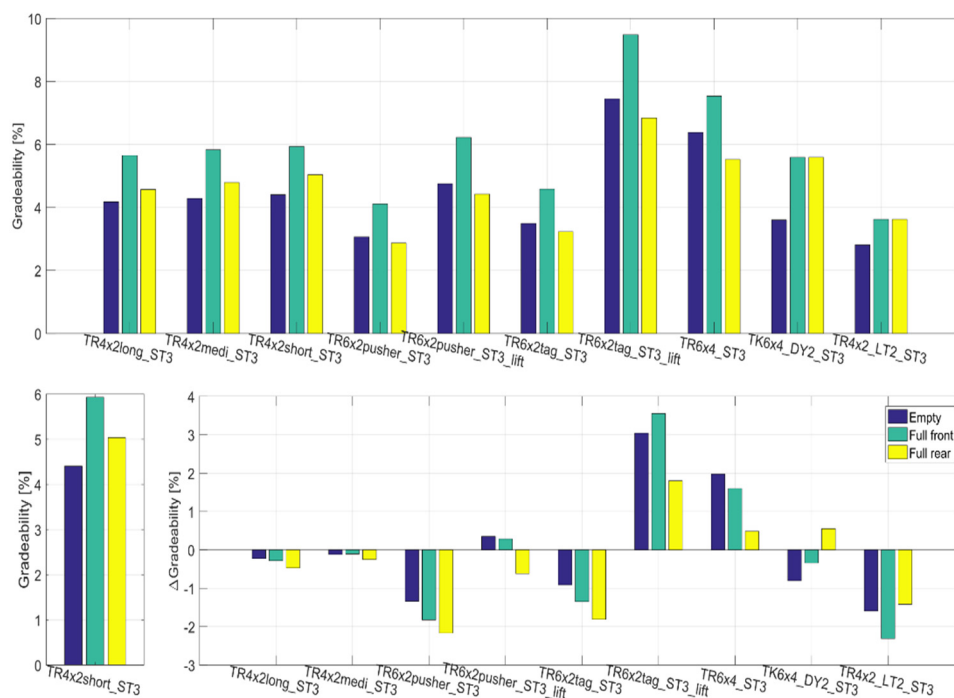
8.3.3.2 Körning i motlut med bibehållen hastighet

I detta avsnitt redovisas resultatet från simuleringarna där fordonskombinationerna ska bibehålla sin hastighet i en uppförsbacke med låg vägfriktion. Simuleringarna repeterades och lutningen på vägen ökades för varje repetition. Som prestandamått användes den lutning på vägen som fordonskombinationerna klarade.

För de två 3-axliga dragbilarna med lyftbara axlar så har simuleringar gjorts med dessa axlar både i nedfällt- och i upplyft läge. Det ska dock noteras att när axlarna varit i upplyft läge så har maximalt tillåten axelbelastning på 11,5 ton på en drivande axel överskridits.

Resultaten visar att på vinterväglag är det ingen skillnad mellan fordonskombinationerna när dessa är fullastade.

När fordonskombinationerna är olastade sticker de tre 3-axliga dragbilarna ut, när den lyftbara axeln är i upplyft läge. Bäst presterar den 3-axliga dragbilen med tag-axel och därefter kommer den 3-axliga dragbilen med tandemdrift. Med alla axlar i nedfällt läge hamnar de två 3-axliga dragbilarna med lyftbara axlar efter de 2-axliga dragbilarna när kombinationerna är olastade se Figur 35.



Figur 35. Körning i motlut med bibehållen hastighet

8.4 Diskussion

Denna simuleringsstudie avsåg att undersöka hur olika typer av lastbils kombinationer presterade i manövrar som är särskilt framtagna för att provocera fram en kritisk situation såsom en fällknivssituation eller fastkörning på vinterväglag i uppførsbacke. I studien undersöktes även varianter av två olika fordonskombinationer, den 2-axliga dragbilen med påhängsvagn samt den 3-axliga dragbilen med påhängsvagn, för att se om skillnaderna mellan kombinationerna hade stor inverkan på prestandan.

De faktorer som påverkar däckens friktion (grepp) mot vägbanan är, som har förklarats tidigare, förutom själva däckens utformning det tryck som kan läggas på den eller de axlarna. För dragbilar med påhängsvagn får vändskivans placering i förhållande till drivaxeln stor betydelse för vilket tryck som drivaxeln får på grund av lastens vikt.

För 2-axliga dragbilar, samt 3-axliga dragbilar med en så kallad Pusher-axel, innebär en vändskiva som placerats långt framför den drivande axeln att trycket på den drivande axeln från lasten på påhängsvagnen minskas samtidigt som den främre styrande axeln får ett högre tryck.

För 3-axliga dragbilar med en så kallad Tag-axel sitter vändskivan bakom den drivande axeln. Detta får till följd att endast en liten del av lastens vikt förs över på den främre styrande axeln. När förhållandet mellan trycket på den främre axeln och trycket på de bakre axlarna blir för stort verkar dragbilen bli extremt understyrd i filbytesmanövern.

8.4.1 Fällknivssituationer och vagnsving

Fällknivssituationer och vagnsving påminner till stor del om varandra. Skillnaden ligger i om det är lastbilen eller släpvagnen som tappar fästet mot vägbanan först. Resultaten av denna simuleringsstudie visar vikten av att ha tillräckligt med fäste mot vägbanan. För fällknivssituationer är det den bakre axelgruppen på lastbilen som har störst betydelse och för vagnsving är det släpvagnens bakre axelgrupp. En påhängsvagn har som bekant endast en axelgrupp (bakre) medan en vanlig släpvagn, eller dolly med påhängsvagn har både en främre och en bakre axelgrupp.

Risken att hamna i en fällknivssituation studerades genom två olika inbromsningstest i en kurva, dels med endast motorbroms som endast bromsar bilens drivande axlar, dels med färdbroms som bromsar alla hjulen på hela kombinationen.

När det gäller stabilitet vid inbromsning i en kurva med hjälp av färdbromsen verkar hjulbasen inte ha någon betydande inverkan på fordonets prestanda. Störst betydelse har axellasterna samt om fordonen är utrustade med ABS-funktionalitet.

För motorbromsning i kurvan kan vi se att de 3-axliga dragbilarna har lägre risk att hamna i en fällknivssituation jämfört med de 2-axliga dragbilarna. Detta kan bero på lastfördelningen på de drivande axlarna vilket ger däck ett bättre fäste mot vägbanan. Ett sätt att beskriva det är att en axelgrupp med 2 axlar ”håller i” i sidled bättre än en singel axel. Här kan vi också se att ABS funktionalitet även för motor/retarder broms har stor betydelse och minskar risken för att hamna i en fällknivssituation. Det framkommer även att en fällknivssituation kan uppstå redan vid mycket lätta inbromsningar på vinterväglag, speciellt vid enbart motor/retarder inbromsning.

Risken för vagnsving studerades genom att simulera en filbytesmanöver där man tittade dels på vilken hastighet som fordonskombinationerna kunde genomföra manövern i, dels hur stor spåravvikelsen för släpvagnen blev.

I jämförelse med de 3-axliga dragbilarna, klarade den korta 2-axliga dragbils kombinationen filbytesmanövern i något högre hastighet än den 3-axliga dragbilen med tag-axel och något lägre än de andra två 2-axliga dragbilarna men skillnaderna är mycket små.

I jämförelse med den nordiska kombinationen samt B-dubbelkombinationen presterar kombinationerna av dragbil med en påhängsvagn över lag bättre. Det finns följaktligen ingen tydlig nackdel med kombinationerna med dragbil och påhängsvagn i jämförelse med resten av de studerade fordonskombinationerna i en filbytesmanöver.

Både de 2-axliga och de 3-axliga dragbils kombinationernas prestanda över lag är bra och de är mycket stabila i torrt väder. De är inte heller benägna att bli instabila, och spåravvikelsen, det vill säga den bredd som kombinationen kräver i kurva, är starkt begränsad. Som jämförelse överträffas den nordiska kombinationen av alla dragbils kombinationer i studien. Den nordiska kombinationen är mer benägen att bli instabil och spåravvikelsen är påtagligt större. Detta beror inte bara på dess totala längd eftersom kombinationen bestående av en dragbil med linktrailer och påhängsvagn som har samma totala längd, är en avsevärt mer stabil kombination och dess prestanda ligger nära de 2- och 3-axliga dragbilarna med påhängsvagn.

En aspekt att ta hänsyn till är att måtten på prestanda som använts i studien inte återspeglar hur svår eller lätt kombinationen är att manövrera för en mänsklig förare. Vissa dynamiska beteenden är lättare att hantera av mänskliga förare, till exempel långsamma och tidiga indikationer på instabilitet medan plötsliga förändringar kan vara svårare att hantera. Därför kan det mycket väl vara så att den nordiska kombinationen är lättare att hantera eftersom den är mer förutsägbar med sin stora spåravvikelse, vilket gör kombinationen säker i verkliga situationer.

8.4.2 Förmåga att hantera uppförsbackar

I slutändan är det fordonens motor och drivlina samt den friktion som finns mellan däck och vägbanan som avgör dess förmåga att klara uppförsbackar. Lastens placering har därmed stor inverkan på framkomligheten, särskilt på vinterväglag. Givet att motorn och drivlinan inte är en begränsande faktor så handlar backtagningsförmåga om att man ska ha rätt sorts däck i bra skick samt att drivande axel/axlar behöver ha tillräckligt med tryck mot vägbanan. Det sistnämnda uppnås genom att lasten placeras så att man får maximalt tillåtet axeltryck på drivande axeln/axlarna.

9 Diskussion och slutsatser

En av slutsatserna från utredningen är att det är av yttersta vikt att vägbanan har så bra väglag som möjligt under vintertid. Under vissa perioder med mycket nederbörd eller snabbt skiftande temperaturer kan detta vara en stor utmaning för vinterväghållningen.

Varje lastbil och släpvagn som godkänts inom EU, antingen via ett europeiskt typgodkännande-förfarande eller via nationella enskilt godkännande måste uppfylla de harmoniserade europeiska reglerna. Det innebär att det är mycket liten skillnad, konstruktionsmässigt, mellan till exempel svenskregistrerade och utlandsregistrerade dragbilar inom EU. Trots detta visar analysen av de olyckor som räddningstjänsterna har larmats ut på att utlandsregistrerade dragbilar, till skillnad från svenskregistrerade dragbilar och lastbilar, har en mycket högre olycksrisk. Analysen visar att det inte finns en signifikant skillnad i olycksrisk mellan svenska dragbilar och andra svenska lastbils kombinationer.

När det gäller polisrapporterade olyckor där någon har blivit skadad så är olycksrisken något mindre för svenska och utlandsregistrerade dragbilar jämfört med andra svenska lastbils kombinationer.

Utredningens bedömning är att skillnaderna i olycksstatistiken inte kan förklaras utifrån konstruktionsmässiga skillnader mellan svenskregistrerade och utlandsregistrerade dragbilar utan att man även behöver ta hänsyn till andra faktorer såsom riskmedvetenhet som kan ha stor betydelse.

Resultaten från simuleringsstudien visar att fordonskombinationer bestående av dragbil och påhängsvagn i grunden är mycket stabila kombinationer även vid vinterväglag. Resultatet av filbytesmanövern visar att en dragbil med påhängsvagn har mycket liten spåravvikelse fram till dess att hastigheten blir för hög för att klara manövern. Jämförelsen med lastbil med dolly och påhängsvagn visar att vid en filbytesmanöver med lastbil med släpvagn uppstår en mycket stor spåravvikelse, redan i låga farter.

Baserat på detta görs bedömningen att dragbilar med påhängsvagn ger små, knappt märkbara signaler till föraren om rådande situation. Särskilt om man jämför med en nordisk kombination eller lastbil med vanlig släpvagn som tidigt ger tydliga signaler till föraren att en kritisk situation är på väg att uppstå och ger föraren större möjligheter att hantera situationen på ett kontrollerat sätt.

Knappt märkbara signaler från fordon kräver att en förare har stor erfarenhet av situationer som snabbt kan utvecklas till att vara kritiska för att kunna uppfatta och tolka dessa signaler i tid och hantera situationen på ett kontrollerat sätt (Horswill et al., 2013; Scialfa et al., 2012). Tidigare studier

visar att fordon som ger inga, eller mycket små signaler till föraren kan uppfattas som mycket stabila i en viss hastighet men att det kan räcka med en mycket liten hastighetsökning för att en situation ska bli kritisk och därmed svår eller till och med omöjlig att hantera på ett kontrollerat sätt (Bagdadi, 2016).

Utredningen drar slutsatsen att det finns andra faktorer som kan ha stor betydelse såsom förarnas kunskaper om riskerna som kan uppstå på vintervägar samt kännedom om fordonskombinationers dynamiska egenskaper och hur de beter sig på sådana vägar.

9.1 Olycksrisk för dragbilar med påhängsvagn

Utredningen har undersökt hur dragbilar med påhängsvagnar är representerade i olycksstatistiken. Analyserna har genomförts på två olika datamaterial, dels polisrapporterade olyckor med personsador från STRADA, Swedish Traffic Accident Data Acquisition, dels olyckor som räddningstjänsterna larmats ut på enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor.

En viktig skillnad mellan polisrapporterade olyckor och de olyckor som räddningstjänsterna larmas ut på är att de senare omfattar även olyckor som inte är lika allvarliga, i dessa fall räcker det att det föreligger risk för personskada eller att olycksplatsen utgör en fara eller hinder för andra och att den skyndsamt behöver åtgärdas.

Totalt omfattade analyserna över 7 500 polisrapporterade olyckor över åren 2009–2018 samt drygt 3 200 olyckor från räddningstjänsterna som inträffat mellan åren 2017 och 2018.

9.1.1 Olyckor rapporterade av räddningstjänsterna

Resultaten från olycksanalyserna visar att sannolikheten att ett utlandsregistrerat fordon ska vara inblandad i en olycka är dubbelt så hög för de två vanligaste olyckstyperna, singelolyckor och upphinnande-/omkörningsolyckor, jämfört med övriga fordonskategorier i denna olycksanalys. Skillnaderna i olycksrisk är för liten för att vara statistiskt säkerställd för övriga olyckstyper samt mellan svenska fordon sinsemellan.

En djupare analys av upphinnande-/omkörningsolyckorna visade att det inte gick att avgöra vilket av fordonen i olyckan som har varit vållande. Därför bör man vara försiktig med att dra några slutsatser baserat på dessa.

Vidare konstateras att trots omfattande datainsamling är det ett fåtal incidenter där en lastbil har kört fast på grund av vinterväglag, och som inte resulterat i en trafikolycka i övrigt. Utredningens bedömning är att det finns ett stort mörkertal för dessa typer av incidenter som inte utgör en tillräcklig

stor fara eller hinder i trafiken för att räddningstjänsten ska larmas ut på enligt lagen (2003:778) om skydd mot olyckor.

9.1.2 Polisrapporterade olyckor med personskador

Under tioårsperioden 2009–2018 uppskattas att 2-axliga svenskregistrerade dragbilar hade lägst olycksrisk följt av utländska lastbilar, 3-axliga svenska dragbilar, och sist svenskregistrerade lastbilar. Den här rangordningen var densamma för alla polisrapporterade olyckor liksom för de med dödligt eller allvarligt utfall.

När det gäller polisrapporterade olyckor visar resultaten med olyckstyper att det är svårt att med säkerhet avgöra huruvida någon lastbilskategori är mer inblandad i någon typ av olyckor jämfört med en annan. Störst skillnader framträder för upphinnandeolyckor med dödlig eller allvarlig personskada. Här är andelen med 2-axliga svenska dragbilar och utländska lastbilar inblandade i en större andel jämfört med 3-axliga svenska dragbilar och lastbilar. Att de var inblandade betyder dock inte att de orsakade olyckan.

För övrigt är det ganska små skillnader i fördelningen av olyckstyper för respektive lastbilskategori. När vinterväglag korreleras mot olyckstyperna uppträder större skillnader. Av det totala antalet rapporterade olyckor är det en större andel olyckor som skett på vinterväglag med utländska lastbilar (29,5 procent) och svenska lastbilar (25,8 procent) involverade jämfört med svenska 2- och 3-axliga dragbilar med andelar runt 20 procent. Den största skillnaden förekommer i singelolyckor med utländska lastbilar där 38,8 procent har skett på vinterväglag jämfört med svenska lastbilar (26,1 procent) och 3-axliga dragbilar (22 procent). Även för 2-axliga svenska dragbilar har en stor andel av singelolyckorna inträffat på vinterväglag (30,2 procent), men det rör sig om relativt få olyckor.

9.2 Betydelsen av lastens placering vid körning på vinterväglag

Störst risk för att fällknivssituationer, vagnsving och framkomlighetsproblem ska inträffa är när friktionen mellan vägbanan och däcken inte är tillräcklig. Riskerna med fällknivssituationer eller vagnsving är i det närmaste obefintliga vid torrt väglag. I takt med att vägen blir halare på grund av till exempel snö och is så ökar riskerna.

För att förbättra friktionen mot vägbanan när vinterväglag råder behöver dels däck som är anpassade för rådande väglag användas, dels att trycket på drivaxeln eller drivaxlarna är tillräckligt högt.

Fram till 1 januari 2019 gällde kraven för vinterdäck att dessa skulle vara märkta med M+S (eller motsvarande) samt vara monterade på fordonens drivande axlar. Den 1 januari trädde en ändring i 4 kap. 18 a §

trafikförordningen i kraft om att samtliga axlar på fordonen ska vara utrustade med vinterdäck.

Den 1 juni 2019 trädde Transportstyrelsens föreskrifter (2019:44) om ändring i Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (2009:19) om användning av däck m.m. avsedda för bilar och släpvagnar som dras av bilar i kraft. Föreskriften ställer krav på att vinterdäck som monterats på styrande och drivande axlar ska vara märkta med alptopp/snöflinga. För vinterdäck monterade på andra axlar så får dessa vara märkta med M+S (Mud and Snow) eller motsvarande.

För dragbilar med påhängsvagnar gäller att utöver lastens placering har även vändskivans placering en påverkan på drivaxeltrycket. En optimalt placerad vändskiva överför maximalt med tryck över den eller de drivande axlarna och ökar förutsättningarna för drivaxeln att hålla mot de krafter som påhängsvagnen överför till dragbilen.

Resultaten från utredningen visar att en av de viktigaste åtgärderna är att säkerställa att fordonen har tillräckligt med tryck på drivande axel och därmed förbättra förutsättningarna för förarna att kunna hantera det hala väglaget. Vad ett tillräckligt drivaxeltryck är beror, förutom på däckens utformning och väglaget, även på fordonskombinationernas faktiska vikter. För fordonskombinationer med högre sammanlagda bruttovikter behöver lastbilen ha ett högre drivaxeltryck jämfört med lättare kombinationer.

Utredningen föreslår att följande krav införs för tunga lastbilar med två axlar, varav en är drivande, med en eller flera tillkopplade släpvagnar:

1. att minst 25 procent av fordonstågets sammanlagda bruttovikt belastar drivande axel, eller
2. att den sammanlagda bruttovikten som hjulen på tillkopplade släpfordon överför till vägbanan inte överstiger 1,5 gånger den sammanlagda bruttovikten som hjulen på lastbilen överför till vägbanan.

Förslaget är att kraven ska gälla under perioden 1 december–31 mars.

9.3 Utökning av tillåten total längd för ledade fordon

Utredningens bedömning är att en förändring av rådets direktiv 96/53/EG, i syfte att utöka den högsta tillåtna total längd för ledade fordon, kan på lång sikt ge något bättre förutsättningar för fordonen att framföras säkert på vinterväglag. Nyttoeffekten av en sådan förändring har dock inte varit möjlig att uppskatta inom ramen för denna utredning. Det är inte heller känt hur andra medlemsstater förhåller sig till ett sådant förändringsförslag då problem med vinterväglag är mindre vanligt i vissa länder inom EU eller att deras infrastruktur inte heller tillåter en större längd.

Utredningen bedömer att den längdbegränsning som gäller för dragbilar med påhängsvagn enligt rådets direktiv 96/53/EG försämrar förutsättningar för dragbilar med tre axlar att hantera vinterväglag. En förändring av längdbegränsningen för 3-axliga dragbilar skulle därför kunna ge en positiv effekt på fordonens stabilitet och förutsättningar att hantera vinterväglag.

Utredningen bedömer dock att en sådan förändring av längdbegränsningarna för 2-axliga dragbilar inte skulle medföra motsvarande positiva effekter. En förändring av längdbegränsningarna i direktivet för 2-axliga dragbilar skulle visserligen tillåta en förflyttning av vändskivans placering så att drivaxeltrycket ökar, men på bekostnad av fordonens styrförmåga då vikten flyttas från den främre styrande axeln till den bakre drivande. Den sammanvägda bedömningen är att de negativa aspekterna av minskat tryck på främre styrande axeln överväger de positiva aspekterna med ett ökat drivaxeltryck på 2-axliga dragbilar.

Utredningen anser att Sverige bör fortsätta att följa och medverka i det internationella arbetet med rådets direktiv 96/53/EG.

9.4 Bromssystem och stabilitetssystem

En av de viktigare faktorerna som påverkade fordonens förmåga att hantera kritiska situationer var att fordonen hade system för låsningsfria bromsar.

De krav som gäller för fordonens bromssystem regleras genom Transportstyrelsens föreskrifter och allmänna råd (TSFS 2016:22) om bilar och släpvagnar som dras av bilar och som tas i bruk den 1 juli 2010 eller senare. I föreskrifterna ställs kravet att tunga lastbilar och släpvagnar ska uppfylla ECE reglemente 13, som reglerar de tekniska kraven på bromsar och bromssystem som fordonen måste klara i samband med EU typgodkännande, eller nationellt enskilt godkännande. I reglementet ställs bland annat krav på ABS (låsningsfria bromssystem) och EBS (elektroniska bromssystem) system samt krav på stabilitetssystem (ESP) för tunga lastbilar och släpvagnar.

Utredningen bedömer att nationella särkrav som hindrar att fordon som godkänts i ett annat EU land hindras från att användas i Sverige, såsom krav på bromssystem eller stabilitetssystem som går utöver ECE-reglemente 13, inte är möjliga att införa i nationell rätt.

Utredningen gör dock bedömningen att ett stabilitetssystem för släpvagnar som hanterar både sidoaccelerationer och girvinkelhastigheter sannolikt skulle minska risken för att släpvagnen välter samt risken för vagnsving på släpvagnen.

Utredningen rekommenderar därför att Sverige fortsätter att medverka i det internationella arbetet av ECE-reglemente 13 och i ett framtida regelutvecklingsarbete av ett sådant system.

9.5 Utbildning

Utredningen gör bedömningen att skillnaderna i olycksriskerna inte enbart kan förklaras av konstruktionsmässiga skillnader mellan svenskregistrerade och utlandsregistrerade dragbilar.

Andra faktorer som kan ha stor betydelse är förarnas kunskaper om riskerna som kan uppstå på vintervägar samt kännedom om de dynamiska egenskaperna hos en dragbil med påhängsvagn och hur denna beter sig på vintervägar.

För att få bedriva godstransporter i Sverige, och andra EES länder, ställs krav att förarna ska ha ett yrkesförarbevis, YKB, enligt Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/59/EU¹². Ett nytt krav på YKB utbildningen tillkom 2018 genom Europaparlamentets och rådets direktiv 2018/645/EU¹³, där det framgår att för att erhålla eller förnya sitt YKB så ställs följande krav på föraren:

"Att vara medveten om och kunna anpassa sig till olika väg-, trafik- och väderförhållanden, förutse kommande händelser, att ha förståelse för hur man förbereder och planerar en resa under onormala väderförhållanden..."

"Att identifiera potentiellt farliga situationer och korrekt tolka hur dessa potentiellt farliga situationer kan leda till situationer där olyckor inte längre kan förhindras..." (2018/645/EU).

Utredningen drar slutsatsen att YKB utbildningar inom EU ska erbjuda utbildning om risker med att föra en kombination i olika väg-, trafik- och väderförhållanden men att dessa inte är riktade mot kombinationer bestående av dragbil med påhängsvagn specifikt. Då YKB utbildningarna är obligatoriska för att få ett yrkesförarbevis samt att man måste gå en fortbildning minst var 5:e år så kommer alla förare senast 2023 genomgått en utbildning som innehåller det nya kravet.

¹² Europaparlamentets och rådets direktiv 2003/59/EU av den 15 juli 2003 om grundläggande kompetens och fortbildning för förare av vissa vägfordon för gods- eller persontransport och om ändring av rådets förordning (EEG) nr 3820/85 och rådets direktiv 91/439/EEG samt om upphävande av rådets direktiv 76/914/EEG.

¹³ Europaparlamentets och rådets direktiv 2018/645/EU av den 18 april om ändring av direktiv 2003/59/EG om grundläggande kompetens och fortbildning för förare av vissa vägfordon för gods- eller persontransport och direktiv 2006/126/EG om körkort.

10 Åtgärdsförslag och rekommendationer

Förslag

Utredningen föreslår att det införs en ny 18 b § i 4 kap. trafikförordningen med följande lydelse.

För en tung lastbil med två axlar varav en är drivande, till vilken det kopplats ett eller flera släpfordon, gäller vid färd på väg den 1 december–31 mars att:

1. minst 25 procent av fordonståget sammanlagda bruttovikt ska belasta drivande axel, eller
2. den sammanlagda bruttovikten av de tillkopplade släpfordonen inte överskrider lastbilens bruttovikt med mer än 1,5 gånger.

Bedömning

Utredningen visar att faktorer som har betydelse för att minska risken för fällknivssituationer och vagnsving är tillräckligt drivaxeltryck, låg friktion i vändskivan samt att fordonen är utrustade med ABS-bromsar. För framkomligheten för dragbilar med påhängsvagn är friktionen mot vägbanan den viktigaste faktorn.

Utredningens bedömning är att ställa krav på hur lasten fördelas. Därigenom minskas risken att hamna i kritiska situationer beroende på väglag samt att villkoret ökar medvetenheten hos förare och åkerier att ha ett tillräckligt högt drivaxeltryck när vinterväglag råder.

10.1 Åtgärdsförslag för tillräckligt drivaxeltryck vid vinterväglag

Utredningens förslag baseras på resultaten från studierna som visar att störst problem med stabilitet och framkomlighet uppstår när väglaget är halt, det vill säga normalt under perioden 1 december–31 mars. En av de viktigaste åtgärderna för att förbättra förutsättningarna för förarna att kunna hantera fordonen på vinterväglag, är att säkerställa att fordonen har tillräckligt med tryck på drivande axel.

Vad ett tillräckligt drivaxeltryck är beror, förutom på däckens utformning och väglaget, även på fordonskombinationernas faktiska vikter. För fordonskombinationer med högre sammanlagda bruttovikter behöver lastbilen ha ett högre drivaxeltryck jämfört med lättare kombinationer.

Förslaget bedöms ge lastbilar med två axlar bättre förutsättningar att säkerställa att friktionen mellan däck och vägbanan är tillräcklig och att viktförhållandet mellan lastbilen och tillkopplade släpvagnar inte är för stort för att på så sätt minska både risken för

fällknivssituationer och vagnsving samt förbättra framkomligheten. Förslaget bedöms även bidra till en att ge chaufförerna bättre förutsättningar att framföra sina fordonskombinationer trafiksäkert vid vinterväglag.

Lastbilar med tre eller flera axlar har generellt sett bättre förutsättningar att ta sig fram vid vinterväglag samt bättre sidostabilitet än lastbilar med två axlar. De kan till exempel lyfta en axel i boggin och därigenom tillfälligt öka trycket mellan däcken på drivaxeln och vägen. Vikten som den extra axeln på en treaxlad lastbil har, cirka ett ton, innebär att dessa har ett högre drivaxeltryck även när de kör olastade än 2-axlade dragbilar.

Vidare bedöms viktförhållande mellan lastbilen och den tillkopplade släpvagnen eller släpvagnarna vara bättre eftersom lastbilar med tre eller fler axlar får bära en större lastvikt än motsvarande lastbil med endast två axlar.

Den förväntade nyttan av förslaget för lastbilar med fler än två axlar bedöms vara liten jämfört med lastbilar med två axlar. Samtidigt är eventuella konsekvenser som exempelvis begränsningar av maximal lastkapacitet, som förslaget skulle kunna innebära för vissa kombinationer med lastbilar med tre eller fler axlar, svåra att överblicka. Utredningen bedömer dock att det inte är uteslutet att eventuella konsekvenser skulle kunna vara av betydande storlek för företagen.

Utredningen bedömer därför att regleringen inte bör omfatta lastbilar med fler än två axlar, eller lastbilar med mer än en drivande axel.

10.2 EU-rättsligt handlingsutrymme för införande av nationella krav

10.2.1 Finns harmoniseringsdirektiv och är åtgärden förenlig med regleringen?

Utredningens bedömning är att regleringen på området, dvs. direktiv 96/53/EG, utgör en minimiharmonisering där det finns visst utrymme för nationella lösningar och begränsningar i förhållande till de vikt- och längdbegränsningar som anges i bilaga I till rådets direktiv 96/53/EG. Dock endast avseende begränsningar i längd och vikt i förhållande till de värden som anges i bilaga 1 i direktivet.

Bedömningen att det är möjligt att ställa krav på ett visst drivaxeltryck avseende nämnda fordonskombinationer baseras på vad som är reglerat enligt direktiv 96/53/EG enligt följande.

Det framgår bland annat av skäl 3 och 4 i direktivets inledning att skillnaderna mellan medlemsstaternas olika normer för vikt och dimensioner för vägfordon inom yrkestrafik, medför att dessa kan påverka

konkurrensen för trafiken mellan medlemsstaterna. Sådana hinder syftar direktivet till att undanröja.

Av skäl 7 framgår dock att andra kompletterade tekniska villkor som är nära relaterade till vikt och dimension kan användas för fordon i yrkesmässig verksamhet som registrerats eller tagits i bruk i en medlemsstat. Sådana villkor bör inte innebära ett hinder mot den fria rörligheten för yrkesmässig trafik mellan medlemsländerna.

Det framgår vidare av skäl 11 att tillämpningsområdet för detta direktiv ska omfatta nationell transport avseende egenskaper som väsentligt inverkar på konkurrensvillkoren och då särskilt avseende högsta tillåtna värden för längd och bredd på fordon för godstransport.

Av artikel 3 i direktivet framgår bland annat att förutsatt att fordon inte överskrider de gränsvärden som anges i bilaga I får medlemsstaterna inte vägra eller förbjuda användning inom sina territorier enligt vissa kriterier.

Vidare framgår av artikel 4.1 framgår att medlemsstaterna ska tillåta att fordon eller fordonskombinationer för nationell godstrafik brukas inom landet endast om kraven enligt vissa punkter enligt bilaga 1 är uppfyllda. Vidare framgår dock av p. 2 att medlemsstaterna kan tillåta nationell godstrafik med fordon som inte uppfyller kraven enligt vissa punkter i bilaga 1.

Av artikel 4.4 och 4.5 framgår att medlemsstaterna för inrikes godstransporter kan tillåta andra gränsvärden för dimensioner om fordonen utför specialiserade transporter eller om transporten sker enligt ett modulsystem, vilket enligt direktivet innebär att den internationella konkurrensen därmed inte påverkas påtagligt. Vidare kan fordon som tillverkats med ny teknik eller liknande få användas till lokal transport under en försöksperiod. Det kan nämnas att Sverige och ett antal andra EU-länder genom en tillämpning av artikel 4.4 b har fått behålla en nationell reglering som tillåter fordon som överstiger 18,75 meter.

Slutligen framgår av p. 4.1 i bilaga 1 i nämnda direktiv att axeltrycket på drivaxeln eller drivaxlarna på ett fordon eller en fordonskombination inte får understiga 25 procent av fordonets eller fordonskombinationens totalvikt när det används i internationell trafik.

Artikel 7 anger att direktivet inte påverkar varje medlemsstats vägtrafikbestämmelser som gör det möjligt att begränsa fordonens vikt och/eller dimensioner på vissa vägar eller underlag oavsett i vilken medlemsstat fordonet har registrerats eller tagits i bruk. Medlemsstaterna får sålunda införa skärpningar i regelverket, det vill säga begränsningar i förhållande till de maximala vikter och dimensioner som anges i bilaga I.

10.2.2 Diskriminering, fri rörlighet, objektiva grunder och proportionalitet

Den ena delen av den föreslagna regleringen bygger på punkt 4.1 i bilaga 1 till direktiv 96/53/EG om att införa krav på att minst 25 procent av fordonstågets sammanlagda bruttovikt ska belasta drivande axel. Detta kan dock innebära en begränsning av lastkapacitet för fordonståg som är längre eller tyngre än de maximalt tillåtna mått och vikter för fordon i internationell trafik enligt direktiv 96/53/EG. I konsekvensutredningen redogörs för omfattningen av en sådan begränsning av godstransporterna i Sverige. Den föreslagna regleringen är dock en harmoniserad direktivsregel som inte ställer olika krav på svenska fordonståg i internationell trafik jämfört med utländska fordonståg i internationell trafik. Regleringen är således varken diskriminerande eller hindrar den fria rörligheten.

Den andra delen av den föreslagna regleringen innebär dessutom en lättnad mot detta och är ett alternativ till att istället för att minst 25 procent av fordonstågets bruttovikt ska belasta drivande axel, får bruttovikten på tillkopplade släpvagnar vara högst 1,5 gånger bruttovikten på lastbilen. Detta syftar således till att motverka de eventuella konsekvenserna av införandet av kravet på 25 procent av bruttovikten på drivande axel för de långa och tunga fordonstågen.

Motsvarande bestämmelser som reglerar viktförhållandet mellan lastbil och tillkopplade släpfordon finns i bland annat Danmark¹⁴ och Norge¹⁵.

Utifrån den analys som utredningen har gjort, se bilaga 1 ”Konsekvensutredning och författningsförslag”, bedöms den föreslagna regleringen vara proportionerlig.

Den föreslagna regleringen bedöms vara i enlighet med EU-rätten.

¹⁴ 6 kap. 24 § Bekendtgørelse (BEK nr 1497 af 01/12/2016) om køretøjers største bredde, længde, højde, vægt og akseltryk.

¹⁵ 4 kap. 4-2 § punkt 4 a Forskrift (FOR 1990-01-25 nr. 92) om bruk av kjøretøy.

10.3 Övriga rekommendationer

En av utredningens slutsatser är att det inte är möjligt att införa nationella särkrav som hindrar att fordon som godkänts i ett annat EU-land hindras från att användas i Sverige. Det är inte heller möjligt att hindra fordon från andra medlemsstater som uppfyller kraven i rådets direktiv 96/53/EU från att brukas i Sverige.

Utredningen rekommenderar därför att Sverige fortsätter att medverka i det internationella arbetet av ECE-reglemente 13 om tekniska krav på bromsar på tunga fordon samt i det internationella arbetet med rådets direktiv 96/53/EG om högsta tillåtna mått och vikter på fordon i internationell trafik.

Referenser

- Bagdadi, O., Wallén W. H., 2016. *Fyrhjulingars köregenskaper och förarnas kunskap om deras egenskaper*. Linköping, Sverige: Statens väg och transportforskningsinstitut. (VTI Rapport 906).
- Genson, Laura R. & Anita Kerezman., 2006. *Truck accident litigation*. Chicago, IL: American Bar Association, Tort Trial and Insurance Practice Section.
- Hauer, E., 2006. *The frequency-severity indeterminacy*. *Accident Analysis and Prevention*, 38(1), 78–83.
- Hauer, E. & Hakkert, A. S., 1988. *Extent and some implications of incomplete accident reporting*. *Transportation Research Record* 1185, 1-10.
- Hjort, M. 2014., *Fakta om friktion* [Powerpointpresentation]. Hämtad från <https://www.vti.se/sv/sysblocksroot/kurser-och-seminarier/friktion/block-1-2---hjort---friktion.pdf>
- Horswill, M. S., Taylor K., Newnam S., Wetton M., Hill A., 2013. *Even highly experienced drivers benefit from a brief hazard perception training intervention*. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 52, pp 100-110.
- Jonsson, J., Wiman, A. & Carlsson, U., 2016. *Slutrapport för förstudie INDRA 2020*. Borlänge: Trafikverket.
- Rådets direktiv 96/53/EG av den 25 juli 1996 om största tillåtna dimensioner i nationell och internationell trafik och högsta tillåtna vikter i internationell trafik för vissa vägfordon som framförs inom gemenskapen. (EUT L 235, 17 september 1996), s. 59–75.
- Scania, 1999. *Tillsatsbromssystem*. Publikation 943.
- Scialfa, C. T., Borkenhagen, D., Lyon, J., Deschênes, M., Horswill, M., Wetton, M., 2012. *The effects of driving experience on responses to a static hazard perception test*. *Accident Analysis & Prevention*, vol. 45, pp 547-553.
- SFS 2003:778. *Lag om skydd mot olyckor*. Stockholm: Justitiedepartementet.
- Stensson Trigell. A., Rothhämel M., Pauwelussen J. & Kural. K., 2017. *Advanced vehicle dynamics of heavy trucks with the perspective of road safety*. *Vehicle System Dynamics*, 55:10, 1572-1617.

- Trafikanalys, 2013. *Trafikarbete på svenska vägar - en översyn av skattningsmetoden* (Trafa PM 2013:8)
- Trafikanalys, 2016. *Utländska lastbilstransporter i Sverige 2015–2016*. Rapport 2018:22.
- Trafikanalys, 2018. *Körsträckor 2017*. Statistik 2018:10.
- Trafikanalys, 2019a. *Körsträckor 2018 (reviderad)*. Statistik 2019:29.
- Trafikanalys, 2019b. *Lastbilstrafik 2018*. Statistik 2019:13.
- Trafikverket, 2012. *Krav för vägars och gators utformning*. Publikation 2020:029.
- Trafikverket, 2012b. *Störningar i Stockholms vägtrafik 2012*. Publikation 2013:097.
- Trafikverket, 2019. *Vinterväghållning*. <https://www.trafikverket.se/resa-och-trafik/underhall-av-vag-och-jarnvag/Sa-skoter-vi-vagar/Vintervaghallning/> [2020.04.15]
- Trafikverket, 2019b. *Analys av Trafiksäkerhetsutvecklingen 2018 - Målstyrning av trafiksäkerhetsarbetet mot etappmålen 2020* (2019:090).
- Trafikverket, 2019c. *Längre lastbilar på det svenska vägnätet - för mer hållbara transporter*. Publikation 2019:076.
- UN, 2015. *Enhetliga bestämmelser för godkännande av fordon av kategorierna M, N och O med avseende på bromsning [2016/194]*. Föreskrifter nr 13 från Förenta nationernas ekonomiska kommission för Europa (FN/ECE).
- Volvo, 2006. *Vändskiva 5WT-JOM* [Faktablad]. http://productinfo.vtc.volvo.se/files/pdf/1o/5WT-JOM_Swe_02_540810.pdf
- Volvo, 2018. *Elektroniskt stabilitetsprogrampaket* [Faktablad]. <https://stpi.it.volvo.com/STPIFiles/Volvo/FactSheet>.
- Yahya, M.R. & Henriksson, P., 2016. *Utländska lastbilar i Sverige - Revidering av indata till avgasmodellen HBEFA avseende trafikarbetets fördelning inom segment*. VTI notat 16-2016.
- Yahya, M.R. & Henriksson, P., 2018. *Svenskregistrerade tunga lastbilars trafik i Sverige - Revidering av indata till avgasmodellen HBEFA avseende trafikarbetets fördelning inom segment*. VTI notat 2-2018.

Bilaga 1

Bilaga 1 Konsekvensutredning och författningsförslag

Bilaga till Transportstyrelsens regeringsrapport den 15
oktober 2020, N2018/04592/MRT

Innehåll

1 FÖRFATTNINGSFÖRSLAG	5
1.1 Förslag till ändring i trafikförordningen (1998:1276).....	5
A. ALLMÄNT	7
1. Vad är problemet eller anledningen till regleringen?	7
2. Vad ska uppnås?	9
3. Vilka är lösningsalternativen?	9
3.1 Effekter om ingenting görs?	9
3.2 Alternativ som inte innebär reglering.....	9
3.3 Regleringsförslag.....	9
3.4 Alternativ till föreslagen reglering	11
4. Vilka är berörda?	12
5. Vilka konsekvenser medför regleringen?	12
5.1 Företag	12
5.2 Medborgare	13
5.3 Externa effekter	14
5.4 Staten, regioner eller kommuner	14
6. Vilka konsekvenser medför övervägda alternativ till regleringen och varför anses regleringen vara det bästa alternativet?	14
6.1 Kritiska kombinationer	15
6.2 Begränsning av lastkapacitet	15
6.3 Omfördelning av last	17
7. Överensstämmer regleringen med eller går den utöver de skyldigheter som följer av EU-rättslig reglering eller andra internationella regler?	18
8. Behöver särskild hänsyn tas när det gäller tidpunkten för ikraftträdande och finns det behov av speciella informationsinsatser? ..	18
B. TRANSPORTPOLITISK MÅLUPPFYLLELSE	19
1. Hur påverkar regleringen funktionsmålet?.....	19
2. Hur påverkar regleringen hänsynsmålet?.....	19
2.1 Trafiksäkerhet.....	19
2.2 Bränsleförbrukning, klimat och miljö.....	20
C. SAMMANSTÄLLNING AV KONSEKVENSER	21
D. SAMRÅD	21
A. ALLMÄNT	22
1. Vad är problemet eller anledningen till regleringen?	22
2. Vad ska uppnås?	22
3. Vilka är lösningsalternativen?	22
3.1 Effekter om ingenting görs?	22
3.2 Alternativ som inte innebär reglering.....	22

3.3	Regleringsförslag.....	22
3.4	Alternativ till föreslagen reglering	23
4.	Vilka är berörda?	23
5.	Vilka konsekvenser medför regleringen?	23
5.1	Företag	23
5.2	Medborgare	23
5.3	Staten, regioner eller kommuner	23
5.4	Externa effekter	23
6.	Vilka konsekvenser medför övervägda alternativ till regleringen och varför anses regleringen vara det bästa alternativet?	24
7.	Överensstämmer regleringen med eller går den utöver de skyldigheter som följer av EU-rättslig reglering eller andra internationella regler?	24
8.	Behöver särskild hänsyn tas när det gäller tidpunkten för ikraftträdande och finns det behov av speciella informationsinsatser? ..	24
B.	TRANSPORTPOLITISK MÅLUPPFYLLELSE	25
1.	Hur påverkar regleringen funktionsmålet?.....	25
2.	Hur påverkar regleringen hänsynsmålet?.....	25
D.	SAMMANSTÄLLNING AV KONSEKVENSER.....	25

1 Författningsförslag

1.1 Förslag till ändring i trafikförordningen (1998:1276)

Härigenom föreskrivs att 4 kap. 18 b §, 14 kap. 4 och 11 §§ trafikförordningen (1998:1276) ska ha följande lydelse.

Nuvarande lydelse

Föreslagen lydelse

4 kap. 18 b §

För en tung lastbil med två axlar varav en är drivande, till vilken det kopplats ett eller flera släpfordon, gäller vid färd på väg den 1 december–31 mars att:

1. minst 25 procent av fordonståget sammanlagda bruttovikt ska belasta drivande axel, eller

2. den sammanlagda bruttovikten av de tillkopplade släpfordonen inte överskrider lastbilens bruttovikt med mer än 1,5 gånger

14 kap. 4 §

4 § Till penningböter döms en förare av ett motordrivet fordon som bryter mot 4 kap. 3, 4, 12, 13 eller 18 a § eller lokal trafikföreskrift enligt 10 kap. 1 § andra stycket som rör fordons axel-, boggi-, eller trippelaxeltryck eller bruttovikt, om han eller hon kände till eller bort känna till hindret för fordonets brukande. Den som i ett sådant fall brukar någon annans fordon utan lov har samma skyldigheter som ägaren enligt 1 kap. 5 § och döms i

4 § Till penningböter döms en förare av ett motordrivet fordon som bryter mot 4 kap. 3, 4, 12, 13, 18 a eller 18 b § eller lokal trafikföreskrift enligt 10 kap. 1 § andra stycket som rör fordons axel-, boggi-, eller trippelaxeltryck eller bruttovikt, om han eller hon kände till eller bort känna till hindret för fordonets brukande. Den som i ett sådant fall brukar någon annans fordon utan lov har samma skyldigheter som ägaren enligt 1

ägarens ställe enligt 11 § i detta kapitel.

För medverkan till gärning som avses i första stycket döms till ansvar enligt 23 kap. brottsbalken. Förordning (2012:553).

kap. 5 § och döms i ägarens ställe enligt 11 § i detta kapitel

För medverkan till gärning som avses i första stycket döms till ansvar enligt 23 kap. brottsbalken. Förordning (2012:553).

Nuvarande lydelse

Föreslagen lydelse

14 kap. 11 §

11 § Till penningböter döms ägaren av ett fordon om han eller hon uppsåtligen eller av oaktsamhet har underlåtit att göra vad som har ankommit på honom eller henne för att hindra att fordonet brukas i strid mot 4 kap. 3, 4, 12, 13 eller 18 a § eller mot lokal trafikföreskrift enligt 10 kap. 1 § som rör fordons axel-, boggi-, eller trippelaxeltryck eller bruttovikt. Detsamma gäller den som innehar fordonet med nyttjanderätt och har befogenhet att bestämma om förare av fordonet eller anlitar en annan förare än ägaren har utsett. För medverkan till sådan gärning som avses i första stycket döms till ansvar enligt 23 kap. brottsbalken. Förordning (2012:553).

11 § Till penningböter döms ägaren av ett fordon om han eller hon uppsåtligen eller av oaktsamhet har underlåtit att göra vad som har ankommit på honom eller henne för att hindra att fordonet brukas i strid mot 4 kap. 3, 4, 12, 13, 18 a eller 18 b § eller mot lokal trafikföreskrift enligt 10 kap. 1 § som rör fordons axel-, boggi-, eller trippelaxeltryck eller bruttovikt. Detsamma gäller den som innehar fordonet med nyttjanderätt och har befogenhet att bestämma om förare av fordonet eller anlitar en annan förare än ägaren har utsett. För medverkan till sådan gärning som avses i första stycket döms till ansvar enligt 23 kap. brottsbalken. Förordning (2012:553).

Konsekvensutredning av förslag om krav på tillräckligt drivaxeltryck vid vinterväglag

Transportstyrelsens föreslår:

Att det införs en ny 18 b § i 4 kap. trafikförordningen (1998:1276) med följande lydelse.

För en tung lastbil med två axlar varav en är drivande, till vilken det kopplats ett eller flera släpfordon, gäller vid färd på väg den 1 december–31 mars att:

1. minst 25 procent av fordonståget sammanlagda bruttovikt ska belasta drivande axel, eller
2. den sammanlagda bruttovikten av de tillkopplade släpfordonen inte överskrider lastbilens bruttovikt med mer än 1,5 gånger.

A. Allmänt

1. Vad är problemet eller anledningen till regleringen?

Vinterväglag innebär högre olycksrisk och kan orsaka framkomlighetsproblem för den tunga trafiken. För att skapa bättre förutsättningar för dessa att ta sig fram under dessa omständigheter kan det finnas anledning att införa bestämmelser som ger förare bättre möjligheter att trafiksäkert och med god framkomlighet framföra tunga fordonskombinationer.

Stopp i trafiken som orsakas av stillastående fordon som inte lyckas ta sig fram i till exempel uppförsbackar kostar samhället pengar. Denna kostnad är svår att beräkna eftersom ett stillestånd inte per automatik innebär att räddningstjänst eller bärgare blir involverade. Även om sådana stillestånd i många fall är relativa korta kan det ändå innebära kostnader i form av begränsad framkomlighet och tillgänglighet. Stillastående fordon innebär även en ökad trafiksäkerhetsrisk för alla som befinner sig runt det stillastående fordonet.

Nedan följer två exempel på vilka kostnader stillestånd i trafiken kan ge. Exempelen är tagna från Trafikverkets rapport om störningar i trafiken i Stockholm 2012. I båda fallen pågick stoppet under cirka 8 timmar, dagtid. De stora skillnaderna i de uppskattade kostnaderna visar att kostnaden är beroende på när och framförallt var stoppet sker. Sker stoppet på en väg med mycket trafik så kan kostnaderna öka tiofaldigt jämfört med en mindre trafikerad väg.

Det första exemplet är från 7 oktober 2013 när en brand i en lastbil på E4an strax söder om Mjölby orsakade ett stopp på 11 555 fordonstimmar motsvarande en kostnad på cirka 5,7 miljoner kronor, enligt Trafikverket (2012b).

Det andra exemplet är från 28 maj 2012 när en lastbil välte i påfarten från Norrtull/Karolinska upp på E4 vid Haga södra och orsakade en stopp på cirka 100 000 fordonstimmar motsvarande en kostnad på cirka 50 miljoner kronor, enligt Trafikverket (2012b).

Det har under senaste åren uppmärksammats av bland andra åkeribranschen att det förekommer problem med lastbils kombinationer med dragbilar med kort axelavstånd, främst på vinterväglag. Fenomenet med fällknivssituationer som uppstått har observerats under många år. En bidragande orsak till förekomsten anses vara den stora viktskillnaden mellan dragfordonet och påhängsvagnen. Det korta axelavståndet ger dessutom föraren sämre förutsättningar att förhindra fällknivssituationer och försämrar fordonens stabilitet i övrigt.

Under senare år har material och konstruktioner utvecklats vilket har bidragit till att dragbilarnas vikt har minskat. Viktminskningen har möjliggjort en högre godsvikt med bibehållen totalvikt på fordonskombinationer men påverkar samtidigt viktfordelningen mellan bil och släp och det kan vara en bidragande faktor till problemet med fällknivssituationer.

För att förbättra förutsättningarna för föraren att kunna hantera fordonen på ett säkert sätt på vinterväglag är det av vikt att säkerställa att friktionen mellan däck och vägbanan är så hög som möjligt.

Friktionen mellan däck och väg påverkas dels av däckens utformning, om de är anpassade för vinterväglag eller inte, samt av däckens tryck mot vägbanan. Om däcken har en otillräcklig friktion mot vägbanan minskar möjligheten att stå emot de krafter som påhängsvagnen överför till lastbilen vilket kan innebära att man hamnar i till exempel en fällknivssituation.

Lastbilar med tre eller flera axlar har bättre förutsättningar att ta sig fram vid vinterväglag än lastbilar med två axlar. De kan till exempel lyfta en axel i boggin och därigenom tillfälligt öka trycket mellan däcken på drivaxeln och vägen. Vikten som den extra axeln på en treaxlad lastbil har, cirka ett ton, innebär att dessa har ett högre drivaxeltryck när de kör olastade med en axel upplyft än 2-axlade dragbilar.

2. Vad ska uppnås?

Ett väl fungerande transportsystem är en förutsättning för en långsiktigt hållbar utveckling av Sverige för att kunna möta framtidens samhällsutmaningar, en hög trafiksäkerhet och god framkomlighet för den tunga trafiken är en viktig del detta.

För att förbättra framkomligheten och trafiksäkerheten för vissa tunga fordonskombinationer finns det anledning att införa bestämmelser med krav som säkerställer att drivaxeltryck i förhållande till hela kombinationens bruttovikt är tillräckligt eller en begränsning på hur stor viktskillnaden mellan lastbil och tillkopplade släpfordon får vara.

3. Vilka är lösningsalternativen?

3.1 Effekter om ingenting görs?

Om ingenting görs förväntas antalet tillbud och stopp/stillestånd i trafiken för 2-axlade lastbilar som ingår i en fordonskombination förväntas bli oförändrat.

3.2 Alternativ som inte innebär reglering

Genom att öka medvetenheten hos chaufförerna om riskerna med att köra på vintervägar i Sverige och de kritiska situationer som kan uppstå när man kör på vinterväglag så kan viss trafiksäkerhetseffekt uppnås, åtminstone på sikt. Utbildningar och information till förare är viktiga och kan bidra till en bättre förståelse kring risker men det tar lång tid innan nyttoeffekten av dessa är märkbar. Endast utbildning eller informationskampanjer ger inte heller förarna samma möjligheter att påverka fordonens lastfördelning som ett regelverk som ställer detta krav kan ge.

3.3 Regleringsförslag

Utredningen föreslår att följande krav införs för en tung lastbil med två axlar, varav en är drivande, till vilken det kopplats ett eller flera släpfordon:

1. minst 25 procent av fordonstågets sammanlagda bruttovikt belastar drivande axel, eller
2. den sammanlagda bruttovikten som hjulen på tillkopplade släpfordon överför till vägbanan inte överstiger 1,5 gånger den sammanlagda bruttovikten som hjulen på lastbilen överför till vägbanan.

Utredningen föreslår att kravet ska gälla vid färd på väg under perioden 1 december–31 mars.

Omfattning

Förslaget är att alla tunga lastbilar med två axlar, varav en är drivande, till vilken det kopplats ett eller flera släpfordon ska omfattas.

Enligt dagens regelverk för färd på väg med bärighetsklass 1 (BK1) medges en högsta bruttovikt på 38 ton för släpvagnar, inklusive påhängsvagnar, och för dolly¹ med tillkopplad påhängsvagn. Detta medför att på vägar med BK1 kan fordonståg bestående av tvåaxlad lastbil med tillkopplade släpvagnar enligt dagens regelverk ha en bruttovikt på upp till 56 ton. Detta uppnås genom att lastbilen, som medges en högsta bruttovikt på 18 ton, kopplas ihop med en släpvagn med en bruttovikt på 38 ton. Detta innebär att bruttovikten på den tillkopplade släpvagn är mer än två gånger så stor som lastbilens bruttovikt.

Fordonskombinationer som består av en tvåaxlad lastbil med en tillkopplad treaxlad link² samt till denna ytterligare en påhängsvagn med tre axlar kan en bruttovikt på 64 ton uppnås. I dessa fall innebär det att bruttovikten på de tillkopplade släpfordonen kan vara mer än 2,5 gånger större än lastbilens bruttovikt.

På färd på väg med bärighetsklass 4 (BK4) kan detta viktförhållande vara ännu större.

Desto fler släpfordon som kopplas till en tung lastbil desto svårare är det att uppfylla kravet. Men även om kraven blir svårare att uppnå så kvarstår det viktiga av att se till att fordon i trafik kan framföras trafiksäkert och med god framkomlighetsförmåga.

Utredningens bedömning är att det inte enbart är dragbilar med två axlar som kan få problem med vinterväglag utan även andra tunga 2-axliga lastbilar som ingår i en fordonskombination. Utredningen anser därför att de föreslagna reglerna bör omfatta alla tvåaxliga lastbilar, med en drivande axel, som ingår i en fordonskombination med minst en tillkopplad släpvagn.

Tidsperiod

Problemet att uppnå tillräcklig friktion mot vägbanan för att uppnå hög trafiksäkerhet och god framkomlighet är störst vid vinterväglag. Förslaget är därför att kravet ska gälla under samma tidsperiod som trafikförordningens krav på vinterdäck eller likvärdig utrustning, från 1 december till 31 mars.

¹ En släpkärra som är avsedd att vara styraxel för en påhängsvagn och som är utrustad med kopplingsanordning (vändskiva) för en påhängsvagn. Lag (2001:559) om vägtrafikdefinitioner.

² En link är en typ av påhängsvagn med en vändskiva längst bak som möjliggör tillkoppling av ytterligare en påhängsvagn.

3.4 Alternativ till föreslagen reglering

Fordonskombinationer med endast 1 släpvagn

Ett alternativ till föreslagen reglering där kraven endast skulle gälla fordonståg bestående av en lastbil med endast en tillkopplad släpvagn skulle innebära att flera fordonskombinationer där en 2-axlig lastbil är sammankopplad med flera släpvagnar inte skulle omfattas av regleringen. Problematiken relaterade till vintervägar och vinterväglag har kunnat härledas till behovet av tillräcklig friktion mot vägbanan. De viktigaste faktorerna som kan påverka detta är förutom däckens konstruktion att tillräckligt drivaxeltryck erhålls, i förhållande till den totala sammanlagda vikten som lastbilen ska hantera. Fordonståg bestående av lastbil med fler än en tillkopplad släpvagn innebär att en större andel av fordonstågets vikt utgörs av släpvagnarna.

Utredningen bedömer att ett regleringsalternativ där fordonståg bestående av lastbil med fler än 1 släpvagn inte omfattas skulle bidra till en sämre utveckling av trafiksäkerheten.

Tunga lastbilar med fler än två axlar

Tunga lastbilar med fler än två axlar bedöms ha bättre förutsättningar att ta sig fram vid vinterväglag, till exempel genom högre egenvikt samt möjlighet att tillfälligt kunna öka drivaxeltrycket genom att kunna lyfta en axel i boggin. Lastbilar med fler än två axlar kan också vara utrustade med två drivande axlar och har bättre framdrivningsförmåga samt högre sidostabilitet än 2-axliga lastbilar.

Generellt sett bedöms även viktförhållande mellan lastbilen och släpvagnen eller släpvagnarna i sådana fordonskombinationer vara bättre eftersom lastbilar med tre eller fler axlar får bära en större lastvikt än motsvarande lastbil med endast två axlar.

Den förväntade nyttan av förslaget för lastbilar med fler än två axlar bedöms vara liten jämfört med lastbilar med två axlar. Samtidigt är eventuella konsekvenser med en begränsning i maximal bruttovikt, som föreslaget skulle kunna innebära för vissa kombinationer, svåra att överblicka.

Utredningen bedömer att regleringen inte bör omfatta lastbilar med fler än två axlar.

Obegränsad tidsperiod för bestämmelsen

Problematiken som beskrivits i uppdraget förekommer under vinterhalvåret när väglaget är halt och svårigheterna att uppnå tillräcklig friktion mellan däck och vägbanan är störst.

Bedömningen är att föreslagen reglering inte bör gälla hela året då nyttoeffekten under sommarhalvåret är försumbar.

4. Vilka är berörda?

De som berörs av föreslagen reglering är alla fordonsägare, såväl privata som åkerier, som har tunga tvåaxlade lastbilar och till vilken det kopplas släpfordon berörs.

Även om den föreslagna regleringen riktar sig till fordonsägare och förare av vissa specifika fordon och fordonskombinationer berörs samtliga trafikanter i olika grad eftersom den föreslagna regleringen syftar till förbättrad trafiksäkerhet och ökad framkomlighet.

5. Vilka konsekvenser medför regleringen?

5.1 Företag

De flesta åkerier och transportörer bedöms inte ha några problem med att uppfylla förslaget. I de fall företag har problem att uppfylla kraven i förslaget så kan detta innebära en förhöjd risk för olyckor.

Även om förslaget i grunden innebär ett föraransvar kan det finnas ett värde i att speditörer och transportledare även känner till denna regel och vilket tidsperiod den ska tillämpas.

Färre antal stopp i trafiken kan även medföra lägre belastning för till exempel bärningsbranschen, vilket är särskilt viktigt under vinterhalvåret då belastningen på bärningsföretag är som störst. Förslagen bedöms inte generera några kostnader för branschen och det har inte varit möjligt att uppskatta hur många färre olyckor som förväntas inträffa. Det har därmed inte varit möjligt att uppskatta vare sig eventuellt inkomstbortfall eller minskat behov av övertid eller extra insatser för bärningsbranschen.

Tidsåtgång för företagen

I de fall där förslaget innebär till exempel extra omlastningar kan det innebära extra tidsåtgång för företagen. Detta ska då ställas i paritet med den extra tidsåtgång som stopp i trafiken kan medföra, och då både för de som orsakar stoppet och de som blir drabbade av stoppet. Eftersom förslaget bedöms leda till färre stopp i trafiken vid vinterväglag kan det även innebära effektivare och snabbare transporter, och därigenom en minskad tidsåtgång för att utföra och planera transportuppdrag. Huruvida en omlastning är nödvändig eller inte på grund av de föreslagna reglerna beror på möjligheterna att planera lastningen av fordonen. Det har inte varit möjligt att uppskatta den extra tid som skulle kunna uppstå.

Kostnader för företagen

Förslaget medför inte någon skyldighet eller förbud mot att föra vissa fordonskombinationer, utan ställer enbart krav på viss lastfördelning under den del av året där det råder vinterväglag. I de fall där förslaget innebär till

exempel extra omlastningar eller minskad lastförmåga kan det innebära ökade kostnader för företagen. Detta ska då ställas i paritet med den extra kostnad som stopp och olyckor i trafiken kan medföra. Även om det inte är det egna fordonet som orsakat stoppet eller olyckan bedöms förslagen sammantaget leda till färre stopp i trafiken vid vinterväglag vilket bedöms medföra effektivare, säkrare och snabbare transporter som sammantaget bedöms leda till minskade kostnader för företagen.

Det är uppskattningsvis 0,1-2 procent av det totala transportarbetet i Sverige som eventuell skulle beröras av en begränsning av lastkapacitet till följd av föreslagen reglering. Nämligen de transporter som utförs av fordonskombinationer bestående av 2-axliga lastbilar med en drivande axel med en tillkopplad släpvagn med fler än tre axlar, samt 2-axliga lastbilar med en drivande axel och som är sammankopplade med fler än en släpvagn.

De föreslagna åtgärderna förväntas därför inte påverka vare sig den totala mängd gods som företagen kan transportera eller eventuella behov av fler transporter i någon nämnvärd omfattning. Den eventuella påverkan gäller dessutom endast under perioden 1 december–31 mars.

I vilken utsträckning kan föreslagen regleringen komma att påverka konkurrensförhållandena för företagen?

I den mån trafiksäkerheten och framkomligheten förbättras bedöms förslaget bidra till bättre konkurrensvillkor och bättre konkurrenskraft mellan företag, såväl för företag både inom och utanför Sverige.

Hur kan regleringen i andra avseenden komma att påverka företagen?

Vid implementering kan det finnas behov för berörda företag att informera sina anställda om regeln.

Vid upphandlingar där transportuppdrag ska utföras med tvåaxlade lastbilar med tillkopplade släpvagnar behöver företagen ta hänsyn till dessa regler.

Behöver särskilda hänsyn tas till små företag vid reglernas utformning?

Förslaget avser att under perioden 1 december–31 mars ge vissa tyngre fordonskombinationer bättre förutsättningar att öka trafiksäkerheten och framkomligheten. Regler som avser att öka trafiksäkerheten och framkomligheten gynnar alla företag oavsett storlek, någon särskild hänsyn till små företag bedöms därför inte behöva tas.

5.2 Medborgare

Medborgarnas påverkan bedöms endast vara positiv då syftet med denna reglering är förbättrad trafiksäkerhet och ökad framkomlighet för vissa tunga fordonskombinationer. Genom minskat antal stopp i trafiken uppnås en ökad tillgänglighet för samtliga trafikanter.

5.3 Externa effekter

Huvudsyftet med förslaget är förbättrad trafiksäkerhet och ökad framkomlighet genom att bland annat minska risken för olyckor och stopp i trafiken. Eftersom förslaget ställer krav på ett visst drivaxeltryck i förhållande till hela kombinationens vikt, alternativt en viss högsta viktskillnad mellan fordon i en fordonskombination, bedöms detta medföra positiva effekter för trafiksäkerheten i stort.

5.4 Staten, regioner eller kommuner

Inga förväntade negativa konsekvenser av betydelse för staten, regionerna eller kommuner. Förslagen förväntas ge positiva effekter på trafiksäkerheten och framkomligheten på vägarna.

I de fall där kommuner, regioner eller staten idag utför transporter med tvåaxlade lastbilar som inte uppfyller villkoren i förslaget kan det innebära att man behöver ersätta dessa med lastbilar som har tre eller flera axlar.

Vid ett byte från 2-axliga till 3-axliga lastbilar minskas medelaxeltrycket vilket kan bidra till minskat vägslitage, samtidigt som mer gods kan transporteras genom högre tillåtna axelvikter.

Det finns inga tillgängliga uppgifter om vilka lastbilar som används idag för olika typer av godstransporter eller den lastvikt som fordonen har vid varje transport. Det är därför inte möjligt att uppskatta hur många fordon som påverkas av utredningens förslag. En kostnad-nyttokalkyl för detta har därmed inte varit möjlig att upprätta.

Polis och bilinspektörer är de som kontrollerar regelefterlevnaden av de föreslagna kraven. Detta sker vid ordinarie kontroller och förslagen förväntas inte medföra något extra arbete. I de fall man upptäcker att kraven inte uppfylls har polisen möjlighet att utfärda en bot.

6. Vilka konsekvenser medför övervägda alternativ till regleringen och varför anses regleringen vara det bästa alternativet?

I detta avsnitt beskrivs konsekvenserna av de övervägda alternativen. Främst har tre konsekvenser identifierats.

1. Kritiska kombinationer,
2. omfördelning av last och
3. begränsning av lastkapaciteten.

6.1 Kritiska kombinationer

Det finns främst två fordonskombinationer som bedömts som mest kritiska för att uppfylla de föreslagna bestämmelserna. Det är tvåaxlade dragbilar med tillkopplad link och till den ytterligare en tillkopplad påhängsvagn, alternativt tvåaxlad dragbilar med tillkopplad påhängsvagn och till den en tillkopplad släpkärra. Då dessa är ihopkopplade enligt det så kallade modulsystemet³, så kan de genom sin högre egenvikt på hela kombinationen ha problem att uppfylla kravet att minst 25 procent av fordontågets bruttovikt ska belasta drivaxeln.

För att den föreslagna regleringen inte ska bli diskriminerande mot vissa av våra nationella fordonskombinationer behöver det därför finnas ett alternativ i författningsförslaget. Alternativet innebär att istället för att minst 25 procent av fordonstågets bruttovikt ska belasta drivande axel får bruttovikten på tillkopplade släpvagnar vara upp till 1,5 gånger bruttovikten på lastbilen.

Genom att tillgodoräkna hela den bruttovikt som lastbilens hjul, och inte endast de drivande hjulen, överför till vägbanan innebär alternativet en lättnad och innebär att den föreslagna regleringen inte är diskriminerande mot vissa av nationella fordonskombinationer.

I de fall där man idag utför transporter som innebär att man inte uppfyller de föreslagna kraven kan det innebära att man behöver byta ut sina tvåaxlade lastbilar mot lastbilar med tre eller flera axlar. Antalet sådana fall bedöms inte vara omfattande då transporter med höga bruttovikter normalt sett redan utförs med lastbilar som har tre eller flera axlar.

Vid transport av plomberade lastbärare som till exempel containers, växelvlak eller påhängsvagnar har föraren inga eller begränsade möjligheter att påverka lastfördelningen. En plomberad lastbärare innebär inte per automatik att den inte kan uppfylla kravet, utan att dessa transporter innebär en begränsning för chauffören att kunna kontrollera lasten och lastfördelningen, vilket då ställer krav på beställare av transporter att se till att regelverket kan uppfyllas.

6.2 Begränsning av lastkapacitet

Regleringen avser att säkerställa trafiksäkerheten och framkomligheten genom att drivaxeln på tvåaxlade lastbilar ska ha ett tillräckligt axeltryck mot vägbanan eller genom ett visst viktförhållande mellan lastbilen och tillkopplade släpfordon.

³ European Modular System (EMS), innebär att Sverige tillåter fordonståg som är längre än 24,0 upp till 25,25 meter långa om vissa villkor är uppfyllda, se 4 kap. 17 § trafikförordningen (1998:1276).

Förslaget medför att den högsta sammanlagda bruttovikten som fordonskombinationer, som dras av en lastbil med två axlar, varav en är drivande, är begränsat till 45⁴ alternativt 46⁵ ton under perioden 1 december–31 mars, se exempel nedan.

Ett exempel: Enligt dagens regelverk kan en högsta sammanlagda bruttovikten för fordonskombinationer som dras av en lastbil med två axlar, varav en är drivande, uppgå till 56 ton på BK1 väg⁶. Detta uppnås genom att koppla en 4-axlig släpvagn med en bruttovikt på 38 ton till lastbilen, vars högsta tillåtna bruttovikt är 18 ton. Denna fordonskombination kan som mest ha 20 procent (11,5ton/56ton) av den sammanlagda bruttovikten på den drivande axeln. Bruttovikten för släpvagnen uppgår till 2,1 gånger (38ton/18ton) lastbilens bruttovikt.

För detta ekipage gäller, under perioden 1 december–31 mars, att den maximala lastkapaciteten minskas med cirka 18-20 procent.

Hur vanligt det är med denna typ av kombinationer har varit svårt att uppskatta. Trafikanalys (Trafikanalys, 2019b) för statistik över det transportarbete som utförs i Sverige. I deras rapporter kan man utläsa hur stort transportarbetet är för kombinationer med olika axelkonfigurationer, till exempel lastbil med tre axlar och släpvagn med fem axlar etc. Tyvärr finns inte kombinationer bestående av lastbil med två axlar och släpvagn med fyra axlar som en egen kategori. I en ”övrig” kategori finns det totala transportarbetet för följande lastbils kombinationer:

- lastbilar med två axlar och släpvagnar med fler än tre axlar, eller
- lastbilar med tre axlar och släpvagnar med fler än fyra axlar, eller
- lastbilar med fler än tre axlar och släpvagnar med fler än fyra axlar.

Enligt statistik från Trafikanalys är det totala transportarbetet som utförs i Sverige med lastbils kombinationer som har en totalvikt mellan 44 och 55 ton omkring 800 ton kilometer, med en osäkerhet på ± 580 ton kilometer.

Detta utgör cirka 2 procent ($\pm 1,5\%$) av det totala transportarbetet i Sverige.

Det är dock inte möjligt att avgöra hur stor del av detta transportarbete som utförs av 2-axliga lastbilar med en 4-axlig släpvagn eftersom det finns andra kombinationer med 3-axliga lastbilar eller dragbilar som också klarar av

⁴ Den högsta tillåtna bruttovikten för ett tvåaxligt motordrivet fordon är 18 ton på vägar med BK1 och BK2. Detta innebär att den föreslagna regeln om att släpfordonens sammanlagda bruttovikt får vara högst 1,5 gånger bilens bruttovikt begränsar den högsta tillåtna bruttovikten för fordonståget till 45 ton.

⁵ Det högsta tillåtna axeltrycket för 1 drivande axel är 11,5 ton på vägar med BK1 och BK2. Detta innebär att den föreslagna regeln om att minst 25 % av den sammanlagda bruttovikten ska belasta drivande axel ger en högsta tillåtna sammanlagd bruttovikt på 46 ton.

⁶ Väg med bärighetsklass 1 enligt 4 kap. 11 § trafikförordningen.

dessa bruttovikter, och som är mycket vanligare. Det sammanlagda trafikarbete som kombinationer med 3-axliga lastbilar eller dragbilar utför total i Sverige uppgår till omkring 26 000 ton kilometer, motsvarande cirka 65 procent av transportarbetet.

Förslaget innebär ingen begränsning av högsta tillåtna vikter enligt rådets direktiv 96/53/EG och går således inte utöver de skyldigheter som följer av den EU-rättsliga regleringen.

Det finns inga tillgängliga uppgifter om vilka lastbilar som används idag för olika typer av godstransporter, vilka släpvagnar som är tillkopplade eller vilken lastvikt som fordonen har vid varje transport. Det är därför inte möjligt att uppskatta hur många fordon som påverkas av utredningens förslag. En kostnad-nyttokalkyl för detta har därmed inte varit möjlig att upprätta.

Eventuell begränsning i maximal lastkapacitet ska dessutom ställas i paritet till riskerna med att föra sådana kombinationer vintertid och de samhällskostnader som olyckor kan innebära.

6.3 Omfördelning av last

Förslaget kan innebära att planering av transporter och transportupplägget i vissa fall kan komma att påverkas. Förslaget syftar till att öka framkomligheten och trafiksäkerheten vilket i ett större och mer långsiktigt perspektiv bedöms vara gynnande för dessa. I de fall där en eventuell lossningsordning påverkas av förslaget, till exempel genom att godset till första lossningsstället behöver transporteras på lastbilen eller längst fram i påhängsvagnen, och efter att denna last lossats behöver gods flyttas från släpvagnen till lastbilen eller flyttas längre fram i påhängsvagnen. Förslaget kan därför i förekommande fall innebära att extra omlastningstid behövs.

I likhet med en eventuell begränsning av lastkapaciteten behöver eventuell omfördelning av last endast göras under perioden 1 december–31 mars.

Det finns inga tillgängliga uppgifter om vilka lastbilar som används idag för olika typer av godstransporter, vilka släpvagnar som är tillkopplade eller vilken lastvikt som fordonen har vid varje transport. Det har därför inte varit möjligt att uppskatta hur många fordon eller godstransporter som påverkas av utredningens förslag.

En kostnad-nyttokalkyl som behovet av extra omlastningstid skulle innebära har därmed inte varit möjlig att upprätta.

Utredningen anser även att det är troligt att placering av last kan optimeras av speditörer och transportplanerare för att minimera antalet omlastningstillfällen

7. Överensstämmer regleringen med eller går den utöver de skyldigheter som följer av EU-rättslig reglering eller andra internationella regler?

Den ena delen av den föreslagna regleringen bygger på punkt 4.1 i bilaga 1 till direktiv 96/53/EG om att införa krav på att minst 25 procent av fordonstågets sammanlagda bruttovikt ska belasta drivande axel. Detta kan dock innebära en begränsning av lastkapacitet för fordonståg som är längre eller tyngre än de maximalt tillåtna mått och vikter för fordon i internationell trafik enligt direktiv 96/53/EG. Den föreslagna regleringen är dock en harmoniserad direktivsregel som inte ställer olika krav på svenska fordonståg i internationell trafik jämfört med utländska fordonståg i internationell trafik. Regleringen är således varken diskriminerande eller hindrar den fria rörligheten.

Den andra delen av den föreslagna regleringen innebär dessutom en lättnad mot detta och är ett alternativ till att istället för att minst 25 procent av fordonstågets bruttovikt ska belasta drivande axel, får bruttovikten på tillkopplade släpvagnar vara högst 1,5 gånger bruttovikten på lastbilen. Detta syftar således till att motverka de eventuella konsekvenserna av införandet av kravet på 25 procent av bruttovikten på drivande axel för de långa och tunga fordonstågen.

Motsvarande bestämmelser som reglerar viktförhållandet mellan lastbil och tillkopplade släpfordon finns i bland annat Danmark⁷ och Norge⁸.

Utifrån den analys som gjorts tidigare i utredningen, samt i konsekvensutredningen, bedöms den föreslagna regleringen vara proportionerlig.

Den föreslagna regleringen bedöms vara i enlighet med EU-rätten.

8. Behöver särskild hänsyn tas när det gäller tidpunkten för ikraftträdande och finns det behov av speciella informationsinsatser?

Utredningen föreslår att ett ikraftträdande datum sätts till den 1 april för att ge företagen tid att förbereda innan 1 december samma år.

Ett ikraftträdande om straffansvar till den föreslagna regleringen bör ske samtidigt som de föreslagna framkomlighetskraven.

Information om beslut av föreslagen reglering bör ges till de som berörs, såsom branschorganisationer, åkerier och transportföretag.

⁷ 6 kap. 24 § Bekendtgørelse (BEK nr 1497 af 01/12/2016) om køretøjers største bredde, længde, højde, vægt og akseltryk.

⁸ 4 kap. 4-2 § punkt 4 a Forskrift (FOR 1990-01-25 nr. 92) om bruk av kjøretøy.

B. Transportpolitisk måluppfyllelse

1. Hur påverkar regleringen funktionsmålet?

Förslaget syftar till att ge tunga tvåaxlade lastbilar som ingår i en fordonskombination bättre förutsättningar att ta sig fram under perioden 1 december–31 mars.

Färre olyckor och stopp i trafiken innebär en ökad tillförlitlighet, trygghet och bekvämlighet för alla som färdas i trafiken, och bidrar till att stärka kvaliteten för näringslivet genom punktligare och tillförlitligare transporter. Färre stopp innebär även förbättrad tillgänglighet inom och mellan regioner och bidrar till att stärka både den nationella och den internationella konkurrenskraften.

Sammantaget bedöms förslaget leda till en effektivare användning av transportsystemet under den del av året där man kan förvänta sig vinterväglag och bidrar på så sätt till att påverka funktionsmålet positivt.

2. Hur påverkar regleringen hänsynsmålet?

2.1 Trafiksäkerhet

Förslaget syftar främst till att öka trafiksäkerheten genom att minska antalet olyckor och stopp i trafiken. Förslaget förväntas minska risken att någon ska dö eller allvarligt skadas i olyckor där fordonskombinationer med tvåaxlade lastbilar är inblandade. För att nå en så hög nyttoeffekt som möjligt gäller dock att regelefterlevnaden är hög.

Genom att ge den tunga trafiken bättre förutsättningar att kunna tas sig fram på ett trafiksäkert sätt kan färre stopp och tillbud i trafiken även innebära ett minskat antal kö-relaterade olyckor eller tillbud. Färre stopp i trafiken bidrar till en ökad kapacitet och tillgänglighet i trafiken och minskad stress för medborgarna. Förslaget förväntas bidra till minskade kostnader för såväl det eller de fordon som orsakat ett stillestånd som för andra fordon och trafikanter som blir drabbade av stoppet. Stopp och köbildning i trafiken kan dessutom skapa stress och ohälsa hos trafikanter.

Lastbilsförare som fått stopp i trafiken behöver många gånger lämna fordonet för att sätta på snökedjor, skotta sand under hjulen eller liknande. Att vistas utanför fordonet på trafikerade vägar innebär i sig en stor trafiksäkerhetsrisk, speciellt vid vinterförhållanden där sikten kan vara nedsatt. Den föreslagna regleringen förväntas indirekt bidra till en bättre och tryggare arbetsmiljö för förare av tunga fordonskombinationer vid vinterväglag. Sammantaget bedöms förslaget bidra till att uppfylla hänsynsmålen.

2.2 Bränsleförbrukning, klimat och miljö

Enligt Trafikanalys (Trafikanalys, 2019b) utgör det transportarbete som en kombination som skulle kunna påverkas av en begränsning av lastkapacitet mellan 0,1-2 procent av det totala transportarbetet i Sverige, se avsnitt A.6.2. Utöver detta förväntas inte de föreslagna åtgärderna ytterligare påverka vare sig den totala mängd gods som kan transporteras per fordon eller fordonskombination eller eventuella behov av fler transporter.

I det avseende som förslagen reglerar hur godset viktmässigt ska fördelas över fordonens lastutrymme eller mellan de fordon som ingår i en fordonskombination, och inte den totala mängd gods som ska transporteras, anses inte förslagen påverka enskilda fordons bränsleförbrukning. Förslagen bedöms därför inte förväntas få någon negativ effekt på vare sig bränsleförbrukning, klimat eller miljöpåverkan i nämnvärd omfattning. Den eventuella påverkan gäller dessutom endast under perioden 1 december–31 mars.

Förslagen förväntas inte heller påverka omfattningen av det transportarbete som utförs i Sverige, av inhemska såväl som utländska transportörer, eller den fria rörligheten mellan medlemsstater inom EU, och därmed inte bidra till klimatpåverkan. Indirekt skulle en viss positiv effekt på miljön kunna uppstå genom minskat onormalt däckslitage på påhängsvagnar på grund av färre transporter sker där maximalt tillåtet axeltryck på påhängsvagnen har utnyttjas samtidigt som dragbilen har en mycket liten del av vikten. Då det inte finns underlag för hur vanligt sådana godstransporter är i Sverige, under vintertid, är det inte möjligt att kvantifiera en sådan potentiell nyttoeffekt.

Sammantaget bedöms förslaget inte bidra till ökad bränsleförbrukning eller få en negativ påverkan på klimat och miljö.

C. Sammanställning av konsekvenser

Berörd aktör	Effekter som inte kan beräknas		Beräknade effekter (tkr)	Kommentar
	Fördelar	Nackdelar		
			+ / -	
Företag	Ökad framkomlighet och tillgänglighet till transport-systemet.	Under en viss del av året kan extra omlastning behövas, och i vissa fall kan det även innebära minskad lastförmåga. Inköp av lastbil med fler axlar kan behövas om man transporter tungt gods.		
Medborgare	Möjlighet till hög tillgänglighet av transport-systemet.	-		
Staten m.fl.	Minskat antal stillestånd och olyckor i trafiken.			
Externa effekter	Ökad trafiksäkerhet, bättre trafikmiljö med färre ofrivilliga stopp.			
Totalt	Övervägande positivt. Positivt för företagen, medborgarna och samhället i stort. Förslaget är ett incitament att förbättra arbetsmiljön för chaufförer samt även förbättrad framkomlighet och trafiksäkerhet.			

D. Samråd

Samarbete och samråd har skett med transportbranschen och fordonstillverkare samt andra myndigheter såsom Trafikverket, MSB och Sveriges kommuners räddningstjänster. Vidare har dialoger förts med Polismyndigheten, SOS-alarm samt vägassistansbolag.

Konsekvensutredning av förslag avseende straffansvar för föreslagna åtgärder

Transportstyrelsen föreslår:

Att det införs ett straffansvar i 14 kap. 4 och 11 §§ trafikförordningen (1998:1276) att både förare och fordonsägare kan dömas till penningböter om man inte uppfyller bestämmelsen i den föreslagna 18 b § i trafikförordningens fjärde kapitel.

A. Allmänt

1. Vad är problemet eller anledningen till regleringen?

Den föreslagna regleringen i 4 kap. 18 b § trafikförordningen är helt ny och det finns inte någon motsvarande regel, och därmed saknas tillämpligt straffansvar för denna regel. Det föreligger en stor risk att införandet av nya krav där det inte finns ett straffansvar kan innebära en låg eller obefintlig regelefterlevnad.

2. Vad ska uppnås?

Förslaget syftar till att uppnå en hög regelefterlevnad av de föreslagna kraven i 4 kap. 18 b § trafikförordningen.

3. Vilka är lösningsalternativen?

3.1 Effekter om ingenting görs?

I dagsläget saknas författningsstöd att kunna påföra böter eller sanktioner för de som bryter mot de föreslagna kraven i 4 kap. 18 b § trafikförordningen. Effekten av att inte reglera detta är en låg regelefterlevnad av den föreslagna regleringen och den förväntade nyttan riskerar att utebli.

3.2 Alternativ som inte innebär reglering

Det finns inget alternativ som inte innebär reglering.

3.3 Regleringsförslag

Förslaget är att en förare av ett motordrivet fordon ska kunna dömas till penningböter om denna bryter mot de föreslagna bestämmelserna i 4 kap. 18 b § trafikförordningen. Vidare föreslås att en ägare av ett fordon ska kunna dömas till böter om han eller hon uppsåtligen eller av oaktsamhet har underlåtit att göra vad som kommer har ankommit på honom eller henne för

att hindra att fordonet brukas i strid mot de föreslagna bestämmelserna 4 kap. 18 b §.

3.4 Alternativ till föreslagen reglering

Ett alternativ till föreslagen reglering är att straffansvar endast läggs på föraren till lastbilen.

Eftersom föraren inte alltid har rådighet över hur ett gods har lastats eller vilka fordon som ska användas för godstransporten bör det även finnas möjlighet att utkräva straffansvar från ägaren till fordonen för överträdelser av den föreslagna regleringen i kap 4. 18 b § trafikförordningen.

4. Vilka är berörda?

Förslaget berör främst polisen eftersom det är de som främst tillämpar förslaget. Ägare av tunga lastbilar med två axlar till vilken det tillkopplas ett eller flera släpfordon och chaufförer som framför sådana fordonskombinationer berörs i de fall de blir stoppade i en poliskontroll och påförda böter.

5. Vilka konsekvenser medför regleringen?

5.1 Företag

Förslaget innebär att det införs ett straffansvar för den som bryter mot de föreslagna kraven i 4 kap. 18 b § trafikförordningen. Förslaget innebär således inga kostnader för företagen om de uppfyller kraven.

5.2 Medborgare

En hög regelefterlevnad förväntas ge positiva effekter på framkomlighet och säkerhet på vägarna.

5.3 Staten, regioner eller kommuner

Inga konsekvenser av betydelse för staten, regioner eller kommuner.

Polisen behöver ha kännedom om denna bestämmelse.

5.4 Externa effekter

Förslaget om straffansvar medför inga konsekvenser av betydelse vad gäller externa effekter.

6. Vilka konsekvenser medför övervägda alternativ till regleringen och varför anses regleringen vara det bästa alternativet?

Regler utan straffansvar riskerar att få låg regelefterlevnad och därmed riskerar syftet med regleringen, ökad trafiksäkerhet och framkomlighet, att utebli.

Eftersom föraren inte alltid har rådighet över hur ett gods har lastats eller vilka fordon som ska användas för godstransporten, samt ge ytterligare incitament för god regelefterlevnad, bör straffansvar kunna utkrävas av både föraren och ägaren till fordonen.

7. Överensstämmer regleringen med eller går den utöver de skyldigheter som följer av EU-rättslig reglering eller andra internationella regler?

De straffrättsliga reglerna går inte utöver någon EU-rättslig reglering eller andra internationella regler. Det finns därmed inget hinder mot att fastställa bestämmelser om straffansvar och möjlighet att kunna påföra böter eller sanktioner.

8. Behöver särskild hänsyn tas när det gäller tidpunkten för ikraftträdande och finns det behov av speciella informationsinsatser?

Förslaget om straffansvar bör träda i kraft samtidigt som den föreslagna 4 kap. 18 b § trafikförordningen.

B. Transportpolitisk måluppfyllelse

1. Hur påverkar regleringen funktionsmålet?

Förslaget är en viktig pusselbit för att syftet med den föreslagna lydelsen i 4 kap. 18 b § trafikförordningen ska uppfyllas och därmed bidra till ökad tillgänglighet i trafiken. Förslaget bidrar på så sätt till att funktionsmålen genom att regelefterlevnaden av den föreslagna 18 b § förväntas bli högre.

2. Hur påverkar regleringen hänsynsmålet?

Förslaget i 4 kap. 18 b § trafikförordningen syftar till att öka trafiksäkerheten och framkomligheten för vissa tunga fordonskombinationer. För att öka regelefterlevnaden av denna bestämmelse föreslås att det ska vara möjligt att kunna påföras böter eller sanktioner om man inte uppfyller kraven. Den förväntade ökade regelefterlevnaden bidrar på så sätt till hänsynsmålen.

D. Sammanställning av konsekvenser

Berörd aktör	Effekter som inte kan beräknas		Beräknade effekter (tkr)	Kommentar
	Fördelar	Nackdelar		
Företag	Hög regelefterlevnad bidrar till ökad trafiksäkerhet och framkomlighet.	-		
Medborgare	Hög regelefterlevnad bidrar till ökad trafiksäkerhet och framkomlighet.	-		
Staten m.fl.	-	-		
Externa effekter	-	-		
Totalt	Förslaget är övervägande positivt.	-		

Referenser

SFS 2001:559. *Lag om vägtrafikdefinitioner*. Stockholm:
Infrastrukturdepartementet

Trafikanalys, 2019b. *Lastbilstrafik 2018*. Statistik 2019:13.

Trafikverket, 2012b. *Störningar i Stockholms vägtrafik 2012*. Publikation
2013:097.

Bilaga 2

Dragbilslängdernas inverkan på trafiksäkerheten och effektiviteten

En simuleringsstudie

Fredrik Bruzelius, Sogol Kharrazi, Mattias Hjort and Bruno Augusto

Bilaga till Transportstyrelsens regeringsrapport den 15 oktober 2020,
N2018/04592/MRT

Författare: Fredrik Bruzelius, Sogol Kharrazi, Mattias Hjort and Bruno Augusto , VTI,
Diarienummer:
Publikation:
Omslagsbilder:
Utgiven av VTI, 2019

Referat

Flera olika typer av tunga fordonskombinationer är tillåtna på det svenska vägnätet. En vanlig kombination är dragbil- och påhängsvagns-kombinationen med en total längd på 16,5 meter. Den lagliga begränsningen av kombinationens totala längd har lett till att en kort dragbil för att ge plats för mer gods på vagnen. Det finns en oro för att dragbilens korthet kan ha en negativ konsekvens för trafiksäkerheten och förmågan att klara backar. dragbilens korta hjulbas och obalansen i vikt mellan dragbilen och påhängsvagnen skulle kunna utgöra ett problem när du bromsar och svängar.

Denna studie är beställd av Transportstyrelsen för att undersöka trafiksäkerhetsaspekterna och problem med back-stigning för vissa tunga fordonskombinationer. Den oro som beskrivs undersöks ur ett fordons dynamiskt perspektiv för de aktuella fordonskombinationerna och jämföra dem med andra vanliga fordonskombinationer genom en simuleringsstudie.

En uppsättning dragbil- och påhängsvagnskombinationer har simulerats under extrema förhållanden och manövrer för att undersöka fordonets svar och dess beroenden på dragbilens axelavstånd, kopplingslängd, femte hjulsmörjning och vägytans förhållanden. Där det är meningsfullt gjordes en jämförelse med den nordisk kombination (lastbil och full vagn) samt med en B-dubbelkombination (dragbil, länkvagn och påhängsvagn).

Det samlade resultatet av simuleringsstudien är att kombinationen av dragbil och påhängsvagn är en stabil kombination, som överträffar de längre och tyngre kombinationer av nordiska och B-dubblar i alla uppmätta situationer och manövrer där jämförelsen är meningsfull. Dragbilens hjulbas och kopplingsavstånd verkar dessutom ha en mycket liten effekt på fordonskombinationernas prestanda.

Titel: Dragbilslängdens inverkan på trafiksäkerhet och effektivitet – en simuleringsstudie

Författare: Fredrik Bruzelius, Sogol Kharrazi, Mattias Hjort and Bruno Augusto

Utgivare: VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut
www.vti.se

Serie och nr:

Utgivningsår:

VTI:s diarienummer:

ISSN: 0347-6030

Projektnamn:

Uppdragsgivare:

Nyckelord:

Språk:

Antal sidor:

Abstract

Several different heavy vehicle combinations are allowed on the Swedish road network. A commonly seen combination is the tractor and semi-trailer combination with a maximum total length of 16.5 meters. The legal limitation on the total length of the combination has led to a short tractor to make space for more goods on the trailer. There is a concern that the shortness of the tractors will have a negative consequence on traffic safety and the ability to negotiate uphill. The short wheelbase of the tractor and the weight imbalance between the tractor and the semitrailer could be an issue when braking and negotiating turns.

This study was ordered by the Swedish Transport Agency to investigate the traffic safety aspects and hill-climbing problems of certain heavy vehicle combinations. The concerns raised should be investigated from a vehicle dynamical point of view for the vehicle combinations in question and compare them with other common vehicle combinations through a simulation study.

A set of tractor and semitrailer combinations have been simulated in sever conditions and maneuvers to investigate the vehicle response and its dependencies with respect to the wheelbase of the tractor, coupling length, fifth wheel lubrication, and road surface conditions. Whenever meaningful, a comparison was made with a Nordic combination (truck and full trailer) as well as a B-double combination (tractor, link trailer, and trailer).

The overall result of the simulation study is that the tractor and semitrailer combination is a stable combination, which outperforms the longer and heavier Nordic and B-double combinations on all the measured situations and maneuvers were comparison is meaningful. Furthermore, the wheelbase of the tractor seems to have a very minor effect on the performance of the vehicle combinations.

Title: The influence of tractor lengths on traffic safety and efficiency --
A simulation study

Author: Fredrik Bruzelius, Sogol Kharrazi, Mattias Hjort and Bruno Augusto

Publisher: Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI)
www.vti.se

Publication No.:

Published: 2020-XX-XX

Reg. No., VTI:

ISSN: 0347-6030

Project:

Commissioned by:

Keywords: Vehicle Dynamics, Jack knifing, Trailer Swingout,

Language: English

No. of pages:

Förord

Studien initierades av Omar Bagdadi på Transportstyrelsen och finansieras av samma organisation. Innehållet är en del av en större utredning av fordonskombinationer och deras risker för olyckor. Arbetet har utförts av författarna under ledning och rekommendationer från Omar. Denna rapport är en översättning av en engelsk rapport som kommer att publiceras i VTIs rapportserie och vara tillgänglig på www.vti.se

Göteborg, mars 2020.

Fredrik Bruzelius
Projektledare

Innehållsförteckning

Bilaga till Transportstyrelsens regeringsrapport den 15 oktober 2020, N2018/04592/MRT	1
Sammanfattning	10
Summary	11
1. Bakgrund	12
1. Syfte och uppdrag	12
1.1. Fordonsbeskrivningar.....	12
1.2. Vetenskaplig metod.....	14
2. Förstå problemet	15
2.1. Fällknivs-situationen.....	15
2.2. Erfarenhet i Sverige	16
3. Modeller, manövrar och förutsättningar för simulering.....	19
3.1. Manövrar.....	19
3.1.1. Enkelt filbyte.....	19
3.1.2. Broms i kurva.....	19
3.2. Fordonsmodeller	20
3.2.1. Underlagsfriktion och däckmodeller	21
3.2.2. Femtehjulfriktion	22
3.2.3. Bromsmodellen.....	22
3.2.4. Förarmodellen.....	23
3.2.5. Backtagningsmodeller.....	23
3.3. Förutsättningar	25
3.3.1. Traktorhjulbasens längd.....	25
3.3.2. Väglagets tillstånd.....	25
3.3.3. 5e hjulets friktion	25
3.3.4. Lastningsfall för påhängsvagnarna	25
4. Simuleringsresultat	27
4.1. Enkelt filbyte.....	27
4.2. Broms i kurva.....	34
4.2.1. Motorbromsfallet	34
4.2.2. Broms på alla hjulen	38
4.3. Backtagningskapacitet	39
5. Diskussion	46
5.1. Trafiksäkerhet	46
5.2. Förmåga att ta uppförsbackar.....	47
5.3. Förbättringsförslag.....	47
Referenser	49

Sammanfattning

Dragbilslängdens inverkan på trafiksäkerhet och effektivitet – en simuleringsstudie

av Fredrik Bruzelius, Sogol Kharrazi, Mattias Hjort and Bruno Augusto (VTI)

Flera olika typer av tunga fordonskombinationer är tillåtna på det svenska vägnätet. En vanlig kombination är kombinationen av dragbil och påhängsvagn med en total maximal längd på 16,5 meter. Den lagliga begränsningen av kombinationens totala längd har lett till en kort dragbil som ger plats för mer gods på vagnen. Det finns en oro för att dragbilens korthet har negativa konsekvenser för trafiksäkerheten och förmågan att hantera uppförsbackar. Dragbilens korta hjulbas och obalansen i vikt mellan dragbilens och påhängsvagnen kan vara ett problem när du bromsar och förhandlar om svängar.

Denna rapport syftar till att undersöka effekten av dragbilens korthet när det gäller fordonsdynamikegenskaper. Prestandan hos fordonskombinationer bedöms genom simuleringar av kombinationerna med hjälp av datormodeller. Fokus ligger på så kallade fällkniv och släpplingshändelser som resulterar i överdrivna artikuleringsvinklar i kombinationen. Tre manövrar är simulerade för att provocera dessa händelser: bromsning i en kurva, motorbromsning i en kurva och ett snabbt filbyte. Utfallet mäts med avseende på artikuleringsvinklar, avspårning, bromskrafter och hastigheter för kombinationen. Kapacitet att klara uppförsbackar simulerades som en start i backe och konstant hastighet.

För att studera påverkan på dragbilens längd har tre olika tvåaxlade dragbilar med olika hjulbas och kopplingsavstånd simulerats på de olika manövrarna. Tre olika treaxlade dragbilar har också simulerats för att se påverkan av framdrivning på olika axlar. Slutligen har två referenskombinationer inkluderats i de studerade: de nordiska och B-dubbla kombinationerna.

Längden på dragbilarna i kombinationen av dragbil-påhängsvagn är den huvudsakliga egenskapen som undersöks här. För att utvidga studien ytterligare ingår också tre andra betingelser för att kontrollera interaktionseffekterna med dragbilens längd. Under vinterförhållanden förväntas resultatet att mer extremt. Därför simuleras både hög- och låg-friktionsförhållanden. Lastningen av påhängsvagnen kommer att påverka och tre lastfall har studerats; tom, bak- och fram-fullastad. Det har rapporterats att smörjningen av femte hjulet orsakar problem, särskilt under vinterförhållanden. Därför har även tre nivåer av femte hjulfriktioner inkluderades i studien.

Resultaten visar att varken hjulbasen eller kopplingsavståndet inte spelar någon viktig roll i resultatet av simuleringarna. Det vill säga, för de testade manövrarna under de givna förhållandena påverkar andra faktorer prestandan i större omfattning, till exempel förekomsten av ett fungerande låsningsfritt bromssystem eller god smörjning av femte hjulet. Det visas också att prestandan för kombinationen av dragbil-påhängsvagn är överlägsen jämfört med referensfordonskombinationerna för dessa typer av situationer och förhållanden.

Summary

The influence of tractor lengths on traffic safety and efficiency -- A simulation study

by Fredrik Bruzelius, Sogol Kharrazi, Mattias Hjort and Bruno Augusto (VTI)

Several different heavy vehicle combinations are allowed on the Swedish road network. A common combination is the tractor and semi-trailer combination with a maximum total length of 16.5 meters. The legal limitation on the total length of the combination has led to a short tractor to make space for more goods on the trailer. Concerns have been raised that the shortness of the tractors has a negative consequence on traffic safety and the ability to negotiate uphill. The short wheelbase of the tractor and the weight imbalance between the tractor and the semitrailer could be an issue when braking and negotiating turns.

This report aims to investigate the effect of the shortness of the tractors concerning vehicle dynamics properties. The performance of vehicle combinations is assessed through simulations of the combinations using computer models. The focus is on so-called jack-knifing and trailer-swing events that result in excessive articulation angles of the combination. Three manoeuvres are simulated to provoke these events: braking in a curve, engine braking in a curve and fast lane change. Severeness of the outcome is measured in terms of articulation angles, off-tracking, braking forces, and speeds of the combination. Uphill climbing was simulated as a straight line starting or driving.

To study the influence on the length of the tractors, three different two-axle tractors with different wheelbase and coupling distance have been simulated on the different manoeuvres. Three different three-axle tractors have also been simulated to see the influence of propulsion on different axles. Finally, two reference combinations have been included in the studied: the Nordic and B-double combinations.

The length of the tractors in the tractor-semitrailer combinations is the main property that is investigated here. To expand the study further, three other conditions are also included to check the interaction effects with the length of the tractors. In winter conditions, it is anticipated that the outcome will be pronounced. Hence, both high friction and low friction conditions are simulated. The loading of the semitrailer will have an influence, and three loading cases were studied; unloaded, rear and front full loaded. The lubrication of the fifth wheel has been reported to cause issues, and during winter conditions. Three levels of fifth wheel frictions were also included in the study.

The results show that neither the wheelbase nor the coupling distance does not have a major role in the outcome of the simulations. That is, for the tested manoeuvres under the given conditions other factors influence the performance, for example, the existence of a working anti-lock braking system or lubrication of the fifth wheel. It is also shown that the performance of the tractor-semitrailer combinations is superior compared to the reference vehicle combinations for these types of situations and conditions.

1. Bakgrund

I september 2018 fick Transportstyrelsen i uppdrag av regeringen att utreda trafiksäkerhetsaspekterna av korta kombinationer av tunga fordon bestående av en traktor med 2 eller 3 axlar och en påhängsvagn, med en total längd som inte överstiger 16,5 Meter. Närmare bestämt ska Trafikverket analysera i vilken utsträckning dessa fordonskombinationer orsakar olyckor och har problem med att bestiga backar vid olika väder- och vägförhållanden och jämföra dem med andra kombinationer av tunga fordon. Dessutom ska tekniska lösningar (t.ex. broms- och stabilitetssystem) som kan leda till trafiksäkerhetsförbättringar undersökas och analysera om det bör krävas användning av särskilda tekniska lösningar. Trafikverket ska vid behov också föreslå andra ändringar av föreskrifterna som kan ha en positiv effekt på trafiksäkerheten och bestigning av backar i samband med användning av två eller tre axeltraktor- och påhängsvagnskombinationer med längd som är högst 16,5 meter långa.

Uppdraget motiverades av påståendet att ett problem med fällknivsolyckor har märkts för tunga fordonskombinationer med dragbilar med korta axellängder. EU-bestämmelser som begränsar den totala fordonskombinationslängden sägs bidra till den stora användningen av dessa korta lastbilar. Den stora viktskillnaden mellan lastbil och vagn föreslås som en orsak till dessa fällknivsolyckor, och det sägs att den korta axellängden på traktorn leder till ökad risk för fällknivsutfall och sämre långsgående stabilitet i allmänhet. Förutom stabilitetsproblem sägs lastbilar med korta axellängder också orsaka problem med att bestiga backar under vintern.

I branschretsar finns farhågor om att vissa fordonskombinationer förekommer på det svenska vägnätet och dess natur för att orsaka olyckor. Ett särskilt fokus i detta sammanhang ligger på korta kombinationer med traktor och påhängsvagn och en rådande hypotesen är att dessa kombinationer är extra känsliga för felaktig lastning, vilket resulterar i ett överdrivet tröghetsmoment, vilket i kombination med för hög friktion av vändskivan på det 5e hjulet skapar ett oönskat beteende i kurvtagning. Dessutom, hypotesen inkluderar även en ökade risken för dessa fordonskombinationer att fastna i sluttningar under hala förhållanden jämfört med andra fordonskombinationer.

1. Syfte och uppdrag

Studien beställdes av Transportstyrelsen i syfte att undersöka trafiksäkerhetsaspekterna och backtagningsproblemen i vissa kombinationer av tunga fordon. De farhågor som anges av industrin bör undersökas ur ett fordonsdynamikperspektiv för fordonskombinationerna i fråga och jämföra dem med andra vanliga fordonskombinationer genom en simuleringsstudie.

Syftet är att utifrån ett fordonsdynamikperspektiv kartlägga möjlig risk med vissa kombinationer med avseende på deras geometrier och egenskaper (t.ex. vändskivafriktion, lastning av semitrailern, etc) och att undersöka under vilka förhållanden dessa förhållanden potentiella risker uppstår. Dessutom bör problem med backtagning analyseras genom simulering. Fyra särskilda fordonskombinationer för studien påpekades:

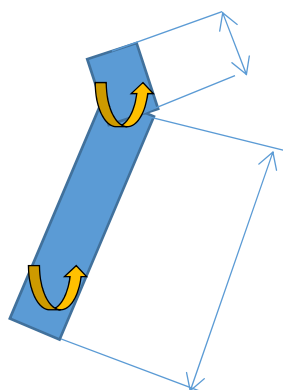
1. Kort traktor med påhängsvagn (total längd 16,5 m)
2. Lång traktor med påhängsvagn (total längd ca 18 m)
3. Lastbil med dolly och semitrailer (nordisk kombination, total längd 25,25 m)
4. Traktor med länk och påhängsvagn (B-dubbel, total längd 25,25 m)

1.1. Fordonsbeskrivningar

Med tanke på uppdragets syfte har en uppsättning fordonskombinationer undersökts för att belysa skillnader i prestanda. Fordonen har valts ut för att täcka vissa fordon som finns på vägnätet, särskilt korta två fordonskombinationer som består av en traktor med en vändskive- (eller femte hjul) koppling

till en påhängsvagn. Några specifika egenskaper hos dessa kombinationer är den framdrivande traktorns relativt korta hjulbas (avstånd mellan fordonets hjulaxlar) jämfört med påhängsvagnen och den enda artikulationspunkten i femte hjul-kopplingen.

Traktorns relativt korta hjulbas kan potentiellt orsaka problem när kombinationen kurvtagning. När traktorn styr, ändras riktningen och hjulbasen fungerar som en hävarm för att ändra banan, och rotationen sker approximativt runt bakhjulen. Traktorn tvingar i sin tur släpet att följa banan genom 5:e hjulet-kopplingen. Släpet är längre och motsvarande hävarm är ungefär dubbelt så stor som traktorns hävarm. Rotationen är till stor del runt hjulen på vagnen. Detta är schematiskt avbildas i figuren nedan.



FIGUR 1 Schematisk bild av en roterande traktor plus påhängsvagnskombination med rotationscentraler markerade för varje fordon.

Detta utsätter traktorn för en hel del krafter och att misslyckas med att kurvtagningen kan leda till förödelse i trafiken. Traktorerna hjulbas och femte hjulposition kommer därmed att påverka förmågan att ta kurvor. Avståndet mellan traktorns front (eller framaxeln i äldre nationell nomenklatur) på traktorn till femte hjulet kallas ofta kopplingslängd. Detta avstånd kan också påverka hanteringen av kombinationen. Förmågan att korrekt ta kurvor är ett av målen att undersöka i denna rapport.

Det femte hjulet är kopplingsanordning där en del av påhängsvagnens vikt vilar på traktorn. Artikuleringen görs runt en king-pin och en större horisontal platta (vändskiva) tar upp lasten på traktorn. Gränssnittet mellan traktorer och motsvarande vagnsplattor utgör de viktigaste motståndskrafterna mot artikulationen. Motståndskraften bestäms av friktionen i gränssnitten mellan dessa plattor.

Ett annat gränssnitt är det som äger rum mellan fordonets däck och vägbanan. För att minska att vägarna slits, finns begränsningar på maximalt tryck en axel kan ha på vägen. För att öka fordonens lastkapacitet kan ytterligare axlar läggas till. Oftast är dessa ordnade i grupper, till exempel på påhängsvagnen med tre axlar i slutet av vagnen. För traktorn är det vanligt att ha en axelgrupp med två axlar bak, under femte hjulet. Med drivning antingen på ena eller båda axlarna. Om den framdrivna axeln är framför den odrivna axeln kallas konfigurationen för en *tag*. För den motsatta ordningen är motsvarande namn *pusher*. Pusher- eller tag- axeln kan ofta lyftas och används vanligtvis i tomma eller lättbelastade operationer för att minska rullmotståndet och bränsleförbrukningen. Traktorns axelkonfiguration kommer också att påverka kurvtagningsförmågan.

En vanlig konfiguration i det svenska vägnätet är den så kallade nordiska kombinationen. De består av en lastbil, en dolly och en påhängsvagn (eller alternativt en full vagn). Dessa kombinationer är väsentligen olika traktor-påhängsvagn när det gäller längdförhållande mellan framdrivningslastbilen och släpet. Förhållandet är nu närmare ett. En annan märkbar skillnad mot traktorns påhängsvagnskombinationer är de två artikulationspunkterna, en är ett femte hjul mellan dollyn och påhängsvagnen och en som är dragstång mellan dockan (eller hela släpet) och lastbilen. Frekvensen av

dessa kombinationer gör jämförelsen med traktorpåhängsvagnskombinationer intressant, trots skillnaderna i lastkapacitet och skillnader i fordonsdynamik.

1.2. Vetenskaplig metod

Frågorna i rapporten rör sig kring de korta kombinationerna av traktorfordon, deras fordonsdynamikegenskaper och hur dessa kan jämföras med andra kombinationer (Nordisk och B-dubbel). För att komma till rätta med frågorna används datorsimuleringar av modeller som representerar de olika kombinationerna.

Giltigheten av resultatet av en datorsimulering bestäms till stor del av giltigheten av de modeller som används i simuleringen. Med giltighet av modeller avses här förmågan att reproducera verkliga krafter och rörelser i simuleringen. Resultatet av denna studie beror därför i stor utsträckning på giltigheten av de modeller som använts. Modellerna av de fordon (och deras interaktion med vägen) som används i denna rapport är modeller som har validerats mot testbaneinspelningar av riktiga fordon och modellerna har använts i många år på VTI. Man kan betrakta dessa som valida modeller med avseende på det dynamiska beteendet i manövrar där den laterala dynamiken är av betydelse.

Giltigheten av den använda modellen är fortfarande ett problem, trots att de är såpass väl etablerade. För att mildra konsekvenserna av felaktiga förutsägelser av modellerna, tillämpas en metod där den relativa prestandan mellan de olika fordonen används. Kravet på modellens giltighet är nu reducerat till att gälla för om effekterna är korrekt representerade snarare än att förutsäga exakta resultat.

Modellerna av fordonen simuleras i manövrar för att illustrera deras olika prestanda, och vissa fysiska mått används för att kvantifiera prestanda. Manövrarna (filbyte och bromsning i kurvan) styrs av en modell av en förare för att bibehålla sin bana. Förarmodellen är densamma mellan de olika fordonskombinationerna och bör betraktas som ett medel för att mäta fordonets prestanda, i stället för att härma beteendet hos en verklig mänsklig förare.

Liknande argument kan föras för de manövrer som själva. Enkelt filbyte är till exempel en manöver som används i ett flertal studier för att bedöma fordonsprestanda. Även om ett enkelt filbyte är en manöver och en händelse som inträffar ofta i riktig trafiken, är syftet med att använda den här inte att simulera dettas. Istället utförs manövern på ett relativt extremt sätt för att skapa en allvarlighetsgrad som får de olika kombinationerna att reagera annorlunda. Till exempel, bromsen i kurvmanövrering med motorbroms är utformad för att provocera en fällkniv för traktor-påhängsvagnskombinationerna. Prestanda är då hur mycket bromskraft (retardation) kombinationen tål innan den blir instabil.

Förmågan att ta uppförsbackar bedöms genom en annan uppsättning modeller, där motoreffekten och vägfriktionen är huvudkomponenterna. Manövern ges av lutningen som kombinationen kan övervinna.

Manövrarna och simuleringarna är framtagna på att stress-testa fordonen och bedöma deras prestanda under extrema förhållanden. Resultatet av simuleringsstudien kommer att ge insikt i egenskaperna hos, och framför allt skillnaden mellan, fordonskombinationerna med avseende på dess fordonsdynamik. Det bör stå klart att en fullständig uppsättning manövrer som bedömer alla möjliga egenskaper inte kan skapas på grund av ett fordonets komplexitet. De valda manövrarna här kommer endast att omfatta vissa aspekter av de fordonskombinationer som författarna har bedömt vara relevanta. Det bör också stå klart att endast egenskaper som är relaterade för fordonen omfattas av denna rapport. Föraren, och samspelet mellan föraren och fordonet kommer att ha en betydande inverkan på hur dessa fordonskombinationer beter sig i trafiken. Skillnader i fordonskonfigurationer som ses i olycksstatistiken kan mycket väl också härröra från förarna, deras kompetens, erfarenhet, underhåll av fordon, arbetsvillkor etc.

2. Förstå problemet

Ett av de problem som har framförts som särskilt vanliga för den korta kombinationen av traktor-påhängsvagn är fällknivs-situationen. Även om fordonets stabilitet undersöks i ett bredare tillämpningsområde i denna studie har särskild uppmärksamhet därför ägnats åt fällknivsproblemet.

2.1. Fällknivs-situationen

Termen fällknivning används ofta i olycksituationer där artikulationsvinkeln mellan de två fordonen i kombinationen skiljer sig från förväntat på grund av att någon av fordonen sladdat. Analogin med en fällkniv är när de två fordonen pressas mot varandra. Oftast, liksom i denna rapport kommer vi att skilja mellan fenomen när det första drivande fordonet får sladd eller när det andra bogserade fordonet får sladd. Det senare vi kommer att hänvisa till som *vagnssving* medan den första kommer att kallas *fällkniv*. Anledningen till att separera dem är att deras karaktär är olika liksom orsakssamband och de risker som är förknippade med dem när de förekommer i trafiken.

Som nämnts ovan uppstår fällknivssituation när bogsering första drivande fordonet börjar sladda. En schematisk bild av en sådan händelse ses i FIGUR 2, där en ögonblicksbild av en traktor-påhängsvagnkombination illustreras för tre tidsinstanser. Först byggs en artikuleringsvinkel upp, till exempel i en kurva. Släpets tröghet kan inte stävjas av traktorns däck. Traktorn blir då knuffad av vagnen med en ökande artikulationsvinkel som resultat som bara stoppas av att traktorhytten träffar vagns konstruktion. Möjliga orsaker till oförmågan att ändra vagnarnas riktning kan vara felaktig bromsfördelning, till exempel en vagn som bromsar mindre än vad som krävs eller funktionsstörningar i bromssystemen. Andra orsaker kan vara vägrelaterade, till exempel hala förhållanden. Svårighetsgraden hos en fällknivssituation beror på den omgivande trafiken, men är i allmänhet svårt för föraren att kontrollera och motverka i ett sent skede.

För att testa fordonskombinationerna i denna rapport kommer vi att använda en bromsning i kurva för att provocera detta beteende. Denna idé har använts i litteraturen, till exempel i (MA och Peng (1999)).

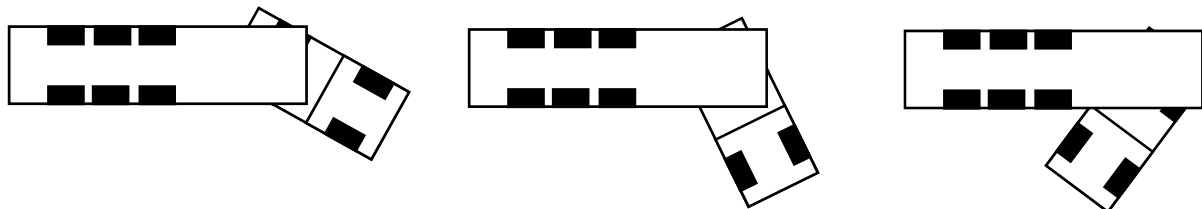
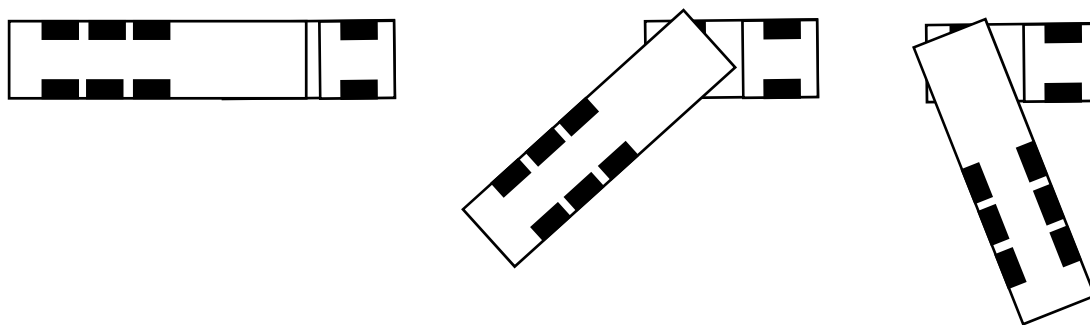


FIGURE 2 Schematic picture of a jack-knifing event illustrated in three time instances, with time evolving from left to right

För vagnssvingen har vi motsatt situation med förlorat sidogrepp för vagnen. En schematisk illustration av en sådan situation visas i FIGUR 3, i tre tidstillfällen. För en vagnssving måste dragfordonet skapa en gir-rörelse hos vagnen på ett sådant sätt att den överskrider gränsen för de tillgängliga sidledäckkrafterna. Om vägen är hal, finns det en högre risk för släpp av vagnen. Om släpet är tomt är trögheten och lasten på släpdäcken mindre jämfört med det laddade höljet. Dessa förhållanden i kombination med ett snabbt ban-byte kan initiera en vagnssving. Denna situation simuleras i tex (Granlund och Thomson, 2016). Svårighetsgraden av en vagnssving kan vara förödande om det finns

andra fordon i trailerns väg. Emellertid är situationen enklare att kontrollera givet att det finns utrymme tillgängligt eftersom vagnen, utan ytterligare styrning av föraren, kommer att stabiliseras av sig själv.



FIGUR 3 Schematisk bild av en vagnssving, illustreras i tre tidsögonblick, med tidsutvecklingen från vänster till höger.

2.2. Erfarenhet i Sverige

Granlund och Thomson (2016) hävdar att den så kallade EU-trailern bestående av en traktor- och påhängsvagnskombination med en längd på 16,5 meter kan vara mer benägna för olyckor på nordiska hala vintervägar jämfört med traditionella nordiska lastbilar med full vagn. De har genomfört datorsimuleringar av en manöver med dubbelt körfältsbyte med den kommersiella mjukvaran Trucksim där stabiliteten hos en EU-trailer undersöktes på tre olika nivåer av vägsfriktion, μ . Modellen använde ett femte hjul utan friktion. De rapporterar om stabil manövrering vid 80 km/h för $\mu = 0,5$, medan den nedre vägfriktionsnivån på $\mu = 0,25$ leder till knivkniv vid 67 km/h i lastat skick och vid 61 km/h för det olastade tillståndet. Att sänka vägfriktionen ännu mer till $\mu = 0,10$ ledde enligt uppgift till knivknivning redan vid 24 km/h för både lastat och olastat tillstånd. Inga detaljer om fordonsparametrar eller däckmodeller som används i simuleringen återfinns i artikeln. Eftersom inga jämförelser görs med andra fordonskombinationer eller traktor-påhängsvagn-kombinationer med andra dimensioner är det svårt att dra några slutsatser angående potentiella stabilitetsproblem för EU-släp-kombinationen utifrån dessa simuleringar.

Bálint et al. (2013) studerade graden av dödliga eller allvarliga krascher med tunga fordon (HGV) i Sverige för åren 2003 till 2012 i syfte att jämföra olycksrisk för HGV:er av olika längder. Studien tittade på HGV-kombinationer i tre längdgrupper: "kort" (<12m), "medium" (12,01 –18,75 m) och "lång" (18,76 - 25,25 m), snarare än specifika fordonskombinationer. De fann att graden för respektive längdgrupper var 137, 56 och 44 dödsolyckor eller allvarliga krascher per miljard fordonskilometer. Dessa nummer bör tolkas med försiktighet på grund av osäkerhet i exponeringsdata för de tre längdgrupperna och på grund av problem med att identifiera fordonets kombinationslängd i olycksdata. Författarna påpekar (Bálint et al. 2014) att den lilla skillnaden i olyckshastighet mellan den långa och medelstora gruppen kan förklaras av det faktum att den långa kombinationen färdades på säkrare vägar och/eller framförs av mer erfarna förare.

Problem med påhängsvagnskombinationer vintertid har rapporterats främst i Norge. Fokus har dock varit på utländska fordon, som i mycket stor utsträckning är 16,5-meters traktor påhängsvagnskombinationer, jämfört med norska HGV. Under 2016 drog Institute of Transport Economics, TØI, utifrån olycksdata att utländska HGV:er som kör i Norge hade en tre gånger högre risk för singelolycka jämfört med norska HGV:er. (Nævestad et al. 2016). De fann också att utländska HGV-förare var mer benägna att utlösa en dödlig olycka, hade dubbelt så mycket risk för en motkollision och nästan två gånger risken för en kollision med ett fordon som kör i samma riktning jämfört med norska HGV-förare. Statistik indikerade också att utländska tunga fordon var överrepresenterade bland de fordon som fastnade medan de körde på vintervägar, eftersom 33% av HGV:er som "satt fast" på vintervägar var utländska, medan de endast stod för 6% av den genomsnittliga inhemska transporter i

Norge 2009-2012. Som jämförelse var 11% av HGV:erna som var inblandade i personskadaolyckor i Norge utländska.

Nævestad m.fl. belyser särskilt två riskfaktorer för att förklara dessa resultat:

1. erfarenhet av/kompetens på norska vägar
2. vinterkörning

Baserat på litteraturöversikter, intervjuer med experter, undersökningar av norska och utländska förare samt fältarbete med utländska förare i Norge pekades sex åtgärder mot riskfaktorer för utländska aktörer som transporterar varor i Norge ut:

1. Öka inspektionerna av tunga fordon
2. Utbildning/information om vinterkörning och norska vägförhållanden riktade till utländska förare
3. Klargöra (och öka) transportköparnas ansvar
4. Utöka befogenheterna för den norska statens vägförvaltningsmyndighet (NPRA)
5. Ändra påföljdmöjligheten från polisanmälningar till böter
6. Ökat samarbete mellan inhemska myndigheter.

Fordonsegenskaper ingår delvis i den första åtgärden, även om den är mer inriktad på ett fullt fungerande och korrekt lastat fordon, snarare än att diskriminera mellan olika fordonskombinationstyper. Statistik från fordonsinspektioner som NPRA genomförde 2015 visade att de norska tunga lastbilarna hade en högre andel brister jämfört med utländska. Däremot hade utländska tunga lastbilar högre andelar inspekterade fordon med tillfälligt förbud– vilket tyder på en högre andel allvarliga brister i de utländska grupperna. Detta var fallet för fordon med bromsbrister. Bland de inspekterade norska tunga lastbilarna förbjöds 2 % att använda på grund av bromsbrister, jämfört med 6 % för europeiska registrerade tunga lastbilar och 10 % för dem som är registrerade i ett tredjeland.

En av de ytterligare, inte så betonade åtgärder som föreslagits av Nævestad et al. kan anses ta hänsyn till fordonstyp, nämligen

7. tekniska krav för körning i vissa delar av Norge under vintern

Från deras genomförda intervjuer gällde sådana tekniska krav mer eller mindre en fråga: tvåaxlade traktorer jämfört med tre axeltraktorer. På grund av den senares förmåga att lyfta en axel och öka drivaxelns vikt under krävande vinterförhållanden föreslog vissa intervjuade att endast treaxlade traktorer skulle tillåtas på vintern i Norge, och att detta skulle gälla för både norska och utländska transportörer. Ett sådant krav skulle bara ta itu med problemet med tunga lastbilar "fastnat" under körning på vintervägar, och inte trafiksäkerheten i allmänhet. Det bör påpekas att även om de typiska icke-nordiska tunga lastbilarna är tvåaxlade traktorer till skillnad från de typiska norska eller nordiska traktorer som har tre axlar, finns det icke-nordiska treaxlar, men som med största sannolikhet kommer att ha olika tekniska specifikationer jämfört med de nordiska motsvarigheterna. Anledningen till detta är ett EU-direktiv som inte verkställs i Norge. Direktivet leder till att europeiska treaxlade traktorer konstrueras på ett sätt som gör det möjligt för dem att öka drivaxelbelastningen med 30 % genom att lyfta stödaxeln, medan de kör högst 30 km/tim. De nordiska treaxlade traktorerna har inte denna begränsning och kan därför genom att lyfta den stödjande axeln öka drivaxelns belastning med mer än 30 %.

Statens Vegvesen har publicerat en "Trucker's Guide to Norway" som finns tillgänglig på många språk på deras webbsida, där det står:

"När du framför fordonskombinationer på hala vägar bör du lasta merparten av lasten på traktorenheten och inte på vagnen, eftersom det kommer att minska risken för fällkniv".

Nævestad et al. (2016) drog slutsatsen från sin småskaliga undersökning att det fanns en stor skillnad i medvetenheten om hur man lastar vagnen för norsk vinterkörning mellan förare av olika nationaliteter. ”När jag blir ombedd att kommentera uttalandet: "På vintern lastar jag släpet så att jag får maximal vikt på drivaxeln". 80% av de norska och 88% av de västeuropeiska förarna (korrekt) höll med om uttalandet, medan endast 40% av de central- och östeuropeiska förarna gjorde det.

3. Modeller, manövrar och förutsättningar för simulering

I detta avsnitt definierar vi simuleringarnas manövrar och villkor och beskriver de involverade simuleringmodellerna. Syftet med kapitlet är att ge en teknisk förståelse av simuleringarna och att motivera förutsättningarna på ett djupare plan än i tidigare avsnitt.

3.1. Manövrar

Detta avsnitt beskriver de två manövrar som kommer att användas för att studera olika instabilitet, inklusive understyrning, vagnsving och fällknivning. De två manövrar är filbyte och bromsning i kurvan och de kommer att användas för att kvantifiera fordonen tendenser att hamna i farliga situationer.

3.1.1. Enkelt filbyte

Enkelt filbyte är en standardmanöver som används för att utvärdera fordons dynamiska respons. Det finns olika standarder, till exempel (ISO 14791: 2003) som anger hur en sådan manöver ska utföras. Den grundläggande idén bakom manövern är att representera ett körfältsbyte. Detta utförs med som en styrning-sekvens i konstant hastighet som förflyttar fordonskombinationen i sidled på en rak väg som motsvarar en körfältsbredd. För den här studien kommer vi att försöka provocera fordonskombinationerna under vissa förhållanden (väggrepp osv), vilket kan motsvara ett extremt byte av körfält som du vanligtvis inte hittar i vardagstrafiken.

En filbytesmanöver med 3,5m sidoförflyttning inom 70m längdförflyttning används för att jämföra fordonen. Manövern simuleras på ett återkopplat sätt, d.v.s. en förarmodell används för att följa vägen. Simuleringarna upprepas med ökande hastighet tills traktorn / lastbilen inte följer den önskade banan. Måtten som används för jämförelse är hastigheten med vilken fordonet passerar manövreringen och avspårnings-måttet. Avspårningen är ett mått på bredden som fordonet använder när manövreringen utförs.

3.1.2. Broms i kurva

En andra manöver som kommer att användas för att bedöma fordonskombinationens prestanda är bromsningen i kurvan. Bromsning i kurva har tidigare använts i litteraturen för att bedöma fordonskombinationernas tendenser till fällkniv, se till exempel (Chen, Shieh Y-A (2010)). I (Ma, Peng (1999)) härleds en manöver för värsta fall baserat på optimal kontroll för fällknivssituationer. Slutsatsen är att både styrning och bromsning krävs, men bromsningen spelar en mer central roll. Två olika bromsningar i kurva manövrar beaktas. I båda manövrarna används en förarmodell för att följa kurvan och efter att ha påbörjat kurvan appliceras ett konstant bromsmoment på alla eller vissa hjul. I den första manövreringen används endast motor/retarderbroms som applicerar bromsmoment på drivhjulen. Den grundläggande idén bakom denna manöver är att påhängsvagnen för en motorbromsande traktor kommer att försöka trycka traktorn i kurvan. Detta sätter en kraftkomponent på traktorn vinkelrätt mot axeln och får traktorn att förlora sidogreppet och orsaka en fällkniv när trailern fortsätter att trycka på. Den andra bromsen i en kurvmanöver som vi kommer att använda är att bromsa alla hjul. Detta kommer att göra att trailern tappar greppet och en trailersving kan uppstå.

Det bör betonas att båda dessa manövrar simuleras med enkla modeller som saknar många av de tillgängliga säkerhetsfunktionerna som finns på dagens traktorer. Ett enkelt ABS-system är implementerat, men ingen annan säkerhetsfunktion för motorbromsning finns implementerat. Detta innebär att fällknivar och vagnssving kan uppstå i dessa simuleringar där säkerhetsfunktioner eventuellt skulle ha förhindrat dem i verkliga situationer. För motorbromsfallet är emellertid tidshorisonten för att ingripa i storleken av sekunder, vilket gör det svårt att mildra en begynnande fällknivssituation. Huvudsyftet med simuleringarna är att illustrera skillnaden på grund av fordonets dimensioner.

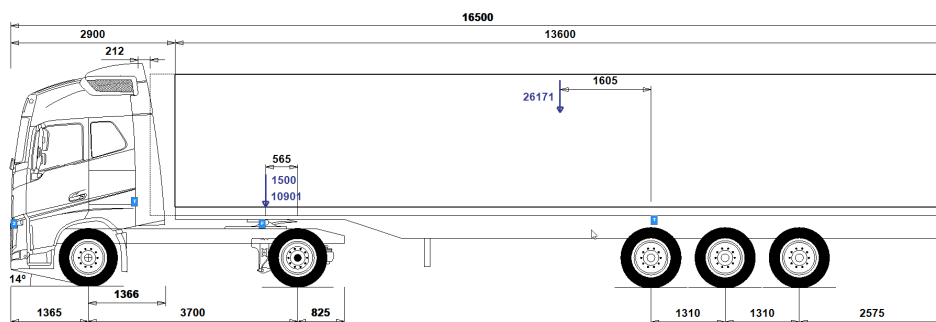
I simuleringarna är hastigheten innan bromsning satt till 80 km/h och kurvans radie är inställd på 400 m. Detta är den minsta önskade radien för en väg med en hastighetsgräns på 80 km/h, enligt

vägbyggnadens-riktlinjerna (Trafikverket 2012). I riktlinjerna nämns dessutom en radie på 300 m som den minsta acceptabla radien med rekonstruktion av gamla vägar med en hastighetsgräns på 80 km/h. Således används en radie på 300 m också i en del av simuleringarna. Simuleringarna upprepas med ökande bromsmoment till dess att fällkniv, vagnssving uppstår eller att kombinationen glider av vägen.

3.2. Fordonsmodeller

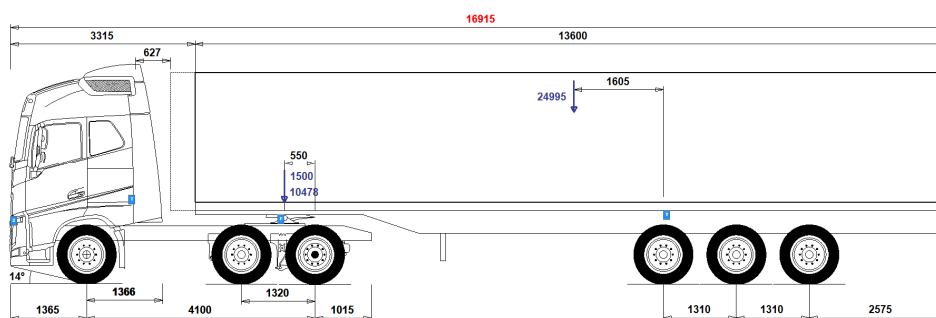
Hela rapporten använder åtta kombinationer som jämförelse för analysen. Sex av kombinationerna är traktor plus påhängsvagnkombinationer med olika längder och axelkonfigurationer och två sista referenskombinationer är en "Nordisk" och en "B-dubbel" kombination. Den så kallade nordiska kombinationen är en lastbil med en dolly plus en påhängsvagn och B-dubbel är en traktor som drar en länkvagn och en påhängsvagn. Alla fordonets dimensioner är hämtade från en OEM (Volvo) och kan betraktas som representanter för fordon som hittades i vägnätet idag. Emellertid har dimensionernas representativitet inte undersökts ytterligare.

Traktor semitrailer kombinationer med en 2-axlig traktor visas i FIGUR 4. Ett av huvudmålen för studien som presenteras i denna rapport är att studera påverkan av hjulbas. Följaktligen kompletteras fordonskombinationen i FIGUR 4 med två andra fordonskombinationer med olika hjulbas på traktorerna, en kortare med 3,5 meter och en längre med 3,9 meter. De tre 2-axlade traktorkombinationerna är identiska i alla andra geometriska aspekter, som anges i FIGUR 4. Kopplingsavståndet, dvs avståndet mellan främre och femte hjulet är 4,5 meter för alla tre kombinationer så att den totala längden för de tre kombinationerna är desamma och lika med den europeiska gränsen på 16,5 m.

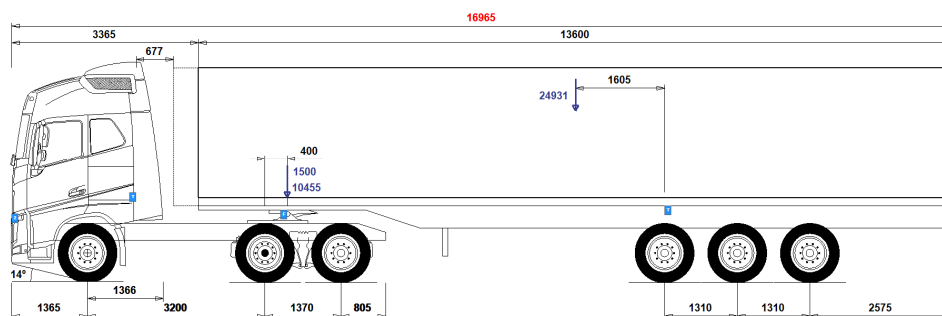


FIGUR 4 Den tvåaxlade traktorn med treaxlad påhängsvagnskombination med de geometrier som anges i centimeter.

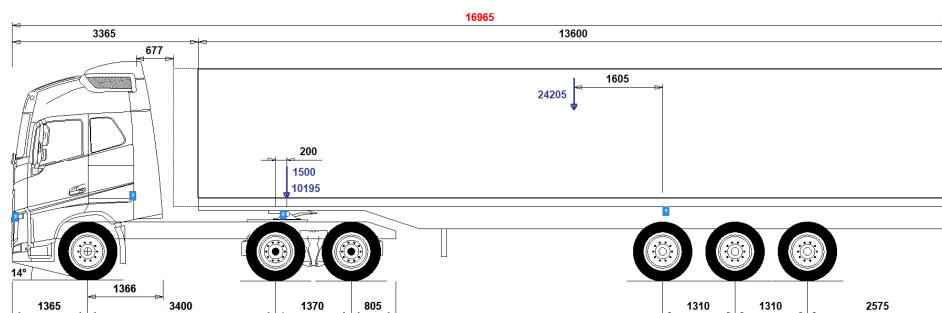
Det finns tre olika tvåaxeltraktorer plus påhängsvagnar, dessa avbildas i FIGUR 5. 6 och 7. Bortsett från olika geometrier, som anges i siffrorna, drivs dessa med traktorns med bakaxel i FIGUR 5, mittaxeln i FIGUR 6 och med traktorns båda sista axlar i FIGUR 7. Eftersom de är konfigurerade annorlunda, har de något annorlunda vikt jämfört med det 2axliga.



FIGUR 5 Den treaxliga traktorn med pusher axel och påhängsvagn



FIGUR 6 Den treaxliga traktorn med tag axel och påhängsvagn

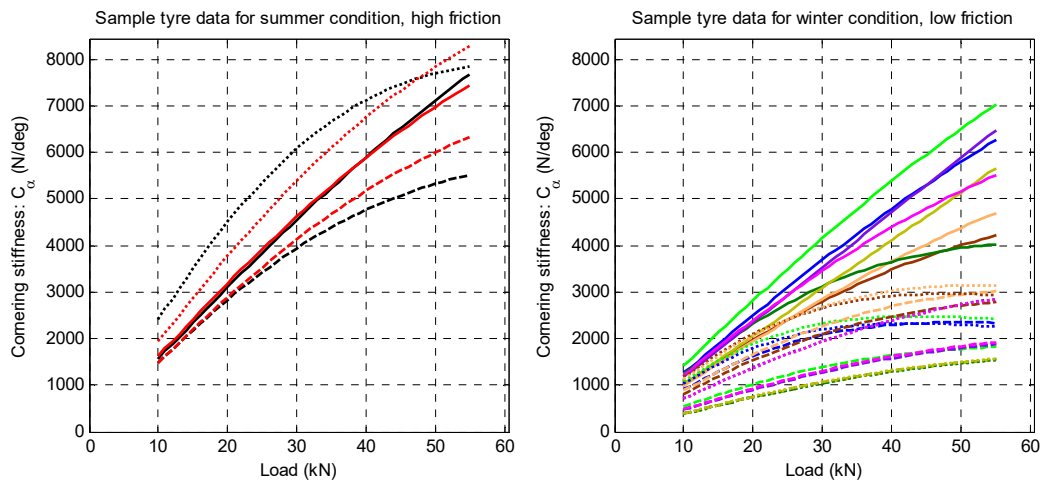


FIGUR 7 Den treaxliga traktorn med drivning på båda bakaxlarna och påhängsvagn.

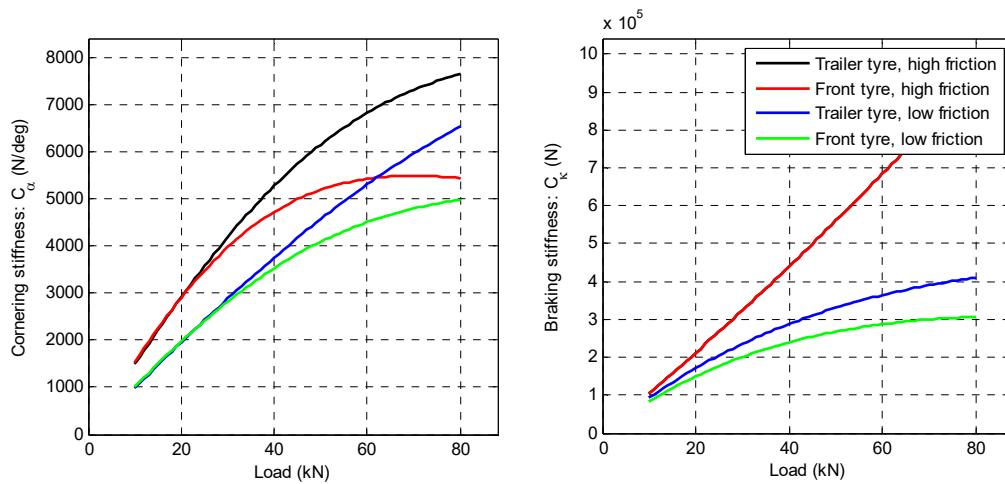
De dynamiska modellerna av dessa fordonkombinationer är baserade på ett OEM-fordonsmodellbibliotek implementerat i Matlab Simscape, som ytterligare beskrivs i (Hebib, J., & Dam, S. (2019)) och som har använts i stor utsträckning i t.ex. PBS-projektet (Kharrazi et al. (2017)). Modellerna inkluderar styva chassin på fordonen med eftergivligheter i däcken (vertikala) fjädringen och vridningen i chassiramen på traktorerna (och lastbilen). Kabinerna är upphängda relativt chassit. En liknande öppen källkodsimplementering av detta modellbibliotek finns i (Sedran et al. 2016). Två egenskaper undersöks med avseende på fordonets prestanda mer detaljerat i denna studie: däckens grepp på vinterförhållanden och smörjningens påverkan på femte hjulet. Följaktligen beskrivs dessa två egenskaper ytterligare i följande underavsnitt.

3.2.1. Underlagsfriktion och däcksmodeller

Däckmodellerna, som representerar interaktionen mellan däck och vägytan, är PAC 2002 Pacejka magiska formel däckmodell, se (Kuiper & Van Oosten (2007)). Två olika ytor kännetecknas av olika parameterinställningar; torrt väglag och vinterförhållanden. På grund av den befintliga variationen av däck och mångfalden i vägytans skick, särskilt under vintern, är det inte en icke-trivial uppgift att välja ett däck för att modellera vägförhållandena. I detta projekt användes samma däck som i PBS-projektet för var och en av de två intressanta förhållandena (Kharrazi et al. 2017). I PBS-projektet valdes genomsnittliga däck från befintliga däckdata vid VTI, mätt vid VTI-däcktestningsanläggningen (Nordström 1993) eller samlade i andra projekt. Den stora mångfalden av VTI-däckdata och de valda däcken visas i FIGUR 7 respektive FIGUR 8.



FIGUR 8 Prov däckdata på VTI för olika däck under olika förhållanden. Kurvtagningsstyvheten är däckets förmåga att motstå deformation vid kurvtagning och relaterar sidokraften till glidvinkeln.



FIGUR 9 Egenskaper hos de utvalda däcken för fordonsflottans simuleringar på sommaren och vintern.

3.2.2. Femtehjulfriktion

Friktionen hos det femte hjulet bestäms till stor del av hur väl kontakten smörjts. För denna studie kommer vi att undersöka tre smörjnivåer: torra, halva och helt smörjda femte hjul. Friktionsnivåerna är hämtade från mätningar i (Nigam, 2018).

Den implementerade friktionsmodellen är baserad på arbetet av (Specker, et al., 2014). Detta val av friktionsmodell motiveras av dess breda täckning av de olika friktionsegenskaperna, men också av en design som är inriktad på att minimera beräkningsresurserna vid simulering.

Friktionsmodellen implementerar viskös Coulumb-friktion, Stribeck-effekt och hysteres. Tuning av modellparametrarna utfördes med mätningarna tillgängliga i (Nigam, 2018). På grund av brist på data för Stribeck-effekten har denna uteslutats från modellen.

3.2.3. Bromsmodellen

På grund av mångfalden av bromsfunktioner på olika lastbilar och bristen på tillgång till en exakt OEM-bromsmodell används en enkel bromsmodell i simuleringarna. För bromsfallet på alla hjul används samma bromsmoment på alla hjul och för motor/retarderbroms delas ett visst bromsmoment lika och appliceras på drivhjulen.

Dessutom läggs en enkel låsningsfri bromsfunktion till fordonmodellerna som justerar det krävda bromsmomentet för att begränsa däckens glidning och undvika hjullåsning.

3.2.4. Förarmodellen

Förarmodellen i simuleringarna består av en PID-regulator som försöker följa önskad bana, dvs ett enkelt filbyte eller cirkelkörning. Förarens maximala rattutslag är begränsad enligt styrsystemets mekaniska begränsningar.

3.2.5. Backtagningsmodeller

Det primära syftet med de modeller som används i rapporten för att simulera förmågan att ta backar är att illustrera skillnaden som uppstår på grund av olika fordonskombinationer. Fokus är att lyfta fram skillnaden som uppstår när traktorns axelavstånd ändras, men alla fordon som beskrivs ovan ingår i denna delstudie. Men sidodynamiken kommer inte att inkluderas här, och en rak väg antas.

Det är inte en ovanlig situation under vinterförhållanden att fordonskombinationer inte klarar av en specifik uppförsbacke. I ett pågående ögonblick kan det börja glida över vägbanan för att hamna i en position som blockerar stora delar av trafiken. Detta betraktas främst som ett effektivitetsproblem eftersom resultatet kan ha en allvarlig inverkan på trafikflödet medan det vanligtvis inte är en viktig orsak till olyckor.

Även om det finns en relevans i detta trafikscenario är det svårt att göra en exakt simulering av ett sådant. En anledning är de involverade parametrarna och deras bidrag till resultatet. Tänk till exempel på förarens reaktion på ett tappat grepp och följande åtgärder. Mycket subtila förändringar med ratten och gaspedalen kommer att ha stor inverkan på kombinationens slutposition. En sofistikerad modell av förarens beteende skulle vara nödvändig, och utfallet eventuellt fortfarande inte ger en rättvis jämförelse mellan fordonskombinationer i förhållande till verkliga situationer.

En rättvis jämförelse mellan fordonskombinationer, som är oberoende av föraren och hanterbar att modellera och kvantifiera, ges i PBS-projektet (Performance Based Standards), se (Kharrazi et. Al. (2017)) Två standards i PBS-ramverket är relevant till detta scenario, nämligen *Startability* och *Gradeability*.

Startability är ett mått på hur brant uppförsbacke en fordonskombination kan starta i, givet i procent av lutningen och *gradeability* är ett mått på hur svår uppförsbacke som ett fordon kan bibehålla en viss hastighet i. Dessa två mått ger kvantitativa värden på när en fordonskombination kommer att möta problem och möjliggöra en objektiv jämförelse mellan fordonskombinationer. Dessa värden ger emellertid inte exakta värden på när det kommer att bli problem med trafikstockningar eftersom detta är en mer komplex fråga.

För varje standard finns det ett test som kan utföras på ett testbanatest eller i simulering. Måtten definieras som:

Startability är ett mått på förmågan att starta framåtriktad rörelse på angiven väglutning från stillastående. Testförfarandet anger att fordonet måste hålla en jämn framåtriktad (uppåt) rörelse i slutningen med en konstant eller ökande hastighet i minst 5 meter. Prestanda mäts i väglutning som fordonet kan starta från.

Gradeability är mycket lik *Startability* men med skillnaden att hastigheten måste bibehållas. Testförfarandet anger att fordonskombinationen måste hålla en stabil eller ökande hastighet i minst 5 meter. Prestandan mäts antingen i väglutning för en specifik hastighet eller hastighet vid en specifik väglutning. Typiska hastigheter är mellan 60 och 80 km/h.

Både *Startability* och *Gradeability* är mått som handlar om körning rakt upp i en uppförsbacke. Därför finns det inget behov av att inkludera fordonets laterala beteende och svar på ratten i modellen. Istället

är drivlinan och däckens grepp de centrala komponenterna för resultatet. I (Bruzelius et al. (2016)) visades det att komplexiteten hos modellerna som används för att beräkna dessa mått inte kräver hög komplexitet. I denna studie tar vi därför till de enklaste modellerna när vi beräknar måtten.

Båda måtten beror bara på drivkraften som verkar på fordonen. Drivkraften är ett resultat av motorn, som genererar ett vridmoment och omvandlas genom växellådor till hjulet och däck till en kraft. De viktigaste begränsande faktorerna i denna kedja är det maximala vridmoment som motorn kan producera och den maximala tillgängliga friktionskraften som kan extraheras mellan vägen och de framdrivna däcken.

Det maximala motorns vridmoment är inte av primärt intresse här och inte under utredning. Motorn kommer dock att begränsa prestandamåtten under vissa förhållanden. För att förhindra jämförelser som är irrelevanta i verkliga livet valdes en rimlig motor för påhängsvagnskombinationerna och en annan för de tyngre nordiska och B-dubbla kombinationerna. Därför kommer också en enkel modell av växellådorna att inkluderas i denna studie.

Den maximala friktionskraften är till stor del beroende av normalkraften. En första ordningens modell är att den maximala friktionskraften som kan extraheras är normalkraften gånger friktionskoefficienten. De olika kombinationerna har olika normalkrafter eller belastning på den drivna axeln/axlarna vilket kommer att resultera i olika mått. Denna studie kommer att illustrera dessa skillnader i termer av de två måtten.

Om vi försummar effekten av lastöverföring mellan axlarna på grund av lutningen, kan vi beräkna Startbarhetsmättet som (Bruzelius et al. (2016)),

$$S_{\%} = 100 \frac{\min(N_D \mu, \max(F_{PT}))}{Mg} \quad (1)$$

I procent väglutning. I (1) är M fordonets totala massa, N_D normalkraften på den drivna axeln/axlarna, μ friktionskoefficienten och den största kraft $\max(F_{PT})$ som motorn och växellådorna kan producera vid stillastående. Motsvarande uttryck för Gradeability kan uttryckas som, se (Bruzelius et al. (2016)),

$$G_{\%} = 100 \left(\frac{\min(N_D \mu, \max(F_{PT}))}{Mg} - C_{rr} - \frac{0.5 \rho_{air} C_d v_{ref}^2}{Mg} \right) \quad (2)$$

där Startability termen åtföljs av däckens rullmotstånd (C_{rr}) och en term på grund av luftmotståndet för den angivna hastigheten v_{ref} . Motorns och växellådornas maximala kraft ($\max(F_{PT})$) är nu angivet vid referenshastigheten.

Drivlinan består av motor, växellåda och slutväxel. Dessa modelleras med hjälp av ett enkelt samband mellan motorns rotationshastighet och det maximala vridmoment som det kan produceras ($T(\omega)$) och enkla förhållanden för växlar ($R_{GB}(i), R_{FG}$). För att beräkna den maximala kraft som motorn kan producera vid ett visst varv måste man hitta den bästa växeln (i) för referenshastigheten enligt,

$$\max(F_{PT}) = \max_{\omega_i} \frac{T(\omega_i) R_{GB}(i) R_{FG}}{R_{whl}} \quad (3)$$

där $\omega_i = v_{ref} R_{FG} R_{BG}(i) R_{whl}$ för den i :te växeln. För take-off, dvs från stillastående till start finns det en speciell take-off moment som leverantörerna håller tillhanda. För detta fall har vi valt en 420 hk motor med ett maximalt vridmoment på 2100Nm och ett take-off max på 650 Nm och en 12 växellåda för traktorn påhängsvagnskombinationerna. För de tyngre kombinationerna av nordiskt och B-dubbel ersätts denna motor med en 650 hk motor med en maximal vridmomenteffekt på 3150Nm och 650Nm take-off max. Detta ger ett jämförbart effekt-till-viktförhållande mellan alla kombinationer.

Desutom antas luftmotstånd och rullmotståndskoefficienter vara desamma för alla kombinationer i studien. Friktionen antas vara lika med 0,75 för torrt väglag och 0,25 för hala förhållanden. Friktionsnivån för hala tillstånd tas från Vägverkets garanti för landsvägsnätet (Trafikverket (2012)). Det bör stå klart att denna nivå kanske inte är tillämplig på lastbilsdäck, men används här ändå utan ytterligare överväganden.

3.3. Förutsättningar

Här beskriver vi förutsättningarna för simuleringarna av de två manövrarna. De är hjulbasen för traktorerna, vägytans tillstånd (torr väg eller snö), femte hjulfriktionen och slutligen lasten på släpen. Några av dessa villkor har introducerats tidigare men är upprepade här för fullständighetens skull.

3.3.1. Traktorhjulbasens längd

Traktorns hjulbaslängd är den viktigaste parametern som undersöks. De andra parametrarna kommer endast att studeras som deras korskorrelation till hjulbasen. Därför kommer frågor som hur smörjningen av det femte hjulet påverkar vägen inte att vara i fokus. Istället kommer frågor av typen ”är kortare hjulbasfordon mer känsliga för femte hjul smörjning än längre?” att undersökas.

Variationen mellan hjulbasen representeras av de 3.2. För de tre första fordonen är den enda skillnaden hjulbasen. Detta gör studien ren i den meningen att den enda skillnaden i resultat måste komma från hjulbasen. För de andra fordonskombinationerna är fler parametrar olika, vilket gör en sådan slutsats svårare att göra. Å andra sidan bör de andra kombinationerna betraktas som fordon som finns i trafiken idag. Detta gör dem relevanta för studien här.

3.3.2. Väglagets tillstånd

Två olika vägytor används i studien; torrt väglag med hög friktion och vinterförhållanden med låg friktion. Dessa representeras av de två olika parameteriseringar 3.2.1. Det antas därför att greppet hos alla däck på alla axlar är liknande, men beroende av axelbelastningen. På grund av konstruktionen hos däck har drivna hjul (och tag-/pusher-axel) olika inte samma däckstyp som på styrda axlar. Detta är också fallet för modellerna i denna studie.

Det har funnits misstankar om att vagnsdäck ibland är i sämre förhållanden som däck sitter på traktorn. Effekter av däck med olika tillstånd har inte undersökts ytterligare här. Den främsta orsaken till detta är att resultatet av en simulering med olika grepp på olika axlar kommer att starkt bero på skillnaden i grepp. Denna skillnad är okänd i litteraturen, vilket skulle göra kvantifieringen av simuleringsresultatet omöjligt.

3.3.3. 5e hjulets friktion

Den femte hjulkopplingen hos en traktor-påhängsvagn är den punkt där artikulationen äger rum och den potentiella fällkniven eller vagnsvingen. Friktionen i denna led kan ha en stor inverkan på hur benägna kombinationen är att få en fällknivs- eller vagnsvings-situation. Friktionen i 5:e hjulet ingår därför i studien enligt de modeller som beskrivs i avsnitt 3.2.2, med tre friktionsnivåer på 0,06, 0,2 och 0,35 för fallen helt smord, halvsmord respektive torrt.

3.3.4. Lastningsfall för påhängsvagnarna

Det sista förutsättningen som kommer att varieras i simuleringen är lastningen på påhängsvagnarna. Det första villkoret är en tom vagn. Detta är ett extremt fall i den meningen att lastningen kommer att vara så låg som det möjligen kan vara för en viss kombination. Lasten på axlarna kommer att bestämma hur mycket lateral kraft som däcken kan producera för att hålla banan. Detta fall är också extrem när det gäller trögheten i vagnen, vilket kommer att ha en betydande inverkan på kombinationens prestanda.

Lastning av en påhängsvagn med gods kan göras på många sätt och kommer att ha en stor inverkan på massfördelningen samt vagnens tröghet och därmed på hela fordonskombinationen. För att begränsa antalet testfall i simuleringen har två fullastade fall valts. Den första representerar en belastning som är jämnt fördelad över vagnen men lämnar ett 10% utrymme (längd) tomt längs bak i vagnen. Vi kallar det här lastfallet för frontlastat. En liknande, men en 10% utrymme tom i fronten används också. Vi kallar det här det baklastade fallet. Om dessa lastningsstrategier bryter mot den lagstadgade belastningen på en axel-/axelgrupp används den lagstadgade lastningen och lasten skjuts i enlighet med detta i lämplig riktning. Till exempel, för TR4x2 kombinationer, lämnar 10% av utrymmet tomt bak kommer att resultera i över lastad drivaxel eller traktor, därför det tomma utrymmet på baksidan är endast 0,2 m för långa och medelstora traktorer och 0 m (dvs. en jämnt fördelad belastning i hela vagnen) för den korta traktorn. De olika belastningarna på axlarna för de tre lastfallen anges i Tabell 1 för de första 6 kombinationerna med en traktor och en påhängsvagn och Tabell 2 för referenserna 64 toner nordisk kombination och 60 toner B-dubbel. Observera att endast ett lastfall tillhandahålls för B-dubbel, eftersom axlarna annars kommer att överbelastas.

Tabell 1 Axellaster av traktor-påhängsvagnskombinationerna med sina tre olika lastfall (tom, främre lastad eller bak lastad vagn). De drivande axlarna ges i kursiv.

Combination	Load case/axle	Tractor load on axle [tonnes]			Semi-trailer [tonnes]	Total weight [tonnes]
		1 st	2 nd	3 rd	All axles	
TR4x2long_ST3	Empty	5.353	<i>2.9868</i>	-	1.830	13.829
	Front	7.260	<i>10.802</i>	-	7.313	40.000
	Rear	6.849	<i>9.117</i>	-	8.011	40.000
TR4x2medi_ST3	Empty	5.288	<i>3.051</i>	-	1.830	13.890
	Front	6.772	<i>11.290</i>	-	7.313	40.000
	Rear	6.452	<i>9.514</i>	-	8.011	40.000
TR4x2short_ST3	Empty	5.215	<i>3.125</i>	-	1.830	13.890
	Front	6.195	<i>11.545</i>	-	7.420	40.000
	Rear	6.010	<i>9.956</i>	-	8.011	40.000
TR6x2pusher_ST3	Empty	5.327	1.653	<i>2.480</i>	1.830	14.950
	Front	6.6717	5.536	<i>8.304</i>	6.481	40.000
	Rear	6.191	4.067	<i>6.101</i>	7.880	40.000
TR6x2tag_ST3	Empty	4.941	2.783	1.855	1.830	15.070
	Front	5.377	<i>9.148</i>	6.099	6.459	40.000
	Rear	5.212	<i>6.740</i>	4.494	7.851	40.000
TR6x4_ST3	Empty	5.364	<i>2.470</i>	<i>2.470</i>	1.830	15.795
	Front	6.637	<i>7.195</i>	<i>7.195</i>	6.324	40.000
	Rear	6.156	<i>5.408</i>	<i>5.408</i>	7.676	40.000

Tabell 2 Axellaster för referensfordonen, den nordiska kombinationen och B-dubbeln. Observera också att de fullastade fallen är 64 toner respektive 60 ton jämfört med de andra kombinationerna med 40 ton.

Combination	Load case/axle	Tractor load on axle [tonnes]			Dolly converter/ Link-trailer [tonnes]	Semi-trailer [tonnes]	Total weight [tonnes]
		1 st	2 nd	3 rd	1 st and 2 nd	All axles	
TK6x4_DY2_ST3	Empty	5.500	1.750	1.750	2.056	1.830	18.600
	Front	6.564	8.718	8.718	8.789	7.474	64.000
	Rear	6.564	8.718	8.718	7.983	8.011	64.000
TR4x2_LT2_ST3	Empty	5.283	3.028	-	3.014	1.830	60.000
	Loaded	6.738	11.101	-	9.044	8.024	60.000

4. Simuleringsresultat

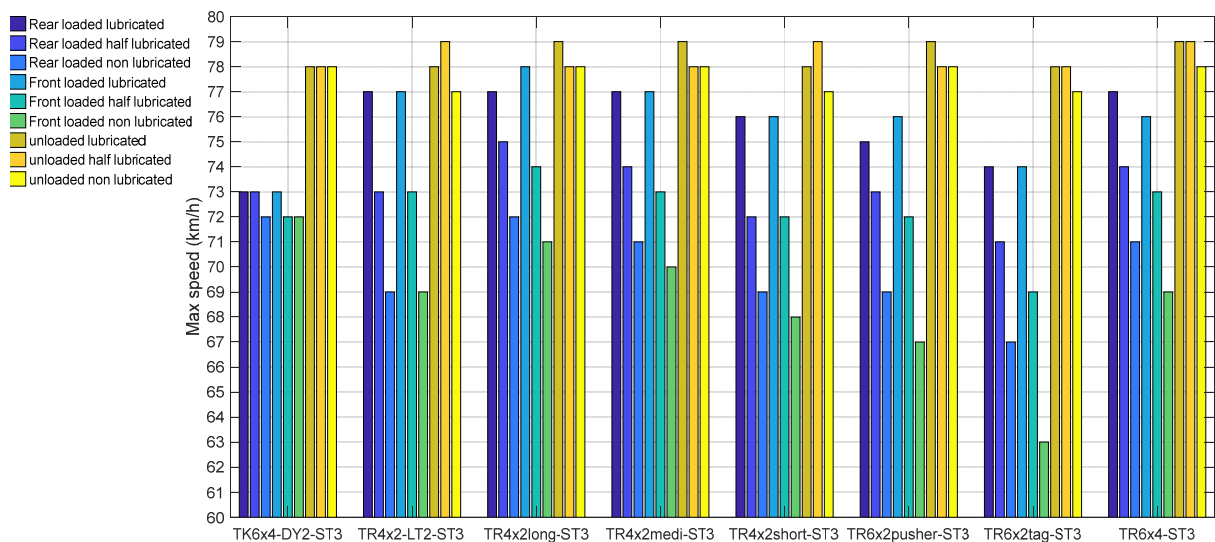
Detta kapitel presenterar simuleringsresultaten från körfältsbytet och bromsning i kurva manövrarna och slutligen för uppförsbackestagningen. Här är de tidigare beskrivna fordonskombinationerna simulerade under de givna förhållandena. Det bör nämnas att inte alla möjliga permutationer av tillstånd och kombinationer simuleras. Till exempel simuleras endast traktorn-påhängsvagnskombinationerna i motorbromsning i kurva eftersom fällkniv är tvetydigt att definiera för de tyngre nordiska och B-dubbla kombinationerna. För tomma fordonskombinationer görs inte simuleringar med lyfta tag-/pusher-axlar. Detta är det vanliga sättet dessa fordon körs i trafiken. Lyfta tag-/pusher-axelkombinationer skulle dock vara geometriskt mycket nära de två axelkombinationerna, vilket gör dessa simuleringar överflödiga.

4.1. Enkelt filbyte

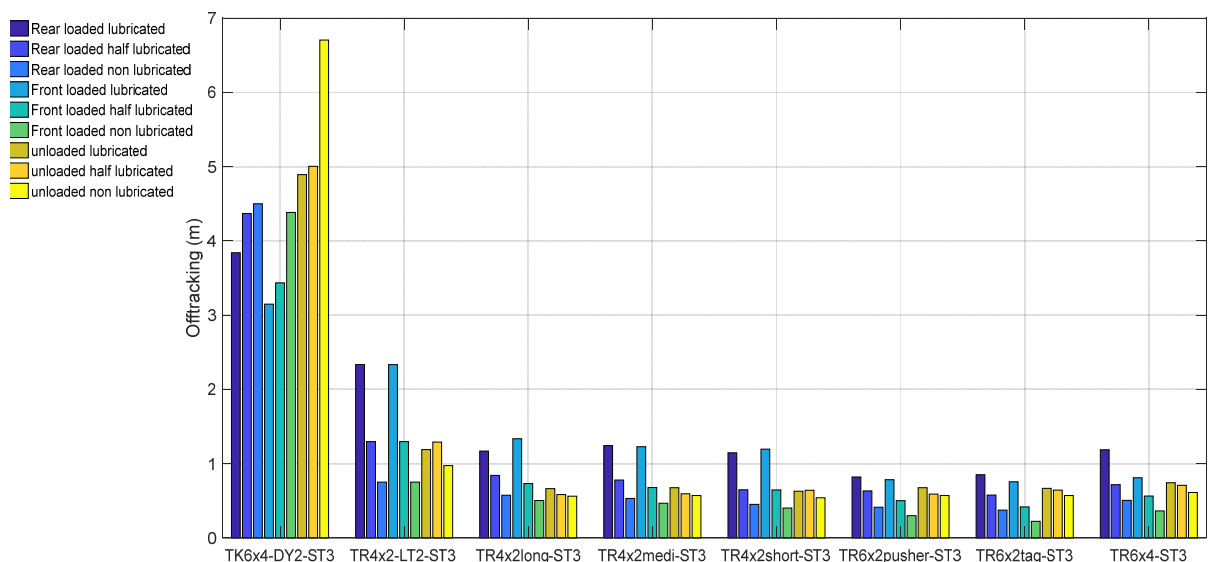
Ett enkelt filbyte (SLC) manöver med 3,5 m lateral förflyttning inom 70mäs längsgående förflyttning används för jämförelse av fordonen. Förarmodellen som beskrivs i avsnitt 3.2.4 används för att följa den definierade banan.

Manövern är simulerad vid låg friktion och vinterförhållanden. Simuleringen upprepas med ökande hastighet för varje fordonskombination, med de olika lastfall och smörjning av femte hjulet. Hastigheten ökas med ett steg om 1 km/h tills fordonen förlorar stabilitet och inte längre kan följa den definierade banan, se FIGUR 12 som exempel på prestanda. Den högsta hastighet med vilken fordonen kan följa banan och passera manövern används som jämförelsemått. Resultaten visas i FIGUR 10. Det bör noteras att de främre lastade och bakre lastade fallen för B-dubbelfordonet är desamma, eftersom endast ett lastfall uppfyllde axelbelastningsgränserna för detta fordon.

Passningshastigheten är från 63 till 79 km/h. Den lägsta passningshastigheten är för det bakre lastade fordonet med en tag-axel, följt av det frambelastade fordonet med en pusher-axel, båda med icke-smorda femtehjul. De högsta passningshastigheterna tillhör de olastade fordonen, som också är mindre känsliga för femtehjulssmörjningen. De tvåaxlade traktor-påhängsvagnskombinationerna har liknande eller högre passningshastigheter än de treaxlade traktor-semitrailers i allmänhet. Det enda undantaget är att fordonet med "kort" hjulbas har 1-2 km/h lägre passningshastigheter, jämfört med ett av fordonen med en treaxlad traktor, nämligen TR6x4_ST fordonet. Om man jämför traktor-påhängsvagnarna med tvåaxlade traktorer kan man se att en minskning av hjulbasen ändrar passningshastigheten ca 1-2 km/h för varje hjulbasreduktionssteg (dvs. från 3,9 m till 3,7 m och från 3,7 m till 3,5 m). Den största minskningen är för det främre lastade icke-smorda fallet, där passningshastigheten för traktor-påhängsvagnen med "lång" hjulbas är 71 km/h och den reduceras till 67 km/h för traktor-påhängsvagnen med den "korta" hjulbasen. Denna största minskning är bara 5,6% minskning av passningshastigheten. Man kan således dra slutsatsen att hjulbaslängden påverkar passningshastigheten vid vinterväglag, men påverkan är inte signifikant.

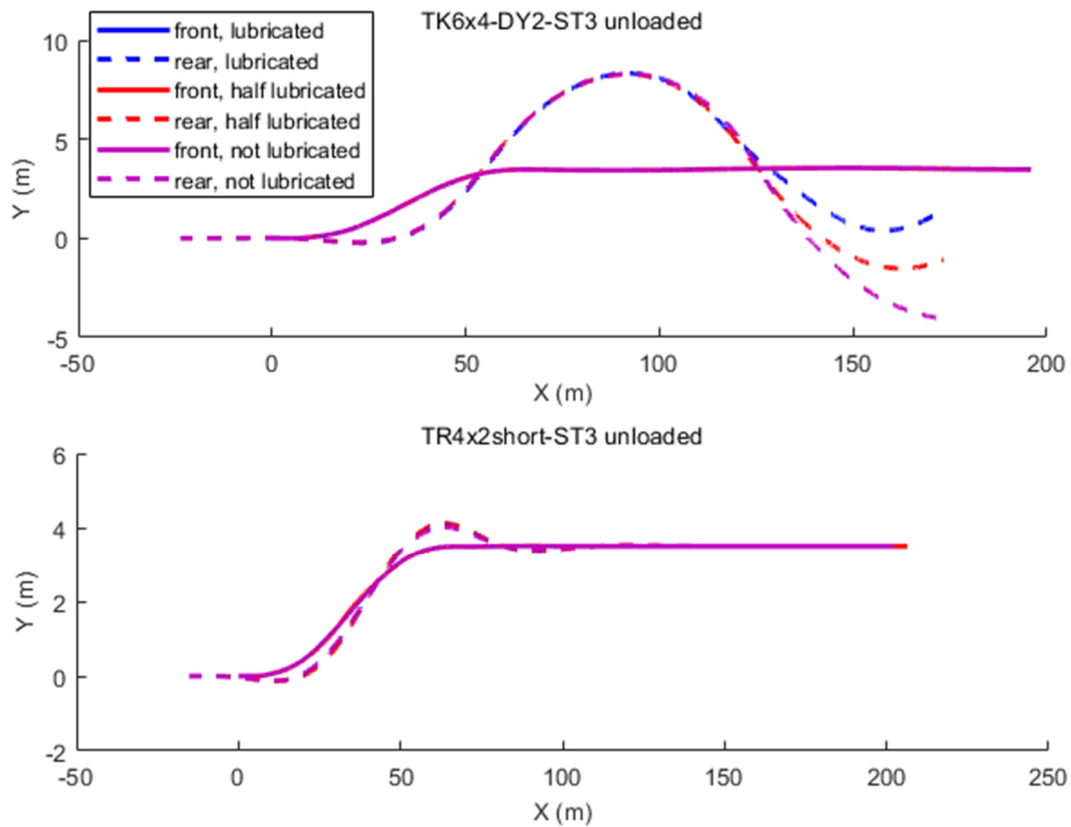


FIGUR 10. Maximal möjlig hastighet i filbytesmanövern vid vinterväglag.



FIGUR 11. Avspärning för filbytet med maximal hastighet i vinterväglag.

FIGUR 10 illustrerar den maximala hastigheten med vilken fordonen kan passera manövern för filbyte, dvs. traktorn följer den definierade banan, men den ger ingen information om helheten av fordonets prestanda under filbytet. Därför studeras även den maximala avspärningen från fordonet under manövreringen enligt FIGUR 11. Figuren visar att den nordiska kombinationen har mycket stor avspärning vid maximal passningshastighet. Detta framhävs ytterligare i FIGUR 12 där framaxel och bakre ändlägen för den olastade nordiska kombinationen och traktor-påhängsvagnskombinationerna med kort axelavstånd visas och jämförs med varandra.



FIGUR 12. Exempel på banplott för att illustrera skillnader mellan främre och bakre del av kombinationen och utan begränsning på dess avspårning. Topp: Nordisk kombination, botten: 'kort' traktor-påhängsvagn

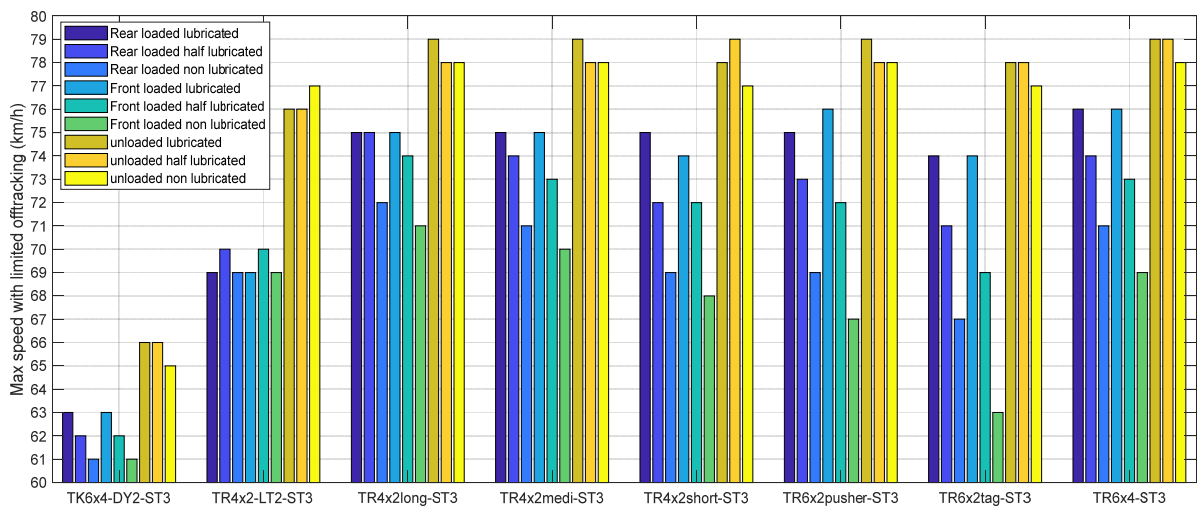
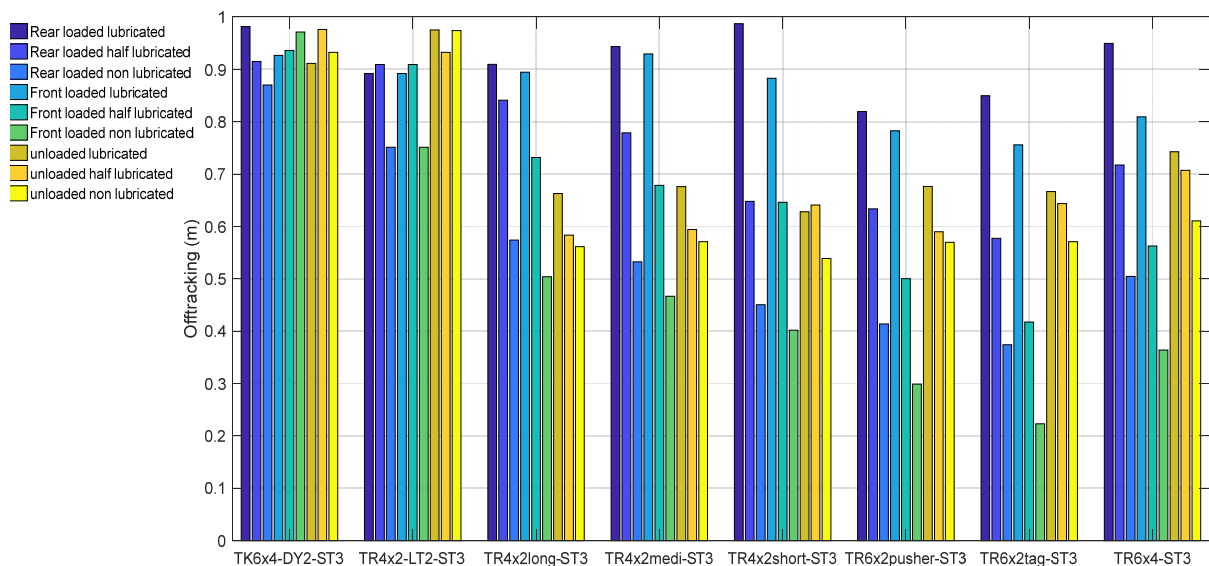


FIGURE 13. Maximal möjlig hastighet för SLC manövern med begränsad avspårning i vinterväglag.

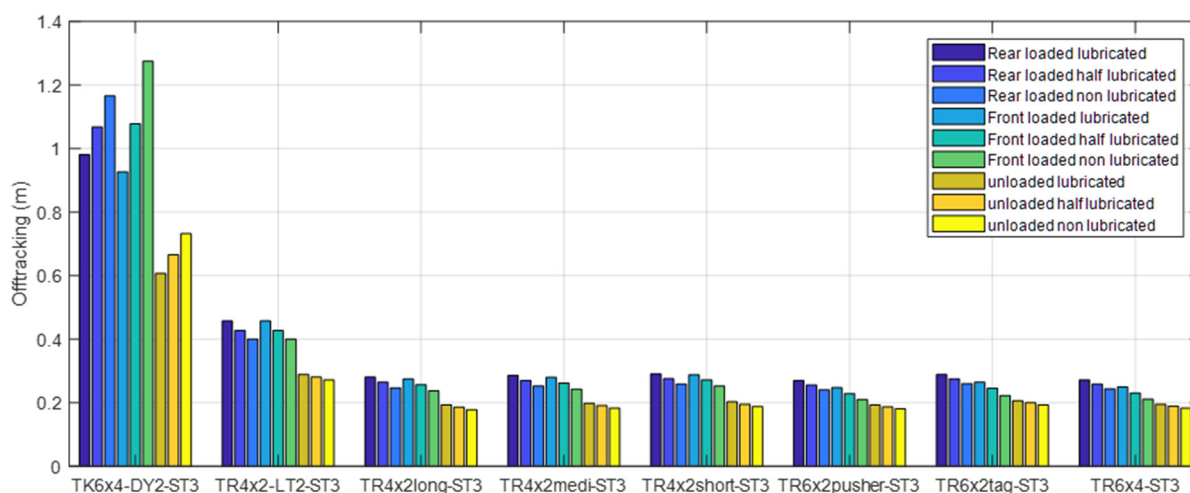


FIGUR 14. Maximal avspårning under SLC manövern med hastigheter från FIGUR 13.

Med tanke på dessa plotter upprepades simuleringen av manövrering av körfältsbyte vid vinterförhållanden med ett ytterligare villkor på fordonets avspårning. Den maximala hastigheten med vilken fordonet kan passera manövreringen, bestämdes inte bara baserat på traktorn som följer den definierade banan, utan också på vagnarna som följde traktorn med begränsad avspårning. Med tanke på en 3,5 m filbredd och en fordonsbredd på 2,5 m, är en avspårning på 1 m den maximalt tillåtna avspårningen som inte kommer att resultera i intrång i den angränsande fil eller vägskulden. Sålunda upprepades simuleringarna med ökande hastighet tills fordonet inte lyckades följa den definierade banan eller så att avspårningen överskred 1 m. Det nya resultatet finns i FIGUR 13 och 14.

Vid begränsning av avspårning är maxhastighetsområdet 61 till 79 km / h. Den nordiska kombinationen har de lägsta passningshastigheterna följt av traktor-påhängsvagn med taggaxel. Avspårningen för kombinationer av traktor-påhängsvagn är i liknande område, fordonen med tag- och pusher-axel har lite lägre avspårning. För bättre jämförelse av passningshastigheten visas skillnaden mellan varje fordon och traktor-semitrailer med kort hjulbas för varje last- och femhjulstillstånd i FIGUR 16. Den nordiska kombinationen, B-dubbel och traktor-påhängsvagn med tag axeln har lägre passningshastigheter jämfört med traktor-påhängsvagn med kort hjulbas. De andra fordonen har lite högre passningshastighet än den korta traktor-påhängsvagn, men skillnaden är lägre än 5%, dvs den är inte signifikant.

Det bör betonas att en mindre avspårning i FIGUR 14 inte indikerar en mer stabil fordonskombination, eftersom denna avspårning skett vid olika hastigheter. Med andra ord, avspårningen är här endast använt som ett extra kriterium för att säkert klara manövern. Många av fordonskombinationerna klarar inte manövern (dvs klarar inte att följa banan) innan de når den maximala avspårningen på 1 meter. För jämförelsens skull har extra simuleringar genomförts av manövern vid en fix hastighet på 63km/h. Avspårningen för dessa simuleringar finns i FIGUR 15 nedan. Hastigheten är vald så att den framlastade traktor påhängsvagnen med tag axel osmört 5e hjul klarar manövern.

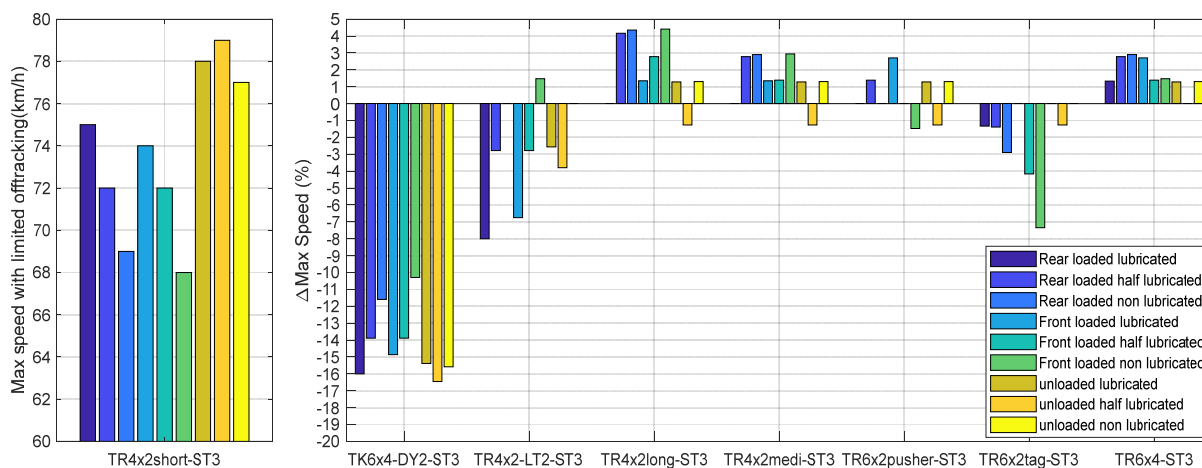


FIGUR 15 Maximal avspårning för enkelt filbyte manövern vid 63km/h vid vinterväglag.

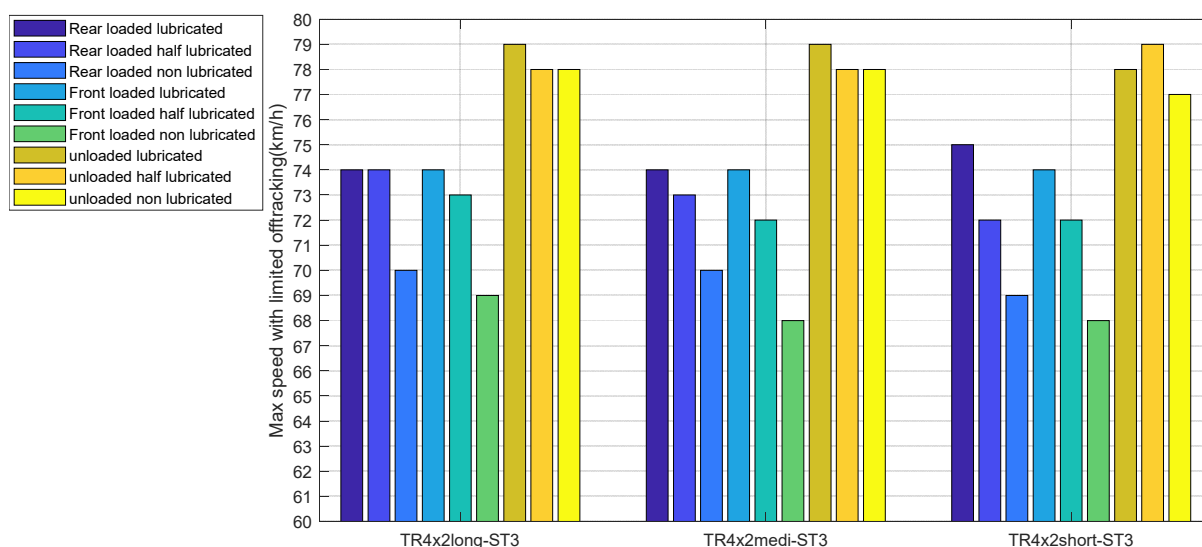
En annan aspekt som bör betraktas är att för 'medi' och 'long' 4x2-traktorerna ökades hjulbasen jämfört med den 'short' 4x2-traktorn, men avståndet mellan framaxeln och femte hjulet hölls samma som den korta traktorn. Avståndet mellan bakaxeln och femte hjulet är därför inte detsamma för dessa traktorer och det påverkar axellasten och fordonets prestanda. Således kördes ytterligare en simuleringsrunda för dessa tre traktorer där det femte hjuls position också flyttades bakåt för att få samma avstånd mellan bakaxeln och femte hjulet i alla tre traktorerna. Det framlastade fallet faller inte inom den lagliga gränsen för axellaster. Därför har en jämn last använts för att ligga närmre lagkraven. Axellasterna är angivna nedan i Tabell 3. Observera att flyttning av det femte hjuls position närmare bakaxeln för 'medi' och 'long' traktorer innebär att de inte uppfyller de europeiska kraven för fordonets kombinationslängd. Resultatet visas i FIGUR 17, som visar att den högsta möjliga hastigheten i SLC-manövern mestadels är densamma för de tre fordonen, och det finns bara en hastighetsskillnad på 1 km / h i vissa fall. Därför är det inte bara hjulbasen som påverkar stabiliteten i ett körfältsbyte, utan också femhjulspositionen och axellaster.

Table 3 Axellaster öfr 'medi' och 'long' 4x2 traktor med flyttat 5e hjul.

Combination	Load case/axle	Tractor load on axle [tonnes]			Semi-trailer [tonnes]	Total weight [tonnes]
		1 st	2 nd	3 rd	All axles	
TR4x2long_ST3	Empty	5.198	3.141	-	1.830	13.829
	Even (Front)	6.078	11.662	-	7.313	40.00
	Rear	5.912	10.054	-	8.011	40.00
TR4x2medi_ST3	Empty	5.206	3.133	-	1.830	13.890
	Even (Front)	6.133	11.607	-	7.313	40.00
	Rear	5.958	10.008	-	8.011	40.00



FIGUR 16. Skillande mellan maximala möjliga hastigheten för SLC manövern med begränsad avspårning vid vinterväglag, jämförd med traktor-påhängsvagn med kort hjulbas



FIGUR 17. Skillnad i maximal möjlig hastighet för SLC manövern med flyttad femte hjul position 2-axliga traktorerna.

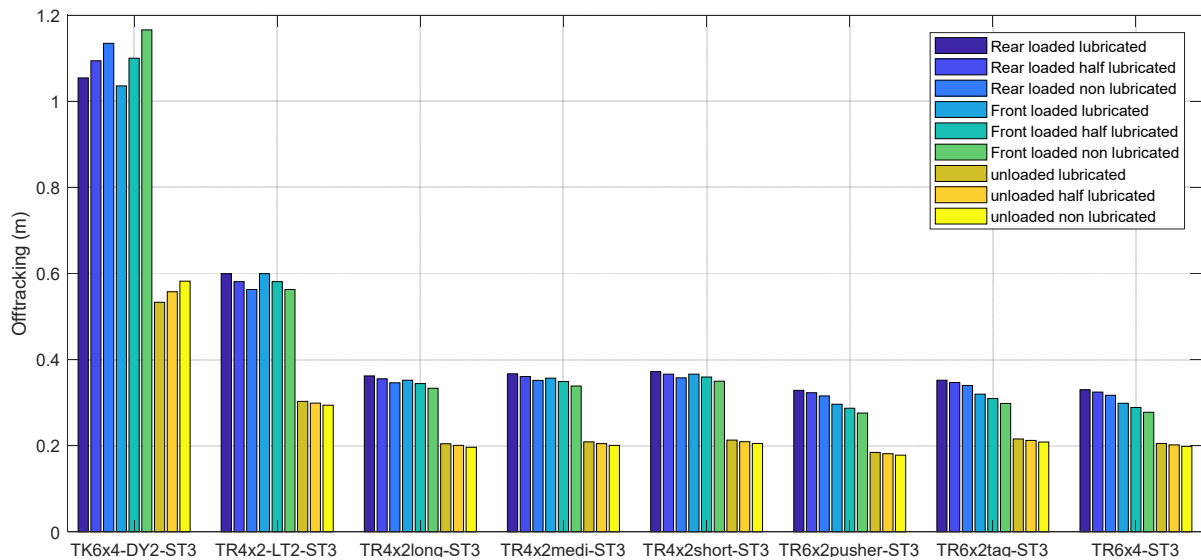
För att ge en översikt över effekten av femtehjulssmörjning på fordonens prestanda anges förändringar i maximi-hastigheter (med begränsat avspårning) för varje fordon i 4. Det fordon som har störst förändring av den maximala hastigheten från smorda femtehjul till icke-smorda är den främre lastade traktor-påhängsvagn med tag-axel, med 14,9% förändring i den maximala hastigheten. Den följs av den främre lastade traktor-påhängsvagn med pusher-axel (11,8%). De minst drabbade fordonen med femtehjulssmörjningen är den nordiska kombinationen, B-dubbel och alla olastade fordon.

Table 4. Förändring av maximal hastighet med smort och osmort 5:e hjul.

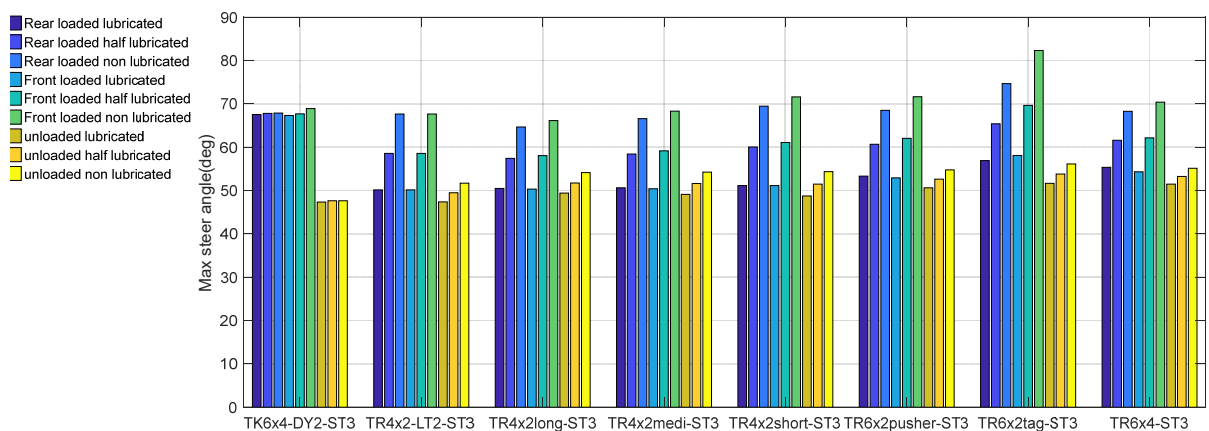
	Rear loaded	Front loaded	Unloaded
TK6x4-DY2-ST3	3.2 %	3.2 %	1.5 %
TR4x2-LT2-ST3	0 %	0 %	-1.3 %
TR4x2long-ST3	4.0 %	5.3 %	1.3 %
TR4x2medi-ST3	5.3 %	6.7 %	1.3 %

TR4x2short-ST3	8.0 %	8.1 %	1.3 %
TR6x2pusher-ST3	8.0 %	11.8 %	1.3 %
TR6x2tag-ST3	9.5 %	14.9 %	1.3 %
TR6x4-ST3	6.6 %	9.2 %	1.3 %

För hög friktions fallet kan alla fordon utföra körfältsbytesmanövern vid hastigheter högre än 80 km/t. För att jämföra deras prestationer hölls manöverhastigheten därför vid 80 km/h och skillnaderna i den erforderliga styrvinkeln och avspårningen studerades. FIGUR 18 visar att den nordiska kombinationen har den största avspårningen som överstiger 1 m för det lastade fordonet, och den följs av B-dubbeln. Detta förväntades på grund av den längre totallängden på dessa kombinationer. Kombinationerna av traktor-påhängsvagn har jämförbara avspårningar. I allmänhet har traktor-påhängsvagnar med 3-axlade traktorer lite mindre avspårning än de med 2-axliga traktorer. Maximal rattvinkel (förutsatt att ett utväxlingsförhållande på 18) ritas i FIGUR 19, som visar mycket likartade värden för olika fordon. Traktor-påhängsvagn med 2-axliga traktorer kräver lite mindre styrkraft än de med 3-axliga traktorer och den nordiska kombinationen, som dras av en lastbil. Som väntat ökar den nödvändiga styrinsatsen avsevärt med dåligt smorda femtehjul för alla fordon, utom den nordiska kombinationen.



FIGUR 18. Maximal avspårning för SLC manövern vid 80 km/h på torr väg



FIGUR 19. Maximalt styrutslag för SLC manövern vid 80 km/h på torr väg

4.2. Broms i kurva

Två bromsningar i kurvmanövrar beaktas, motor/retarderbroms på drivhjul och bromsning på alla hjul. Bromsningen i kurvmanövrar simuleras endast för vintertillståndet. I följande avsnitt ges resultaten för varje manöver.

4.2.1. Motorbromsfallet

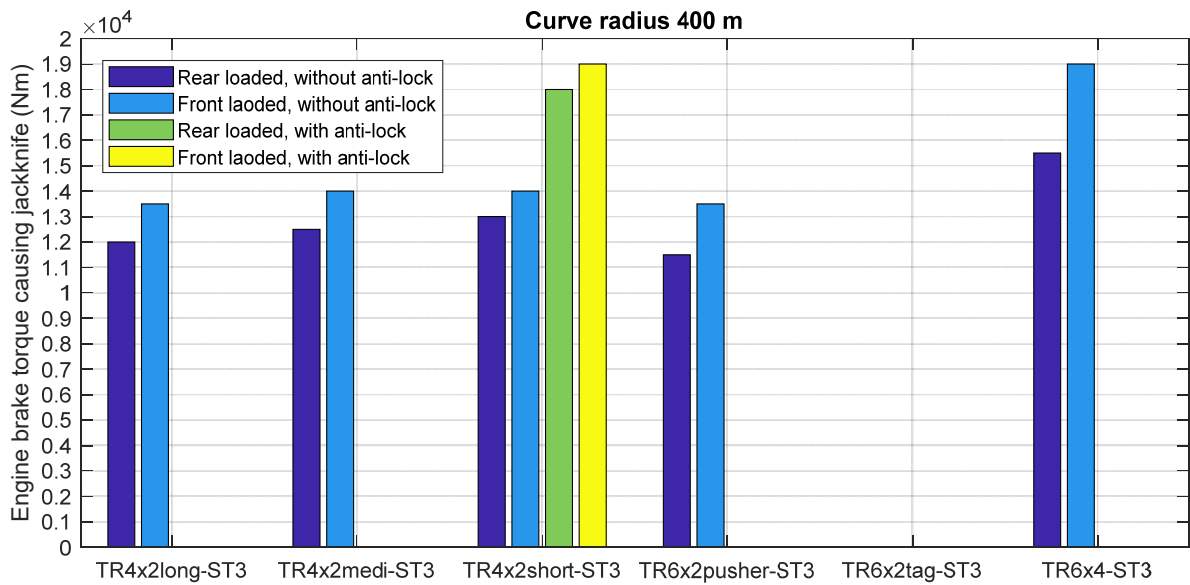
I denna manöver appliceras endast motor och retarderbroms på drivaxlarna för att inducera fällkniv. Simuleringen upprepas med ökande bromsmoment, med ett steg på 500 Nm, tills en fällknivning sker eller en övre gräns på 19 kNm har uppnåtts. Den övre gränsen bestäms av den maximala bromskraften hos en motor och växellådans retarder tillsammans med en hastighet av 80 km/h. Det bör emellertid observeras att det inte är vanligt att ha en växellådsretarder och den maximala effekten hos en motorbroms är cirka hälften av detta värde.

Denna manöver simulerades endast för de sex tractor-påhängsvagnskombinationerna för att studera och jämföra deras fällknivning. Referensfordonen var uteslutna eftersom de har två artikuleringspunkter och en av dem har en lastbil som dragenhet. Därför kommer de inte att genomgå samma fällknivs-fenomen.

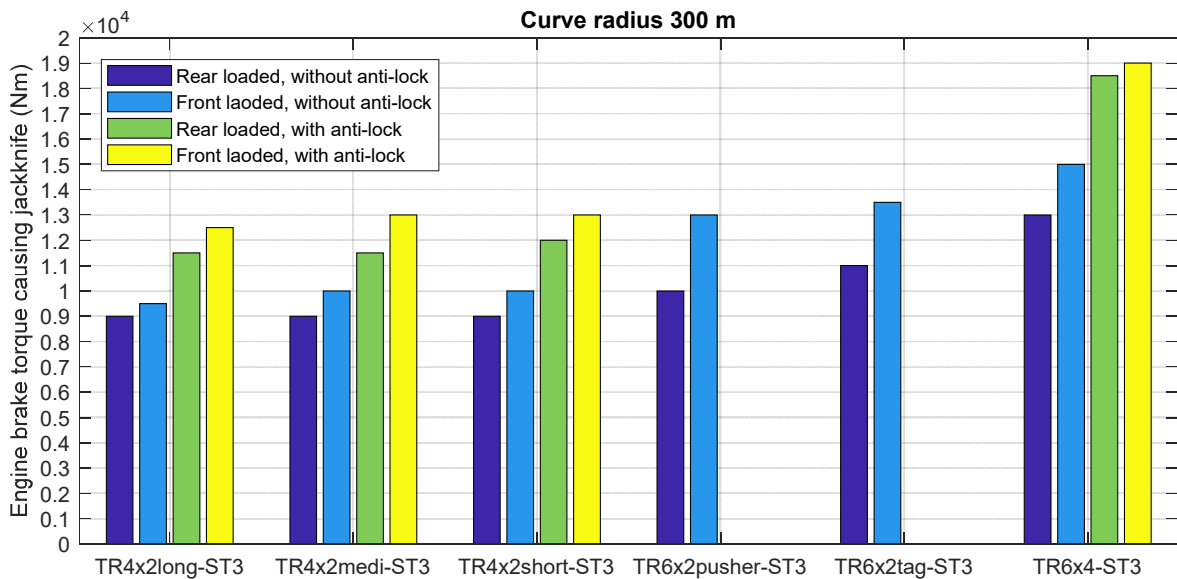
Eftersom endast traktorpåhängsvagn studeras i denna manöver och att den totala vikten är densamma för alla, kan vi tolka det applicerade bromsmomentet som en önskad retardation av fordonskombinationen. Detta gäller naturligtvis ända upp till när däckkrafterna har mättats.

Måtten som används för jämförelse är motorn/retarderbromsnivån som orsakar en fällkniv. Simuleringarna utfördes för två fall med och utan låsningsfri bromsning. Det bör emellertid noteras att en låsningsfunktion för motorbromsning inte är lika robust som en ABS och kan fungera för långsamt för att kunna förhindra hjulets låsning. Därför kanske inte fallet med låsningsfribromsning är lika relevant.

Resultaten för en kurvradi på 400 m, illustreras i FIGUR 20. För fallet med låsningsfria system uppträder inte fällkniven; även för fallet utan låsning är det nödvändiga motorbromsmomentet för att orsaka en fällkniv ganska högt och över 10 kNm för alla fordon. Som tidigare nämnts, är fordonets bromsnivå inte uppnåelig om fordonen inte är utrustade med en växellådsretarder. Därför upprepades simuleringen för en hårdare svängning på en kurva med en radi på 300 m, vilket är tillåtet på vissa gamla och mindre vägar, se FIGUR 21. Fortfarande kommer 6x2 traktorn inte fällkniv. Detta är för att det applicerade bromsmomentet kommer att begränsas av drivaxelbelastningen för att förhindra hjullåsning, och det faktum att lasten på drivande axel är lägre för 6x2 traktorer, jämfört med resten av kombinationerna. Men som förklarats tidigare är antilåsfunktionen för motorbromsen inte lika robust som ABS, och därför är fallet utan låsning viktigare att betrakta. Den uppnådda retardationen med motorbromsen före fällknivssituationen är presenterad i FIGUR 22



FIGUR 20. Motorbromsmoment som orsakar en fällkniv för traktor-påhängsvagnar i en kurva med radie på 400m, vid vinterförhållanden. En saknad stapel innebär att motorns bromsmoment upp till 19 kNm inte orsakar en fällkniv.



FIGUR 21. Motorbromsmoment som orsakar en fällkniv för traktor-påhängsvagnar i en kurva med radie på 300m, vid vinterförhållanden. En saknad stapel innebär att motorns bromsmoment upp till 19 kNm inte orsakar en fällkniv.

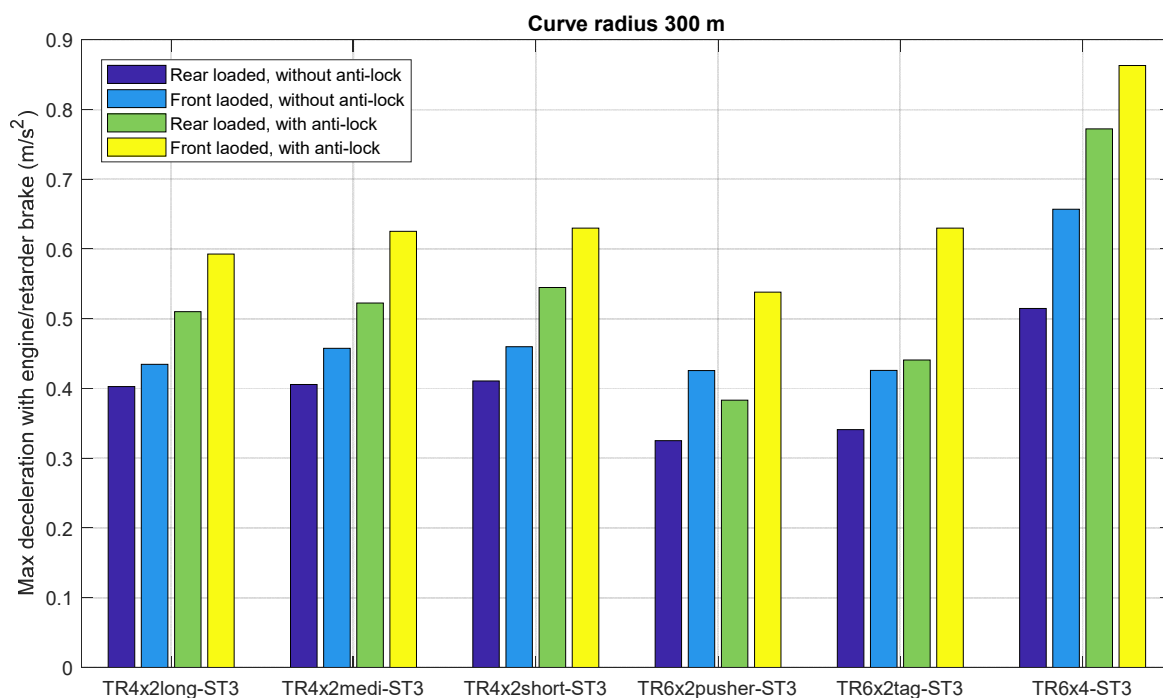
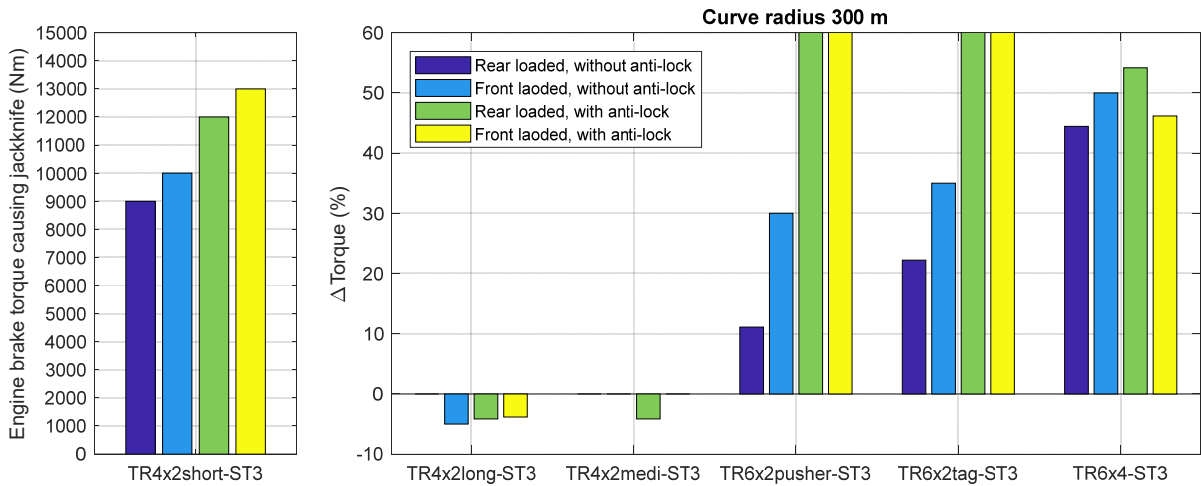


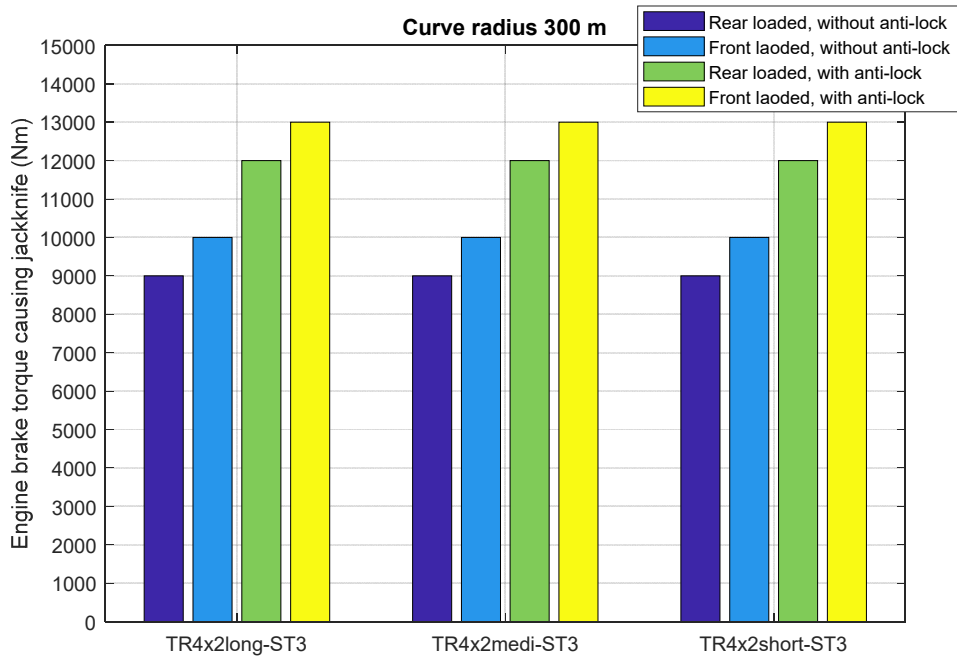
FIGURE 22 Maximal uppnådd retardation vid motorbroms, före fällknivssituationen för traktor-påhängsvagn i kurva med kurvradie på 300 meter i vinterväglag.

För bättre jämförelse är skillnaderna (i procent) med traktor-påhängsvagn med kort hjulbas som referensplott i FIGUR 23. De bakre lastade fordonen har lite sämre prestanda jämfört med de främre lastade fordonen och traktor-påhängsvagn med 2-axel kommer fällkniven vid lägre nivåer av motor/retarder-bromsmoment jämfört med dem med 3-axel. fällkniven för 2-axlade traktorer sker på liknande nivåer av motorbromsen och axelns längd har mindre effekter på den.

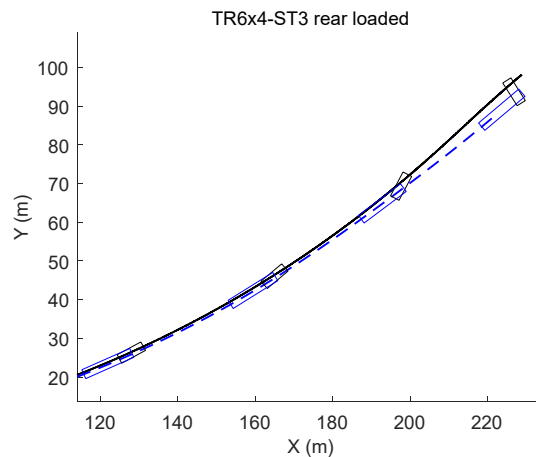
Det kan också observeras att 4x2-traktorer med längre hjulbas får fällkniv på en något lägre nivå av motorbromsen (negativ skillnad) jämfört med den korta traktorn. Det bör betonas att hjulbasen ökades för detta fordon men avståndet mellan framaxeln och femte hjulet hölls samma som den korta traktorn. Avståndet mellan bakaxeln och femte hjulet är därför inte detsamma för dessa traktorer och det påverkar axellasten och risken för fällknivning. Således kördes ytterligare en simuleringsrunda för dessa tre traktorer där det femte hjulläget också flyttades bakåt för att få samma avstånd mellan bakaxeln och femte hjulet i alla tre traktorerna. Observera att flyttning av det femte hjulläget närmare bakaxeln för 'medi' och 'long' traktorer innebär att de inte uppfyller de europeiska kraven för fordonets kombinationslängd. Resultatet visas i FIGUR 24, som visar samma svar i de tre fordonen. Därför är det inte bara hjulbasen som påverkar risken för fällknivning, utan också femhjulsläget och axellaster. Ett exempeldiagram för hur banan för en fällknivning ser ut återfinns i FIGUR 25.



FIGUR 23. Motorbromsmoment som orsakar en fällkniv för traktor-påhängsvagn i en kurva med radie på 300m, vid vinterförhållanden. Den korta traktorn ges i absoluta tal i det vänstra tomten och resten i avvikelser från den i den högra tomten. Barer som går ut ur grafen innebär att fällkniv inte inträffar.



FIGUR 24. Motorbromsmoment som resulterar i fällkniv för 2-axliga traktorerna med flyttat femte hjul.



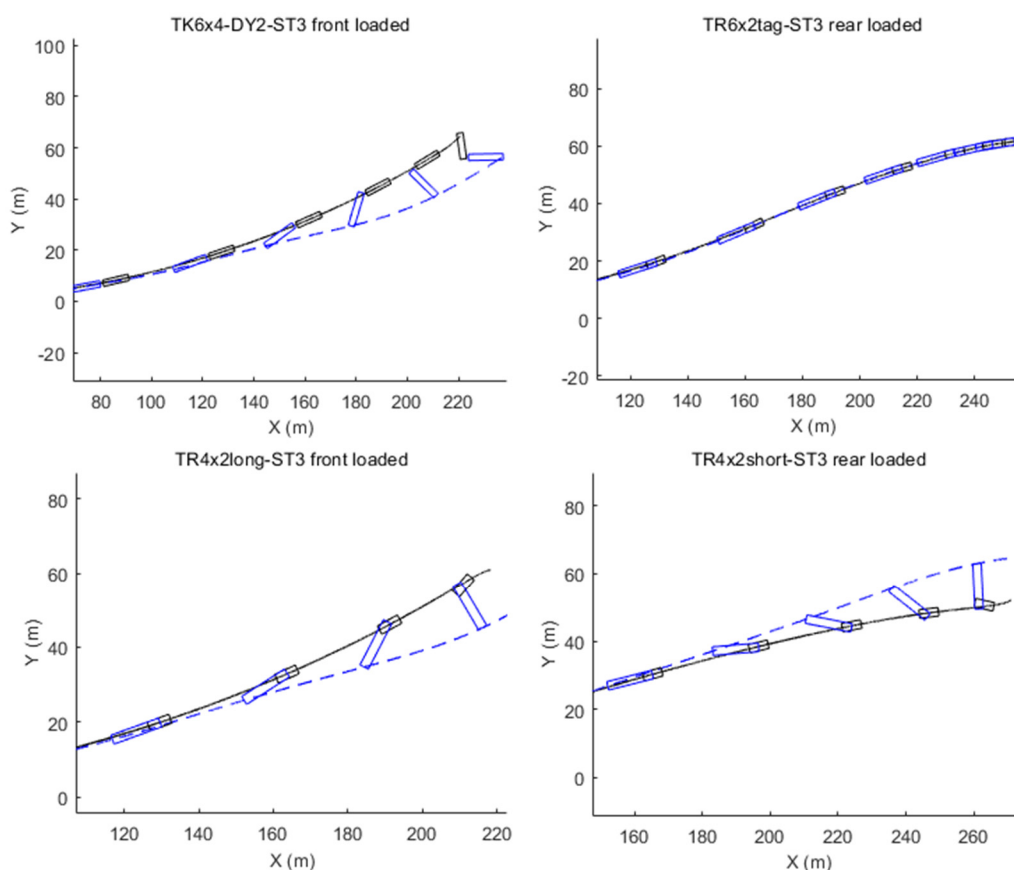
FIGUR 25. Exempelplot över bana för en fällknivande traktor-påhängsvagnskombination

4.2.2. Broms på alla hjulen

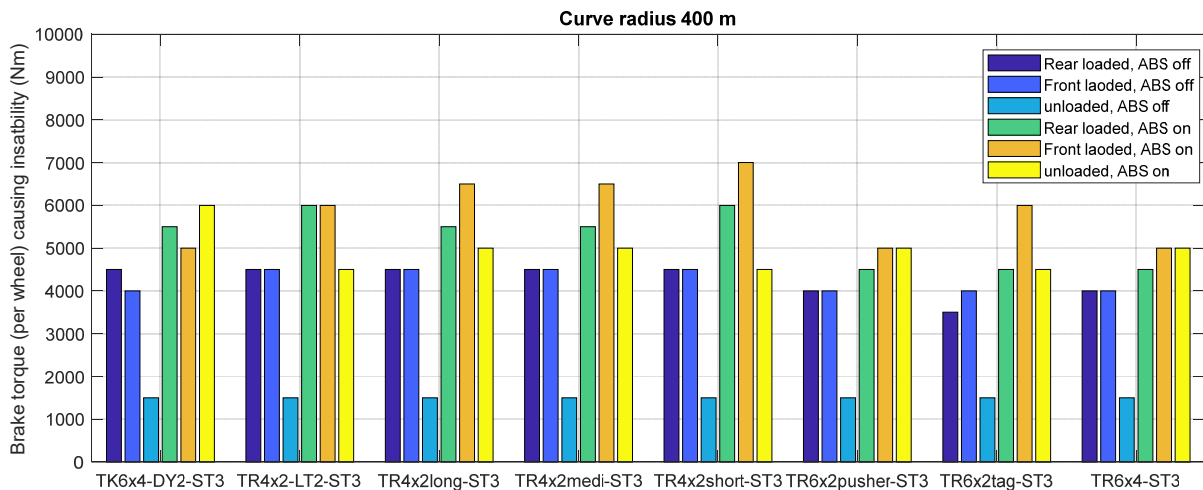
I denna manöver bromsas alla hjul på varje fordonskombination när fordonet tar en snäv kurva med en radie på 400 m. Samma bromsmoment appliceras samtidigt på alla hjul. Det bör noteras att ett bromssystem på ett tungt fordon kan justera det applicerade bromsmomentet på hjulen baserat på axellasten. Detta beaktas inte i den enkla bromsmodellen som används i dessa simuleringar.

Simuleringen upprepas med ökande bromsmoment, med ett steg på 500 Nm, tills fordonet blir instabilt eller glider av vägen och inte kan följa vägen längre. Bromsmomentet (per hjul) som orsakar instabilitet för varje fordon och lastfallet, med och utan ABS är plottat i FIGUR 27. För de olastade fallen utan ABS är det applicerade bromsmomentet som orsakar instabilitet detsamma för alla fordon och mycket lågt (1500 Nm), på grund av låga axellaster och låg friktionskraft vid vinterförhållanden. Detta belyser vikten av ett fungerande ABS för att säkra fordonets prestanda. De framlastade och baklastade värdena för ABS-av-fallet är desamma för varje fordon, men det främre lastade fallet är säkrare för ABS-på-fallet. Värdena är jämförbara mellan fordonen. Referensfordonet och traktorkombinationerna med 2-axlade traktorer tål något högre bromsmoment innan de blir instabila. En liknande trend kan ses för ABS-på-fallet. Den maximala retardationen före instabilitet är angiven i FIGUR 28. Sammanfattningsvis presterar traktor-påhängsvagn med kort hjulbas marginellt bättre för denna manöver.

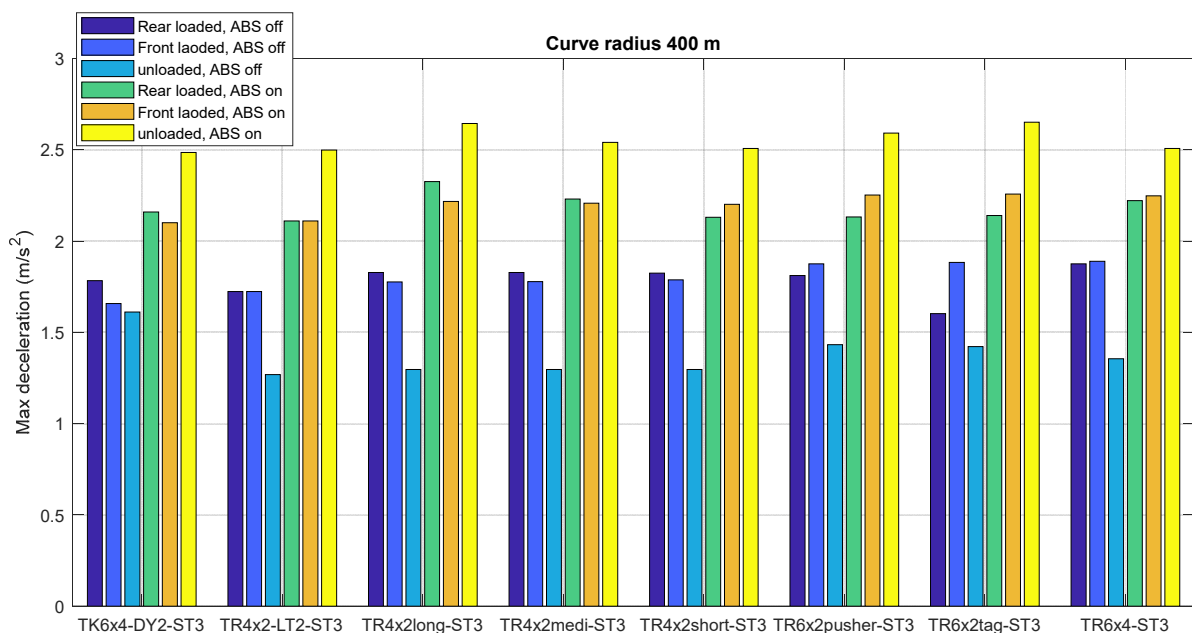
Orsaken för felande manöver för ABS-på-fallet är att kombinationen glider av vägen, men för ABS-av-fall är främst en vagnssving. Men även för ABS-av glider kombinationen av vägen några få fordon, t.ex. den baklastade traktor-påhängsvagnkombinationen med 3-axlig traktor och den främre lastade traktor-semitrailer med 'medi' hjulbas. Exempel på banor för några fall visas i FIGUR 24.



FIGUR 26. Exempeltrajektorier för några av kombinationerna för vinterväglag med ABS av.



FIGUR 27. Bromsmoment (per hjul) som orsakar instabilitet i vinterväglag.



FIGUR 28 Maximal retardation innan instabilitet i kurva med kurrarde på 400 meter i vinterväglag.

4.3. Backtagningskapacitet

De sex traktor påhängsvagnskombinationerna och de tyngre kombinationerna av nordiska och B-tåg simulerades med modeller och uttryck i avsnitt 3.2.5. Som jämförelse kommer vi att använda den kortaste traktorkombinationen som bas. Studiens fokus är att undersöka prestandans påverkan på traktorns hjulbas. Resultatet för den kortaste hjulbasen kommer att presenteras i absoluta termer medan resten av fordonskombinationerna kommer att presenteras med deras avvikelse från detta. För fullständighets skull presenteras alla resultat i tabell 5 och tabell 6 nedan samt i följande figurer.

För de två kombinationerna av traktor med en tag- och en pusher-axel har prestanda presenterats med tag- / pusher-axeln nedhissad respektive lyft. Vikten på den drivna axeln för dessa kombinationer för de tre lastfallen visas i tabell 4 nedan. Det bör betonas att för de främre lastade och lyfta fallen har den lagliga gränsen för axellast på 11,5 ton överskridits för både tagg- och pusher-kombinationerna. Detta är också sant för det lyfta baklastade taggen. Simuleringarna bör ses mot bakgrund av denna alltför stora belastning, och prestandan bör utvärderas i enlighet därmed.

Table 5 Driven axel laster in ton för tag- och pusher-axelkombinationer med och utan lyftaxlar.

Case	TR6x2pusher_ST3	TR6x2pusher_ST3 (Lifted)	TR6x2tag_ST3	R6x2tag_ST3 (lifted)
Empty	2.48	3.6	2.78	5.43
Front	8.3	12.1	9.15	17.9
Rear	6.1	8.86	6.74	13.2

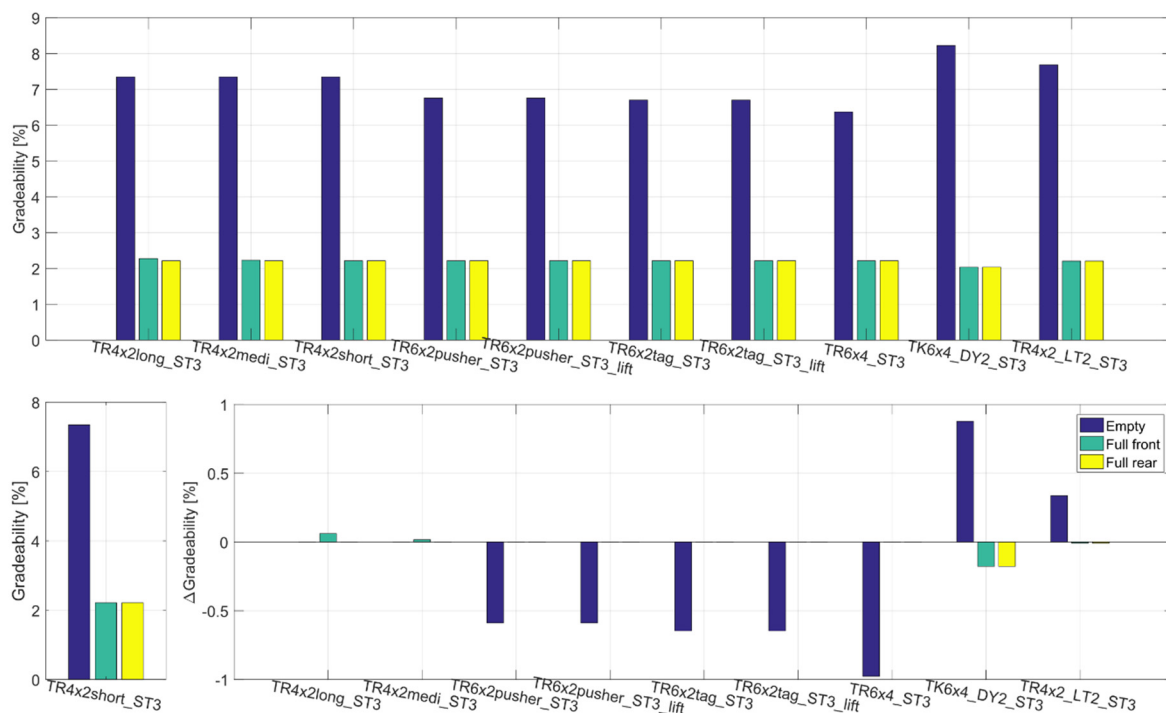
Table 6 Gradeability resultat för alla kombinationer och för de två väglagen och hastigheterna

Cond	Case	TR4x2long_ST3	TR4x2medi_ST3	TR4x2short_ST3	TR6x2pusher_ST ₃	TR6x2pusher_ST ₃ (Lifted)	TR6x2tag_ST3	R6x2tag_ST3 (lifted)	TR6x4_ST3	TK6x4_DY2_ST ₃	TR4x2_LT2_ST3
high μ [%]	Empty	7.35	7.35	7.35	6.76	6.76	6.7	6.7	6.37	8.22	7.68
	Front	2.27	2.23	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.04	2.2
	Rear	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.04	-
low μ [%]	Empty	3.07	3.18	3.3	2.04	3.73	2.47	6.43	5.41	2.78	2.04
	Front	2.27	2.23	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.04	2.2
	Rear	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.21	2.04	-
low μ , low speed [%]	Empty	4.18	4.28	4.4	3.06	4.75	3.49	7.45	6.38	3.6	2.81
	Front	5.65	5.83	5.93	4.11	6.22	4.58	9.48	7.53	5.59	3.62
	Rear	4.57	4.79	5.04	2.87	4.42	3.23	6.84	5.52	5.59	-

Table 7 Startability resultat för alla kombinationer för de två vägunterlagen ($\mu=0.75$ och $\mu=0.25$)

Cond	Case	TR4x2long_ST3	TR4x2medi_ST3	TR4x2short_ST3	TR6x2pusher_ST ₃	TR6x2pusher_ST ₃ (Lifted)	TR6x2tag_ST3	R6x2tag_ST3 (lifted)	TR6x4_ST3	TK6x4_DY2_ST ₃	TR4x2_LT2_ST3
high μ [%]	Empty	14.6	14.9	15.3	11.2	16.3	12.5	24.3	21.1	12.7	10.3
	Front	16.3	16	15.9	14	15.9	15.4	15.9	15.9	9.94	10.6
	Rear	15.4	15.9	15.9	10.3	14.9	11.4	15.9	15.9	9.94	-
low μ [%]	Empty	5.4	5.52	5.65	4.15	6.02	4.62	9.01	7.82	4.7	3.82
	Front	6.9	7.1	7.22	5.19	7.54	5.72	11.2	8.99	6.81	4.63
	Rear	5.7	5.95	6.22	3.81	5.54	4.21	8.22	6.76	6.81	-

Resultatet av simuleringen av gradeability avbildas i FIGUR 29. Kombinationen med kort traktor används som referens till vänster och till höger anges avvikelser från denna referens för de andra kombinationerna. För denna höga friktionsyta kan vi konstatera att referenskombinationen, när den är lastad till 40t, är begränsad till en lutning på endast 2% för en bibehållen 80 km/h. Eftersom det inte finns någon skillnad mellan den främre lastade och läsa lastas, kan vi dra slutsatsen att motorn är den begränsande faktorn för detta fall.



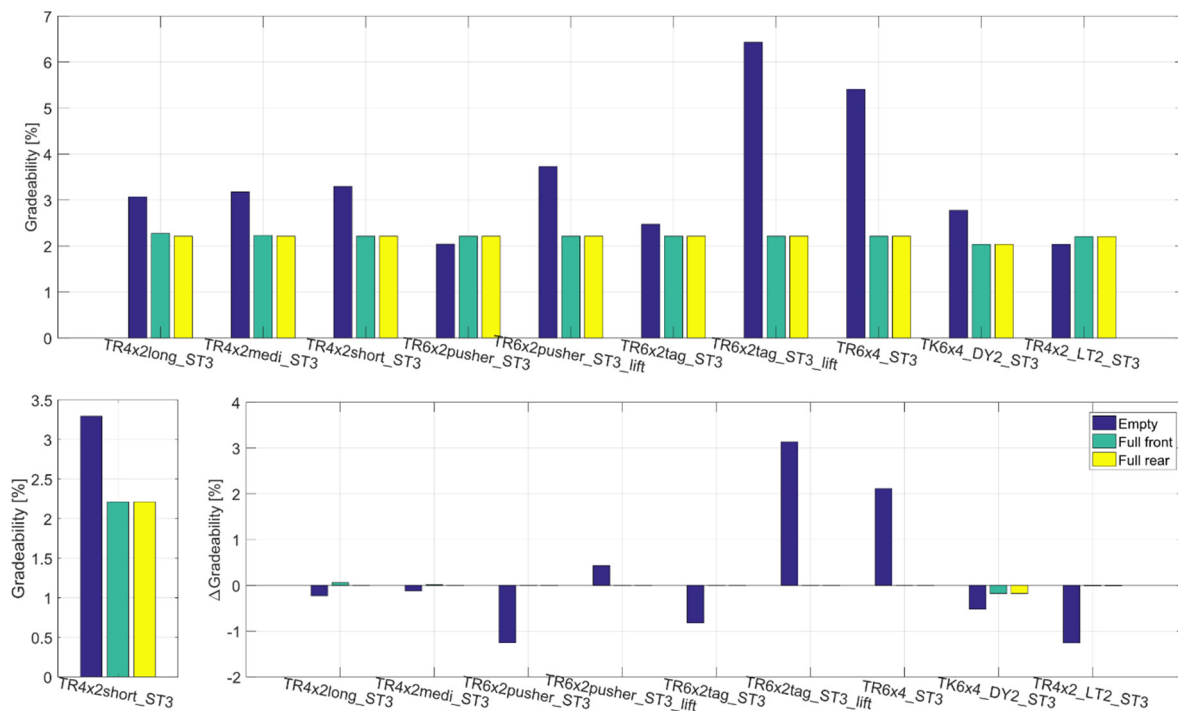
FIGUR 29 Gradeability av de 6 traktor-påhängsvagnskombinationerna plus de nordiska och B-dubbla kombinationerna i den övre tomten. Den korta traktorn ges också i absoluta tal i den undre vänstra stapeln, resten av kombinationerna är angivna (differens) i avvikelser från detta i det högra stapeldiagrammet.

Detta gäller även för den tomma referenskombinationen, eftersom vi inte kan se någon skillnad mot de andra tvåaxlade traktorkombinationerna (TR4x2long_ST3 och TR4x2medi_ST3). Skillnaden i Gradeability mellan de tomma och de två fullastade fallen beror på kombinationernas totala massa. För de treaxlade traktorkombinationerna (TR6x4pusher_ST3 och TR6x4tag_ST3 TR6x4_ST3) kan vi konstatera att motorn begränsar prestandan i de fullastade fallen. Detta gäller även för när axlarna lyfts samt för de tomma fallen av dessa kombinationer. Den lägre prestandan hos dessa kombinationer beror på den extra vikt som den extra axeln bidrar till kombinationen. För kombinationerna av Nordiska kombination och B-dubbel kombination (TK6x4_DY2_ST3 & TR4_2_LT2_ST3) har vi en starkare motor för det olastade fallet som observeras i prestanda.

För det hala väglaget har vi resultatet i FIGUR 30. För referensfordonet skiljer sig den möjliga lutningen som kombinationen kan klara av från det icke hala fallet för det tomma lastfallet. Vi kan dra slutsatsen att detta tyder på att väglaget är begränsande i detta fall. En jämförelse med FIGUR 29 väggreppet är den begränsande faktorn för alla kombinationer med den tomma vagnen.

Skillnaden mellan de två-axliga traktorerna för det tomma vagnsfallet beror på de olika lasterna på de drivande axlarna. Detta är en följd av hjulbasens längd. Man kan dock dra slutsatsen att skillnaderna är

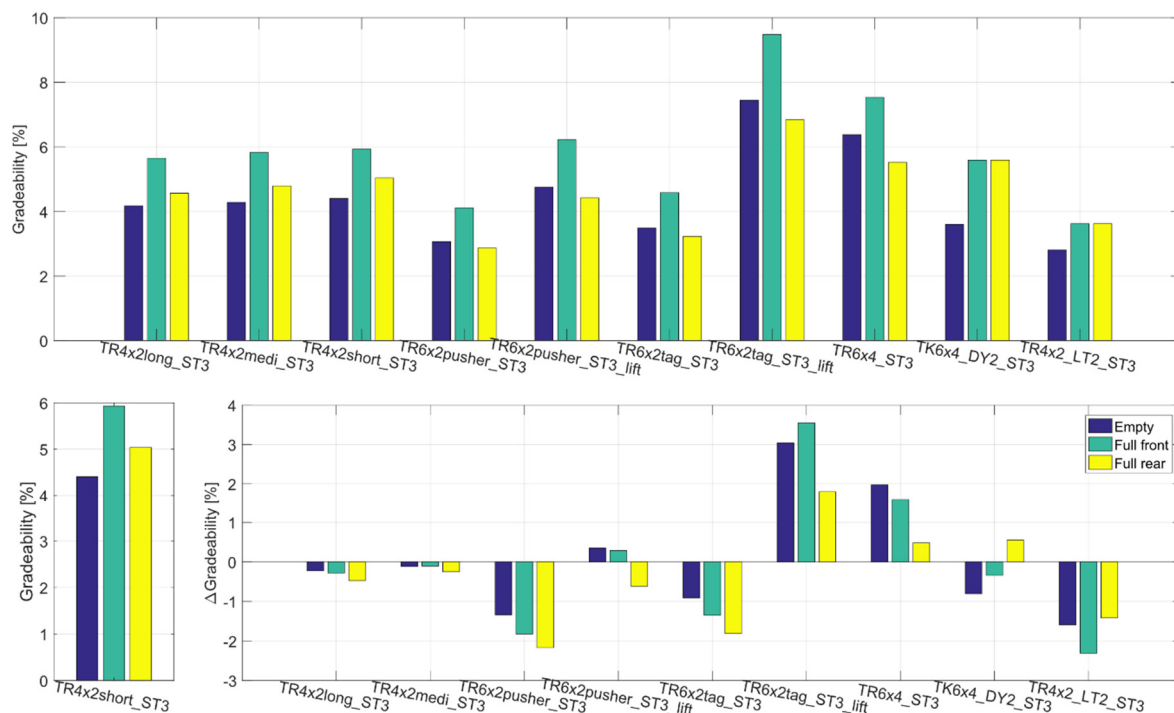
små och att lastfördelningen på grund av hjulbasen har en mindre inverkan på Gradeability måttet i hala vinterförhållanden i uppförsbackar. För de tre-axliga kombinationerna kan vi se effekten på fördelningen av lasten på de två axlarna under det femte hjulet. För det lyfta fallet motsvarar prestanda de två axelkombinationerna. För pusher- och tag-axeln ser vi en prestandaförsämring på grund av den lägre axellasten på den framdrivna axeln. För traktorn 6x4 har vi en effekt av att vara tyngre på de två axlarna och använda båda axlarna för att driva fordonskombinationen.



FIGUR 30 Gradeability för kombinationerna som presenteras i fig. 26 men med halt väglag (friktion $\mu=0,25$).

För de fullt lastade fallen i FIGUR 30 referensfordonets effekt från motorn fortfarande den som begränsar prestanda, jämför. Tabell 1 och Tabell 2. Från en ytterligare jämförelse mellan siffrorna kan man dra slutsatsen att motorn begränsar prestanda för alla kombinationer för fullastade fallen.

Lutningen som dessa fordon kan klara av i bibehållna 80 km/t är runt 2-3%. För backar med högre lutning kommer dessa fordon att behöva sakta ner. Vid en viss hastighet och lutning kan fordonets motor driva starkare än vad den hala ytan kan ge, på grund av lägre växlar i lägre hastigheter. För att illustrera detta scenario simulerade vi Gradeability med en bibehållen hastighet på 30km / h. För denna hastighet, se FIGUR 31, vi har en situation där fler kombinationer begränsas av väggreppet istället. Observera att jämförelser mellan till exempel FIGUR 30 och FIGUR 31 motståndskraften (luftmotståndet) skiljer sig åt för de två hastigheterna. En kontroll av siffrorna i (1) i avsnitt 3.2.5 visar att endast 6 av 4 traktorer för det främre lastade fallet och den nordiska kombinationen för både de fulla lastade fallen fortfarande begränsas av motorn.

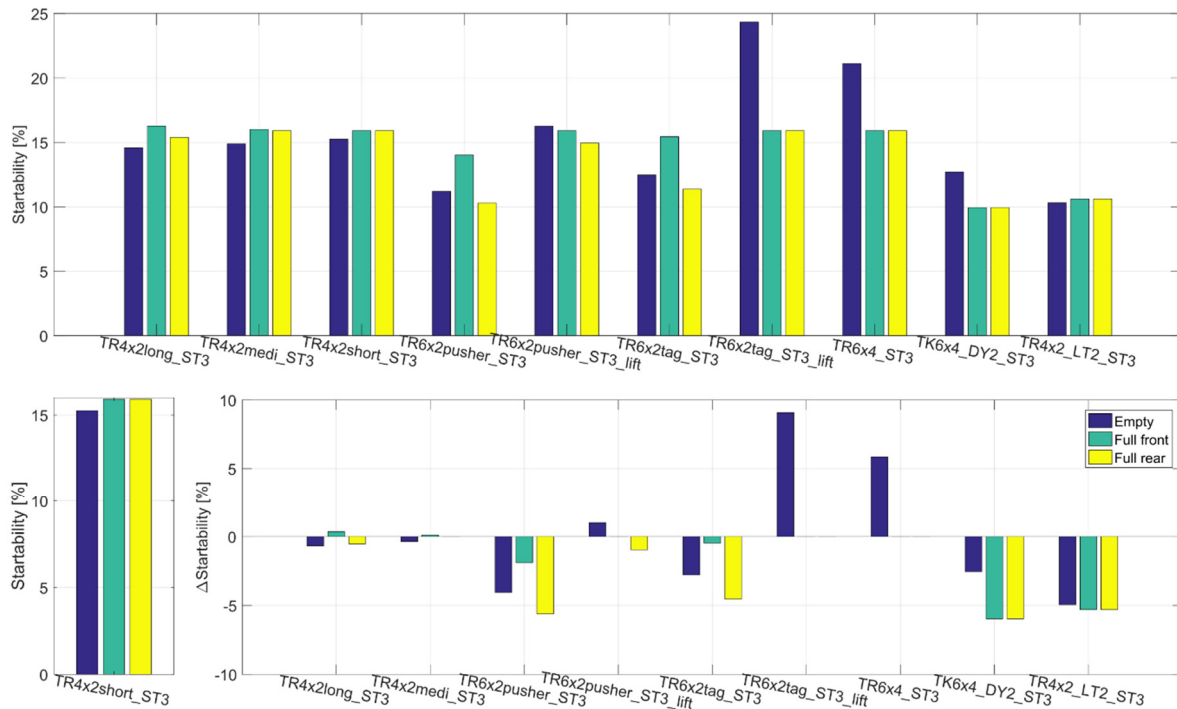


FIGUR 31 Gradeability resultat för samma kombinationer som presenteras i fig. 26 men med halt väglag (friktion $\mu=0,25$) och en referenshastighet på 30 km/tim.

Skillnaden mellan två axeltraktorkombinationerna är fortfarande liten, även om den är lite större än för 80 km/h-fallet i FIGUR 30. Nu står det klart att det finns en liten vinst i att ha en längre traktor. För de enaxeldrivna treaxlade traktorkombinationerna märks prestandaförlusten, liksom en märkbar prestandavinst när den odrivna axeln lyfts. Prestandavinsten är å andra sidan märkbar för den tvåaxlade traktorkombinationen. För traktorkombinationen 6x4 begränsar motorn fortfarande prestandan för det framlastade fallet. Detta gäller även för de nordiska och B-tågkombinationer som är undermotoriserade för denna vikt.

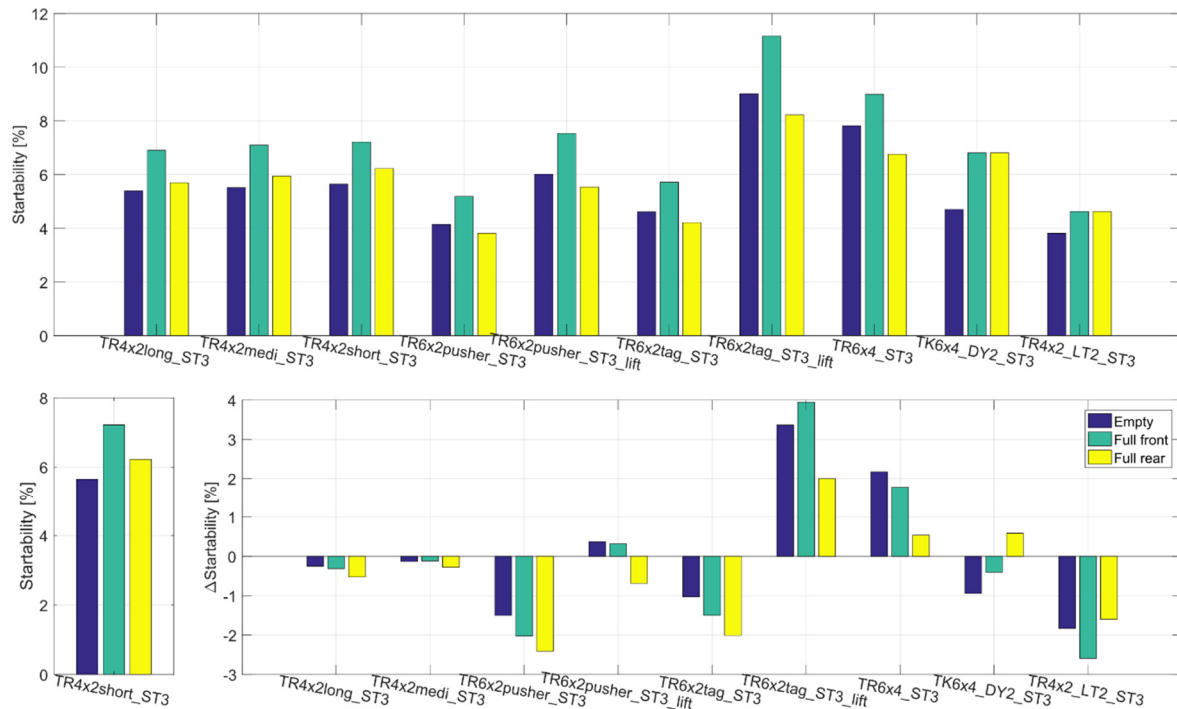
När referenshastigheten sjunker till noll har vi en stillastående situation för fordonet. Detta kan förekomma i trafiken i t.ex. köer och om andra fordon fått stopp. För detta har vi Startability måttet enligt beskrivningen i punkt 2 i avsnitt 3.2.5. En simulering av Startability för fordonskombinationerna visas i FIGUR 32 för torrt väglag. Resultatet presenteras på motsvarande sätt som för Gradeability med den korta traktorkombinationen som referens. Som referens ges Startability måttet även i absoluta värden medan avvikelser från detta för resten av kombinationerna. Ett positivt värde indikerar här ett bättre resultat än referensen.

För referensfordonskombinationen kan man konstatera att resultatet av Startability ligger långt över de backar som finns i det svenska vägnätet (6-8% på normala vägar och 10-12% på exceptionella vägar, se VRU). Det bör påpekas här att väggreppet begränsar prestandan för de tomma och bakre lastade fallen. Detta är fallet för alla kombinationer med tomma vagnar. För de andra tvåaxlade traktorkombinationerna finns det återigen en mindre skillnad, med en liten minskning av prestanda för den längre traktorkombinationen. För de treaxlade traktorkombinationerna är det återigen tydligt att lasten på de drivna axlarna gör stor skillnad för måttet. För de tre-axliga kombinationerna med en driven axel, är resultatet så högt att vägnätet är begränsande. För kombinationerna av Nordic och B-dubbel är det vikten som påverkar prestanda eftersom motorn inte kan producera ett tillräckligt högt startmoment.



FIGUR 32 Startability av de 6 traktorpåhängsvagnskombinationerna plus den nordiska och B-dubbel kombinationen i den övre diagrammet. Den korta traktorn ges också i absoluta tal i det nedre vänstra stapeldiagrammet och resten i avvikelser (differens) från detta i det nedre högra stapeldiagrammet.

När väglaget är halt, med en friktion på 0,25, begränsas alla fordonskombinationer av vägnätet, se FIGUR 33. Ändå kan man konstatera att referensbilkombinationen skulle kunna starta på större delen av det svenska vägnätet. Detta är inte fallet för de tre axlarna med endast en axel driven. Intressant nog är den nordiska kombinationen nu är i nivå med referensfordonet för de lastade fallen, trots den betydligt högre total massa (60% högre).



FIGUR 33 Startability resultatet för fordonskombinationerna med halt väglag (friktion $\mu=0,25$).

Sammanfattningsvis har vi sett att längd för en tvåaxlad traktor inte har någon större inverkan på förmågan att klara av väglutningar. En mindre positiv effekt kan dock observeras med ökande hjulbas på dessa. De boogie-utrustade traktor-kombinationerna med endast en driven axel fungerar sämre i alla situationer jämfört med de korta två axlar traktorkombination. Detta är, sedan lasten på den drivna axeln är mindre jämfört med de två-axliga traktorkombinationerna. Om man lägger drivning till den andra bakaxeln blir situationen tvärtom och gör att kombinationen presterar bättre i nästan alla situationer. Detta beror på den extra last som traktorn medför med den extra vikten från den andra bakaxeln och drivlinans delar utan att förlora normalkraft till en odreven axel. Detta är dock en kostsam kombination och är därför sällsynt i trafiken. För treaxlade traktorer med lyftbara axlar är prestandan i paritet eller bättre än den korta hjulbasens tvåaxlade traktorkombination för de flesta fallen. Detta beror på den extra last på den drivande axeln när tag/pusheraxeln lyfts. Här har vi antagit att lasten inte har ändrats när axeln lyfts. Detta resulterar i en situation där den lagliga lastgränsen per axel överskrids (upp till 56% över den lagliga gränsen för tag-axel med det framlastade fallet). Prestandaförbättringarna som lyfts med tag-/pusher-axeln jämfört med den korta axelkombinationen bör därför ses mot bakgrund av denna.

5. Diskussion

I denna rapport har jämförelser mellan vissa fordonskombinationer utförts genom simuleringar. Syftet med studien var att undersöka hur korta fordonskombinationer presterar jämfört med längre under extrema förhållanden. De extrema förhållandena representerades av ett enkelt filbyte och en bromsning i en kurva scenario. Känsligheten för lastning, femte hjulsmörjning och väglag har undersöktes för att belysa skillnader mellan de valda fordonskombinationerna.

De korta kombinationerna består av en traktor som driver kombinationen och en påhängsvagn fäst vid traktorns femte hjul. En uppsättning olika konfigurationer och dimensioner simulerades och jämfördes samt två längre fordonskombinationer, de nordiska och B-dubbelkombinationerna.

5.1. Trafiksäkerhet

I körfältsbytesmanövern presterar de kortare traktorpåhängskombinationerna relativt lika med avseende på avspårning- och manöverhastigheten. När man ökar hjulbasen i 4x2 traktorerna, kan några mindre förbättringar av prestanda ses, om det femte hjulet avståndet till framaxeln (kopplingsavstånd) är oförändrad. Men om detta avstånd ökas tillsammans med hjulbasen ändras inte prestandan alls. Detta kan troligtvis förklaras med att lasten på styrande hjul då minskar, vilket medför att kombinationen får svårare att hålla banan. I jämförelse med de tre-axliga traktorerna, presterar den korta 4x2 traktorkombination något bättre än den ena och något sämre än de andra två. Vid jämförelse med de nordiska och B-dubbelkombinationerna presterar kombinationerna av traktor-påhängsvagn över lag bättre. Det finns följaktligen ingen tydlig nackdel med den korta traktor-påhängsvagn i jämförelse med resten av studerade fordonskombinationer i en körfältsbytesmanöver. När det gäller stabilitet vid inbromsning i en kurva, verkar hjulbasen inte heller ha någon betydande inverkan på fordonets prestanda. För motorbromsning i kurvan är de tre-axliga traktorer överlägsna i prestanda jämfört med de två axlarna. Detta beror naturligtvis på fördelen med lastfördelning på de framdrivna axlarna.

Generellt sett verkar inte längden på traktorn ha någon stor inverkan på några av de prestandamått som används i rapporten. Det verkar som att det femte hjulets läge har större påverkan än hjulbasen, eller mer exakt avståndet mellan femte hjulet och traktorns bakaxel(ar). Detta avstånd kommer att ha en direkt påverkan på lastfördelningen från påhängsvagnen till traktorns axlar. Sammanfattningsvis är det den kombinerade påverkan av axelkonfiguration, hjulbas, femte hjulläge och axellaster som avgör fordonets prestanda.

Traktor-påhängsvagnskombinationernas prestanda över lag är att de är mycket stabila i torrt väder. De är inte benägna att bli instabila, och avspårningen, dvs den bredd som kombinationen kräver i kurva, är begränsad i storlek. Som jämförelse överträffas den nordiska kombinationen av alla traktor-påhängsvagnskombinationer i studien. Den nordiska kombinationen är mer benägen att bli instabil och avspårningen är påtagligt större. Detta beror inte bara på dess totala längd eftersom B-dubbel, med samma totala längd, är en avsevärt mer stabil kombination och nära traktor-påhängsvagns prestanda.

Smörjningen av femte hjulet verkar ha en liknande effekt på alla testade kombinationer, där prestandan sjunker när smörjnivån sjunker. Effekten är mindre vid torra vägar. För vinterförhållanden är effekten märkbar, men fortfarande begränsad. Effekten förstärks ytterligare med belastningen på det femte hjulet. Det bör dock påpekas att effekten verkar starkare än traktorns hjulbas på prestandan. Simuleringsresultaten tyder inte på att problemet med osmörjade femte hjul på kort fordonskombination skulle orsaka fler svårigheter jämfört med andra fordonskombinationer. Men detta beaktar endast fenomenens fordonsdynamikegenskaper. Förarens aspekter kan ha ett stort inflytande på svårighetsgraden av att framföra en kombination med dåligt smörjda femte hjul.

För bromsfallet är vikten av en korrekt fungerande låsningsfria bromssystem starkare än effekterna av hjulbasen. Detta är fallet för alla kombinationer och konfigurationer och mer uttalat för hala vägar med

tomma eller lätt lastade vagnar. Därför skulle ett krav på korrekt fungerande ABS-system kunna ha en positiv inverkan på olycksstatistiken.

Det bör noteras att jämförelsen här mellan de olika fordonen görs i ett sammanhang utan förare och strikt begränsat till fordonets dynamikegenskaper och skillnaderna i dessa mellan fordonskombinationer. Vissa kombinationer kanske körs oftare i vissa miljöer, av vissa operatörer och förare som till stor del påverkar olycksfrekvensen. Följaktligen kan kombinationer som inte är nödvändiga de säkraste vara mindre ofta i olycksstatistiken.

En annan aspekt att ta hänsyn till är också att måtten på prestanda som används i rapporten inte återspeglar hur svår eller lätt kombinationen är att manövrera för en mänsklig förare. Vissa dynamiska beteenden är lättare att hantera av mänskliga förare, till exempel långsamma och tidiga indikationer på instabilitet medan plötsliga förändringar och fordonssvar kan vara svårare att hanteras. Därför kan det mycket väl vara så att till exempel att den nordiska kombinationen är lätt att hantera eftersom det är förutsägbart med sin stora avspärning, vilket gör kombinationen säker i verkliga situationer.

5.2. Förmåga att ta uppförsbackar

Förmågan att ta uppförsbackar bestäms i slutändan av motorns kraft och de tillgängliga friktionskrafterna i kontakten mellan vägen och däckerna på de drivna axlarna. De friktionskrafter som kan extraheras är i stort sett direkt korrelerade med lasten på de drivna axlarna. Därför är, givet att motorn är tillräckligt stark, förmågan att bestiga en uppförsbacka en fråga om att ha rätt däck för de aktuella förhållandena och så mycket last som möjligt på de drivna axlarna.

Simuleringsresultaten visar att om traktorn är utrustad med tandembakaxlar med drivning endast på en axel lider av en lägre last jämfört med traktorkombinationerna med en bakaxel. Den tillåtna lasten på tandemaxlarna är inte lika med två gånger den last som tillåts på en singelbakaxel. Det är följaktligen fördelaktigt att lasta så att den drivna axeln kan lyftas. Det bör noteras att om lagstiftningen möjliggör ett tillfällig lyft av boogieaxlar på traktorerna, vänds allt om och 6x2 traktorerna fungerar bättre än 4x2 traktorerna och 6x4 med båda axlarna nere.

Det bör än en gång betonas att däckens grepp är centralt för förmågan att köra i uppförsbackar. En hög last på den drivna axeln kan inte kompensera för dåliga däck med låg friktion mot vägytan eftersom lasten begränsas av vägens bärförmåga. Därför bör lagstiftningen om vinterdäck på drivna axlar påverka detta problem positivt.

De undersökta 4x2-traktorerna visar att hjulbasskillnaden nästan inte alls påverkar prestandan. Detta beror på det geometriska faktumet att belastningen på de drivna axlarna inte kommer att förändras väsentligt på grund av en längre hjulbas för samma last på påhängsvagnen.

5.3. Förbättringsförslag

Baserat på simuleringsresultaten kan vi föreslå följande

- *Kräv ett fungerande ABS-system på alla axlar.* Prestandaskillnaden med och utan ett system för låsningsfria bromsar är så stor att den bör betraktas som ett strikt krav för alla kombinationer.
- *Informera förarna om att motorbromsning bör göras med försiktighet under hala vinterförhållanden.* Alla hjälpbromssystem som verkar på de drivna axlarna utgör en fara för att framkalla fällkniv om de används under hala förhållanden. Traktortillverkarens funktioner för att mildra låsning av drivna hjul eller överdriven bromsning på de framdrivna axlarna är begränsade av motorns dynamik. I vissa situationer kan detta vara otillräckligt.
- *Låt tag- / pusher-axelns lyftas och överskrid tillfälligt lastbegränsningen (väggräns) för klara uppförsbackar i framförallt hala förhållanden.* Detta är en enkel åtgärd att vidta, som radikalt

förändrar prestandan för dessa fordon. Antagandet här är att motorn är tillräckligt kraftfull och att däcken på drivaxeln är bra.

- *Informera föraren om att smörja femtehjulet med smörjmedel som tål kalla temperaturer under vinterförhållanden. Att köra med dåligt smord femte hjul är en tydlig källa för prestandaförsämring jämfört med körning med korrekt smörjning. Skillnaden är uttalad i hala förhållanden och för lastfull med höga belastningar på femte hjulet.*

Referenser

- Nigam, R., 2018. *Characteristics of Fifth Wheel and its Influence on Handling and Maneuvering of Articulated Heavy Vehicles*. Göteborg: Chalmers University of Technology.
- Specker, T., M. Buchholz & Dietmayer, K., 2014. *A New Approach of Dynamics Friction Modelling for Simulation and Observation*. u.o., 19th World Congress - The International Federation of Automatic Control.
- Nævestad, T.-O., Philips, R. O., Levlin, G. M., and Hovi, I. B., 2016. Internationalisation in road transport of goods: safety outcomes, risk factors and measures. The Norwegian Institute of Transport Economics, TØI report 1487/2016
- Statens Vegvesen (2017). TRUCKER'S Guide to driving in Norway. The Directorate of Public Roads Road Users and Vehicle Department 2017. Available at vegvesen.no/truckersguide. Last checked 2019-12-19.
- Granlund, J, Thomsson, P, 2016. *TRAFFIC SAFETY RISKS WITH EU TRACTOR-SEMITRAILER RIGS ON SLIPPERY ROADS*. In 14th International Symposium on Heavy Vehicle Transportation Technology: New Zealand – 2016
- Bálint A., Fagerlind H., Martinsson J., and Holmqvist K. (2013). Correlation between truck combination length and injury risk. 2013 Australasian College of Road Safety Conference
- Bálint A., Fagerlind H., Martinsson J., and Holmqvist K. (2014). Accident analysis for traffic safety aspects of High Capacity Transports – Final report. Chalmers, May 2014.
- Bruzelius, F., Kharrazi, S. and Pettersson (2016), E. *MODEL AND ROAD SURFACE SENSITIVITY OF LONGITUDINAL PERFORMANCE BASED STANDARDS* In 14th International Symposium on Heavy Vehicle Transportation Technology: New Zealand – 2016.
- Kharrazi, S., Bruzelius, F., Sandberg, U. (2017) *Performance based standards for high capacity transports in Sweden: FIFFI project 2013-03881: final report*. Swedish National Road and Transport Research Institute. VTI rapport 948A.
- Sedran, S., Bruzelius F., Kharrazi, S., Jacobsson B., Amati, N. (2016) *A HEAVY VEHICLE DYNAMICS MODEL FOR DRIVING SIMULATORS*. In 14th International Symposium on Heavy Vehicle Transportation Technology: New Zealand – 2016.
- Ma, W, Peng H, (1999). *Worst-Case Vehicle Evaluation Methodology— Examples on Truck Rollover/Jackknifing and Active Yaw Control Systems*. Vehicle System Dynamics, 32 (1999), pp.389–408.
- Nordström, O. (1993). “The VTI flatbed tyre test facility - a new tool for testing commercial tyre characteristics”. SAE technical paper 933006.
- Trafikverket (2012), KRAV FÖR Vägars och gators utformning.
- Chen, L-K, Shieh Y-A (2010). *Jackknife prevention for articulated vehicles using model reference adaptive control*. Proc. IMechE Vol. 225 Part D: J. Automobile Engineering.
- ISO 14791:2003 Road vehicles - Heavy commercial vehicle combinations and articulated buses – Lateral stability test methods.

Hebib, J., & Dam, S. (2019). Vehicle Dynamic Models for Virtual Testing of Autonomous Trucks (Dissertation). Retrieved from <http://urn.kb.se/resolve?urn=urn:nbn:se:liu:diva-155513>.

E. Kuiper & J. J. M. Van Oosten (2007) The PAC2002 advanced handling tire model, Vehicle System Dynamics, 45:sup1, 153-167, DOI: 10.1080/00423110701773893.