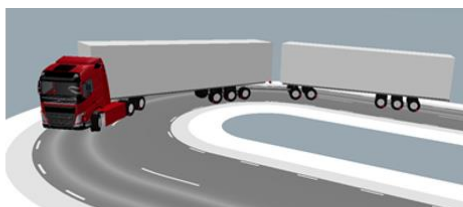


Utveckling av HCT-fordon Volvo

Energieffektivitet, framkomlighet, säkerhet och produktivitet



Författare: Lena Larsson, Emil Olsson, Lennart Cider, Emil Pettersson, Helene Jarlsson och Niklas Fröjd samt bidrag från partners.

Datum: 2020-11-30

Projekt inom: Effektiva och uppkopplade transportsystem "EUTS"

FFI Fordonsstrategisk
Forskning och
Innovation

VINNOVA

Energimyndigheten

TRAFIKVERKET

FKG

VOLVO

SCANIA

VOLVO

DB SCHENKER

Innehållsförteckning

1 Sammanfattning	4
2 Executive summary in English.....	6
2.1 Background	6
2.2 Purpose, research question and method	7
2.3 Goal.....	7
2.4 Result and conclusions	7
3 Bakgrund.....	9
4 Syfte, forskningsfrågor och metod	11
5 Mål	11
6 Resultat och måluppfyllelse	12
6.1 Bidrag till FFI-målen	12
6.2 Leveranser från arbetspaketen	12
6.3 Exempel på spridning av projektresultat	12
6.4 Uppföljning av försöksfordon.....	14
6.5 DUO-2 volymbegränsade transporter	18
6.6 ETT, ST-kran & ST-drag rundvirke teknikutveckling	22
6.7 Typfordon	25
6.8 HCT-norden förstudie.....	31
6.9 DB Schenker	36
6.10Kinnarps	37
6.11VBG Truck Equipment	38
6.12Goodyear.....	38
6.13Mätbara mål	39
Spridning och publicering	42
6.14Kunskaps- och resultatspridning	42
6.15Publikationer.....	42
7 Slutsatser och fortsatt forskning	43
8 Deltagande parter och kontaktpersoner.....	45
Referenser.....	46

Bilagor

Bilaga A: HCT projektbeskrivning

Bilaga B: ABba metoden

Bilaga C: DUO-trailer an innovative transport solution CO-optimizing vehicle combinations

Bilaga D: Type vehicle combinations 25.25 to 34 meter

Bilaga E: Månadsrapport

Kort om FFI

FFI är ett samarbete mellan staten och fordonsindustrin om att gemensamt finansiera forsknings- och innovationsaktiviteter med fokus på områdena Klimat & Miljö samt Trafiksäkerhet. Satsningen innebär verksamhet för ca 1 miljard kr per år varav de offentliga medlen utgör drygt 400 Mkr.

För närvarande finns fem delprogram; Energi & Miljö, Trafiksäkerhet och automatiserade fordon, Elektronik, mjukvara och kommunikation, Hållbar produktion och Effektiva och uppkopplade transportsystem. Läs mer på www.vinnova.se/ffi.

1 Sammanfattning

Transportbranschen behöver effektiviseras och detta går att åstadkomma med hjälp av HCT-kombinationer. HCT fordon är längre och tyngre än vad som är tillåtet i Sverige idag (25,25 och 64 ton). Dessa fordon får med sig mer last och på så vis minskar bränsleförbrukning per transporterat ton

Detta projekt är ett fortsättningsprojekt på 3 tidigare projekt. DUO2, VETT och Typfordon. DUO2 har arbetat med att köra längre och tyngre kombinationer för volymbegränsade transporter. Kombinationerna som testats är DUO-trailer och DUO-kärra. Inom VETT har det provats olika timmerkombinationer både längre och tyngre samt endast tyngre. Kombinationerna kallas ETT (längre och tyngre), ST-drag (tyngre) och ST-kran(tyngre). Typfordon har gjort stabilitetsberäkningar samt stabilitetsprover på provbana.

Detta projekt syftar till att utreda fordonsfrågor inför införandet av BK4 upp till 74 ton, tyngre än 74 ton och/eller längre än 25,25 meter i Sverige, samt samverkan med Finland och Norge för gränsöverskridande HCT trafik. Projektet jobbat med kombinationer i fältförsök för att identifiera underlätta framtida lagstiftning.

Forskningsfrågorna var:

- Tester analyser och vidareutveckling för:
 - Pågående teknikutvecklingskombinationer (ETT, ST-kran, ST-drag, DUO-kärra och DUO-trailer)
 - Typfordon, lagstiftning och regelverk i första hand i Sverige
- Vilka fordonskombinationer kommer att krävas för att nå effektivitet på BK1-, BK2 och BK4-vägnätet.
- Jämförelse av bruttovikts- och axelviktskriterierna samt andra fordonskrav i Sverige, Finland och Norge. Hur kan vi säkerställa gränsöverskridande transporter med HCT-fordonskombinationer.
 - Exempelvis: De norska kraven på drivaxeltryck måste fungera ihop med svenska och finska krav på totallängder mm, för att kunna uppnå ökad trafiksäkerhet i länderna.
- DUO-kärra, och DUO-trailer, 64/74/80 ton studeras på landsväg (enbart motorväg idag) BK1 och BK4.
- Utveckling av ABBA-metoden för olika lastfall. (vikt, vikt/volym, volym)
- Analyser och underlag för internationella regelverk och standarder för: drag, dolly, vändskivor, däckbestyckning mm med avseende på stabilitet och framkomlighet.

Totalt sedan forskningen med HCT-fordon startades så har de försöksfordonen som detta projekt jobbar med rullat 22 490 188 km.

Uppföljningen visar ökad energieffektivitet framförallt för de längre och tyngre kombinationerna (ETT och DUO). Dessa kombinationer har än så länge rullat på motorvägar och större landsvägar. Att prova dessa kombinationer på mindre vägar vore intressant, framförallt att prova en ETT-kombination från skogen till terminal. Ett framkomlighets prov som gjorts på skogsväg visar att ETT-kombinationen tar sig fram även på skogsvägar. DUO-kärran visar stor potential jämfört med singelkärra, minskad ABBA förbrukning på 20-22% minskning samt god framkomligheten. DUO-kärran klarar de krav som sätts på 25,25 meters kombinationer i Sverige, den tar sig fram på de flesta vägar.

Ett effektbehov för olika bruttovikter bör vara med i de krav som kommer för 34,5 meters långa kombinationer. Detta för att säkerställa att de långa kombinationerna inte tappar för mycket hastighet i uppförsbackar och på så viss stör trafikflödet. Ur uppföljningen kan det ses hur de olika motorstorlekarna tar sig upp för Hallandsåsen i södergående riktning. Även procent på drivande axlar bör vara ett krav för att klara av att starta i motlut och inte få hjulspinn. DUO-trailers 6x2 dragbil visar det kan vara svårt att få upp tillräckligt med vikt på en drivande axel.

En ny lastbil har byggts i VETT som ska bli en ny ETT-kombination. Detta är en 8x4 med dubbla framaxlar, lastbilen har provats som grupp bil med fem-axligt släp (74 ton). Där visade sig att det var svårt att få tillräckligt med vikt på drivande axlar vilket gör att startförmågan blir lidande. Under 2019 har bilen tagits till Volvo i Göteborg för uppdatering av provsystem för bättre framkomlighet och uppdatera med nya funktioner.

ST-kran har uppdaterat tillstånd och får nu köra enligt de finska kraven. Detta innebär en bruttovikt på 76 ton och även att trippelaxeln, på bilen, får ha vikter upp till 27 ton.

ST-drag har avslutats som försökskombination och dragbilen kommer att användas i en 90 tons timmer kombination som planeras att starta 2020.

Typfordon har gjort ett antal olika tester och simuleringar om med lyftbara axlar. Det handlar om att lyfta främre axlar på semi-trailers för att öka stabilitet och lyfta bakre axlar för att öka framkomligheten.

HCT-norden förstudie visar att regelverken skiljer mellan de nordiska länderna. För att inte regelverken för HCT-fordon ska skilja så bör det tillsättas en arbetsgrupp från de nordiska länderna som ska hålla ihop regelverken. Den bör innehålla myndigheter, tillverkare och övriga intressenter.

Projektet har pågått från 2017-06-01 till ~~2020-03-31~~ 2020-10-31. Detta projekt kommer att fortsätta i HCT II (2019-03103) med försökskombinationerna, typfordon, samt ytterligare forskning inom HCT.

2 Executive summary in English

2.1 Background

The transport need is increasing and at the same time the transport sector should lower the greenhouse gas emission by 30% until 2030. This means that the transports need to increase its efficiency.

One way to increase the cargo transport on road is to use high capacity transport (HCT). These vehicle combinations are in Sweden longer and heavier than 25,25 and heavier than 64 ton. By the increased length and grossweight of the combination can carry more cargo in each turn and lower the fuel consumption per transported goods.

Research on HCT-combinations has been going on since 2009 and has been shown to be energy effective and safe. The combinations have been driving in real conditions as field test to find advantages and disadvantages vid different combinations. 2016 there were 47 HCT-combinations in the field and the road map for HCT said that 500 HCT test combinations should be going 2020. The result from the research have made both Sweden and Finland to increase the gross combination weight within 25.25 meters. Finland increased to 76 ton on the whole road network while in Sweden a new road class was introduced 2017 named BK4. On BK4 roads the gross combination weights is increased to 74 ton.

After the introduction of BK4 the test combinations for those vehicles will conclude. This means that the research will mostly focus on longer combinations than 25.25 meter.

This project is a continue on three different project. DUO2, VETT and type vehicles.

In DUO2, the focus have been on two different combinations that are good for volume restricted goods. DUO-trailer and DUO-CAT. The DUO-trailer combination consist of a tractor, semi-trailer, dolly and a semi-trailer. This combination is up to 32 meters long and can have a gross combination weight on up to 80 ton. In earlier project two generations of tractor have been used, both 6x4 with 750 HP 16 liter engines. Compared to a 25.25 meter combination a 13-16% decrease in ABBA-consumption. DUO-CAT consist of a truck and two Centre Axle Trailers (CAT) with three 7.82 meter swap bodies. This truck is a 6x2 with 540 HP 13 liter engine. Both the combinations have been driven in Kallebacks transport. The DUO-CAT compared to a single-CAT combination, which is a common combination in Europe, the consumption is lowered by around 20 %. However, compared to Kallebacks other 24/25,25 meter combinations the difference is not so much because of the different in height. The DUO-CAT has a total height of 4 meters while the 24/25,25 meter combination are 4,5 meters height.

VETT is focused on timber transport and is three different combinations. ETT, ST-crane and ST-haul. The two last mentioned have length up to 25,25 meters and a gross weight of 74 ton. Both started 2009 and have two generations. ST-crane trucks have both been 8x4 trucks with different trailers. First generations used a dolly with a semi-trailer. The second used a full-trailer. The ST-haul combination consist of a 6x4 tractor, link and semi-trailer. The first generation ended in a roll-over accident. Generation two was used to create a test case with situation from the accident. The result shows that regular 64 ton truck full-trailer combinations would roll over in lower speeds.

The ETT combination is a 6x4 truck with dolly link and semi-trailer. It is 30 meters long and allowed to have 90 ton in gross combination weight. In VETT a relationship between weight increase and full consumption increase have been shown and it is for 20 ton load increase give 10 l/100km l fuel.

HCT-combinations have been simulated and analysed in the type vehicle project. Around 30 vehicle combinations have been simulated and most of them passes Swedish Transport Agency suggested demands for combinations with a gross combination higher than 64 ton. The simulations have also been verified with real test on test track and in test rig. A tilt test was made with both a five axle full trailer and a dolly with a semi-trailer. The five-axle trailer shows better rollover performance.

2.2 Purpose, research question and method

The purpose with the project is to evaluate vehicles in the investigation to implement BK4 up to 74 ton, heavier than 74 ton and/or longer than 25,25 meters in Sweden. Also a collaboration with Finland and Norway to make the HCT-combinations able to travel over the borders.

Research questions:

- Test, analyse and develop:
 - The vehicle combinations (ETT, ST-crane, ST-haul, DUO-CAT and DUO-trailer)
 - Type vehicles, legislation
- What vehicle combinations will be need for effectivity on different road network?
- Compare different vehicle demands in Nordic countries
- Develop the ABba-method for different load cases (weight, weight/volume, volume)
- Analyse and suggestion for international legislation and demands

2.3 Goal

- The project contribute to the FFI-goals:
- Keep and strengthening Sweden's leading position in HCT-road.
- Sweden's possibility to influence international legislation for HCT-road
- Involves small, medium and big companies
- Involves different bossiness sectors
- Is a platform for a collaboration between industry, universities and research institutes
- The project contributes to the FFI road map goals to:
 - Lower the road traffics environmental impact
 - Lower the amount of injuries and death in road traffic
 - Strength the international competitiveness
- Specialized transport solutions, legislation for HCT-road
- Measurable goals:
 - Lowered energy consumption between 15-30 % depending on transport and reference
 - Monthly reports from HCT field test
 - Proposal for the first edition of a Nordic legislation for HCT
 - Updated description of 30 – 50 type vehicles
 - A collection of rules that is needed or need to be adjusted
 - Sent in application for "permit for technical testing" to the transport administration.

2.4 Result and conclusions

The results from the analyses of every trip with the field test combinations shows a lower energy consumption. Most potential shows the longer and heavier combinations (ETT/DUO-trailer). These two have mostly been driven on bigger roads and it would be interesting to test these combinations on smaller roads. Specially test the ETT combination to transport from the forest to the terminals. A test drive on forest roads showed that it can be driven on forest roads as well. The DUO-CAT shows great potential compared to a single-CAT (18.75m). DUO-CAT have 22% lower fuel consumption and can handle the pass ability demand for 25.25 in Sweden. That means that in can be driven on almost any road in Sweden.

To prevent longer combinations to not slow down to much when climbing hills and by doing so disturb the traffic flow, a power demand should be set into the regulation for 34,5 meter combinations. From the result on DUO-trailer shows how the different tractors with different engines handle the hill up on Hallandsås (8%). A demand for percent on driven axles should also be included to not get wheel spins and be able to start in hills. On the DUO-trailer 6x2 tractor it has been shown the it can be hard to get enough weight on driven axles with only on drive axle. Simulations shows that for a DUO-trailer (6x4) with a gross weight of 74 ton the road friction seems to be enough until a 13% inclination on straight summer road ($\mu=0.75$) but the inclination decreases when the friction I lowered. The simulations also shows that the propulsion ability decrease with sharp turns in hills. The forces to turn the combination also lowers when friction decreases.

Tests and simulations have showed that lifting axles can increase the startability, stability and the pass ability when the combinations are not fully loaded. To increase stability the first axles on both trailers should be lifted. By doing this the rearward amplification is lowered from 1.5 to 1.25. This is showed both in real test and in simulations. To increase the pass ability the rear axles on the truck and the two semi-trailers. Both 180° and 90° turns are tested with an outer radius of 12.5 m. In the 180° degree corner the inner radius change from 1.6 to 3.4 when lifting the last axle in the test, in simulation shows similar numbers. This means that when using this A-double the pass ability demands for 25.25 meter combinations can be passed when lifting axles. For a 90 degree turn, the inner radius goes from 4.8 to 5.5 when lifting the axles in the test, similar in simulations.

DUO-trailer have built a new tractor, a 6x4 tractor with a 540 HP 13 liter engine. A new function on this tractor is that it can declutch the second drive axle without lifting it. Evaluation of this function will be done in the next project.

A new truck was built in that will replace the ETT-truck. This is an 8x4 750 HP 16 liter engine. The truck has been tested as a group truck with a five axle full-trailer (74 ton). The truck showed to be front heavy and that makes the startability suffer. To use this kind of truck in a ST-crane combination would be better for weight distribution.

DUO-trailer at Schenker have travelled one round trip between Gothenburg and Malmoe every night. On daytime, the truck uses one semi-trailer to collect goods from customers for the night trips. These means that the vehicle can be used both day and night.

HCT-Nordic prestudy show a difference in regulation in the Nordic countries which means that travel over borders with can be restricted. A task group that can coordinate the regulations for HCT-combinations should be put together. The ST-crane combination have got a dispense to use the finish regulation regarding grossweight and axleloads. These means that the combination can have a gross combination weight on 76 ton and have 27 ton on the triple axel on the truck. Evaluation of this combination will be done in the coming project. The combinations for 34.5 meter that have been approved in Finland after been proven in test need to be tested in Sweden.

The component manufacturer that have been a part of the project and checked the wear on their products have not seen any faster wear then for the normal combinations.

3 Bakgrund

Det aktuella läget med ökande transportbehov, chaufförbristen inom godstransport och uppsatta mål om minskning av växthusgaser inom transportsektorn med 70% till 2030 jämfört med 2010¹ gör att transportbranschen måste effektiviseras.

Ett sätt att effektivisera godstransporterna på väg och där med minska dess miljöpåverkan är att använda så kallade högkapacitetstransporter (HCT). HCT-fordon i Sverige är fordon längre och/eller tyngre än 25,25 meter respektive 64 ton. HCT-fordon får med sig mer last och på så vis minska bränsleförbrukningen per transporterat gods.

Forskning med HCT-fordon har pågått i Sverige sedan 2009 och har visat sig vara energieffektiva och trafiksäkra². Fordonen har kört i verklig drift för att hitta fördelar och brister med de olika kombinationerna. 47 HCT-demonstrationsfordon var i drift under 2016³. I HCT-färdplan som publicerades 2013 är tanken att ha 500 HCT demonstrationsfordon ska vara i drift 2020.⁴

Med stöd av forskningen som gjorts inom HCT så har Sverige och Finland ökat högsta tillåtna bruttovikt inom 25,25 m längd. 2013 höjde Finland bruttovikten till 76 ton på hela det statliga vägnätet⁵ och 2017 införde Sverige en ny bärighetsklass, BK4, som innehåller de vägar som trafikverket anser klara en högre bruttovikt upp till 74 ton.⁶

De viktbegränsade provena kommer att minska efter införandet av BK4 nätverket så forskning kommer framförallt att riktas mot de längre fordonståg. De längre fordonstågen är nödvändiga vid volymbegränsad transport då volymen är fullt utnyttjad men inte vikten. De längre fordon som hittills testats är upp till 32 meter långa (DUO-trailer). Målet i närtid är korridorer med längder upp till 34,5 m och vikter upp mot 100 ton.

Försökskombinationerna DUO-trailer och DUO-kärra är två längre kombinationer som rullat mellan Göteborg och Malmö. DUO-trailer är en 32 meter lång kombination bestående av en dragbil med 2 efterföljande semi-trailers ihopkopplad med en dolly. Tillåten bruttovikt enligt föreskrift och dispens är 80 ton. Den började rulla februari 2012 då i Kallebäckers transport regi. Två generationer dragbilar har använts, båda har varit 6x4 (6 hjul varav 4 drivande HCT40, HCT40b). Kombinationen har passat bra in i Kallebäckers logistikupplägg och har visat 13-16% minskad bränsleförbrukning än de 24/25,25 meters kombinationer som de vanligtvis kör med. Jämför med endast dragbil och semi-trailer 27% minskad bränsleförbrukning⁷.

Duo-kärran är en kombination med en lastbil följt av 2 stycken kärror med en längd upp till 28 meter med en tillåten bruttovikt på 66 ton. DUO-kärran är intermodal lösning som använder växelflaksskåp och med en totalhöjd på 4 meter vilket gör att den kan transportera över hela Europa. Denna har rullat sedan mars 2015 även det för Kallebäckers transport. Lastbilen (HCT68) är en 6x2 (6 hjul varav 2 drivande). Kärrorna är till stor del byggda med Volvo komponenter. Till skillnad mot singel-kärra (lastbil och 1 kärra), som är en vanlig kombination i Europa, minskar förbrukningen med ca 20%. Mot Kallebäckers vanliga 24/25,25 meters kombinationer så blir inte skillnaden så stor pga. DUO-kärran 4 meters totalhöjd och 4,5 meter på de vanliga inrikes kombinationerna⁸, därmed kunde 24/25,25 meters kombinationer med en total höjd på 4,5 m ta i stort sett lika mycket last som 27 meter med total höjd 4 meter.

¹ Trafikverket 2016:111, åtgärder för att minska transportsektorns utsläpp av växthusgaser – ett regeringsuppdrag: https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/14440/RelatedFiles/2016_111_atgarder_for_att_minska_transportsektorns_utslapp_av_vaxthusgaser.pdf

² DUO²-projektet energieffektiva fordonskombinationer forskning, utveckling och fältprov av fordon anpassade för extended EMS : <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2013-01282.pdf>

³ HCT årsrapport 2016: https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2016.pdf

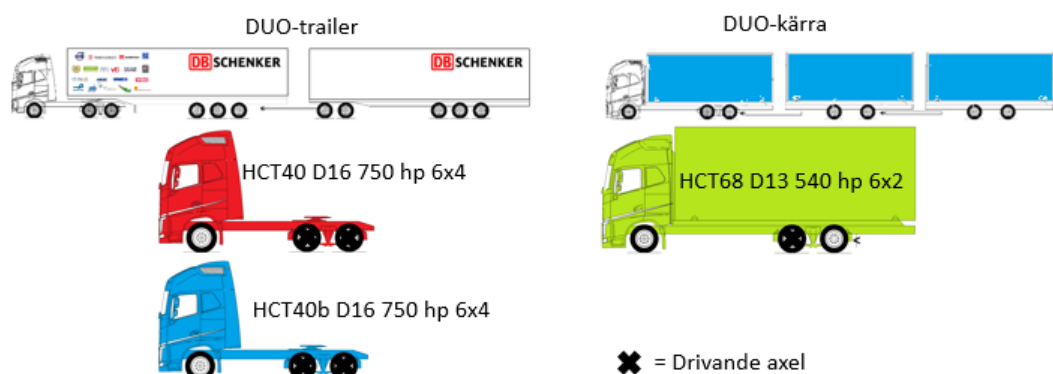
⁴ Färdplan high capacity transport – väg: https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/2013-04-10_fardplan_hct-vag_slutlig_2.pdf

⁵ Statsrådets förordning, 407:2013: <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407>

⁶ Godstrafikfrågor (regeringens proposition 2016/17:112): https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/proposition/godstrafikfragor_H403112

⁷ DUO2-projektet energieffektiva fordonskombinationer forskning, utveckling och fältprov av fordon anpassade för extended EMS : <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2013-01282.pdf>

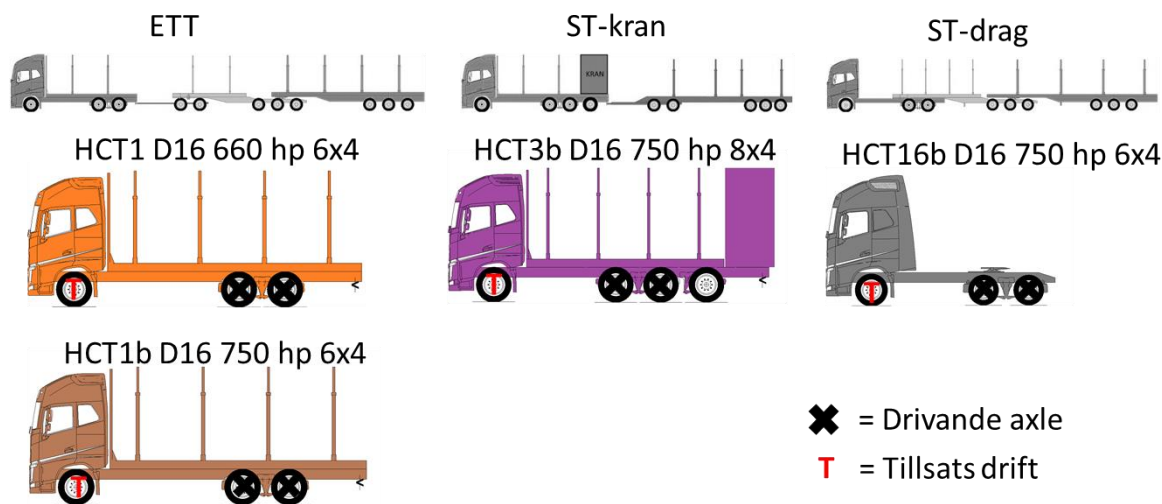
⁸ DUO2-projektet energieffektiva fordonskombinationer forskning, utveckling och fältprov av fordon anpassade för extended EMS : <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2013-01282.pdf>



Figur 3.1. Dragbilarna i DUO-trailer kombination och lastbilen i DUO-kärra kombinationen.

VETT-6 & 6B har tidigare forskat på 3 kombinationer: ETT-bilen, ST-kran och ST-drag. ST-kran och ST-drag är kombinationer med en längd upp till 25,25 meter med en bruttovikt på 74 ton. Båda startade 2009 och två generationer har rullat inom försöket. ST-kran bilarna var båda 8x4 (8 hjul varav 4 drivande HCT3, HCT3b) dessa har provats med olika typer av släp/trailers. Första generationen använde dolly och semi-trailer medans generation 2 körde med en fem-axlig släpvagn. ST-drag var båda bilarna 6x4 dragbilar (HCT-16, HCT-16b) med link och semi-trailer. Den första generationen avslutades efter en vältolycka. Den andra generationen byggdes och skapade ett testfall motsvarande situationen vid olycka. Det visade sig att en vanlig timmerkombination hade vält vid lägre hastigheter.⁹

ETT-bilen är en längre kombination med en längd på 30 meter och 90 ton som har trafikerat sträckan mellan Överkalix och Piteå även denna i 2 generationer. Kombinationen består av lastbilars 6x4 (HCT1, HCT1b) med dolly, link och semi-trailer. Inom VETT-6 & 6B har det framtagits ett samband mellan viktökning och bränsleförbrukning, ökar bruttovikten med 20 ton så ökar bränsleförbrukningen med ca 10 liter/100 km¹⁰. I Figur 3.2 visas lastbilarna och dragbilarna från VETT.



Figur 3.2. Lastbilarna från ETT, ST-kran och dragbilarna från ST-drag

HCT-kombinationer har simulerats och utvärderats i Typfordon projektet. Ca 30 HCT-kombinationer har simulerats och de flesta har visat sig vara godkända enligt transportstyrelsens föreslagna krav för körning med fordonståg som har en bruttovikt över 64 ton. Simuleringarna har även kompletterats med validerande prov på provbana samt provrigg. I Provrigg jämfördes vältstabilitet hos en fem-axliga släpvagn kontra dolly semi-trailer vilket visade fördel för släpvagn¹¹.

⁹ Transporteffektiva viktbegränsade HCT fordon på väg – VETT6 & VETT6B
<https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2014-03926sv.pdf>

¹⁰ Transporteffektiva viktbegränsade HCT fordon på väg – VETT6 & VETT6B
<https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2014-03926sv.pdf>

¹¹ HCT typfordonskombinationer: <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2015-02327x.pdf>

4 Syfte, forskningsfrågor och metod

Projektet syftade till att utreda fordonsfrågor i utredningen inför införandet av BK4 upp till 74 ton, tynger än 74 ton och/eller längre än 25,25 meter i Sverige samt samverkan med Finland och Norge för att HCT-fordon ska kunna vara gränsöverskridande.

Genom kombinationer i fältförsök kan problem områden identifieras och åtgärdas innan lagstiftning och krav träder i kraft.

Forskningsfrågor:

- Tester analyser och vidareutveckling för:
 - Pågående teknikutvecklingskombinationer (ETT, ST-kran, ST-drag, DUO-kärra och DUO-trailer)
 - Typfordon, lagstiftning och regelverk i första hand i Sverige
- Vilka fordonskombinationer kommer att krävas för att nå effektivitet på BK1-, BK2 och BK4-vägnätet.
- Jämförelse av bruttovikts- och axelviktsstabellerna samt andra fordonskrav i Sverige, Finland och Norge. Hur kan vi säkerställa gränsöverskridande transporter med HCT-fordonskombinationer.
 - Exempelvis: De norska kraven på drivaxeltryck måste fungera ihop med svenska och finska krav på totallängder mm, för att kunna uppnå ökad trafiksäkerhet i länderna.
- DUO-kärra, och DUO-trailer, 64/74/80 ton studeras på landsväg (enbart motorväg idag) BK1 och BK4.
- Utveckling av ABba-metoden för olika lastfall. (vikt, vikt/volym, volym)
- Analyser och underlag för internationella regelverk och standarder för: drag, dolly, vändskivor, däckbestyckning mm med avseende på stabilitet och framkomlighet.

Detaljer finns i respektive arbetspaket (WP3 – WP8) som finns i projektbeskrivningen, se bilaga A.

5 Mål

Projektet bidrar till flera av de övergripande FFI-målen:

- Att öka forsknings och innovationskapaciteten i Sverige och därmed säkra fordonsindustriell konkurrenskraft och arbetstillfällen.
- Att utveckla internationellt uppkopplade och konkurrenskraftiga forsknings- och innovationskraftiga forsknings- och innovationsmiljöer i Sverige
- Att främja medverkan av små och medelstora företag
- Att främja medverkan av underleverantörer
- Att främja branschöverskridande samverkan
- Att främja samverkan mellan industri och universitet, högskolor och institut
- Projektet bidrar till de övergripande målen i den Strategiska färdplanen för Effektiva och uppkopplade transportsystem (2015-11-03 sidan 3 "Bakgrund och syfte").
 - Minska vägtrafikens miljöpåverkan
 - Minska antalet skadade och dödade i trafiken
 - Stärka den internationella konkurrenskraften
- Projektet kopplar till delprogrammets övergripande färdplan11.
- Projektet jobbar med "anpassade transportlösningar", "regelverk för HCT-väg" och samverkan med "korridorer för hamnskyttlar" enligt 5.1.1 sida 21 i färdplanen. (Mål 1 2020 - 2030 samt mål 3 2020)11.
- Mätbara mål:
 1. Minskad energiförbrukning är 15-30% beroende på transportslag och referens.
 2. Resultatrapporter (månadsrapporter för HCT-Demofordon).
 3. Förslag till första utgåva av samlade nordiska regelverksfrågor för HCT.
 4. Uppdaterad beskrivning av 30-50 typfordon.
 5. En sammanställning av regler som projektet anser behöver tillkomma, eller justeras.
 6. Antal inskickade ansökningar för "undantag för teknisk provning" till Transportstyrelsen.

- Projektmålen följs upp på projektmöten, exempelvis mål 1; genom bränsleförbrukning per transporterad enhet.

6 Resultat och måluppfyllelse

I denna sektion kommer resultat och genomförande att presenteras för projektperioden 2017-06-01 → ~~2020-03-31~~ ändrat till 2020-10-31 pga corona permitteringar.

6.1 Bidrag till FFI-målen

Projektet har visat på ökad energieffektivitet vid användandet av HCT-fordon vilket bidrar till programmets övergripande mål om att minska vägtransporternas miljöpåverkan. HCT-fordonen har inte visat på någon negativ inverkan på trafiksäkerheten och troligen ökar trafiksäkerheten med HCT-kombinationer då antalet fordon blir färre.

Projektet har bidragit till följande av FFI övergripandemål:

- Att öka forsknings och innovationskapaciteten i Sverige och därmed säkra fordonsindustriell konkurrenskraft och arbetstillfällen.
 - Projektet har möjliggjort att en projektgrupp med kompletterande kompetenser skapats. Gruppen består av allt från transportköpare till forskare via myndigheter och hårdvarutillverkare. Gruppen har nått en kritisk massa så att forskning och lagstiftning har kunnat stötta varandra. Tillsammans har gruppen skapat nya lösningar baserade på tillämpad forskning.
- Att utveckla internationellt uppkopplade och konkurrenskraftiga forsknings- och innovationskraftiga forsknings- och innovationsmiljöer i Sverige
 - Projektet har ansökt om gränsöverskridande försöksverksamhet i både Norge och Danmark. Ett antal möten och konferenser internationellt har besökts av projektdeltagarna. Erfarenhets utbyten med bland annat Nederländerna inför planer att testa DUO-trailer på deras vägnät. Se mer under kapitel 6.8.
- Att främja medverkan av små och medelstora företag
 - Projektet har haft med ett antal små och medelstora företag. Exempel på ett litet företag är Holger Nilssons åkeri och exempel på medelstora företag är Parator industry
- Att främja medverkan av underleverantörer
 - Projektet har haft medverkan från underleverantörer som, VBG, SSAB, JOST, WABCO med flera.
- Att främja branschöverskridande samverkan
 - Deltagande partners har representerat Fordon-, trailer- och kontorsmöbelindustrin, påbyggare, komponenttillverkare, transportörer, transportköpare och logistikföretag.
- Att främja samverkan mellan industri och universitet, högskolor och institut
 - Projektet ger fungerar som en plattform där universitet, högskolor och institut kan forska på. Ett antal examensarbeten från högskolor har gjorts inom projektet.

6.2 Leveranser från arbetspaketen

Projektet var uppdelat i 7 arbetspaket. Nedan beskrivs arbetspaketen.

WP1 Projektleddning och Administration

WP2 Spridning av projektresultat

WP3 Uppföljning av testfordon

WP4 DUO2 Volymbegränsade transporter, teknikutveckling

WP5 ETT, ST-kran & ST-drag rundvirke teknikutveckling

WP6 Typfordon

WP7 HCT-norden förstudie

Resultaten från arbetspaketen kommer i kommande kapitel.

6.3 Exempel på spridning av projektresultat

Konferenser och seminarium:

- 2017-03-08 Estland fordonsutvecklingskonferens "Volvo trucks future trends" WP2
- 2017-08-18 Mittia rikskonferens skog SÅ "tekniken till BK4" WP5
- 2017-08-23 HCT årskonferens "Gränsöverskridande transporter skillnader i regelverk" WP7
 - Provkörningar av längre och tyngre HCT fordon för alla deltagare på Volvo Experience Center

- 2017-10-04 International road transport union (IRU) technical committee Genève "high capacity transport, Volvo experience" WP7
- 2018-03-21 Nationell bärighetshetsgrupp, Trafikverket
- 2018-05-31 OECD Helsingfors seminar high capacity transport (bidrog med presentationsmaterial)
- 2018-06-12 HCT dragning för representanter från Norge "Utveckling av högkapacitetsfordon" WP7
- 2018-08-24 Elmia Lastbil SÅ konferens vägnät och fordon för BK4 "BK4, så kan du bygga dit fordon"
- 2018-08-29 HCT årskonferens "Tillståndsgivning för längre fordon och pågående försök"
- 2018-09-19 Vinnova presentation
- 2018-09-28 Chalmers, bärighetsfrågor
- 2018-10-02→10-05 HVTT15 Rotterdam
 - "Type-vehicles"
 - "DUO-trailer and innovative transport solution co-optimizing multi vehicle combinations"
- 2018-10-09 HCT-Indien
- 2018-10-11 Norska lastbilsägar förbundet och norska vegvesen
- 2018-11-08 Logistikdag mitt "Skoglogistik"
- 2018-11-20 Vinnova FFI EUTS "utveckling av HCT-fordon Volvo"
-
- 2019-01-24 Closer workshop – längre fordon "En fordonstillverkarens perspektiv"
- 2019-02-08 SÅ jordbrukskonferens "Framtida konfigurationer av tunga fordon"
- 2019-03-20 VTI workshop – spårbildning i asfaltsbeläggningar
- 2019-04-01 Energirelaterad fordonsforskning 2019
- 2019-04-09 Skogsindustrierna implementering av 74 ton "Volvo utvecklingsarbete för effektivare lastbilar"
- 2019-04-25 SÅ konferens Effektiva transporter "så bygger du dit fordon"
- 2019-05-07 ACEA, HCT/EMS konferens
- 2019-05-22 ITF Leipzig HCT-transport (bidrog med presentationsmaterial)
- 2019-08-28 HCT årskonferens
- 2019-10-07 Remissvar Regeringsuppdrag 34.5 meter
- 2019-11-11 Schmitz cargobull
- 2019-12 Input till Kina och Ryssland

Press releaser

- 2018-10-04 Kommunikation om Duo-kärre enligt nya tillståndet [Volvo Lastvagnar](#), Kinnarps Intranät och P4 Jönköping

Regelutveckling

- 2017-04-03 Workshop Singel- och dubbelmontage Trafikverket WP6

Spridning till andra projekt

- Data till prognostisering av spårtilllväxt – asfaltsbeläggningar (2016 – 03312)
 - Information om typfordon, axelavstånd, vikter, däckskonfigurationer
- E-dolly
- Internt Volvo
- Aeroflex
- Nordiskt Vägforum
- Transportstyrelsen
- Internt ÅF
-

Information till Politiker

- 2018-03-20 Centerns nätverk för hållbartransportsektor
- 2019-03-02 Moderaterna genomgång på Volvo
- 2019-05-08 Riksdagen

Övrigt

- 2018-03 Information till Sveriges kommuner inför införandet av BK4
- 2018-12-20 film med rangering med växelflaksskåp med DUO-kärre:
<https://www.youtube.com/watch?v=F0PfdwgyWtM>

6.4 Uppföljning av försöksfordon

Försöksfordonen har rullat totalt 22 490 188 km (2020-02-24) som skapar en hel del data och erfarenheter. Projektet är inblandat i 21 stycken HCT-fordon. Sammanställning finns i Figur 6.1

Försökskombinationer # Körda km (2020-02-24)													varv runt	ToR	Totalt	
Test kombinationer	#1	#2	#3	#4	#5	#6	#7	#8	#9	#10	#11	Totalt	Jorden	Månen	2019-01-07	2018-04-17
ETT 90 ton	1 381 294	1 096 795	0									2 478 089	62	3,2	2 478 089	2 351 233
ETT 90-100 ton	422															
DUO-Trailer 50-80 ton	661 378	390 635	85 344	45 707	24 430							1 207 494	30	1,6	1 023 258	933 128
DUO-Kärra 30-64 ton	404 400											404 400	10	0,5	250 091	195 343
ST-Kran 74 ton (4+5axlar)	572 874	911 074	859 212	905 000	621 932	580 758	1 040 000	1 020 000	630 000	80 000	396 176	7 617 026	190	9,9	7 327 137	6 642 258
ST-Kran 70 ton (3+5axlar)	650 000	172 000	267 276									1 089 276	27	1,4	1 089 276	6 642 259
ST-Drag 74 ton (3+3+3axlar)	587 858	236 362	498 789	432 897	101 300							1 857 206	46	2,4	1 758 762	1 647 595
ST-Bil+Släp (utan kran) 74, 70 ton	646 766	752 278		60 110								1 459 154	36	1,9	1 459 154	1 311 308
Byggmaterial 70 ton	586 589											586 589	15	0,8	425 960	306 092
8-dubbel container 74 ton	339 026											339 026	8	0,4	242 535	178 698
Bulk 74 ton	89 617	719 874										809 491	20	1,1	809 491	620 124
Flisbil 74 ton	906 668											906 668	23	1,2	1 346 713	525 098
Tipp 80 ton	1 065 328											1 065 328	27	1,4	852 755	706 244
ECT 74 ton (2019-01-09/10-31 ej HCT)	677 600	678 368	469 200	599 100	72 500	173 673						2 670 441	67	3,5	2 195 600	2 195 600
ALLA HCT												22 490 188	562	29	21 258 821	17 612 721
Volvo HCT-I uppföljning 2020-02-24																
Avslutad																
Vilande																
BK4 /74 ton from 2019																
BK4 /74 ton from 2020																
Autofreight ej HCT-I																

Figur 6.1 Mätarställning på försöksfordonen 2020-02-24.

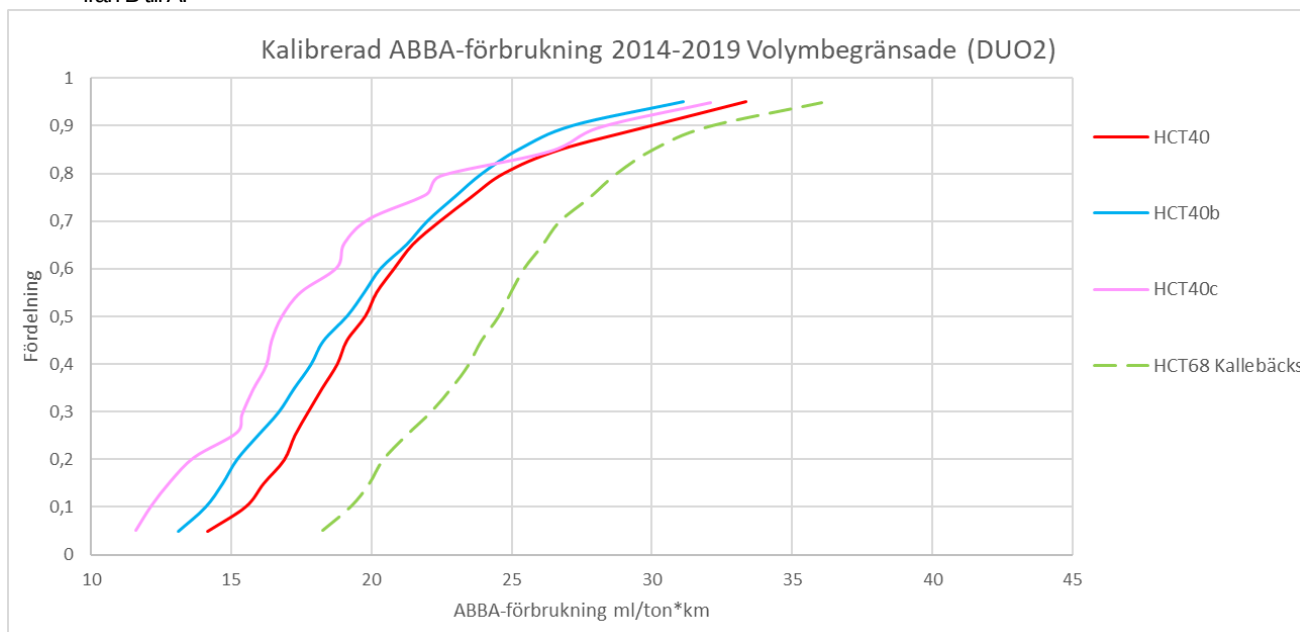
Figur 6.2 Visar fordonen några av fordonen och kombinationer som projektet gjort uppföljningen på.



Figur 6.2. fordon i HCT-kombinationer som projektet har gjort uppföljning på.

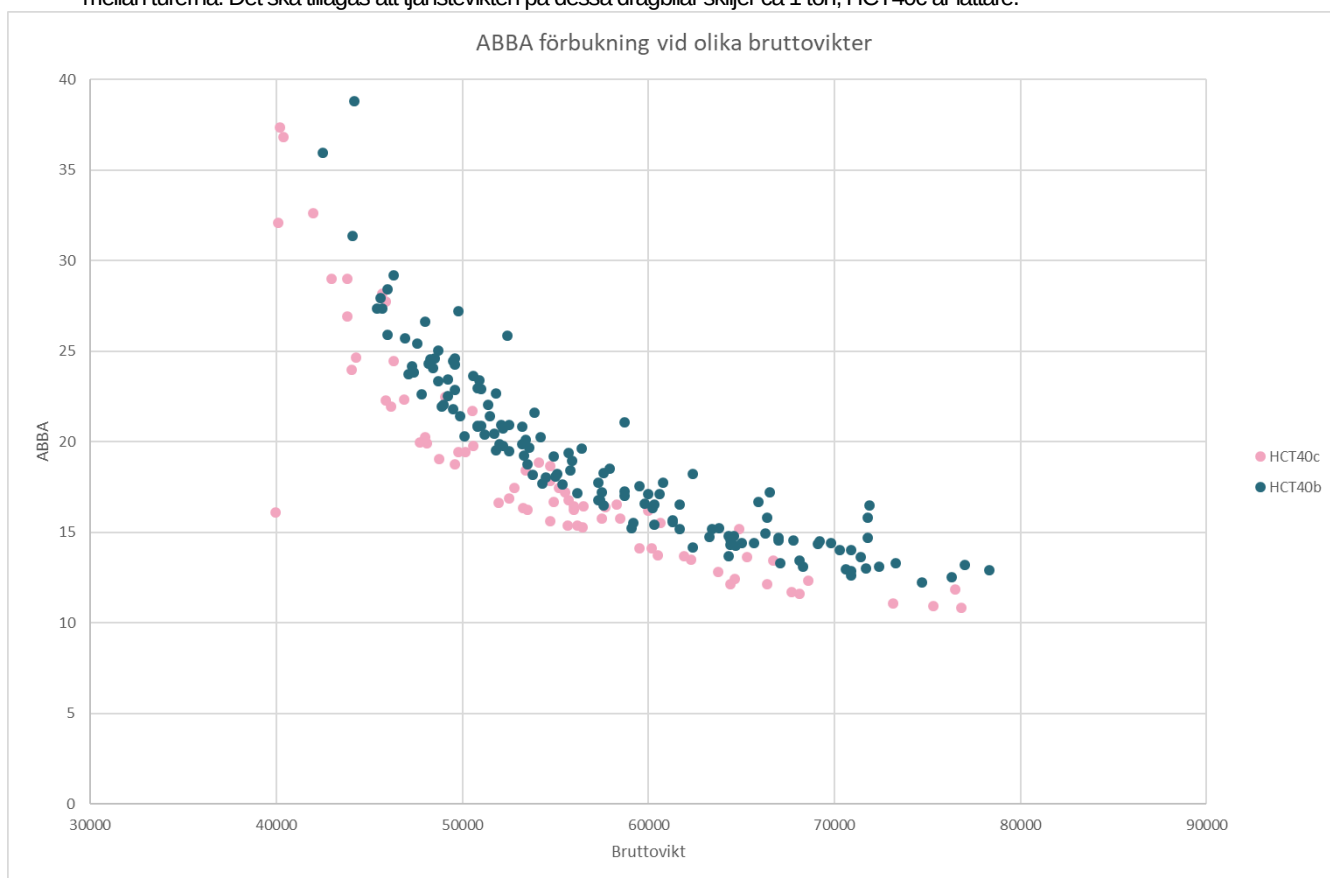
Projektets försöksfordon samlar in data genom att chaufförer skriver reserapporter på varje resa samt fyller i bränslerapporter vid varje tankning. Detta används sedan för att beräkna ABba/ABBA förbrukning i ml/(ton*km). För förklaring av ABba metoden se bilaga B. Nedan följer 3 stycken diagram som alla visar ABba/ABBA förbruknings fördelningen för de olika försöksfordonen. De har delats upp i volymbegränsade, Vikt/volym begränsade och vikt/begränsade.

I Figur 6.3 kan det ses att spridningen är stor (stor skillnad mellan högsta och lägsta ABBA). Detta beror på den stora variationen i vikt. I detta fall räknas ABBA förbrukning. Detta innebär att fordonet åker lastat från A till B och sedan lastat från B till A.



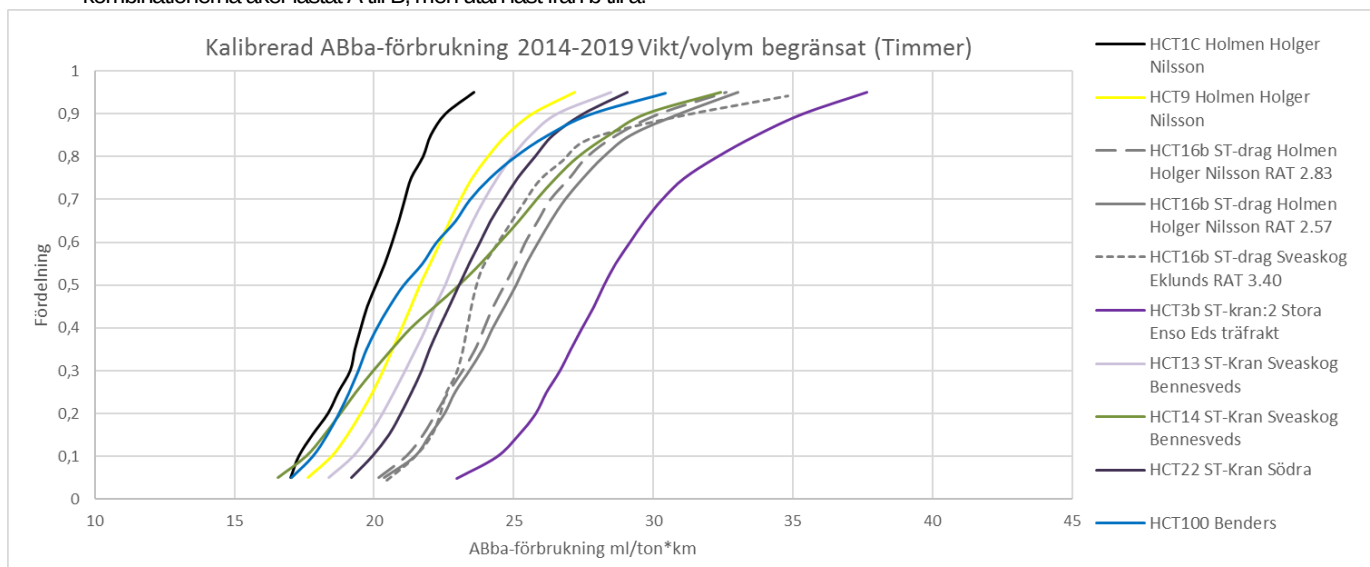
Figur 6.3. ABBA-förbrukningsfördelning för Volymbegränsade transporter (DUO2-kombinationerna)

I Figur 6.4 visas ett ABBA förbrukning vid olika bruttovikter. DUO-trailers (HCT40b, HCT40c) skillnad i vikt är mellan 40 till 80 ton. Dessa kombinationer går samma sträcka varje resa vilket ger vikten den stora inverkan på skillnaden i förbrukning mellan turena. Det ska tilläggas att tjänstevikten på dessa dragbilar skiljer ca 1 ton, HCT40c är lättare.



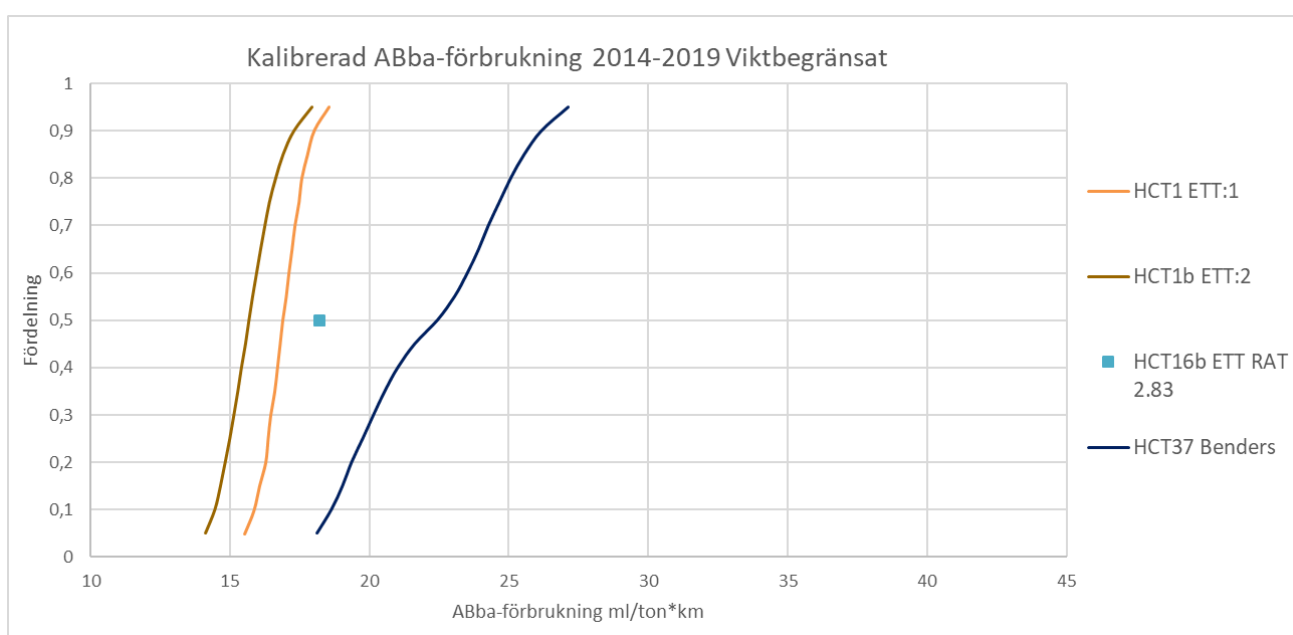
Figur 6.4. ABBA-förbrukning vid olika bruttovikt för duo-trailer dragbilar HCT40b och HCT40c

I Figur 6.5 visas ABba-förbrukning för fordon som är vikt och volym begränsade. Detta gäller för timmer och flis fordon under olika tider på året. Dessa kör oftast inte samma sträcka varje resa ofta har sträckans utformning stor påverkan på förbrukningen. Bruttovikten pendlar här mellan 45 och 74 ton. I dessa fall räknas ABba-förbrukning för att kombinationerna åker lastat A till B, men utan last från b till a.



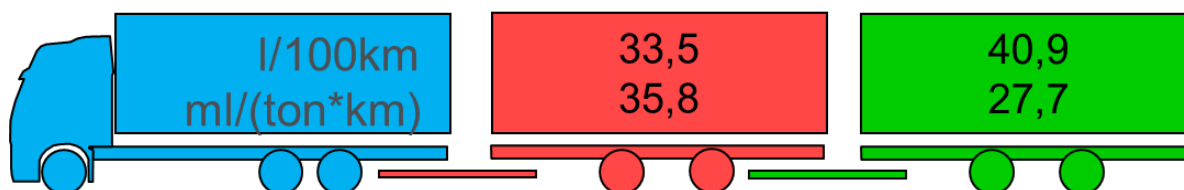
Figur 6.5. ABba-förbrukning för vikt/volymbegränsade fordon som timmer och flis.

I Figur 6.6 visas ABba-förbrukning för de viktbegränsade fordonen. Detta gäller en grusbil, ETT-bilen som kör timmer mellan terminaler. Dessa fordon kör samma sträcka och är oftast lastat till full på A till B sträckan (85 till 90 ton för ETT-bilen).



Figur 6.6. ABba förbrukning för viktbegränsade fordon.

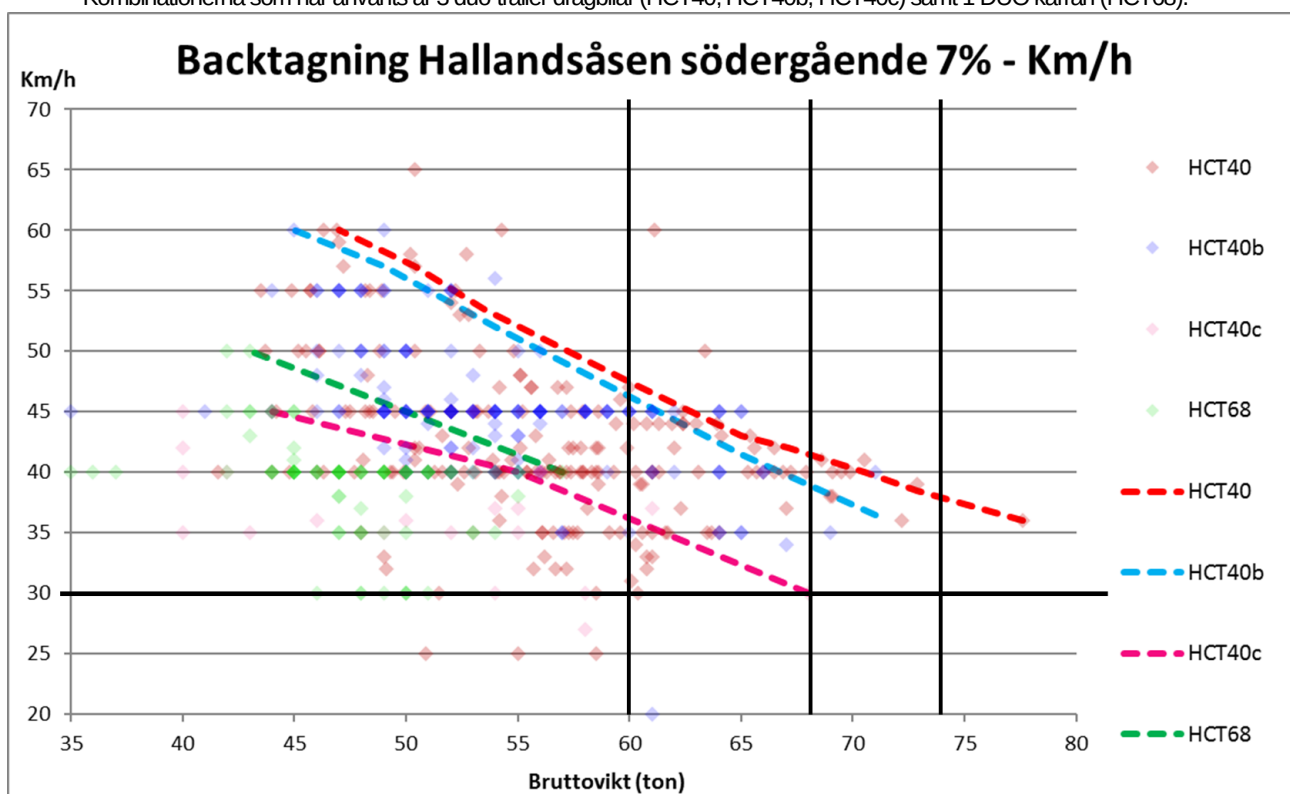
DUO-kärnan hos Kinnarps har varierat mellan att köras som singel-kärna och DUO-kärna vilket har gjort att det blir en referens körning på samma sträcka. I Figur 6.7 nedan visas hur det skiljer. Värdena i det röda skåpet motsvarar bränsleförbrukning och ABBA förbrukningen för körning med singelkärna, det gröna skåpet motsvarar DUO-kärna.



Figur 6.7. DUO-kärnans förbrukningar beroende på om Singel-kärna (röd) eller DUO-kärna (grön) använts.

Bränsleförbrukningen räknat i l/100km ökar vid användandet av duo-kärna. Detta är förväntat men genom att mer last kan transporteras vid körning med DUO-kärna gör att ml/(ton*km) minskar.

Chaufförerna fyller även i data om hur fordonen tar sig fram i olika backar. I Figur 6.8 visas ett diagram som visar backtagningsförmåga för fyra olika fordon över Hallandsåsen i södergående riktning (7% lutning) med olika bruttovikter. Kombinationerna som har använts är 3 duo-trailer dragbilar (HCT40, HCT40b, HCT40c) samt 1 DUO kärnan (HCT68).



Figur 6.8. Lägsta hastighet i backen uppför Hallandsåsen i södergående riktning som har en lutning på 7%.

De två dragbilarna med större motorer håller en högre hastighet uppför backen än de 2 kombinationerna med mindre motorer. Att klara av att hålla hastigheten i backar kommer att vara en viktigt för att inte störa trafikflödet så krav på lägsta hastighet i backe bör finnas för längre och tyngre fordon. Att specificera detta krav kommer behöva göras.

I figur 6.8 kan man se att om kravet skulle sätta krav på lägsta hastighet skulle sättas till 30 km/h i en 7% backe så begränsas HCT40c till ca 68 ton. För HCT40 och HCT40b skulle begränsas runt ca 75 – 80 ton.

Chaufförerna för DUO-trailern har tyckt att HCT40c har varit för svag för denna typ av körning och föredrar dom bilarna med större motorena. Dock skiljer HCT40c mot de två tidigare generationerna även med antal driv axlar. HCT40c har haft betydligt mycket mer hjulspinn under sina resor jämfört med de tidigare generationerna, detta kan bero på att drivaxel trycket är för lågt på en drivande axel. Det kan också vara en anledning till att chaufförerna föredrar HCT40 och HCT40b. vid dessa körningar var inte tillsatsdriften monterad på HCT40c.

Procent på drivande axlar kommer också behöva ställas för längre och tyngre fordonståg.

En DUO-trailer kombination som ska köra med bruttovikter mellan 60-80 ton bör ha 2 drivande axlar. En ny dragbil med 13 liters motor på 540 HP fast med dubbla drivaxlar har startats under 2019, utvärdering av denna kommer fortsätta i nästa projekt.

DUO-kärras högsta vikt har varit på ca 58 ton då kan den hålla en hastighet på 40 km/h upp för Hallandsåsen i södergående riktning.

6.5 DUO-2 volymbegränsade transporter

DUO-trailer

under projekttiden har fältprovssäkeriet byts ut från Kallebäcks Transport till Schenker Åkeri. Det var ett stillestånd under en tid innan den nya dispensen fanns klar.



Figur 6.9. DUO-trailer, lastning av sista semi-trailern vid Schenker terminal i Bäckebo

2017 genomfördes två större sammanställningar från fältprovdata en över prestanda för de olika dragbilarna uppför Hallandsåsen (interna Volvo rapporter ER-665671 & ER-665681), mer om detta finns under tidigare kapitel 6.4.

2017 byggdes en ny dragbil (HCT40c). Vi har tidigare kört med 6x4 med 750hk här testades en svagare drivlina med 6x2 med 540hk. Dragbilen byggdes även med styrbar sista axel för bättre framkomlighet.

HCT40c har visat att DUO-trailer ekipaget kan vara mycket viktigt. Det är viktigt att säkerställa att drivande axlar har tillräckligt med vikt för traction och inte endast under vintertid. Vid de låga lastvikter som vi haft i detta fältförsök medför att det är svårt att få upp drivaxeltrycket på en driven axel, drivaxeltrycket ligger på ca. 15% av bruttovikten. Dragbilen kördes hos DB Schenker mellan mars till oktober 2017, under denna perioden fick de drivaxelspinn ofta, dragbilen hade då ordinarie viktfördelning 70/30 mellan axlarna i boggin. Resultat har sammanställts och presenterades på HVT15, se bilaga C. Under oktober-november 2019 kördes dragbilen i DB Schenkers flöde med korrigerad viktfördelning på boggi till 80/20, detta upplevdes av chaufförerna vara bättre. Den låga dimensionen på drivdäcken och låg vändskivhöjd kan också vara en bidragande del av tractionproblemet, detta har inte verifierats.

2019 byggdes en ny dragbil (HCT40d) för att test av 6x4 med 540 hk. Det blev den första byggnation av D13 med lågt chassihöjd (CHH-LOW) och 6x4, denna typ av vagn erbjuds nu som kundanpassning hos Volvo.

HCT40d har under hösten 2019 modifierats för att göra bränsletest med urkoppling av andra drivaxeln utan att lyfta axeln. Ytterligare verifiering behöver göras på provbana under nästa år inom nästa projekt. Det kommer även göras utvärdering av bränslebesparing mellan HCT40d och HCT40b.



Figur 6.10. Från vänster till höger har vi HCT40, HCT40b, HCT40d och HCT40c

Under 2019 genomfördes test på luft och rullmotstånd för att se hur stor inverkan lyfta axlar har på komplett fordonskombination. Mätningar genomfördes med de båda första trailramarna, som har lyftbar första och sista axlar, HCT40b, enheterna har kört som både DUO-trailer och med en semi-trailer. Verifierade mätningar har gjorts i efterkommande projekt och sammanställning av resultat ska göras under 2020.

HCT40 blev reservbil under 2017 och har under 2019 avvecklats vid 661 377 körda km.



Figur 6.11. HCT40 slutinspektion innan skrotning

DUO-kärra

DUO-kärran byte under projektperioden fältprovsåkeri från Kallebäcks åkeri till Kinnarps AB. Detta skapade ett långt stillestånd från sommar 2017 fram till 2018-11-05 då den återstartades på sträckan mellan Kinnarps fabriker i Skillingaryd, Jönköping och Kinnarp. Detta är ett flöde som är volymbegränsat, trots fyllda skåp är bruttovikten väldigt låg. Körning med DUO-kärra kombinationen har använts ungefär en gång om dagen sedan starten och har gjort att flödet mellan Skillingaryd och Kinnarps har minskat med en tur om dagen. Resultatet visar en minskning på 22 % i (ml/ ton x km) jämfört med samma bil som singel-kärra på samma sträcka och chaufförer. Kombinationen kan ses i Figur 6.12.



Figur 6.12. DUO-kärran inför fältprovsstart hos Kinnarps

Kombinationen består av en 6x2 lastbil (HCT68) med dubbla kärror. Drivlinan är en 540 HP och en drivande axel, detta har funkat bra med den låga vikten som körs i detta fabriksflödet. I tester på provbana har det visat sig fungera upp till ca 60 ton, vid högre vikter rekommenderas två drivande axlar till denna typ av kombination. I projektet finns det två typer av kärror: 2-axliga och 3-axliga.

De 2-axliga kärorna togs fram i tidigare DUO-2 projektet (dnr: 2013-01282) och är byggda med Volvo komponenter. Dessa har fungerat bra och chaufförerna är väldigt nöjda med stabiliteten och funktionaliteten hos dessa. Tillsammans med 6x2 dragbilen är max bruttovikt 66 ton.

De 3-axliga kärorna är nästa generation kärorna från Volvo. Med erfarenheter från de 2-axliga kärorna så tog dessa fram. Till skillnad från de 2-axliga som är byggda med urholkade drivaxlar så har dessa byggts med löp-axlar med singel monterade däck som är något lättare. Nya dragstång gjordes till denna kärra som är lättare och enklare montering. Dragstången har visat sig vara något för vek vid körning med 74 ton och skulle behöva förstärkas. Genom de lättare axlarna och lättare dragstången skiljer inte taravikten så mycket mellan kärorna. De 3-axliga kärorna var från början utrustade med lyftaxel på axel 1 och 3, detta byggdes om ganska omgående efter att fältprovet hade startat då chaufförerna tyckte kombinationen blev väldigt ostabil när endast axel 2 på båda kärorna var i marken. Ombyggnationen gjordes så att endast axel 1 är lyftbar. De 3-axliga kärorna kan ses i Figur 6.13.

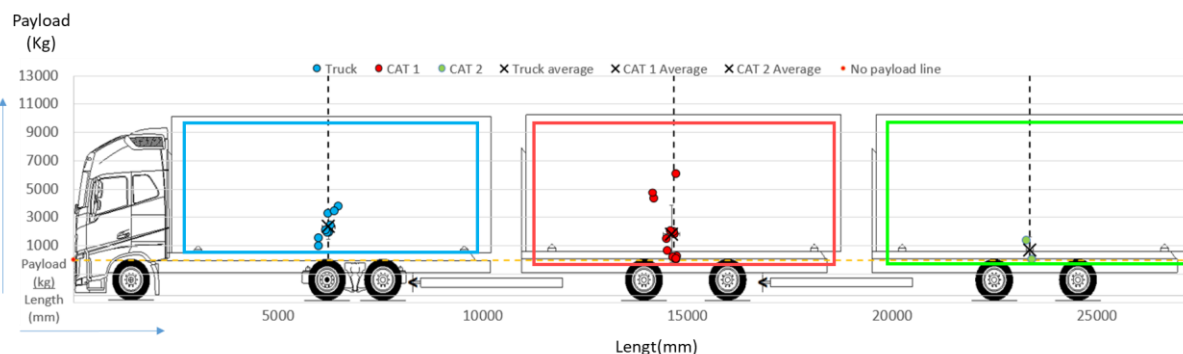


Figur 6.13. 3-axliga kärorna och HCT68.

Konceptet med kärror och växelflaksskåp funkar bättre in i Kinnarps flöde än i tidigare körning hos Kallebäck's Transport. Kinnarp kör uteslutande sin trafik med växelflaksskåp på lastbil och en kärre och har ett fungerande system för växelflakskörning. Det gör att kombinationen endast byter skåp vid fabrikena, tidigare flöde hos Kallebäck's åkeri bytes inte skåpen utan lastades monterad på bil och kärror vid terminalen.

Rangeringen av växelflaksskåp var till en början besvärligt men chaufförerna har lärt sig hur dom ska göra och tycker idag inte att det är något problem. Det framkom tidigt att arbetsbelysning är en viktig del vid rangering.

Under projektet har planering för ytterligare en lastbil som ska köra DUO-kärre pågått. Denna ska vara en 6x4 som ska vara förbered för körning upp till 74 ton. Lastbilen kommer tas i drift under nästa projekt.



Figur 6.14. lastens tyngdpunktsplacering i skåpen på DUO-kärren

En specialstudie har gjorts på DUO-kärren för att undersöka tyngdpunktsplaceringen i växelflaksskåpen inom detta flöde (Intern Volvo rapport ER-674761). Figur 6.14 visar att tyngdpunktsentrum är placerad nära centrum av växelflaket och att vikterna är låga. Detta fabriksflöde är speciellt jämfört med Kinnarps övriga flöden. I Skillingaryd är det de chaufförerna som lastar flaken medans i övriga flöden är det lastare som fyller skåpen. Det gör att chaufförerna som har en god känsla för hur lastens placering påverkar stabiliteten och framkomligheten, kan lasta skåpen på ett bra sätt.

Projektet har ansökt om att få köra prover med fordonskombinationen i Norge och i Danmark, för att kunna testa gränsöverskridande HCT-fordon.

Under perioden för stillestånd mellan fältproven så användes kombinationen till olika tester:

- Bränsleförbrukningstester med Wabco optitail (Volvo rapport ER-668833) som visade en förbättring på 4%.
- En utredning på uppdrag av Trafikverket för att utreda singel och dubbelmontage

6.6 ETT, ST-kran & ST-drag rundvirke teknikutveckling

VETT

Den andra generationen av ETT-bilen (HCT1b) har under projektet pensionerats efter 1 096 795 km. Generation 3 (HCT1C) är en fyraxlig lastbil med dubbla framaxlar(8x4). Jämfört med tidigare ETT-kombinationer så kommer denna bil kunna ha en bruttovikt på 34 ton med en total hjulbas på 6,97 meter (WB5600). Generation 1 och 2 (HCT1 och HCT 1B) var båda 3-axliga bilar vilket gjorde att de var begränsade till 26 ton på BK1 i början men ändrades senare till 28 ton, på BK4 gäller 29 ton på dom 3-axliga bilarna. Att öka vikten på bilen gav bättre startbarhet och stabilitet. Den ökade bruttovikten på bilen gör att totala bruttovikten ökar från 95 till 98 ton. Den nya bilen har provats som en 74 tons kombination inom 24 meter hos Holger Nilssons åkeri under 2018. Under det försöket så upplevdes det som svårt att få tillräckligt med vikt på drivande axlar vilket resulterade i att startförmågan blev lidande. För jämnare viktfordelning skulle denna bil passa för körning med egen kran. Under 2019 har bilen tagits till Volvo i Göteborg för uppdatering av provsystem för bättre framkomlighet och uppdaterad med nya funktioner. HCT1b och HCT1c kan ses i Figur 6.15.



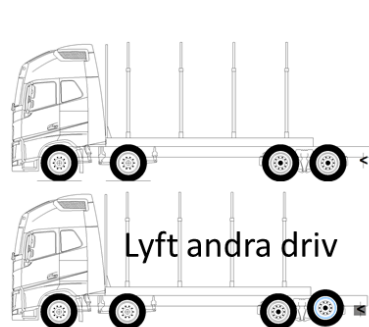
Figur 6.15. Övre: HCT1b pensioneras efter 1 096 795 km. Nedre: HCT1c i test körning som 24 meters 74 ton kombination hos Holger Nilssons åkeri.

Föreskriften för ETT-bilen gick ut 1 Januari 2019, I samband med att föreskriften gick ut så valde åkeriet att lägga ner på grund av sjukdom. Projektet har därefter letat efter nya försöksvärdar som kan köra vidare. Sedan har det sökts tillstånd för teknisk provning för att kunna fortsätta köra dessa prover. Det nya tillståndet ger möjlighet att köra fordonskombinationer med en bruttovikt upp till 100 ton med ett antal olika fordonskombinationer.

Planer för ytterligare en ETT-kombination var på gång hos Holger Nilssons åkeri men blev aldrig någon föreskrift för detta fordon. Dock utfördes ett antal framkomlighetsprover på skogsväg med denna kombination, den var även med som demo fordon på HCT-årskonferens 2018 på Volvo demo center. Denna bestod av en treaxlig lastbil med dolly link och semi-trailer. I väntan på föreskrift användes denna lastbilen dolly och semi-trailer som en 70 tons ekipage inom 25,25 meter.

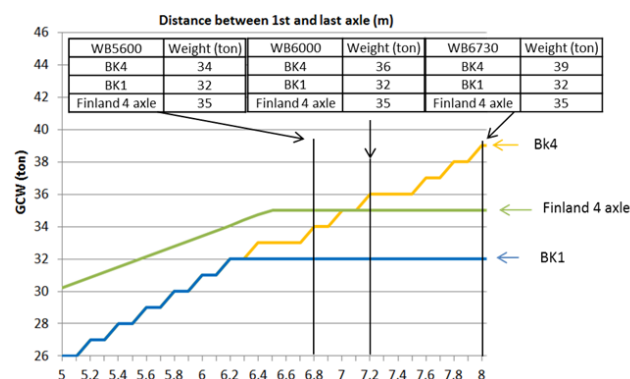
På BK4 kan de fyraxliga lastbilarna med dubbla framaxlar ha en bruttovikt upp till 39 ton om hjulbasen är tillräckligt lång enligt bruttoviktstabellen. Dock blir dessa fordon långa och kräver stora vändradier. En lagom avvägning kan vara att

bygga en för 36 ton bruttovikt vilket behöver längd på 7,2 (WB6000) meter mellan första och sista axeln på lastbilen. Att få över mer last på lastbilen är bättre för stabiliteten. Figur 6.16 visar hjulbaser, vändradier och bruttovikt för dessa lastbilar.



Minsta vändradie

WB6730	WB6000	WB5600
13,5 m	12,4 m	11,8 m
12,5 m	11,3 m	10,7 m



Figur 6.16. fyraxliga lastbilar med dubbla framaxlar. Vänster: Minsta vändradie för olika hjulbaser och om andra driv är lyft. Höger: de olika hjulbaserna utpekade på bruttoviktstabellen.

ST-kran

Andra generations ST-kran är en kombination med en fyraxlig lastbil med femaxligt släp, denna bil är utrustad med en hel del specialfunktioner, den har en styrande löpaxel med styrvinklar upp till 22° och hydraulisk driven framaxel. Framaxeln är även dimensionerad för 10 ton kombinerat med luftfjädring. Från oktober 2019 kör kombinationen på en ny dispens köra efter de finska kraven med 76 ton maximal bruttovikt. Detta innebär också att den kan köra med 27 ton på bilens trippelaxel istället för 24 ton vilket är max i Sverige. Utvärdering av detta kommer att ske i nästa projekt.

På denna bil har det provats med en alternativ axeltrycksfördelning på de tre bakaxlar. Denna fördelning ska göra att drivaxlarna i fordonet lastas upp till maxlast förs innan löp axeln börjar lastas på. Utvärdering av denna kommer att göras i nästa projekt.

ST-drag

Den andra generationen av ST-drag har rullat vidare men har under projektet bytt fältprovssäkeri och sedan avslutats. I början gick kombinationen hos Holmen skog för Holger Nilssons åkeri på dispens. I december 2018 tog dispensen slut. Denna kombination är en 74 tons kombination inom 24 meter vilket gör att den efter införandet av BK4 inte får någon ny dispens. I området där Holger Nilssons åkeri fanns det begränsat antal BK4 vägar. Åkeriets chaufförer var väldigt nöjda med kombinationen och tycker att kombinationen är väldigt stabil. Kombinationen startades senare hos Eklunds åkeri i Moskosel i ett område med fler BK4 vägar där kombinationen fick rulla fram till december 2019.

ST-drag kombinationen har avslutats som försökskombination efter 432 897 km. Dragbilen och semi-trailer kommer att användas till en variant av "DUO-trailer" (dragbil, semi-trailer, vagn) kombination som är planerad starta under 2020.

Tillsattsdrift

Ända sedan första ETT-bilen så har timmer kombinationerna utrustats med tillsattsdrift på lastbilens/dragbilens framaxel. Tillsattsdriften har varit hydrauliska motorer som drivs av en hydraulisk pump som tar ut kraft på motorns kraftuttag. Denna har fungerat utmärkt och har hjälpt chaufförerna i många situationer. De uppenbara fördelarna är startförmågan, att kunna driva på ytterligare en axel ger mer procent på drivande axlar. En mindre uppenbar fördel är bromsning i utförbackar, hydrauldriften kan nämligen jobba ihop med lastbilens motorbroms.

Hydrauldriften fungerar upp till ca 25-30 km/h.

Framkomlighetstest med fyra timmer kombinationer

Under hösten 2019 gjorde framkomlighetsförsök med fyra olika timmerkombinationer tillsammans med Eklunds åkeri på skogsvägar utanför Vidsel. De fyra kombinationerna kan ses i Figur 6.17 och bestod av:

- 64 ton BK1 optimerad fordonskombination (3-axlig lastbil med fyraxligt släp)
- 74 ton BK4 optimerad fordonskombination (4-axlig lastbil med femaxligt släp)

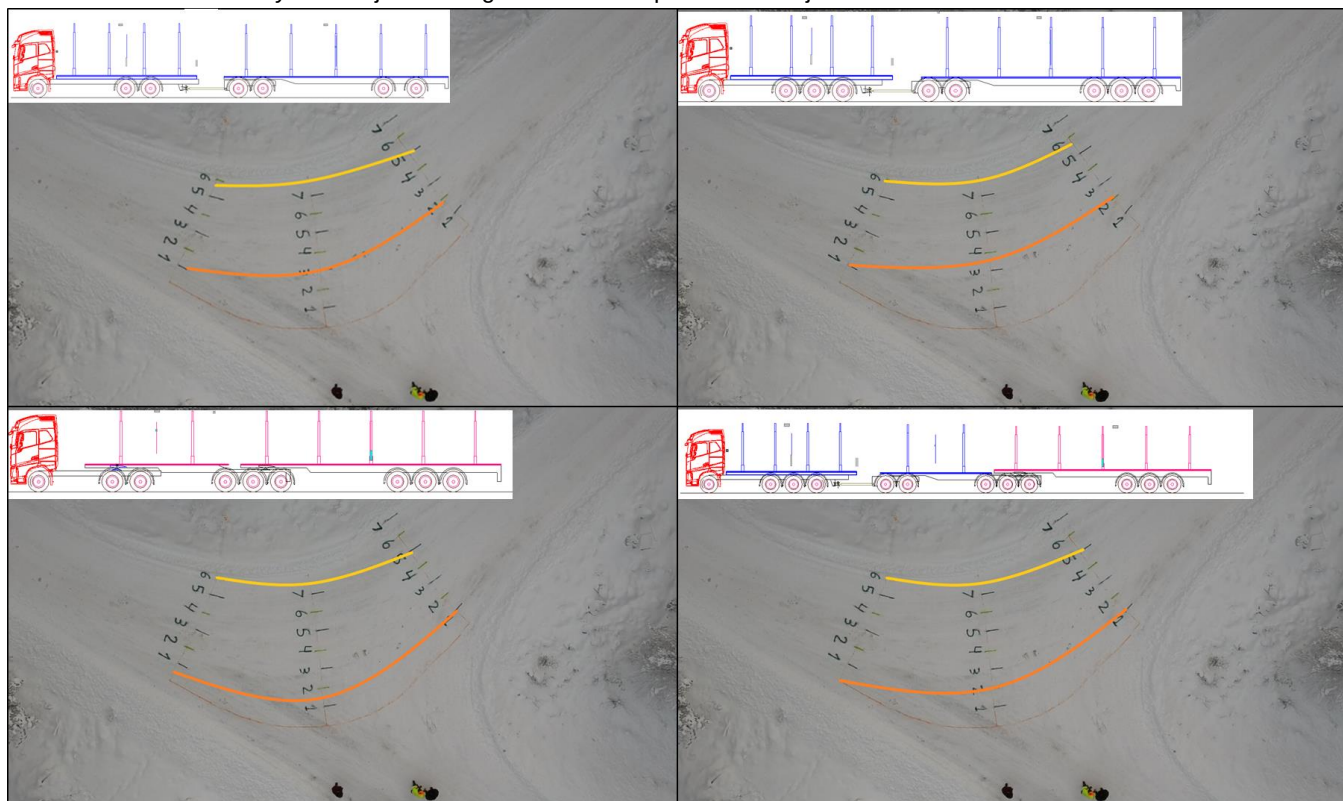
- 74 ton BK4 optimerad fordonskombination HCT16b (3-axlig dragbil med link och semi-trailer)
- 98 ton ETT fordonskombination (fyraaxlig lastbil med dolly link och semi-trailer)



Figur 6.17. Från vänster till höger: Vit lastbil med fyraxligt släp (64ton). Mörkröd dragbil med link och semi-trailer (HCT16b 74 ton). Röd lastbil med femaxligt släp (74 ton). Röd lastbil med dolly link och semi-trailer (98 ton)

Dessa kombinationer kördes runt på skogsvägarna för att prova framkomligheten för dessa fordon. I en kurva markerades vägbredden ut med sträck varje meter för att kunna se när kombinationerna passera vilka av sträcken som kombinationen höll sig inom. Allting filmades med hjälp av drönare.

Figur 6.18 visar svept yta vid kurvtagning för de olika kombinationerna som var med i testerna. Den orangea linjen motsvarar lastbilens yttre framhjul och den gula motsvarar släpets sista innerhjul.



Figur 6.18. Sveptyta vid kurvtagning för de olika kombinationerna. Övre vänster: 64 tons kombinationen. Övre höger: 74 tons lastbil med femaxligt släp. Nedre vänster: HCT16b 74 tons dragbil med link och semi-trailer. Nedre höger: 98 tons ETT-kombination.

6.7 Typfordon

Prov och simulering med lyftbara axlar för stabilitet och manövrerbarhet

Under hösten 2019 gjorde ett prov med en så kallad A-dubbelkombination på Volvos provbana. A-dubbeln består av en dragbil med tillkopplad semitrailer, som i sin tur har en tillkopplad dolly med påhängd semitrailer. De sammankopplade fordonen hämtades från Volvos och Chalmers/REVERE fordonspark. Den vanligt förekommande HCT-kombinationen DUO-trailer är också en A-dubbel, med samma antalet axlar per fordon, men hjulbaser och kopplingsavstånd skiljer något. I Figur 6.19 visas fordonskombinationen som användes vid provena.

Den bakre semitrailern är återanvänd från tidigare forskningsprojekt kring minimering av koldioxidemissioner. Den har ett avancerat luftfrikarpaket, men vissa luftfrikare vid sidan och under trailern monteras bort för att ge plats för den speciella dolly som användes vid proven.

De första trailern en semitrailer för containertransport, som baktill är extrautrustad med bland annat undermonterad släpvagnskoppling.



Figur 6.19. Kombinationen som användes vid provena.

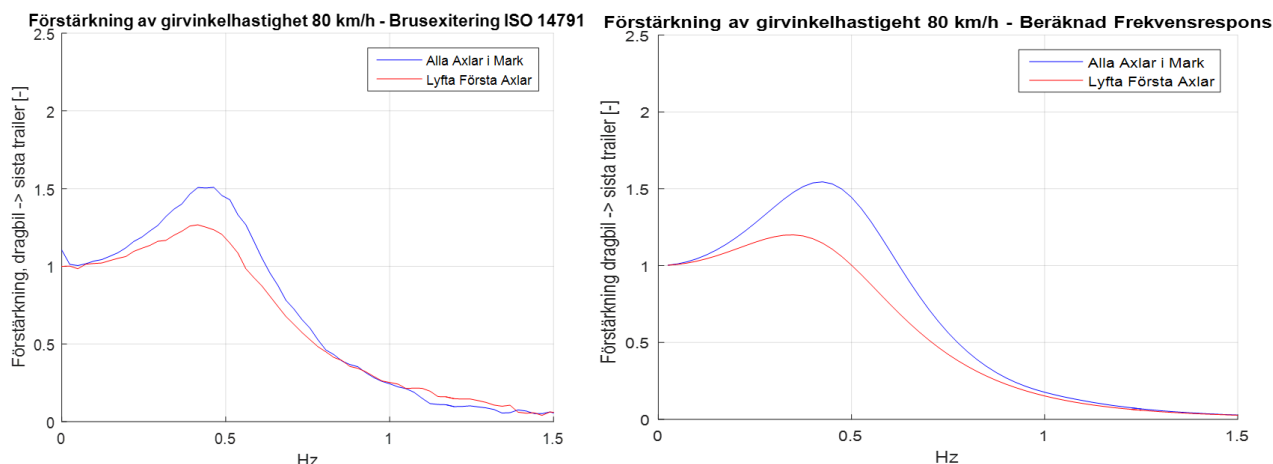
Huvudsyftet med provet var att verifiera fördelar avseende stabilitet och manövrerbarhet med den relativt billiga metoden att lyfta en eller flera axlar. De båda semitrailerna kunde lyfta första eller tredje axeln (eller båda). Dragbilen kunde lyfta och koppla ur andra drivaxeln.

Även dollyn är konstruerad för forskning och utveckling, och även den tillverkad av Parator. Den är utrustad med två styrbara axlar och individuellt reglerade axelfjädringar. De funktionerna utnyttjades ej för de aktuella studierna. Dollyn hade 2,0 meters axelavstånd vilket är längre än praxis för svenska dollier.

För att kunna lyfta axlarna utan att överskrida tillåtna axeltrycksbegränsningar var kombinationen lastad till endast 60 ton, inte 74 ton såsom maximal tågvikt är enligt nuvarande BK4 lagstiftning. För styckegodstransporter med A-dubblar som denna kan 60 ton förmodligen vara ganska typisk bruttovikt. DUO-trailerkombinationens medelbruttovikt har hittills varit ca 60 ton.

Resultaten från högfartsproven stämde väl överens med hypotesen om att lyfta främsta axeln på trailern ger fördelar avseende dynamisk stabilitet i höga farter. Proven gjordes med hjälp av brusexciterad styrning varpå förstärkning mellan dragbilen och sista trailerns girvinkelhastighet analyserades i ett frekvensområde 0 – 1,5 Hz. Som syns i Figur 6.20 till vänster minskade förstärkning från ca 1,5 till 1,25.

Genomförda prov replikerades med simuleringar för att bekräfta att motsvarande förbättringar även kan beräknas. Efter inledande intrimning av däckmodellernas parametrar mot ena körfallet, det med alla axlarna i marken, erhöles nära samma minskning av girvinkelhastighetens bakåtförstärkning som vid provet då främre traileraxeln lyftes. Detta kan ses i Figur 6.20. För simuleringar och beräkningar användes Volvos VTM-modeller, som även använts och används i andra svenska projekt inom HCT, PBS och PBS2.



Figur 6.20. Resultat av högfartsprover och beräkningar. Vänster: Skillnad i girvinkelhastighet när kombinationen har alla axlar i mark och när första axlarna på trailarna är lyft. Höger: Resultat av beräknad girvinkelhastighet när kombinationen har alla axlar i marken och när första axlarna på trailarna är lyft.

För lågfartsproven lyftes istället bastersta axlar på semitrailarna, för att minska effekten av att semitrailarna skär in i snäva svängar. Även bastersta drivaxeln lyftes vid lågfartsproven. Några av resultaten kan läsas tabellen nedan. Här lyfts fram skillnaden i radie hos minsta tangerade cirkel för bastersta inre trailerhjulen när dragbilens ytterhörn följer ytterradien 12,5 m genom en 90° sväng till vänster eller en U-sväng åt vänster. Även lågfartsmanövreringen genomfördes med beräkningsmodellema och liknande förbättring av manövreringsegenskaperna kunde ses som vid provet. Resultaten från båda prov och beräkning kan i Figur 6.21.

PROV - minsta tangerade cirkel			BERÄKNING - minsta tangerade cirkel		
	4,8	1,6		4,8	1,8
	5,5	3,4		5,4	3,2

Figur 6.21. Vänster: Resultat av prov för minsta tangerande cirkel. Höger: Beräkning av samma test som på vänster. Ytterradien är 12,5 m. Röda hjul är styrbara och gråa lyfta.

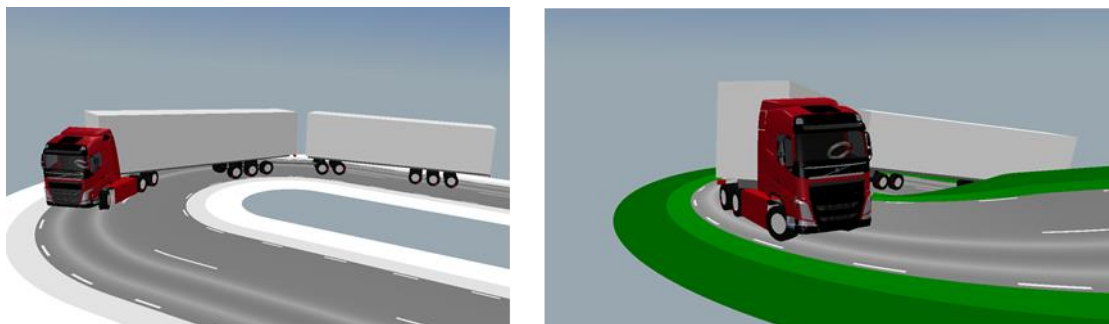
Fordonskombination utnyttjades även under början av 2020 för bränsleprov, för att verifiera tidigare resultat och erfarenheter om goda bränsleförbrukningsfördelar med lyfta axlar.

Slutsatser och diskussioner från prov

Resultaten från prov och uppföljande beräkning visar att det finns potential i att förbättra både stabilitet och manövrerbarhet med lyftbara axlar, med påpekas bör att förbättringspotentialen främst gäller lågt lastade och dellastade fordonskombinationer. I vårt fall var bruttovikter ca 60 ton. För högre bruttovikter, upp till 74 ton, begränsas möjligheterna på grund av axeltrycksbegränsningar. För lågfartsmanövrering bör styrbara traileraxlar kunna ge i stort sett samma förbättring som upplyfta traileraxlar, men även för fullastade kombinationer. För högfartstabilitet skulle möjligen ett tillåtet ojämnt trippelaxeltryck på traileraxlarna kunna förbättra lateralstabiliteten.

Beräkningsstudie i framkomlighet för A-dubbel

En fördjupad beräkningsstudie med hjälp av simuleringar gjordes för A-dubbelkombinationens framkomlighet. Med framkomligheten avses här utrymmesbehovet för fordonskombinationen i snäva svängar, samt även framdrivningsförmågan och styrförmågan avseende väggreppet. Den total framkomligheten kan ju antas vara speciellt viktig för de längre (>25.25 m) och tyngre (>64 ton) HCT-kombinationerna som har tre ledpunkter. De kräver mycket träning för att backa dessa smidigt.



Figur 6.22. A-dubbel simuleringar vänster: 180° graders sväng 12,5m ytterradie på plan mark. Höger: Samma typ av kurva i motlut

Speciellt utmanande för långa kombinationer med många axlar kan ju också vara att motståndet blir högt genom snäva svängar på grund av däcksradering. Rullmotståndet kan troligen också bli högt eftersom de hjul som genar mest kan möta snömodd och snövallar i vägkanten. En tredje faktor är att många hjul med olika spår och kan summera upp till högt rullmotstånd vintertid vid sväng.

Som standardkombination för denna analys användes även här en A-dubbel, men i detta fall med geometrier och tjänstevikter hos DUO-trailerkombinationen. Modellen kunde analyseras med godtycklig storlek och placering på lasten.



Figur 6.23. A-dubbel simuleringar: Från vänster till höger: 90 graders sväng. Backtagning. 90 graders sväng i lutning.

Utrymmesbehovet analyserades genom att minsta tangerade mittcirkel i en standardsväng som har 12,5 m ytterradie för hythörnet att följa. Ett stort värde på denna radie är normalt att föredra. Både 90 graders sväng och 180 graders sväng har undersökts. Metoden används i flera direktiv och standarder. I Sverige finns ett krav för modulkombinationer inom 25,25 m på en minsta tangerade cirkel av 2 meter i U-sväng.

Styrgreppet representeras av hur stor friktion som utnyttjas i samma standardsväng som för utrymmesbehovet. Ett lågt friktionsutnyttjande är att föredra. Ett fordon med ett friktionsutnyttjande i nivå med vägfriktion ligger alltså på gränsen för att tappa styrgreppet och därför gå rakt fram i kurvan. Liknande utvärderingsmetod finns i de australiensiska PBS-direktiven

Framdrivningsförmågan representeras av två maximala backlutningar, en för rak väg och en för standardsvängen. En referensvärde är Transportstyrelsens krav för startförmåga i backe för 74-tonskombinationer, som kräver att fordonet ska klara minst 12% uppförbacke vid friktionskoefficient på 0,8. I simuleringarna ökas backlutningen successivt fram tills dess att fordonet tappar farten, på grund av greppförlust på ett eller flera drivhjul. I fallet backe i sväng, stoppas även simuleringen vid förlorat framhjulsgrepp, men detta händer endast i ett fåtal fall. Att utvärdera framkomlighet på detta

omfattande sätt saknar referenser i implementerade direktiv men ansågs vara nödvändigt för en tillfredsställande bedömning av verklighetens framkomlighetsproblem.

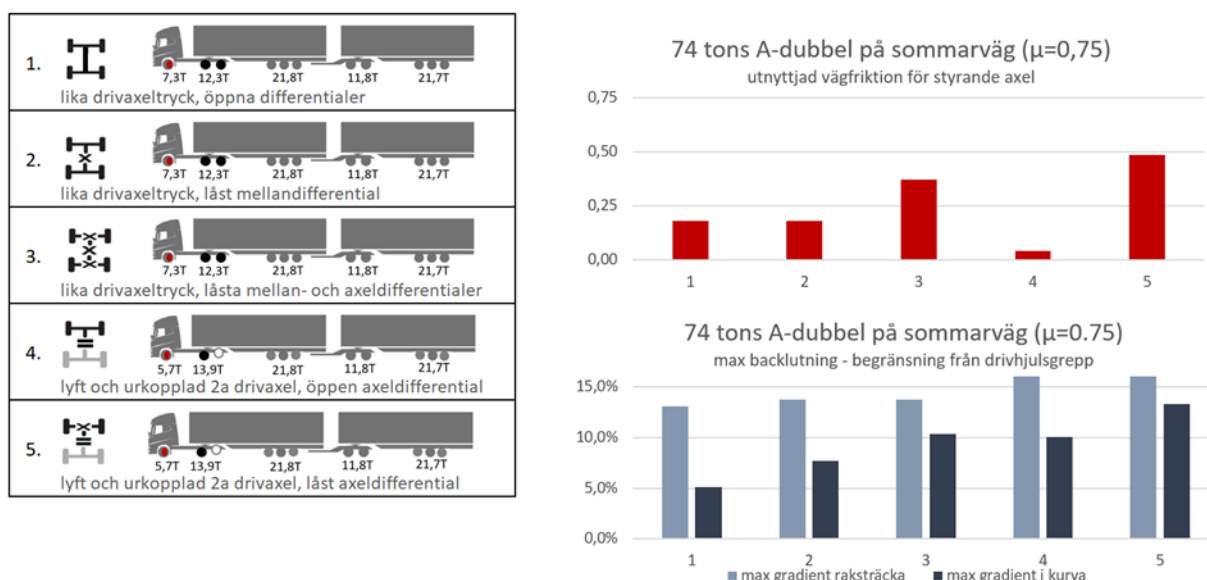
I analysen av framdrivningsförmågan inkluderades modellering av den mekaniska differentialen mellan vänster och höger drivhjul, samt även mellandifferentialen. Differentialerna har avgörande påverkan på kraftspelet mellan samtliga drivhjul och även styrhjulen. Differentialmodellen kan, såsom verklighetens differentialer, växlas mellan att vara öppen eller låst. Den bakre drivaxeln kan även kopplas helt bort från drivningen.

Det ska noteras att, speciellt vid start i backe, utöver väggreppet kan det vid hög vägfriktion och drivaxeltryck vara drivlinans prestanda som sätter gränsen för framkomlighet. Begränsningar finns i drivlinans konstruktion och dimensionering av koppling, växellåda, kardan- och drivaxlar med mera. Numera finns mjukvarufunktioner som skyddar drivlinan från att överbelastas. HCT-kombinationerna är dock inte unika och moderna lösningar finns tillgängliga för extra tunga transporter. Exempelvis kan bakaxlarnas slutväxels utväxling väljas utifrån tyngd och krav på startbarhet i backe. Dessutom finns växellådor med krypväxlar som gör att totalutväxlingsintervallet är så stort att man inte behöver kompromissa mellan startbarhet och bränsleekonomi i höga farter.

Nedan presenteras resultat från de studier som gjorts.

Tandemaxelinställning

Tandemaxlarna, det vill säga dragbilens bakaxelarrangemang, kan ställas om för olika körsituationer. Normalt är att axlarna har lika axeltrycksfördelning och öppna axeldifferentialer och öppen mellandifferential. Det innebär att samtliga hjul erhåller samma drivmoment. Om ett av hjulen förlorar grepp och börjar spinna förlorar samtliga hjul strax drivmoment eftersom motorn förlorar moment när varvtalet rusar. När differentialer låses begränsas hjulens möjlighet att rotera fritt i förhållande till varandra, med vinsten att motorns moment fördelas till hjul som har bäst grepp. Fördelen är bättre total dragkraft när drivhjulen exempelvis har olika marktryck och friktion, men samtidigt leder exempelvis låsta axeldifferentialer (låsnings mellan vänster och höger hjul) till att det blir trögare att svänga.



Figur 6.24. utnyttjande av styrgrepp och backtagningsförmåga påverkas av tandemaxlars inställningar. (Röda hjul är styrda, svarta drivaxel och vita lyfta)

I Figur 6.24 kan man se hur utnyttjande av styrgrepp och backtagningsförmåga påverkas av tandemaxlars inställningar. Beräkningarna tycks återspegla erfarenheterna väl:

- På rak väg tycks greppet vara fullt tillräckligt för minst 13% backlutning för 74-tons A-dubbeln
- I snäv sväng minskar framdrivningsförmågan
- Backtagningsförmågan ökar generellt med lyft och urkopplad andra drivaxel

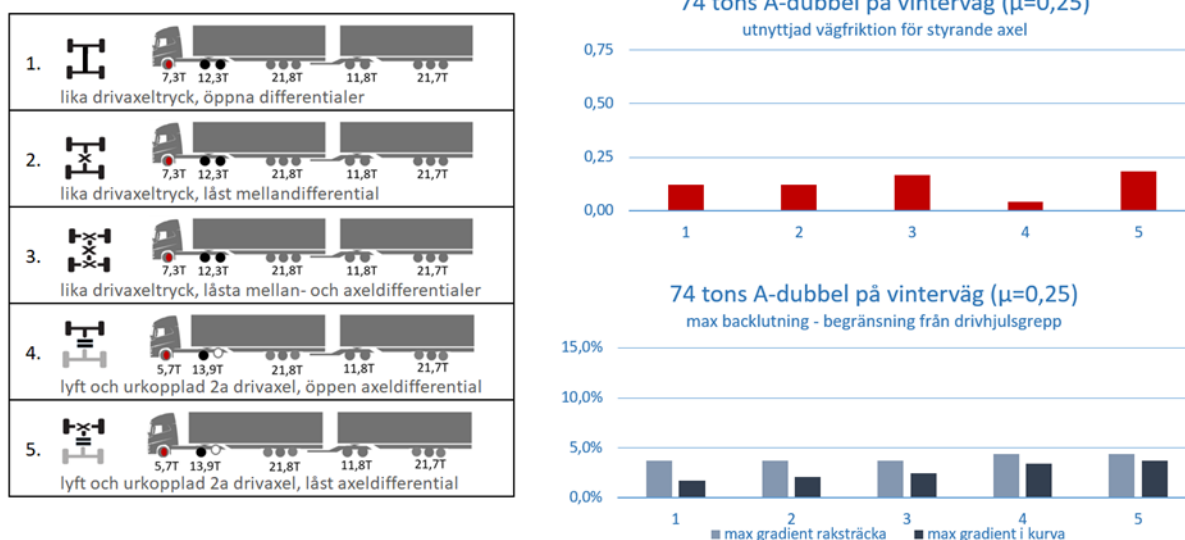
- Låst mellandifferential förbättrar backtagningsförmåga i sväng utan att försämra styrförmågan
- Låsta axeldifferentialer förbättrar drivkraften i sväng men ökar framhjulen friktionsutnyttjande

För moderna lastbilar finns ofta ett system "traction control" som ytterligare kan hjälpa till att behålla greppet för drivhjul. Vid detekterade hjulspinn kan systemet bromsa spinnande hjul och eventuellt dra ned motormomentet för att fördela lagom moment till hjul som har grepp. I våra beräkningar har vi inte tagit hänsyn till denna extra hjälp, utan fokuserat på de mekaniska grunderna som förhindrar ett utlöser att hjulen börjar spinna i första skedet.

Tandemaxelinställningar och vinterväglag

På vinterväg kan det förmodas vara självklart att backtagningsförmågan blir sämre än på sommarväg. Men det är kanske inte lika självklart vad som gäller för styrförmågan. Den utnyttjade friktion var ju upp till 0,5 för att svänga runt på väg med hög friktion. Blir det då omöjligt att styra en bil med låst differential på vinterväg? I Figur 6.25 görs en likadan genomgång som ovan, med enda skillnaden att vägfriktionen är sänkt till 0,25 under samtliga av fordonskombinationens däck. Beräkningarna ger:

- Med minskad vägfriktionen minskar samtidigt krafter för att svänga runt
- Backtagningsförmågan minskar i takt med vägfriktionen
- Max backlutning i sväng blir väldigt låg med öppna differentialer (ca 1,7%) varför det mer än fördubblade krafttillskottet från differentialer kan vara nödvändigt.

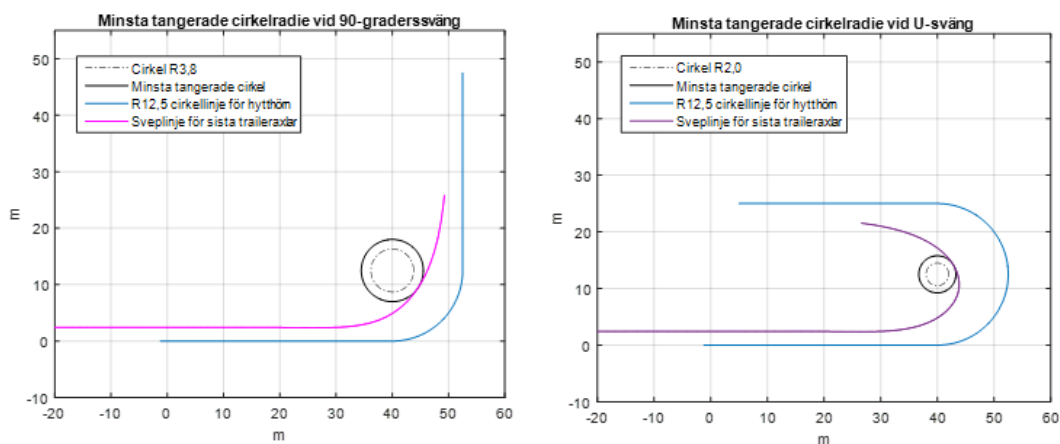


Figur 6.25. utnyttjande av vägfriktion och backtagningsförmåga på vinterväglag. (Röda hjul är styrda, svarta drivarna och vita lyfta)

Men det bör tilläggas att låsta axeldifferentialer, om än kanske nödvändiga för drivförmågan, ändå kan bli utmanande för styrförmågan, eftersom friktionen på vinterväg förmodligen varierar mer hjul till hjul på grund av exempelvis lokala isfläckar och strängar av snömodd.

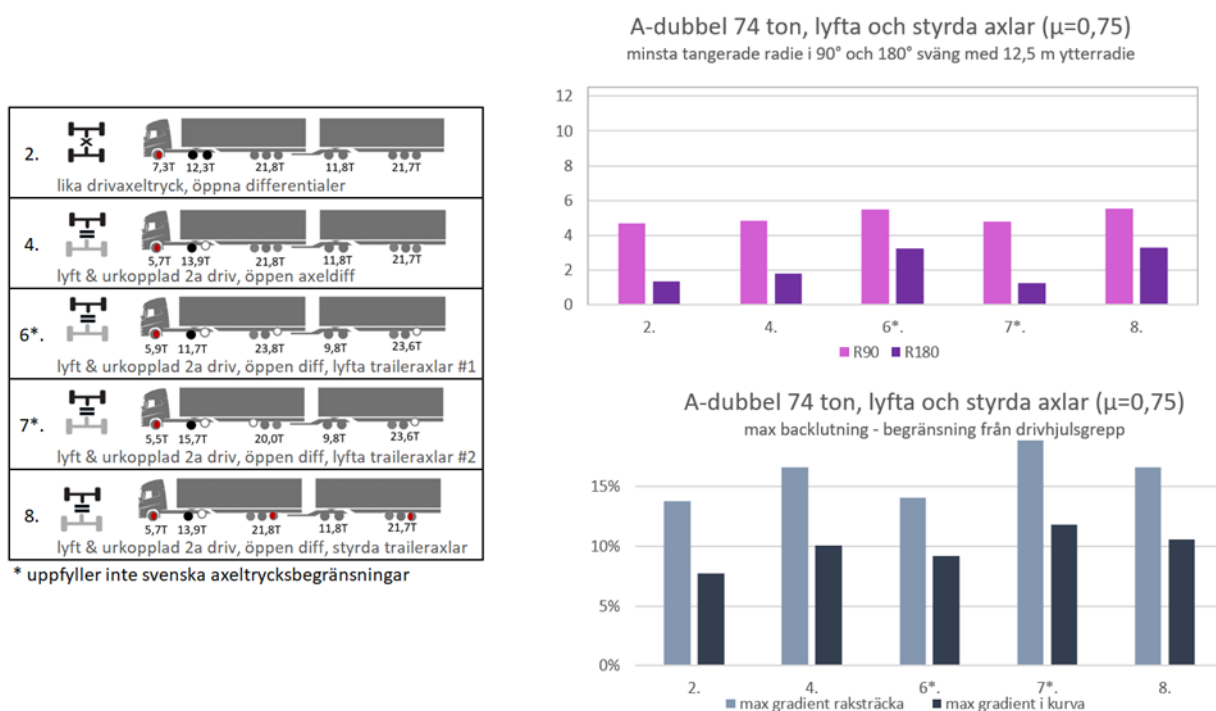
Effekter av lyftbara och styrbara axlar

Med lyftbara traileraxlar ändras framdrivningsförmågan genom att kopplingstrycket och därmed drivaxeltrycket förändras. Det kommer sig av semitrailers axelgrupps marktryckcentrum förflyttas med axellyft. Om första axeln lyfts förflyttas marktryckcentrum bakåt varpå kopplingstryck och drivaxeltryck ökar. Dock kommer semitrailern skära in mer i snäva svängar. Omvänt kommer en lyft sista axel minska drivaxeltrycket och semitrailern skär in mindre i svängen. Axellyft på A-dubbelns andra semitrailer påverkar förstås inte drivaxeltrycket nämnvärt, däremot påverkas dollyns och sista trailers egna axeltryck om det är sista axeln som lyfts kommer sista trailern och därmed hela fordonskombinationen skära in mindre i svängen.



Figur 6.26. Vänster: minsta tangerade cirkelradie vid 90-graderssväng. Höger: Minsta tangerade cirkelradie vid U-sväng.

Styrda traileraxlar kan åstadkomma i stort sett samma effekt vad gäller utrymme som de lyfta traileraxlarna, dock utan att kopplingstrycket påverkas. Första semitrailern kan fås att skära in mindre utan att drivaxeltrycket minskas och traileraxeltrycket ökas.



Figur 6.27. simulering av lyftbara och styrbara axlar på A-dubbel med avseende på minsta tangerande radie i 90° och 180° sväng samt backtagningsförmåga. (Röda hjul är styrda, svarta drivane och vita lyfta).

I Figur 6.27 illustreras effekten av lyfta och styrbara axlar på A-dubbeln. Notera att två kombinationer, nummer 6 och 7 inte uppfyller svenska krav på maximala axeltryck, men får ändå vara med här för att illustrera trender som även gäller för lättare last och axeltrycksförändringar inom gränserna för maximalt axeltryck. Som referenser för minsta tangerade cirkel finns det svenska 2-meterskravet för vändning (U-sväng) av modulkombinationer, och ett australiensiskt 3,8-meterskrav för 90-graders sväng.

- Skillnaden i minsta tangerade cirkel blir små i 90-graders sväng, men större vid 180-grader sväng
- Med lyft 2a drivaxel är A-dubbeln i nivå med det svenska 2-meterskravet för modulkombinationer

- Styrbara traileraxlar på båda trailrama möjliggör 1 meter mindre utrymmeskrav för den fullastade fordonet, med bibehållna lagliga axeltryck

Utnyttjande av resultat

Resultaten och erfarenheterna används framförallt hittills som erfarenhetsbas för kommande prestandakrav för förväntat införande av fordonskombinationer > 25,25 meter, där man kan anta att just A-dubbelkombinationen kommer bli populär.

6.8 HCT-norden förstudie

En kartläggning av befintliga regelverk har påbörjats

Ett antal möten och konferenser har besöks av projektdeltagare.

Finland har under projektets tid beslutat om att höja max fordons kombinations längd till 34,5m, Tester på upp till 36m pågår på Åland

Vad det gäller Norge och Danmark så har vi från projektets sida haft möten med berörda myndighet och branschorganisationer i frågan vid ett flertal tillfällen.

Som ett resultat av detta har vi sökt tillstånd för teknisk provning av HCT-fordon i Gränsöverskridande trafik från Sverige till Danmark och Norge.

Dock finns ännu ingen fastslagen process för detta i länderna, våra ansökningar är en del av att skapa denna process.

Vi siktar i första hand på längre kombinationer för att säkerställa framkomligheten över gränserna.

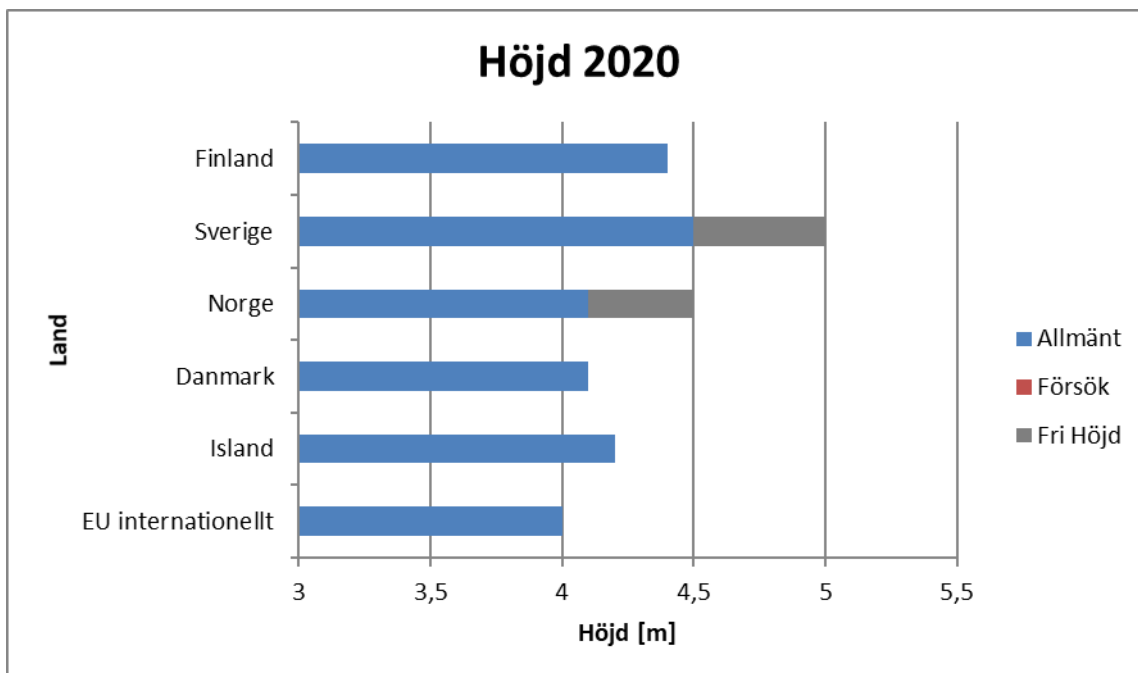
I Sverige arbetar Transportstyrelsen och Trafikverket med regelverket för HCT kombinationerna, HCT projektet har bidragit med underlag direkt till myndigheterna samt till regeringen genom remissvar och presentationer.

Vad det gäller vikt så har vi hittills tittat på broformler för Sverige och Finland, samt något för Norge

Finland har sen 2013 en rak ekvation för kombinationer och alla bilar förutom 5 axliga – Där något högre bruttovikt tillåts på bilen för samma längd.

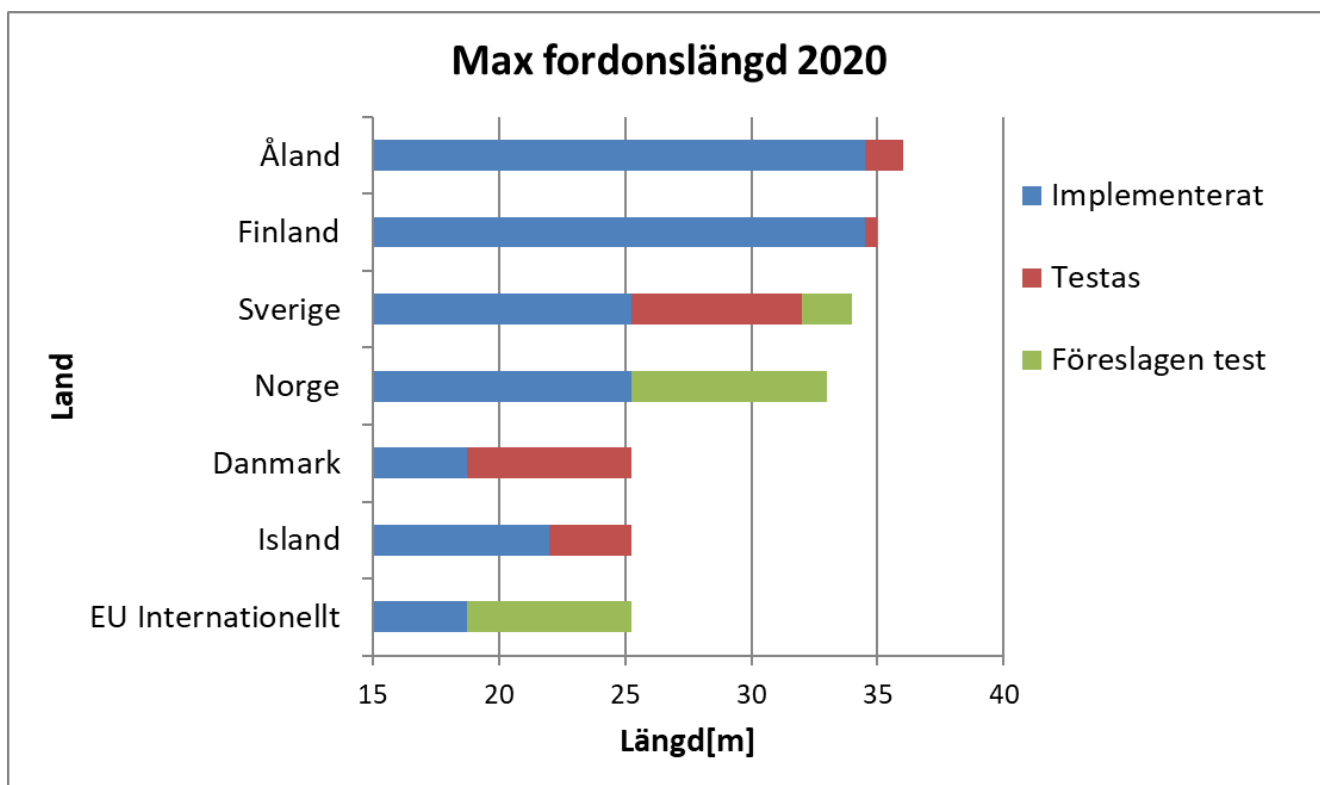
Sverige och Norge har ett antal olika bruttovikts tabeller -

Detta gör det komplicerat att uppfylla krav i flera nordiska länder med samma kombination, vi jobbar med att ta fram underlag så att gränsöverskridande HCT trafik skall kunna ske problemfritt i framtiden.



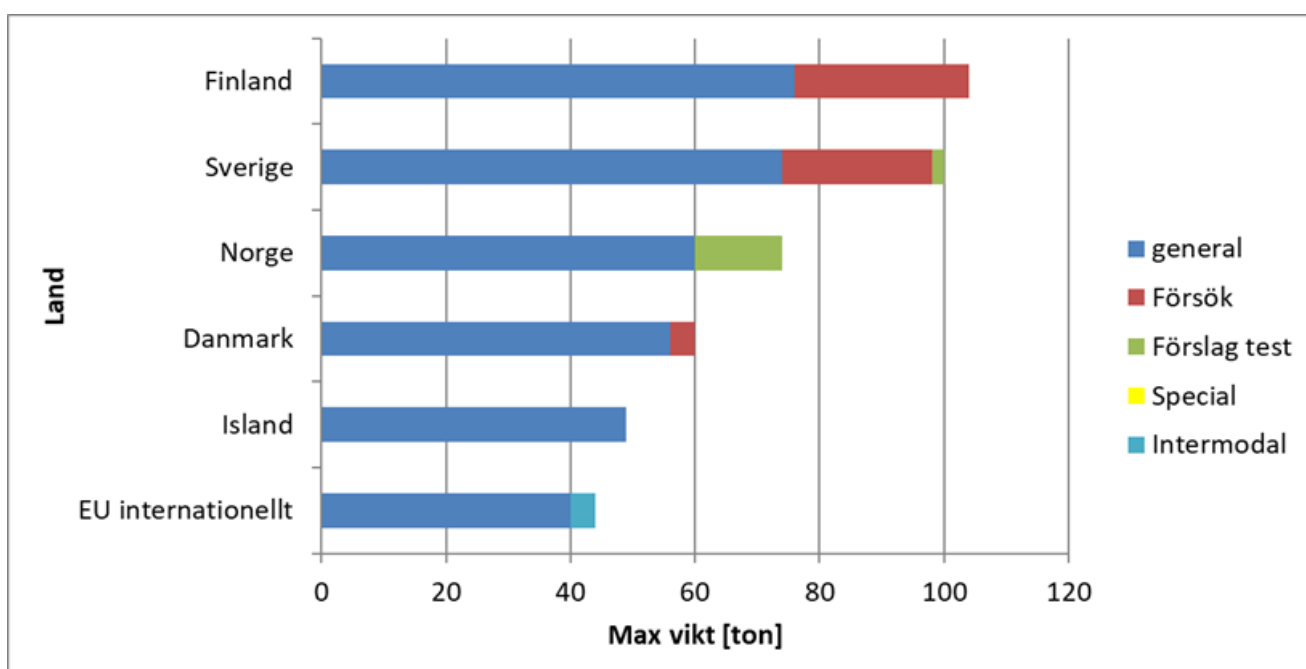
Figur 6.28. Tillåten höjd i de nordiska länderna.

Max höjd skiljer inom de nordiska länderna, dock tillåter alla länderna fordon med en höjd över 4 meter. För EU är lägsta max höjden 4 meter för internationell trafik.



Figur 6.29. Max fordonslängd i de nordiska länderna.

När det kommer till längd så är det också stor variation, vilket kan ses i Figur 6.29. Finland och Åland har tillåtit längsta kombinationer upp till 34,5 meter. Sverige och Norge tillåter längder upp till 25,25 m, dock Sverige mer utbrett med hela vägnätet med Norge har ett speciellt vägnät för fordon kallade modulvagn tog. Danmark har försök med 25,25 meters kombinationer men har inte implementerat detta än.



Figur 6.30. Max tillåten bruttovikt i de nordiska länderna.

Även på vikt ligger Finland i framkant med 76 ton på hela vägnätet. Sverige tillåter upp till 74 ton men på ett begränsat vägnät. Norge tillåter 60 ton på vägnätet för modulvagnstog 25,25 meter och timmervägar upp till 24 meter men har förslagit att testa upp till 74 ton. I Figur 6.30 visas max bruttovikt i de nordiska länderna

Så långt har framkommit att alla länder förutom att tillåta fordon som följer 96/53/EU och i huvudsak används för internationell trafik så har alla länder egna krav.

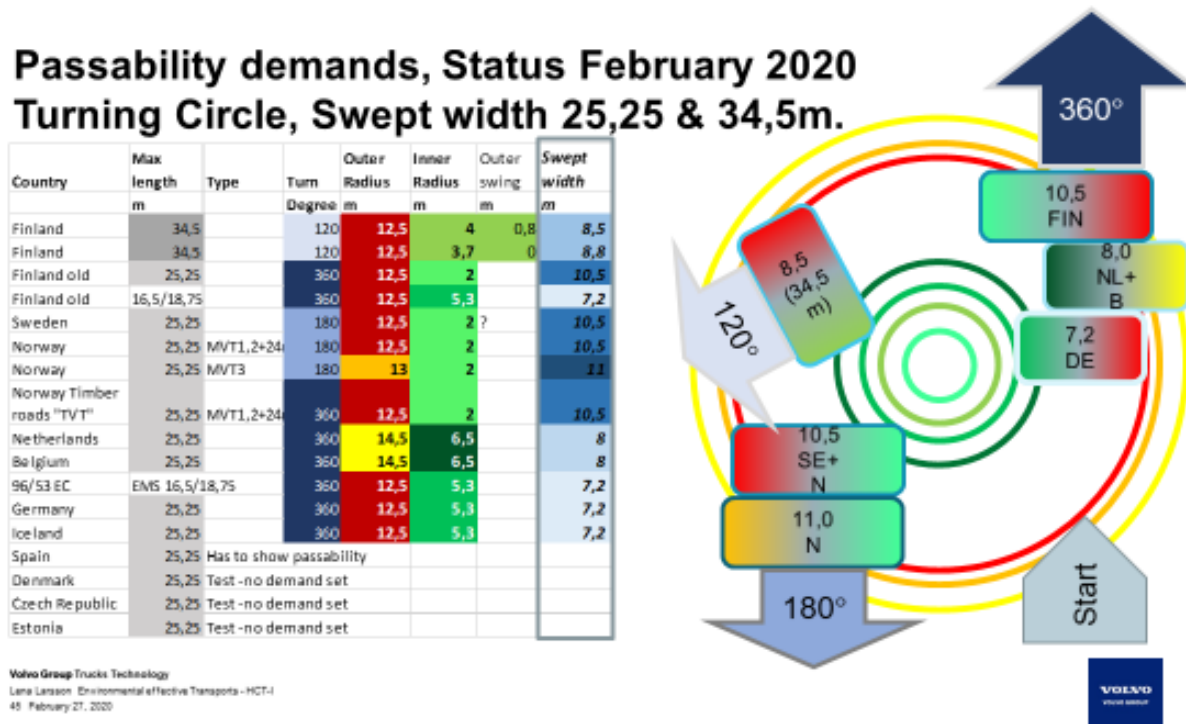
Tex vad det gäller framkomlighet har nästan alla länder olika krav.

Framkomlighetskraven är skiljer stort mellan länderna, detta är en detalj som måste utredas mer då det kommer att skapa svårigheter till gränsöverskridande transporter.

Finlands framkomlighetskrav är 120° sväng med 12,5 meters yttre radi, 4 meters innerradi vid 0,8 meter yttre svep. Vid 0 meter yttre svep är får innerradi vara 3,7 meter, svep yta för de olika fallen är 8,5 respektive 8,8 meter. De tidigare kravet för 25,25 meters kombinationer i Finland var 360°, 12,5 meter yttre radi och 2 meter innerradi med 10,5 meter svept yta.

Sverige och Norge har samma krav för 25,25 meters fordonskombinationer, 180° 12,5 yttre radi 2 meter innerradi och 10,5 meter svep, men Norges krav skiljer beroende på kombination. MVT1 (lastbil, dolly, semi-trailer) och 2 (dragbil, semi-trailer, kärre) har samma krav som Sverige men har speciella krav för MVT3 (dragbil, link, semi-trailer). MVT3 behöver klara 13 meter i yttre radi, 2 meter innerradi och 11 meter svep. MVT (EMS) kombinationer har även ett eget vägnät. Norge har även ett krav för "timmer vägar" som är 360° 12,5 meter yttre-, 2 meter innerradi med 10,5 meter svep.

Danmark kör 25,25 meters kombinationer på prov och har inte bestämt framkomlighets krav. Övriga delar av Europa så ha Nederländerna och Belgien 360°, 14,5 meter yttre och 6,5 meter inre. Tyskland och Island följer 96/53 EC vändkrav på 360°, 12,5 meter yttre och 5,3 meter innerradi, detta är i praktiken inte möjligt att uppfylla.



Figur 6.31. Framkomlighetskrav på fordonskombinationer i de nordiska länderna samt några andra europeiska länder.

För Danmark har vi lagt in Punkter för 6 och 7 axliga fordon samt för Norge kurvan för MVT/timmer ekipage.

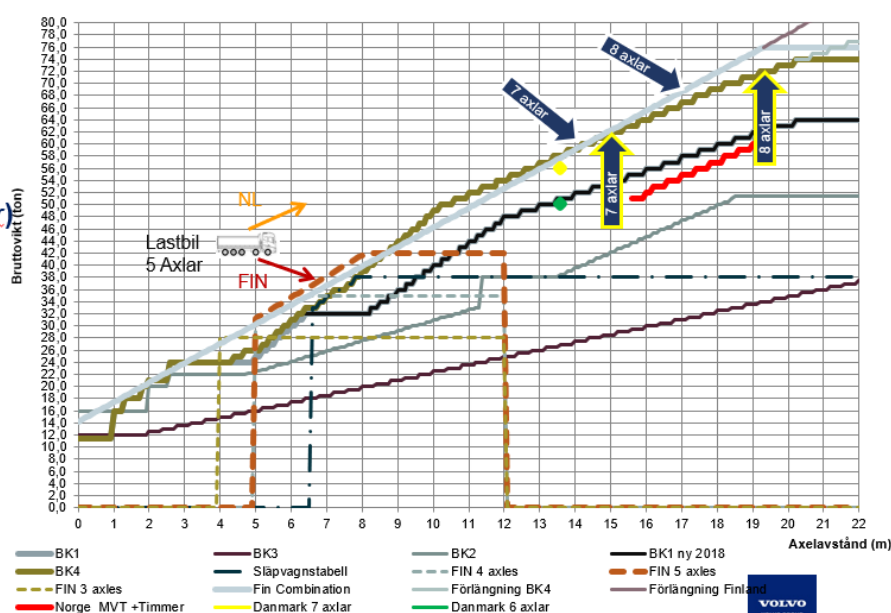
Bruttoviktstabeller/ min längder

- Sverige
- Finland
- Norge (MVT+timmer)
- Danmark (6 & 7 axlar)
- Nederländerna (5 axlar)

Nederländerna

- 5-axlig lastbil 50ton 7m

Volvo Group Trucks Technology
Lena Larsson HCT Bruttovikt och Axlar
10 21 Mars, 2020



Figur 6.32. Bruttoviktstabellen för de Svenska bärighetsklasserna BK1, BK2, BK3, BK4, släpvnstabbellen, Finland, Norge, Danmark och Nederländerna för femaxliga fordon.

De Danska punkterna med 50 och 56 ton matchar positioner på BK1 och BK4/FIN-Kombinationer väl. Det går idag inte för danska 56 tons kombinationen att köra fullastade på svenska BK1 vägar, däremot skulle det fungera bra på BK4 vägar.

Den Norska bruttoviktstabellen för MVT upp till 60 ton ligger något under BK1 vilket förklarar att man ofta ser Norska trailers/vagnar med 2+1 axlar i den bakre gruppen.

ETT Europeiskt perspektiv behöver också beaktas då det körs försök med 32 meters DUO-trailer i Spanien och planeras för DUO-trailer i Nederländerna.

Utomeuropeiska länder visar också stort intresse i vår forskning. Nu senast (2020-02-18) Presenterades HCT-projektet för Indiens transportminister med följe, på Volvo Group i Göteborg.

Längd Europa 2020-02-27

Test > 25,25m

Pågår:

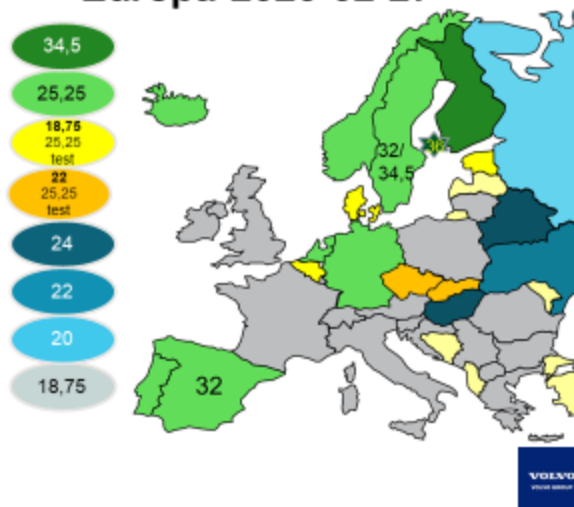
- Sverige 32m
- Spanien 32m
- Åland (FIN) 36m

Planer

- Norge 32m
- Nederländerna 32m
- Sverige max 34,5m

Volvo Group Trucks Technology
Lena Larsson Environmental/Efficient Transports - HCT4
29 February 27, 2020

Europa 2020-02-27



Figur 6.33. Max längder för de europeiska länderna.

I Finland öppnade man i stort sett hela vägnätet för 76ton inom 25,25m 2013 och sedan 34,5m 2019.

HCT: Finland 2019-01-21

Bra regelverk – lätt att förstå

- Axelgruppträck (infördes 2013) 21 ton på driven boggi och 27 ton på driven trippel (2axlar med dubbelmontage), 4 axlar max 30 ton, 5 axlar max 36 ton
- Axlar får lyftas för att andra krav skall kunna uppfyllas:
 - Framkomlighet -manövrerbarhet (max 12 ton per axel vid max 30km/h)
 - Traktion – start och körbarhet vid halt väglag
- Min % av bruttovikten på drivna axlar: 25% vinterförhållanden (15% under & 20% över 68 ton sommarförhållanden)
 - Fordon längre än 28m: 25% vid vinterförhållanden får nås med, tillsattdrift, snökedjor och sandningsutrustning
- Min 20% av bilens bruttovikt skall vara på bilens styrda axlar (min 9% av kombinationens bruttovikt vid bruttovikter >68 ton)
 - 76 ton 9% → min 6,87 ton och Last-/Dragbil med 3 axlar 28 ton 20% → min 5,6 ton samt med 4 axlar 35 ton 20% → min 7 ton
- Svängkrav 120 grader /12,5m yttre och 4m inner radie samt ett yttre svep på 0,8m, (om mindre yttre svep får innerradie reduceras till 3,7m)
 - Löpaxlar får vara styrbara upp till max 40km/h
- Kombinationer längre än 28m: Båda sidorna skall vara synbara för föraren genom hela svängen, höger & vänster. (Kamera är OK)
- Det finns stabilitet krav för filbyte och kontinuerlig sväng. (De godkända typfordonen har en tabell med axel och kopplings mått man skall hålla sig inom)
- EBS, AEBS & ESP skall finnas.
- Föraren skall kunna se axelvikten på alla axlar. (Mekanisk fjädrad framaxel undantagen)

Volvo Group Trucks Technology
Lena Larsson Environmental effective Transport
20 February 27, 2020



Figur 6.34. En översikt över Finlands krav för 34,5 meters kombinationer.

Det Finska regelverket som började gälla 21 januari 2019 är ett bra regelverk som är lätt att förstå.

Det fokuserat på framkomlighet och trafiksäkerhet. Som en konsekvens av detta har man infört att antal ändrade och nya regler, såsom:

- Axelgruppträck (infördes 2013) 21 ton på driven boggi och 27 ton på driven trippel (2axlar med dubbelmontage), 4 axlar max 30 ton, 5 axlar max 36 ton
- Axlar får lyftas för att andra krav skall kunna uppfyllas:
- Framkomlighet -manövrerbarhet (max 12 ton per axel vid max 30km/h)
- Start och körbarhet vid halt väglag (Traction)
 - Min % av bruttovikten på drivna axlar: 25% vinterförhållanden (15% under & 20% över 68 ton sommarförhållanden)
 - Fordon längre än 28m: 25% vid vinterförhållanden får nås med, tillsattdrift, snökedjor och sandningsutrustning.
 - Min 20% av bilens bruttovikt skall vara på bilens styrda axlar (min 9% av kombinationens bruttovikt vid bruttovikter >68 ton)
 - 76 ton 9% → min 6,87 ton och Last-/Dragbil med 3 axlar 28 ton 20% → min 5,6 ton samt med 4 axlar 35 ton 20% → min 7 ton
- Svängkrav 120 grader /12,5m yttre och 4m inner radie samt ett yttre svep på 0,8m, (om mindre yttre svep får innerradie reduceras till 3,7m)
 - Löpaxlar får vara styrbara upp till max 40km/h
- Kombinationer längre än 28m: Båda sidorna skall vara synbara för föraren genom hela svängen, höger & vänster. (Kamera är OK)
- Det finns stabilitet krav för filbyte och kontinuerlig sväng. (De godkända typfordonen har en tabell med axel och kopplings mått man skall hålla sig inom)
 - EBS, AEBS & ESP skall finnas.
- Föraren skall kunna se axelvikten på alla axlar. (Mekanisk fjädrad framaxel undantagen)

Tidigare fick man inte ändra hjulbasen på släp dvs lyftbara axlar kunde inte användas, Att både kunna lyfta och styra axlar vid låg fart ger god framkomlighet och minskat däck/väglitage.

De tillåtna drivaxeltrycken och kraven på dessa samt kraven på vikt på bilens styrda axlar ger god kontroll både på styrning och drivning.

Svängkravet är satt så att man skall kunna ta sig fram där det är plogat, det kan vara något tuffare än vad vi skulle behöva ha i Sverige då vi inte planerar att öppna hela vägnätet.

De finska kombinationerna är ihopsatta av fordonsmodulema i Figur 6.35.

Fordonsmoduler inom HCT



Figur 6.35 Fordonsmoduler för HCT-kombinationer.

Av dessa moduler kan man i Finland sätta ihop 11 olika kombinationer, se Figur 6.36. De fordonskombinationer med svenska flaggan på visar den fordonskombinationer som är godkända i Sverige samt de längre fordonen som testas i Sverige. I Finland valde dem att godkänna de kombinationer som hade provats i fält. Det finns därför ett behov i kommande projekt av att testa dessa kombinationer i Sverige.

Längre kombinationer godkända i

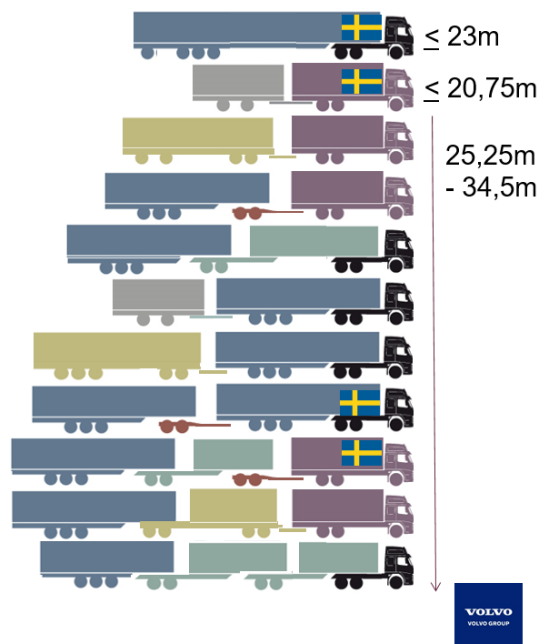
Finland 2019 (Godkännande efter tester)/

testade kombinationer i Sverige 🇸🇪

Lastbil/ dragbil och:

1. Semitrailer (påhängsvagn)
 2. Kärre
 3. Släpvagn
 4. Dolly + semitrailer
 5. Link + semitrailer
 6. Semitrailer + Kärre
 7. Semitrailer + släpvagn
 8. Semitrailer + dolly + semitrailer (DUO-trailer)
 9. Dolly + link + semitrailer (ETT/ maxvolym)
 10. släpvagn + semitrailer
 11. link + link + link/semitrailer.
- DUO-kärre (Endast test Sverige)

Volvo Group Trucks Technology
Lena Larsson HCT Bruttovikt och Axlar
4 21 Mars, 2020



Figur 6.36. Fordonskombinationer som är införda i Finland samt de som är förslagna i Sverige. Flagorna motsvarar de redan godkända (23 m, dragbil semitrailer, 20,75 m lastbil kärre), samt testade kombinationer.

6.9 DB Schenker

DB Schenker har i projektet Testat fordonskombinationen dragbil-semitrailer-dolly-semitrailer samt driva fältprov på sträckan Göteborg-Malmö

HCT-fordon har körts i DB Schenker-trafik sedan 2012 och körs idag med Schenker Åkeri i Göteborg. Testerna körs i ordinarie fjärtrafik mellan terminaler under kvällar och nätter. Godset som lastas på HCT-ekipagen hämtas dagtid direkt från kund med singeltrailers, körs till närmsta terminal där ekipagen kopplas ihop för att sedan kvälls- och nattetid köra till Göteborg/Helsingborg/Malmö. Vid ankomst särkopplas ekipagen och godset distribueras till kund under förmiddagen. DUO-Trailer går två enkelresor varje natt mellan Göteborg & Malmö.

HCT ekipagen har fungerat mycket bra i den ordinarie produktionen och ersätter fordonen 24-/25,25m- ekipage, dvs. standard för fjärtrafiken.

- Flexibilitet är nyckeln för att HCT ska fungera i verksamheten: Flexibiliteten med modulsystemet gör att samma utrustning kan användas dygnet runt i olika kombinationer beroende på lämplighet och vad som är tillåtet.
- Framkomlighet måste garanteras för att kunna införa HCT i stor skala. Detta innefattar t.ex. alternativvägar så att ekipaget kan köras vidare vid t.ex. trafikolyckor eller vägarbeten på ordinarie väg.
- Vid användande av ekipaget för längre sträckor är effekt på tidtabell låg. Svepytor på terminalområden har varit tillräckliga och därmed har det inneburit låg påverkan på terminalprocesser. Dock är rangeringstiden längre än för konventionella fordon vilket ger stor effekt på tidtabellen för kortare sträckor, men försumbar effekt på längre sträckor.
- God upplevd framkomlighet och manövrerbarhet enligt chaufförer. Ekipagen upplevs inte svårare att köra än standardekipage och ekipagens svängradier klarar rondeller, korsningar, på- och avfarter.
- Minskad bränsleförbrukning – I det beskrivna upplägget uppvisar DUO-Trailer 27% lägre koldioxidutsläpp jämfört med singeltrailers. Jämfört med de standardekipage som vanligtvis körs i fjärtrafiken ligger effekten troligen upp till 13-14%.
- Reducerat antal lastbilar genom ökad lastkapacitet. Detta leder till lägre investerings- och rörliga kostnader för åkeriet.

Underlätta för införande av längre och tyngre fordon på utpekade vägar, tekniken finns på plats och det finns utpekade vägar att köra på. Ansökningsprocesser behöver förenklas och politiska beslut kring godkännande fattas. I de områden där DB Schenker har terminaler behöver även "first- och lastmile" sträckor till terminaler undersökas så att framkomlighet för hela de aktuella sträckorna säkerställs.

6.10 Kinnarps

Hösten 2017 var en intensiv period i arbetet med att söka tillstånd för provning av DUO-kärra, det var många möten mellan berörda parter (Transportstyrelsen, Volvo och Kinnarps, med flera). Detta var tredje försöket att få igång ett DUO ekipage och denna gången var upplägget ett annat än tidigare.

Vi hade en bra dialog med Transportstyrelsen som skötte tillstånden på alla statliga vägsträckor i försöket. Vårat (Kinnarps) ansvar var att ta kontakt med de berörda kommunerna på de vägsträckor som ingår i försöket dels för att informera om DUO-projektet men även få tillstånd att använda kommunala vägar till utvalda serviceverkstäder, rastplatser och terminaler. Det är 19 kommuner som är berörda och arbetet med att ta kontakt med ansvariga tjänstemän började före jul 2017.

Det var nu vi upptäckte att i stort sett alla berörda kommuner hade olika rutiner för den här typen av ärenden. Det var ett antal olika kommunala förvaltningar som blev inblandade till exempel tekniska kontoret, trafiksäkerhetssamordnare, trafiktekniker, med flera. Många kommuner var oroliga att behöva ändra infrastrukturen för framkomligheten men när de fick klart för sig att det vara samma förutsättningar som 25,25 modulfordon så ändrade de åsikt. Men efter många mail och telefonsamtal så var vi i hamn med detta. Numera är det transportstyrelsen som har detta ansvar och det är klart bättre.

Det var meningen att vi skulle köra DUO-ekipaget mellan Kinnarp och Göteborg från början men då vi inte kunde få fram lämplig personal härifrån så fick vi byta rutt till att köra mellan våra tillverkningsenheter i Kinnarp, Jönköping och Skillingaryd.

Våran interna trafik mellan enheterna bestod av en lastbil med kärra som körde sträckan mellan enheterna 4 gånger /dag. Denna bilen utgår från Skillingaryd och bemannas av 4 stycken förare som går i skift på köringen.

Arbetsledaren för dessa förare gjorde ett mycket bra arbete då han lade om skiften för förare och utlastning i Skillingaryd för att passa Duo köringen då vi gick från 4 resor/dag till 3 resor/dag eftersom vi ökade lastvolymen med 50%. Efter utbildning av förare och en del provkörningar så kördes försöket igång i början av November 2018 och de erfarenheter vi har fått fram till idag är att det är väldigt viktigt att ha engagerade förare och övrig personal vilket vi har haft då det är viktigt att rapporterade mätvärden kommer in i tid.

Rent tekniskt så var det en del justeringar på ingående fordon i början men efter detta har det fungerat mycket bra. Även körmissigt har ekipaget upplevts som följsamt och lättkört, när försöket inleddes så byggdes vägen mellan Jönköping och Mulsjö om och det var många trånga passager att passera men det inträffade inte något under ombyggnadstiden.

6.11 VBG Truck Equipment

VBG Truck Equipment har deltagit i projekten DUO2 och VETT som haft finansieringsstöd från Vinnova. VBGs bidrag under perioden huvudsakligen handlat om uppföljning av funktion och slitage av VBG produkter på tesfordonen, då produkterna som använts tills största delen är de produkter som tidigare provats ut under perioden innan 2017. Ett antal anpassningar i form av nyutveckling har dock gjorts efter förändringar eller byte av testfordon.

Uppföljning

- Kopplingsprodukter såsom dragbalk, kopplingsanordning, dragöglor
- Fasta och fällbara underkömingskydd

Resultatet av uppföljningar är att produkterna inte påvisar något anmärkningsvärt, ökat eller annorlunda slitage för DUO2 och ETT fordon jämfört med normal fordonskombinationer.

Kraftmätningar

- Mätning av kopplingskrafter som funktion av styvhet i infästning.

Resultatet av kraftmätningarna är har gett nya krav som nu ingår som förutsättningar för pågående utvecklingsprojekt.

Produktförändringar

- Uppdatering av dragbalk för långt undermonterad installation för kärror. Uppdatering utifrån krav på ökad totalvikt till 74 ton.
- Anpassning av lösning för automatiska snökedjor av utrymmesskäl för på nytt fordon för VETT

6.12 Goodyear

Projektet har gett Goodyear möjlighet att optimera däcksbestyckningen med fokus på det övergripande målet att vidare effektivisera hela ekipaget.

ETT2:

Singeldäcken 495/45R22.5 på båda drivaxlar har prövats. Ca. 6000 mil blev det under 1 sommar. Inga försämringar på något prestandaområdet kunde konstateras. Lastförmågan ökade med ca 200 kg. Tyvärr lades transportsträckan ner innan man kunde dra kompletta slutsatser över ett helt däcksliv eller i andra klimatiska förhållande. Tekniska problem i drivlinan gjorde det omöjligt att utvärdera bränsleeffekten.

Om ett lämpligt fordon finns i framtida projektet kommer ett återförsök övervägas för att få funderade resultat på däcksvalet.

Emellertid har lagstiftningen introducerat krav på dubbelmontering på framförallt HCT kombinationer. Vidare effektivisering av fordonskombinationer genom däcksväl begränsas väsentligt av kravet. I Finland har man redan vänd åt motsatt håll i samma frågan. Harmonisering över gränserna i denna frågan behövs för ett effektivt system för framtiden.

ST-Drag:

Däcken på fordonet har visat förväntad prestanda. Erfarenheterna bekräftar att däcksskötsel är en punkt som kan förbättras. Elektroniska supportsystem som TPMS (tire pressure monitoring system) kan ge väsentliga förbättringar. TPMS för HCT är något som kommer att behövas i framtiden. Dagens systeminterface med fordonsägare och föraren ska vidareutvecklas. Möjligheter att skynda på detta i framtida projekt kommer att undersökas.

DUO:

Goodyear har supportat projektet med avancerade däckdata som används i simulering av fordonsdynamiken. DUO2 bestyckades med Goodyears rullmotståndsoptimerade däck för att studera mer ingående påverkan på bränsleförbrukningen och hur denna däckstyp påverkar total ekonomi (TCO) på ett HCT-fordon.

Generellt:

Däcksvalet har varit väldigt lyckad och har fungerat bra. Att ha möjlighet att kunna validera nya idéer i detta projekt har varit en värdefull möjlighet.

6.13 Mätbara mål

I detta avsnitt kommer mätbara mål att presenteras. De mätbara målen var:

1. Minskad energiförbrukning är 15-30% beroende på transportslag och referens.
2. Resultatrapporter (månadsrapporter för HCT-Demofordon).
3. Förslag till första utgåva av samlade nordiska regelverksfrågor för HCT.
4. Uppdaterad beskrivning av 30-50 typfordon
5. En sammanställning av regler som projektet anser behöver tillkomma, eller justeras.
6. Antal inskickade ansökningar för "undantag för teknisk provning" till Transportstyrelsen.

Minskad energiförbrukning är 15-30% beroende på transport och referens

Figur 6.37 visar 3 olika fordonskombinationer. En vanlig EU-dragare (16.5 meter), ett 25,25 meters ekipage bestående av link och semi-trailer. En HCT-kombination i form av DUO-trailer. Jämförelsen i denna figur är antal kombinationer som behövs för att flytta 600 m³ och vilken inverkan de har på bränsleförbrukning i ml/m³ x km och utsläpp av CO₂. EU dragaren används som referens i denna jämförelse (100%). Att istället för EU-dragare använda ett 25,25 meters kombination ger en minskning av CO₂ på ca 15% medan att ta steget till DUO-trailer skulle ge 27% minskning.

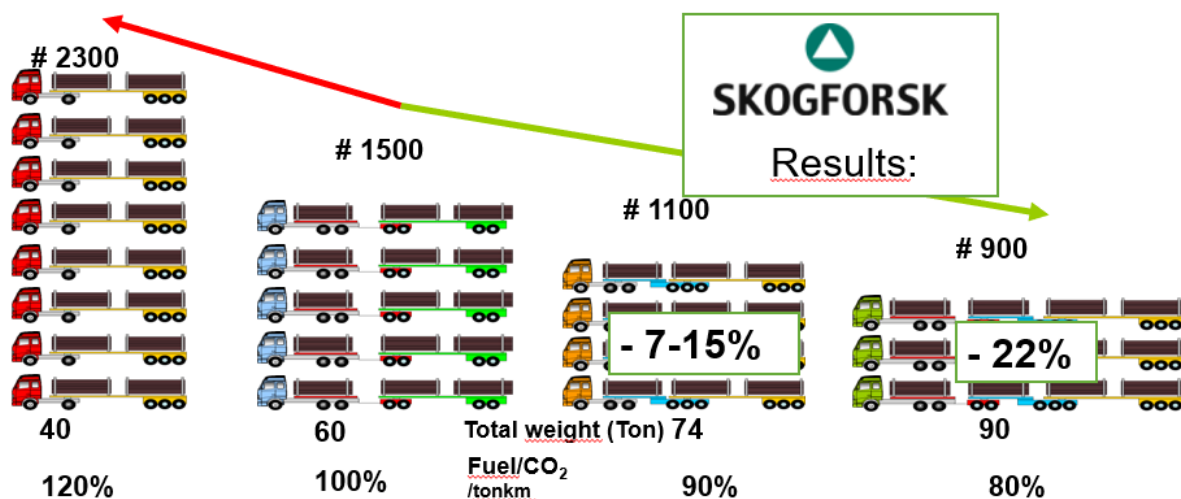


Kombinationer (och förare)	6	4	3
kombinationslängd	16.5 m	25.25 m	32 m
bränsleförbrukning (ml/km)	35 l/100km	45 l/100km	50 l/100km
Last per fordon	100 m ³	150 m ³	200 m ³
Bränsleförbrukning (ml/m ³ *km)	3.5 ml/m ³ km	3 ml/m ³ km	2.5 ml/m ³ km
CO ₂ utsläpp	100%	85% => -15%	73% => -27%

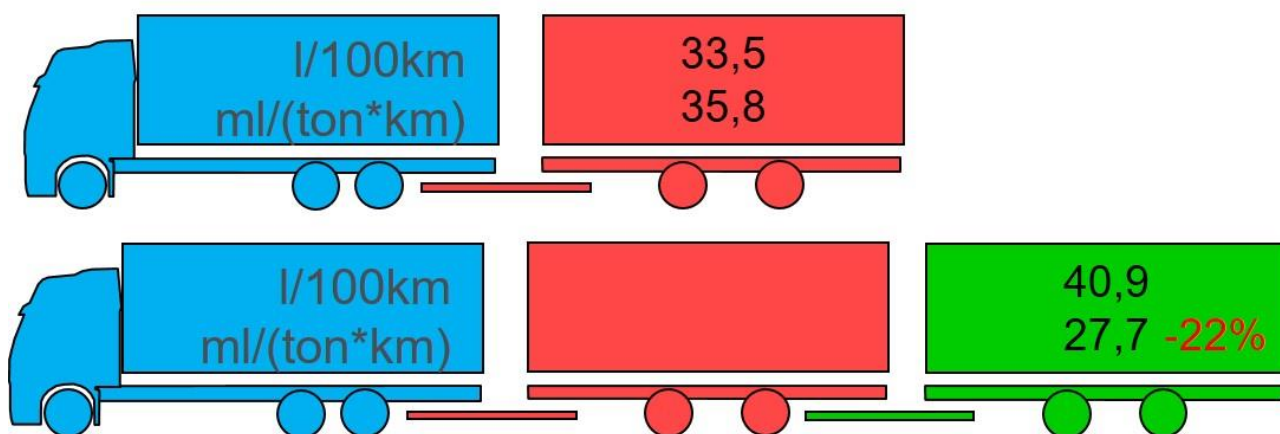
Figur 6.37. Jämförelse mellan 3 stycken styckegodskombinationer

Figur 6.38 visar jämförelse mellan timmerkombinationer. I detta fall är en 60 tons kombination bestående av lastbil och semi-trailer referens. Kombinationerna består av en 40 tons drag bil och semi-trailer, detta är ingen vanlig kombination men tas med ändå. 74 tons dragbil med link och semi-trailer (ST-drag) samt en 90 tons ETT kombination lastbil, dolly, link och semi-trailer. Ökning från 60 till 74 ton ger en minskning på bränsle/CO₂ per tonkm på ca 7-15 %, 90 tons ETT kombination ger 22%. 40 tons kombinationen förväntas öka bränsle/CO₂ per ton med ca 20% jämfört med 60 tons kombinationerna.

Figur 6.38. Jämförelse mellan timmerkombinationer.



Figur 6.39 visar jämförelse mellan singel-kärra och DUO-kärra. Här är minskningen i ml/tonkm 22% vid användandet av DUO-kärra.



Figur 6.39. Singel-kärra jämfört med DUO-kärra.

Resultat rapporter (månadsrapporter för HCT-demofordon)

Visar en sammanställning av antal månadsrapporter som gjort för HCT-demo fordonen. Exempel på en sådan månadsrapport visas i bilaga E.

Försök	Antal månadsrapporter
DUO-kärria	10
DUO-trailer	15
VETT	9
ST-kran	30
ST-drag	14
ST-grupp	3
Benders Flis	9
Benders Grus	14
Göranssons	26
GDL	13
Totalt	143

Figur 6.40. Antal månadsrapporter från demo fordonen.

Uppdaterad beskrivning av 30 – 50 typfordon

Under projektet har de typfordonen som presenterades i typfordonslutrapport (dnr: 2015-02327) uppdaterats i 3d simuleringar. För 11 av fordonskombinationer presenterades de uppdaterade resultaten i en HVTT-rapport, rapporten hittas i bilaga D. Dessa kombinationerna visas i Figur 6.41.

#	Volvo name	Vehicle combination layout	Total length
1	DUO-CAT1	Double-CAT	27,3m
2	DUO-CAT2	Double-CAT	27,3m
3	DUO-CAT3	Double-CAT	27,3m
4	ETT	Truck and B-double	30m
5	MAX-VOLUME1	Truck and B-double	34m
6	MAX-VOLUME2	Truck and B-double	34m
7	DUO-TRAILER1	A-double	32m
8	DUO-TRAILER2	A-double	30m
9	DUO-TRAILER3	A-double	32m
10	DUO-TRAILER4	A-double	32m
11	LONG-LINK	B-double	30m

Figur 6.41. 11 typfordonskombinationer som har presenterats i HVTT-rapporten "Type vehicles"

Antal inskickade ansökningar för undantag för teknisk provning till Transportstyrelsen

Projektets demofordon kör på tillstånd för teknisk provning, Figur 6.42 visar antalet inskickade ansökningar till transportstyrelsen.

Diarienummer	Försök	längd	vikt
TSV 2018-1888	DUO-kärria	28	64/66
TSV 2018-2285	Autofreight	31	80
TSV 2018-5025	DUO-trailer	31	80
TSV 2019-1985	VETT	32	100

Figur 6.42. Antal inskickade ansökningar för teknisk provning i projektet.

Spridning och publicering

6.14 Kunskaps- och resultatspridning

Hur har/planeras projektresultatet att användas och spridas?	Markera med X	Kommentar
Öka kunskapen inom området	x	Genom att medverka på konferenser och mässor där transportköpare, åkerier och chaufförer medverkar kan vi sprida våra erfarenheter från försökskombinationerna och testerna så att kunskapen inom området ökar.
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	x	Aeroflex, spårbildning, PBS
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	x	På våra fältprovskombinationer letar vi efter funktioner eller tekniker som behövs för HCT-fordon. När dessa identifieras så lämnas detta över till produktutvecklingsprojekt
Introduceras på marknaden	x	Funktioner som tagits fram i tidigare projekt har utvecklats till produkter som introducerats på marknaden
Användas i utredningar/regelverk/tillståndsärenden/ politiska beslut	x	Försökskombinationerna har används till utredningar inför BK4 lagstiftningen. När projektet söker tillstånd för teknisk provning används resultat om bland annat öka energieffektivitet och analysera vändradier.

Alla företag sprider internt i sina organisationer.

Projektet jobbar tätt med Trafikverket och transportstyrelsen för att bestämma vilka krav som behöver ställas på fordonskombinationerna.

Examensarbeten från högskolor och universitet har erbjudits inom projektet, både inom maskinteknik och logistik.

Exempel på examensarbeten:

- Sustainability analysis of high capacity transport truck and combi-transport route Gothenburg to Umeå
 - Isabell Jobson, Chalmers university
- Dolly with hinged drawbar
 - Emil Olsson och Henrik Skönvall, University of Borås

Projektet har svarat på remiser från transportstyrelsen och trafikverket gällande fordonskrav, vägnät och rapporter.

Projektet har medverkat på mässor och konferenser både nationellt och internationellt för att sprida kunskap om HCT.

För mer specifikt se kapitel 6.3

6.15 Publikationer

15th international Symposium on Heavy vehicle transportation technology: the Netherlands 2018:

Cider, L, Jarlsson, H & Larsson, L: *DUO-trailer an innovative transport solution CO-optimizing vehicle combinations.*

<http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2015/Larsson%20-%20DUO%20TRAILER%20AN%20INNOVATIVE%20TRANSPORT%20SOLUTION.pdf>

Fröjd, N, Larsson, L & Pettersson, E: *Type vehicle combinations – HCT Sweden 25,25 to 34 meters* <http://road-transport-technology.org/Proceedings/HVTT%2015/Larsson%20-%20TYPE%20VEHICLE%20COMBINATIONS%20-%20HCT%20SWEDEN%2025.25%20TO%2034%20METERS.pdf>

7 Slutsatser och fortsatt forskning

All data från fältprovfordonen visar på ökad energieffektivitet vid köring som HCT-kombination. De längre och tyngre kombinationerna visar störst potential (ETT och DUO-trailer). Dessa rullar för det mesta på större motorvägar och landsvägar, deras längd kom medför sämre framkomlighet vilket har begränsat de kombinationerna till större vägar. Att prova DUO-trailer eller ETT-kombination på mindre vägar är nånting som bör studeras, framförallt att använda ETT-kombination i timmer köring från skog till terminal. Resultatet från framkomlighetsproven visar att ETT-kombinationen har jämförbar framkomlighet med ST-drag

DUO-kärnan jämfört med singel-kärna visar stor potential. DUO-kärnan har god framkomlighet som klarar Sveriges framkomlighetskrav för 25,25 kombinationer trots att DUO-kärnan är 27,5 m. Detta gör att denna fordonskombination kan köra på de flesta landsvägar och skulle inte behöva begränsas till de stora vägarna som trafikverket har föreslagit. Dess höjd på ca 4 meter gör att den kan användas utomlands vilket bör försöka studeras för gränsöverskridande transporter.

Vid kravsättningen på fordonskombinationer för 34,5 meter bör det sättas krav på motorstorlek olika bruttovikt för att inte hastigheten ska sjunka för lågt i bakar och stora trafikflödet.

Även kravsättning på procent på drivande axlar bör var med då hjulspinn kan göra att fordonen fastnar i bakar. Detta har visats i DUO-trailer kombinationen som kört med en 6x2 dragbil som byggdes i projektet. I detta läge var det svårt att komma upp i tillräckligt med procent på endast en drivande axel och skapad mycket hjulspinn som gjorde chaufförerna oroliga att inte ta sig fram. Ungefär 15 % av kombinationens bruttovikt har varit på drivande axlar under denna period. En kort period har dragbilen kört med en omställd axelvikts fördelning för bakaxlarna från 70/30 till 80/20 vilket chaufförerna upplever bättre. DUO-kärnans lastbil har också endast en drivande axel men i Kinnarps flöde är vikterna så låga så det inte är ett problem. Vid över 60 ton för denna kombination rekommenderas även här två drivande axlar. Simuleringar visar att en A-dubbel lastad till 74 ton bruttovikt ger tillräckligt grep för att klara av för framdrivningsförmåga i en 13% backe på rak sommarväg ($\mu=0,75$) men försämras med att friktionen sjunker tillinterväglag. Simuleringar visar även att snäva svängar i backar minskar framdrivningsförmågan. Dock minskar även krafterna för att svänga runt om vägfriktionen minskar.

Ytterligare en dragbil har byggts för att köra DUO-trailer, detta en 6x4 med 540 hk. En ny funktion i denna dragbil är att koppla ur andra drivaxel utan att lyfta. Utvärdering av denna funktion kommer göras i kommande projekt.

En ny lastbil har byggts som ska bli en ny ETT-kombination. Detta är en 8x4 med dubbla framaxlar, lastbilen har provats som grupp bil med fem-axligt släp (74 ton). Där visade sig att det var svårt att få tillräckligt med vikt på drivande axlar vilket gör att startförmågan blir lidande. En sådan lastbil som ST-kran kombination skall ge en jämnare viktfordelning.

DUO-trailern hos DB Schenker har passat bra in med tur och retur resa varje natt från Göteborg till Malmö och på dagtid används dragbilen och en semi-trailer för att samla in gods inför natten. Detta gör att fordonen kan användas dygnet runt. Den längre rangeringstiden blir försumbar på en sådan lång sträcka som ekipaget kör idag, men för kortare sträckor kommer detta påverka. För DUO-kärnan hos Kinnarps var rangeringen med 3 växelflaksskåp ett problem i början men chaufförerna har nu lärt sig hur de ska göra och ses inte som nåt problem.

Prover och simuleringar har visat att lyfta axlar på kombinationen förbättrar både stabilitet i högfart och manövrerbarhet vid lågt lastad eller dellastad köringar. För att stabiliteten ska öka ska första axlarna på trailarna lyftas, för manövrerbarhet ska sista axeln på bil och trailers lyftas. Styrda axlar förväntas ge samma resultat som att lyfta sista axlarna men då också vid full last. När DUO-kärnan började köra de nya 3-axliga kärnorna lyftes axlar så att kombinationen blev ostabil. Då var det både axel 1 och 3 som lyftes vilket inte förändrade den teoretiska hjulbasen. Så i detta fall ökade inte stabiliteten eller manövrerbarheten dock kan raderingen minska. Detta har byggts om så bara en axel per kärna är lyftbar. Det är då första axeln som är lyftbar vilket ska öka stabiliteten. Det bör dock läggas till att den statiska vältstabiliteten försämras när traileraxlar lyfts. Detta gäller främst kombinationer med höga tyngdpunkter. Innan en klar rekommendation på att lyfta första traileraxlar så bör ytterligare analyser på total stabilitet göras.

HCT-norden studien visar att regelverken i Norden skiljer mellan länderna vilket gör att gränsöverskridande transporter kan bli begränsade. En arbetsgrupp för att samordna regelverken för HCT-kombinationer bör tillsättas. ST-kran kombinationen har under projektet fått dispens att köra enligt det finska regelverk för 24/25,25. Detta göra att

kombinationen får köra upp till 76 ton och ha 27 ton på trippelaxeln. Utvärdering av denna kombination kommer att göras under nästa projekt. Kombinationerna som har godkänts i Finland efter att dom provats i fält, bör också provas i Sverige.

Komponenttillverkare som deltagit i projektet och följt upp slitage på sina komponenter har inte uppmätt några högre slitage på tex kopplingskomponenter och vändskivor.

Detta projekt kommer att fortsätta i HCT II (2019-03103) med försökskombinationerna, typfordon, samt ytterligare forskning inom HCT.

8 Deltagande parter och kontaktpersoner

Namn	Företag
Emil Pettersson	AFRY (ÅF Industry)
Per Axel Ohlsson	AFRY (ÅF Industry)
Helene Jarlsson	AFRY (ÅF Industry)
Emil Olsson	AFRY (ÅF Industry)
Viktor Åkesson	Schenker AB
Bo Andreasson	Eds Träfrakt
Jörgen Spring	ExTe
Elias Hjelm	ExTe
Niclas Sjöstrand	FOMA
Claes Troedsson	FOMA
Geert Iven	Goodyear
Christer Nilsson	Holger Nilssons åkeri
Jonas Eriksson	Holmen skog
Jonas Auselius	Holmen skog
Christian Funck	JLT
Jan-Åke Stigborg	JOST
Jonas Jävert	Schenker Åkeri
Ingemar Åberg	Kinnarps
Johan Casselgren	LTU
Per Olsson	Parator industri
Roland Johansson	RC Johansson
Lars Norlander	SCA skog ab
Glenn Torkelsson	SKAB (Lagab)
Lars Blomqvist	SSAB
Jörgen Olofsson	StoraEnso
Anders Järlesjö	SVEAskog
Ulric Långbrerg	SverigesÅkeriföretag
Simon Simonsson	TLV
Thomas Asp	Trafikverket
Joakim Jönsson	WABCO
Tobias Johansson	VBG
Bolennarth Svensson	VBG
Lennart Cider	Volvo Technology
Lena Larsson	Volvo Technology
Ulf Karlsson	Volvo Technology
Niklas Fröjd	Volvo Technology

Figur 8.1. Projektpartners och kontaktpersoner

Referenser

1. Trafikverket 2016:111, åtgärder för att minska transportsektorns utsläpp av växthusgaser – ett regeringsuppdrag: https://trafikverket.ineko.se/Files/sv-SE/14440/RelatedFiles/2016_111_atgarder_for_att_minska_transportsektorns_utslapp_av_vaxthusgaser.pdf
2. DUO²-projektet energieffektiva fordonskombinationer forskning, utveckling och fältprov av fordon anpassade för extended EMS : <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2013-01282.pdf>
3. HCT årsrapport 2016: https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2016.pdf
4. Färdplan high capacity transport – väg: https://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/2013-04-10_fardplan_hct-vag_slutlig_2.pdf
5. Statsrådets förordning, 407:2013: <https://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407>
6. Godstrafikfrågor (regeringens proposition 2016/17:112): https://www.riksdagen.se/sv/dokument-lagar/dokument/proposition/godstrafikfragor_H403112
- 7-8 DUO²-projektet energieffektiva fordonskombinationer forskning, utveckling och fältprov av fordon anpassade för extended EMS : <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2013-01282.pdf>
- 9-10 Transporteffektiva viktbegränsade HCT fordon på väg – VETT6 & VETT6B <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2014-03926sv.pdf>
11. HCT typfordonskombinationer: <https://www.vinnova.se/globalassets/mikrosajter/ffi/dokument/slutrapporter-ffi/effektiva-och-uppkopplade-transporter-rapporter/2015-02327x.pdf>

Ansökan inom Effektiva och uppkopplade transportsystem

Utveckling HCT-fordon Volvo; Energieffektivitet, framkomlighet, säkerhet och produktivitet

Utgåva 1 (2016-12-12)

Lena Larsson, Lena.Larsson@volvo.com, 031-322 1754

Abstract

This project will investigate issues regarding vehicle combinations heavier than 64 tonnes and/or longer than 25.25 meter. Currently the limit in Sweden is 25.25 meter and 64 tonnes. The focus is volume restricted goods and general cargo. Development and tests of layouts and technology for vehicle combinations longer than 25.25 meter. Applications for technical test and basis for Nordic HCT legislation.

The result will be reported continuously from ongoing ETT, ST-Haul, ST-Crane, DUO-Trailer and DUO-CAT field tests. The project will follow up on an additional 15 HCT customer owned combinations. Moreover we will produce designs proposals for HCT type vehicle combinations for Swedish and Nordic demands. Results will be provided to the Swedish HCT network, ITF-OECD HCT, UNECE-GRRF-MVC and others. The project serves as a research platform where Technology leap, Thesis workers, Ph. D students and Post Docs have the possibility to investigate the HCT vehicle combinations.

Volvo is the coordinator. Project partners are: Bennesved, Bergs Fegen, DBSchenker, Eds Träfrakt, ExTe, FOMA, GoodYear, Holmen, Holger Nilssons Åkeri, JLT, JOST, Kallebäcks Transport, Kinnarps, PallCargo, Parator, RC Johansson, SCA, SKAB (Lagab), SSAB, StoraEnso, Sveaskog, SverigesÅkeriföretag, Trafikverket, Transportstyrelsen, WABCO, VBG & ÅF Industry AB

The project budget is 34,5 MSEK, with 18,95 MSEK in internal financing and 15,55 MSEK is applied for from FFI-EUTS.

Sammanfattning

Projektet syftar till att möjliggöra utredning av utestående frågor inför införandet av fordonskombinationer tyngre än 64 ton och/eller längre än 25,25 meter. Detta görs med fokus på vikt-, volym- och blandat gods. Utveckling och test av layouter och teknik för fordonskombinationer tyngre än 64 ton och/eller längre än 25,25 meter. Ansökningar för teknisk provning, samt underlag för Nordiskt HCT regelverk.

Resultatet rapporteras fortlöpande, genom egna och andra projekts prov- och forskningsresultat från pågående teknikutvecklings HCT-fordon (ETT, ST-Drag, ST-Kran, DUO-Trailer och DUO-Kärre), uppföljningsrapporter från ca 15 andra HCT-fordon samt förslag på typfordon både svenska och nordiska krav.

Resultatet delges bland annat HCT-nätverket i Sverige, ITF-OECD, UNECE-GRRF-MVC, IFRTT-HVTT.

Projektet fungerar även som en prov- och forskningsplattform där Tekniskspråkare, ex-jobbare, doktorander och postdoktorer ges möjlighet att arbeta med, och forska inom, projektet och dess resultat.

Volvo AB är huvudsökande, övriga projektpartners är; Bennesved, Bergs Fegen, DBSchenker, Eds Träfrakt, ExTe, FOMA, GoodYear, Holmen, Holger Nilssons Åkeri, JLT, JOST, Kallebäcks Transport, Kinnarps, PallCargo, Parator, RC Johansson, SCA, SKAB (Lagab), SSAB, StoraEnso, Sveaskog, SverigesÅkeriföretag, Trafikverket, Transportstyrelsen, WABCO, VBG & ÅF Industry AB

Kostnader för projektet: Budget 34,5 MSEK,
Varav 18,95 MSEK egenfinansiering och 15,55 MSEK söks från FFI-EUTS.

Innehållsförteckning

Abstract	2
Sammanfattning.....	2
Innehållsförteckning.....	3
Bakgrund och lägesbeskrivning	4
Programrelevans	6
Mål.....	6
Resultat	7
TRL-klassificering.....	7
Nyttiggörande	8
Unikhet och nyhetsvärde	8
Stimulanseffekt.....	8
Kompetensutveckling	8
Resultatspridning.....	8
Samverkan i Kluster	8
Genomförande	9
Projektinnehåll.....	9
Tidsplanering.....	15
Projektekonomi och deltagare per arbetspaket.	16
Projektledning	16
Projektdeltagare	17
Förkortningar	17
Referenser och länkar	17
Bilagor	18

Bakgrund och lägesbeskrivning

2007 började vi arbeta med HCT i Sverige, med målet att vara klara 2017 (34m 90ton). Vi är på god väg, men kommer inte vara i mål tills dess.

2013 formulerades [HCT färdplan på väg](#)¹. Enligt denna skulle 74 ton och PBS (Performance based standards) vara introducerat 2020, då upp till 500 st HCT-fordonskombinationer skulle finnas i drift. Idag har vi ca. 50 st HCT försökskombinationer i Sverige varav ca. 30 inkluderar Volvo-lastbilar². I [HCT-årsrapport 2015](#)³ finns statusuppdateringar på framfarten inom testning, regelverksutveckling, PBS, typfordon och andra områden.

Under 2016 var planen (Regeringen, Anna Johansson) att i trafikförordningen införa motsvarande artikel 4.5 i EU direktivet [96/53/EG](#)⁴. Vilket möjliggör att tillåta fordon eller fordonståg med nya tekniker eller konstruktioner, som inte uppfyller bestämmelser i trafikförordningen om vikt och dimensioner, att få föras på väg som inte är enskild under en begränsad provperiod. Denna ändring är i nuläget, dec 2016, fortfarande inte beslutad.

Finland har under tiden, med Sveriges forskning som bas, introducerat en högsta tillåten bruttovikt på 76 ton inom 25,25 meter på hela det statliga vägnätet⁵, med undantag för ett begränsat antal broar. Fordonshöjden är höjd från max 4,2m till 4,4m. 2018 har man planer på att föra in 32/34m. Ca 20 Försök [trafi.fi/hct](#)⁶, med upp till 34m 104ton pågår.

Nu står vi inför att införandet av 74 ton i Sverige. Det föreslagna vägnätet ser inte ut som det vi utgått ifrån, Trafikverkets tidigare rapport [Trafikverket 2014:102](#)⁷. Inga av de pågående försöken, i denna ansökan, kan köras enbart på det vägnät som kommer att släppas för 74 ton enligt [Trafikverket 2016:141](#)⁸.

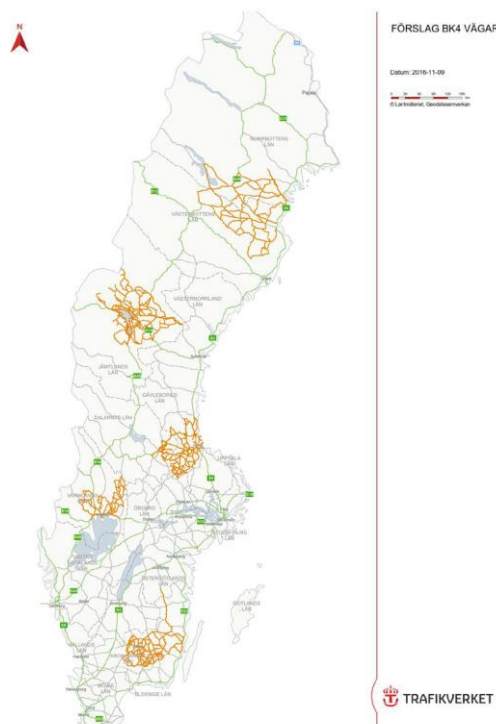
Då Finland tar stora steg framåt inom HCT är det viktigt att samordna regelverksutvecklingen så att HCT-kombinationer i en framtid kan köra gränsöverskridande mellan Sverige och Finland.

Norge utreder möjligheten till försök med DUO-Trailer och DUO-Kärra, och andra länder har börjat visa intresse.

Under 2018 avser vi slutföra de försök med 74 ton och 20,2 meter över axlar, dvs de viktoptimerade 74 tons försök som ligger till grund för 74-tonsreformen. Eftersom reformen inte följt plan kan dessa försök inte avslutas tidigare.

Framåt fokuserar vi på framkomlighet, produktivitet, säkerhet, väg/infrastruktur - och energieffektivitet för:

- längre, längre och tyngre, vikt, vikt/voly m & volymgods
- gränsöverskridande i Nordiskt klimat.
- kortare och tyngre (än 20,2m över axlar), för anläggning inom WP6 Typfordon,



Figur 0-1 Förslag på initialt vägnät 2017 för 74ton

¹ HCT färdplan på väg: <https://www.transportinnovation.se/sv/forums-fardplaner>

² Volvo Lastvagnar: <http://www.volvotrucks.se/hct>

³ HCT-årsrapport 2015:

http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2015_slutversion.pdf

⁴ EU direktiv 96/53/EG: <http://www.notisum.se/rnp/eu/lag/396L0053.htm>

⁵ Statsrådets förordning , 407/2013: <http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407>

⁶ Traffi, HCT-lastbil: <http://www.trafi.fi/hct>

⁷ Trafikverket 2014:102, Tyngre fordon på det allmänna vägnätet: <https://trafikverket.ineko.se/se/tv17742>

⁸ Trafikverket 2016:141, Statliga vägar som kan anses lämpade för en ny bärighetsklass 4: <https://trafikverket.ineko.se/se/statliga-v%c3%a4gar-som-kan-anses-l%c3%a4mpade-f%c3%b6r-en-ny-b%c3%a4righetsklass-4>

Projektet syftar till att möjliggöra utredning av utestående fordonfrågor inför införandet av fordonskombinationer enligt BK4 upp till 74 ton, tyngre än 74 ton och/eller längre än 25,25 meter i Sverige samt samverka med försök i Finland och Norge så att lagstiftningen kommer att harmonisera då transporter inte sällan är gränsöverskridande.

Genom att göra försök i fält kan vi upptäcka problem som behöver lösas innan ny lagstiftning träder i kraft samt kartlägga vilka regelverk och konstruktioner som påverkas.



Figur 0-2 Arbetssätt för utveckling av fordonskombinationer

Forskningsfrågor:

- Tester, analyser och vidareutveckling för:
 - pågående teknikutvecklingskombinationer (ETT, ST-Kran, ST-Drag, DUO-Kärra och DUO-Trailer)
 - typfordon, lagstiftning och regelverk för i första hand Sverige.
- Vilka fordonskombinationer kommer att krävas för att nå effektivitet både på BK1-, BK2 och BK4-vägnätet. (tex i Göteborg är BK2 bas på kommunala vägar)
Nya tekniska koncept och lösningar som krävs för att uppfylla nya, idag ej kända, krav.
- Jämförelse av bruttovikts- och axelviktstabellerna samt andra fordonskrav i Sverige, Finland och Norge.
Hur kan vi säkerställa gränsöverskridande transporter med HCT-fordonskombinationer.
 - Exempelvis: De norska kraven på drivaxeltryck måste fungera ihop med svenska & finska krav på totallängder mm, för att kunna uppnå ökad trafiksäkerhet i länderna.
- DUO-Kärra, och DUO-Trailer, 64 ton/74 ton/80 ton studeras på Landsväg (enbart Motorväg idag) BK1 och BK4.
- Utveckla ABBA-metoden för olika lastfall. (vikt, vikt /volym, volym)
- Analyser och underlag för internationella regelverk och standarder för: drag, dolly, vändskivor, däcksbestyckning mm med avseende på stabilitet och framkomlighet.

För detaljer se de enskilda arbetspaketen (WP3-8).

Fler frågeställningar som kan komma att utredas finns i bilagan; Övriga frågor.

Kort internationell nulägesbeskrivning av det aktuella forsknings-/teknikområdet:

Sverige ligger i framkant med avseende på forskning angående säkra HCT kombinationer.

Ett flertal länder tillåter totalhöjder högre än 4 m. Finland har 76 ton och Argentina 75 ton max bruttovikt.

Idag förekommer det i Europa försök med längre fordon än 25,25 meter i Sverige och Finland. Norge, Holland och Estland visar intresse.

Följande länder har regelverk som tillåter fordonslängder på mer än 25,25 meter på del av vägnätet: AUS, NZ, BRA, Argentina, CAN, US (state) och MEX. Columbia. För mer information se bilaga ”Långa fordon för HCT-studie, februari 2013”, se även [IFRTT](http://ifritt.org/)⁹/[HVTT14](http://hvttconference.com/HVTT14/)¹⁰ för teknik.

⁹ IFRTT: <http://road-transport-technology.org/>

¹⁰ HVTT14: <http://hvttconference.com/HVTT14/>

För nuläge i vår forskning se [HCT-årsrapport 2015](#) och bilagorna VETT6 och DUO2

Projektet är en fortsättning på tre tidigare projekt:

Projektnummer: 2013-01282
Titel: DUO2:2
Programtillhörighet: FFI-transporteffektivitet
Beslutande myndighet: Vinnova
Sammanfattande resultat och slutsatser: DUO-Trailer enligt föreslagen BK4/BK1 tabell kör sedan 2015-12-15 DUO-Kärre enligt föreslagen BK4/BK1 tabell kör sedan 2015-03-23 Ekipagen har använts till ett stort antal prov (på bana och i drift hos DB Schenker). Resultat har använts i exempelvis 74 tons-utredningen och vägslitageskatteutredningen. Samhällsnyttan är betydande för dessa typer av ekipage. Det är stort internationellt intresse.

Projektnummer: 2014-03927 & 2014-03927
Titel: VETT-6 & 6B
Programtillhörighet: FFI-transporteffektivitet
Beslutande myndighet: Vinnova
Sammanfattande resultat och slutsatser: Första generationens ETT-bil startade 2009-01-02. Andra, uppdaterade, generationens ETT-bil startades 2014-03-11. En förbättring i minskad bränsleförbrukning på 9% uppmättes. Första generationens ST-kran startade 2009-05-14. Andra uppdaterade generationens ST-kran startades 2014-07-07. Även här uppmättes en förbättring i minskad bränsleförbrukning på 9%. ST-drag startade 2009-08-17. Nästa generation ST-Drag är framtagen och driftsätts nu hösten 2016. Inga jämförande data har framtagits ännu. Denna kombination ska förses med det första systemet för intelligent tillträdeskontroll (ITK) för 74 ton bruttovikt. Dessa kombinationer har testats på provbanor som underlag för PBS, regelverk och verifiering av fordonssimuleringar.

Projektnummer: 2015-02327
Titel: Typfordon
Programtillhörighet: FFI-transporteffektivitet
Beslutande myndighet: Vinnova
Sammanfattande resultat och slutsatser: I detta pågående projekt utvärderas ett stort antal typfordonskombinationer med avseende på prestandakrav för HCT-ekipage. Exempelvis registreras axel- och axelgruppsbelastning för olika typer av HCT-kombinationer samt underlag för viktfordelning av olika typer av laster fram. Stabilitet och framkomlighet och andra prestandaparametrar har beräknats.

Programrelevans

Mål

Projektet bidrar till flera av de övergripande FFI-målen:

- Projektet gör att Sverige kan behålla och förstärka en ledande position inom HCT-väg. Projektet kommer att öka forsknings- och innovationskapaciteten samt säkra fordonsindustriell konkurrenskraft och framtida arbetstillfällen.
- Projektet bidrar till Sveriges förmåga att påverka internationellt regelverk för HCT-väg.
- Projektgruppen omfattar flera små företag, exempelvis Holger Nilsons åkeri, RC Johansson Åkeri och Eds Träfrakt och medelstora företag, exempelvis Parator AB, Kallebäcks Transport AB och SKAB .
- I projektgruppen ingår underleverantörer, såsom ÅF, DB Schenker, SSAB, VBG, FOMA, WABCO och JOST.
- Projektet är branschöverskridande, deltagande partners representerar fordon-, trailer- och kontorsmöbelindustrin, påbyggare, komponentleverantörer, transportörer, transportköpare (Holmen, SCA, StoraEnso, SVEA skog) och logistikföretag. (se bilaga kontaktpersoner)
- Projektet är en plattform för samverkan mellan industri, universitet, högskolor och forskningsinstitut.
- Projektet bidrar till de övergripande målen i den Strategiska färdplanen för Effektiva och uppkopplade transportsystem (2015-11-03 sidan 3 ” Bakgrund och syfte”)¹¹.
 - Minska vägtrafikens miljöpåverkan
 - Minska antalet skadade och dödade i trafiken
 - Stärka den internationella konkurrenskraften
- Projektet kopplar till delprogrammets övergripande färdplan¹¹.
- Projektet jobbar med ”anpassade transportlösningar”, ”regelverk för HCT-väg” och samverkan med ”korridorer för hamnskyttlar” enligt 5.1.1 sida 21 i färdplanen. (Mål 1 2020 - 2030 samt mål 3 2020)¹¹.
- Mätbara mål:
 1. Minskad energiförbrukning är 15-30% beroende på transportslag och referens.
 2. Resultatrapporter (månadsrapporter för HCT-Demofordon).
 3. Förslag till första utgåva av samlade nordiska regelverksfrågor för HCT.
 4. Uppdaterad beskrivning av 30-50 typfordon
 5. En sammanställning av regler som projektet anser behöver tillkomma, eller justeras.
 6. Antal inskickade ansökningar för ”undantag för teknisk provning” till Transportstyrelsen.
- Projektmålen följs upp på projektmöten, exempelvis mål 1; genom bränsleförbrukning per transporterad enhet.

Resultat

Forskningsresultat från pågående fältförsök, nya ansökningar för teknisk provning, samt underlag för ett Svenskt och Nordiskt HCT-regelverk.

- Vidareutvecklade fordonskombinationer och typfordon.
- Layouter och tekniker som krävs för tyngre, tyngre/längre samt längre fordonskombinationer.
- Försöksresultat från drift.
- Specialstudier på ETT, ST-Drag, ST-Kran, DUO-Trailer och DUO-Kärra.
- Utveckling av ABBA/ABba-metoden för bränsleuppföljning.

TRL-klassificering

Projektet berör allt från TRL nivå 2-7, från konceptutveckling till demonstration i driftsmiljö.

¹¹ Vinnova, färdplaner: <http://www.vinnova.se/sv/ffi/Om-FFI/Unika-fardplaner-for-framtidens-fordonskoncept/>

Nyttiggörande

Nyttiggörande av projektresultat kommer göras i form av kompetensutveckling både internt inom projektet och dess projektdeltagare med unik kompetens, samt genom spridning av resultaten till övriga intressenter.

Unikhet och nyhetsvärde

Projektet vidareutvecklar unik kompetens kring vikt-, vikt/volym och volymsbegränsade HCT-transporter. Konstruktion och anpassning av fordon och underlag för nya regelverk, så att transporter skall kunna ske så energieffektivt och säkert som möjligt i alla väderförhållanden.

Genom den uppföljning som görs på varje resa så kommer vi långsiktigt att kunna ge en mycket god bild av densiteten och vikt/volym-utnyttjandegraden på olika transportslag. Utvecklingen av ABBA-metoden, där vi beräknar bränsleförbrukningen i ml/tonkm, gör att vi kan visa på energieffektiviteten i olika transporter och optimera framtida fordonskombinationer med avseende på trafiksäkerhet, produktivitet, energi- och infrastruktureffektivitet. Vi kommer också att kunna se hur fordonskombinationers egenskaper ändras under tiden (flera års prov) och i olika väderförhållande/årstider.

Stimulanseffekt

Detta projekt möjliggör för små och medelstora företag att aktivt delta i utvecklingen av framtida regelverk och produkter, som kommer att göra stor nytta för deltagande företag och samhället i stort.

Företagen ges en möjlighet att samverka för att gemensamt höja kompetensnivån.

Det som görs hade inte varit möjliga utan samverkan via en projektförmedling som Vinnova. Projektformen möjliggör samtidig regel- och teknikutveckling.

Kompetensutveckling

Projektet kompetensförsörjer inom HCT-väg området, för deltagande företagen och samverkande konsortium.

Detta omfattar: Tekniskspråkare, praktikanter, examensarbetare, doktorander och andra forskare samt anställda i deltagande företag. Projektet stärker kompetensen genom att:

- Studenter från naturvetenskaplig och teknisk gymnasielinje möjlighet att pröva på arbetet som ingenjör genom Teknisksprången (www.teknisksprangen.se)
- Studerande på kandidat-/högskole- och mastersutbildningar erbjuds sommarjobb och examensarbeten.
- Doktorander och postdoktorander, erbjuds underlag till, och möjlighet att verifiera, sina arbeten.
- Deltagande personal från projektpartners (företag, institutioner och myndigheter) erbjuds forska på HCT-teknik och logistik inom sina egna ansvarsområden samt att lära av varandra.
- Samhället i övrigt, möjlighet till kompetenshöjning genom att vi deltar på konferenser mm.

Resultatspridning

Projektresultatet kommer direkt planera att användas eller föras vidare enligt samtliga punkter i tabellen nedan. För mer information om spridning av projektresultat se arbetspaket 2.

Öka kunskapen inom området	Ja
Föras vidare till andra avancerade tekniska utvecklingsprojekt	Ja
Föras vidare till produktutvecklingsprojekt	Ja
Introduceras på marknaden	Ja
Användas i utredningar, regelverk, tillståndsärenden/politiska beslut.	Ja

Samverkan i Kluster

Projektet avser att samverka med:

1. Övriga HCT-projekt i programmet lett av [CLOSER](#).
2. Forskningsprojekt på institut, universitet och högskolor som VTI, Skogforsk, WSP, Luleå tekniska universitet och Chalmers Tekniska Högskola, exempel doktorand projektet IPBS "Integrated Propulsion Braking and Steering for Modular Long Vehicle Combinations". (cirka 10 forskare)

Genomförande

Projektinnehåll

Projektet innefattar sju arbetspaket vilka beskrivs nedan, Se bilagor för respektive persons företagstillhörighet och vilka företag som medverkar i vilka WP.

WP1 Projektledning och administration
 WP2 Spridning av projektresultat
 WP3 Uppföljning av testfordon
 WP4 DUO2 Volymbegränsade transporter, teknikutveckling
 WP5 ETT, ST-Kran & ST-drag rundvirke teknikutveckling
 WP6 Typfordon
 WP7 HCT-Norden Förstudie

WP1	Projektledning och administration
Ledare	Lena Larsson
Övriga deltagare	Heléne Jarlsson, Dennis Persson, Lennart Cider, Emil Pettersson Bolennarth Svensson, Ida Jonsson
Beskrivning av innehåll	SYFTE: Säkerställa att projektet går framåt och levererar enligt plan.
Metod/angreppssätt	AKTIVITETER: Projektplan, projektmöten, ekonomistyrning och uppföljning på fältförsök. Aktivt deltagande i styrgrupp, projektredovisning och presentation för "uppdragsgivare". Ett flertal internmöten hålls inom eller mellan partners. Exempelvis så koordinerar Volvo och ÅF Industry sina aktiviteter veckovis. Möten för partners. Rapportering av uppföljning så som bränsleförbrukning och produktivitet, avvikelser, medåkningar, teknikuppdatering, ombyggnationer, verkstadsplanering mm. Dessa forum är nödvändiga för att hålla fordonen rullande och kunna förbereda för kommande forskning på fordonen (försöksplattformar).
Leverans	Projektplan, Protokoll från möten, Rapport av resultat,

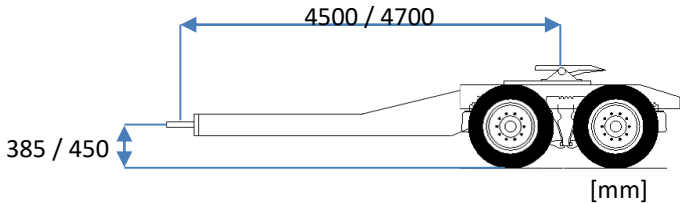
WP2	Spridning av projektresultat
Ledare	Lena Larsson
Övriga deltagare	Samtliga företagsrepresentanter, dessa ansvarar för spridning inom sitt eget företag samt till myndigheter, relevanta organisationer, konferenser mm.
Beskrivning av innehåll	SYFTE: Säkerställa att projektets resultat överförs till företag, myndigheter och andra aktörer så att framtida tekniska lösningar blir effektiva samt att lagar och regelverk går att följa och ger nytta för många.
Metod/angreppssätt	Projektredovisningar, medåkningar och presentationer, exempelvis: - HCT Seminarier och konferenser i och utanför Sverige - o Transportforum, Linköping jan 2017, 2018 & 2019

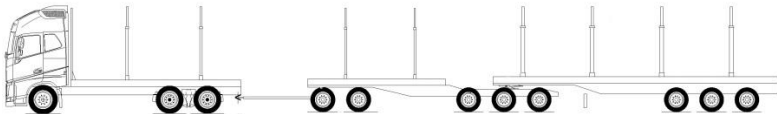
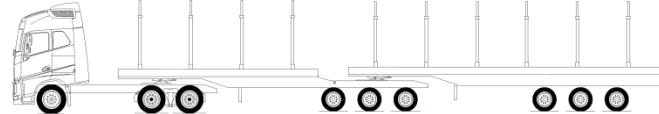
	○ HVTT15 Rotterdam sept 2018 organiseras av IFRTT ○ HCT årskonferens 2017 & 2018 (HCT-årskonf 2016) - Vinnova resultatkonferenser - Transportstyrelsen, underlag till remisser och svar för nya regelverk - Trafikverket, typfordon för bro- och vägberäkningar - SAM-DEMO (grupp som rekommenderar HCT försök och kontrollerar uppföljningen) - HCT-PBS, HCT- ITK med flera - Regelverkskonstellationer exempelvis UNECE-GRRF-MVC - Utredningar som Vägslitageskatteutredningen (Dir. 2015:47) och Prognostisering av Spårtillväxt - asfaltbeläggningar (Vinnova Infra Sweden) - Medåkningar & testkörning av HCT-fordon (WP4, 5 och 6): Forskare, studenter, myndigheter, politiker och industri. Internationella delegationer och journalister från Nordiska länder, EU och övriga världen, OECD. Dessa erbjuds för att öka förståelsen för hur fordonskombinationerna fungerar i verklig drift, vad som fungerar bra och vad som behöver förbättras/lösas.
Leverans	Konferensbidrag, Rapporter, Filmer, Erfarenheter

WP3	Uppföljning av testfordon
Ledare (roll och ansvar)	Lennart Cider
Övriga deltagare	Volvo, Trafikverket, ÅF och deltagande åkerier samt transportköpare
Beskrivning av innehåll	SYFTE: Följa upp HCT-teknikfordon och ett antal HCT-demonstratorer
Metod/angreppssätt	Uppföljning för att påvisa att effektmålen nås. Analys av pågående fältförsök och specifika försök på provbanor. Mätdata, analys och utveckling av tekniska lösningar och förslag på krav som förbättrar prioriterade egenskaper på fordonskombinationerna för att kunna nå: - Lägre bränsleförbrukning per ton*km och m³*km - Färre fordonskilometer per ton*km och m³*km - Däck & Bromsslitage - Incidentrapporter Varje körning analyseras med avseende på vägsträcka, bränsleförbrukning, viktfordelning, väder, framkomlighet och avvikelser. Resultaten sammanställs och jämförs med tidigare data från samma fordon och övriga HCT-fordon. Uppföljningen görs dels av Volvo och ÅF personal dels av Tekniksprångare. För varje kombination görs månadsrapporter, se bilaga, denna syftar till att ge deltagande företag och chaufförer återkoppling från försöken genom en sammanställning av hur proven har avlöp. Presentation av all uppföljning, avvikelser och förslag på förbättringar. Data levereras till SAM-DEMO - ABba metoden beskrivs bilaga
Leverans	Årsrapporter per fordon till deltagande företag och data till SAM-DEMO

WP4	DUO2 Volymbegränsade transporter, teknikutveckling
Ledare (roll och ansvar)	Helene Jarlsson (DUO-Trailer) och Dennis Persson (DUO-Kärra)

Övriga deltagare	Deltagande se Projektekonomi och deltagare per arbetspaket tabell 1
Beskrivning av innehåll	SYFTE: Säkerställa trafik och forskningsresultat med DUO-Trailer och DUO-Kärra, enligt gällande föreskrift och kommande undantag (sökts under 2017), siktande på att regelverk för längre fordonskombinationer än 25,25 meter blir genomarbetat och beslutat. Utveckla teknik för att möta detta/dessa regelverk. Undersöka möjlighet för och söka tillstånd för teknisk provning på BK1 64ton samt E6 64/74ton (landsväg och motorväg) Öresundsbron till Svinesundsbron.  DUO-Kärra - Föreskrift TSFS 2014:27 gäller till 2017-12-31  DUO-Trailer - Föreskrift TSFS 2015:57 gäller till 2018-12-31
Metod/angreppssätt	1. Upprätthålla daglig drift och resultatframtagning. Sträcka Göteborg-Helsingborg / Malmö tur och retur, samt nya sträckor som söks enl pkt 4. Fordonen används i fjärrtrafik nattetid och distribution dagtid. I den dagliga driften ingår: - Godsplanering (DB Schenker) - Fjärrtrafik nattetid (som HCT-ekipage) (Kallebäcks Transport) - Insamling och distribution dagtid av gods som ska fraktas/har fraktats nattetid med HCT-ekipagen (Kallebäcks Transport) - Lastning/lossning av gods på terminal (Kallebäcks Transport) - Service & underhåll i enlighet med kraven på den specifika fordonskombinationen (Kallebäcks Transport, Volvo, Trailerfixarna) - Insamling av data/rapportering till projektet, samt rapportering av dagsunika händelser så som väderförhållande mm (Kallebäcks Transport) - Uppföljning av mätdata (beräkningar & visualisering av resultat), se WP3. 2. Fordonsinspektion Dagligen: Enligt protokoll (Kallebäcks Transport) Kvartalsvis: Service 40 000 km & Däckmätning (Volvo Truck Center/Trailerfixarna/Kallebäcks Transport) Halvårsvis: Fullständig genomgång av fordonskombinationerna, systemens samverkan och deras funktionalitet samt uppföljning av slitage och eventuella skador. Åtgärder och handlingsplaner tas fram. (Samtliga partners i projektet deltar och följer upp sina system). 3. Teknisk Utveckling: Förbättra energieffektivitet, framkomlighet, lasteffektivitet samt trafiksäkerhet genom att utveckla befintliga och nya fordon som skall fungera både i fjärrtransport samt insamling och distribution i och kring tätorter. Vi har som mål att minimera omlastning vid terminal. Rätt lastbärare för uppdraget. Underlag för krav på, exempel: - Kopplingar (drag och vändskivor) samt vändkransar, dragbalkar och dragstänger, låsmanövrering på dragbilens vändskiva. - kopplingshöjder i fordonskombinationer. Hur mycket får man avvika från horisontal läge på tex trailer 1 (Duo-trailer).

	- Prestandateknik som framkomlighet, farthållning och bromsprestanda 4. Söka undantag för teknisk provning: Hos Transportstyrelsen för större försöksområden och alternativa hjulbaser /axelkonfiguratorer. Enligt regelverk motsvarande artikel 4.5 i 96/53/EU, när denna beslutas, 5. Byggnation av ny utrustning: - Ny dolly med möjlighet att: - o byta dragstång för varierad längd och kopplingshöjd  [mm] - o testa låst vändskiva och ledad dragstång (som en vagn) samverkan med WP5. - Bygga nya kärror, både vikt- och funktionsoptimerad, utifrån de erfarenheter som samlats in under pågående fältprov med DUO-Kärre 6. Medåkningar (Se WP 2) 7. Plattform för andra projekts tester: - Drivlinor för framtida HCT-Kombinationer (Volvo) - HCT-typfordon & HCT-PBS (Volvo & VTI)
Leverans	Rapporter, rullande försöksplattformar, mötesprotokoll-arbetsgruppsmöten, underlag för regelverk och standarder mm.

WP5	ETT, ST-Kran & ST-drag rundvirke teknikutveckling
Ledare(roll och ansvar)	Emil Pettersson
Övriga deltagare	Deltagande se Projektekonomi och deltagare per arbetspaket.
Beskrivning av innehåll	SYFTE: Säkerställa trafik och forskningsresultat med ST-kran, ST-drag och ETT-kombinationen, enligt gällande föreskrift och kommande undantag, se WP4. Punkt 4, (sök under 2017) Utveckla teknik för dessa typer av fordon.  <i>ETT kombination - Föreskrift TSFS 2012:104 gäller till 2016-12-31</i>  <i>ST-kran – Dispens TRV 2016/57066 gäller till 2017-07-20</i>  <i>ST-drag – Dispens TRV 2016/95695 & 105794 gäller till 2017-12-01</i>

Metod/angreppssätt	Motsvarande metod/angreppssätt som i WP4 – DUO2 Volymbegränsade transporter, teknikutveckling för möten se WP1 1. Upprätthålla daglig drift och resultatframtagning. SCA, Stora Enso, Holmen mfl ansvarar för att fordonen har beläggning på de sträckor de får köra. Om något oförutsett sker så söker projektpartners dispens för körning på alternativa sträckor hos trafikverket. Åkerierna håller fordonen i drift med av projektet fulleasade kombinationer och egna efterfordon. SÅ har beräknat skäligen ersättningsnivåer så att körningarna blir kostnadsneutrala för medverkande åkerier, då dessa fåmansföretag och inte kan ta stora kostnads/intäkts- svängningar. Resultatframtagning se WP3 och nedan. 2. Fordonsinspektion - Dagligen: Enligt protokoll - Månadsvis: Däckmätning, Drag, vändskivor och vändkrans - 45 000km-50 000km: Bromsar, hydraulslangar med mera i samband med Service. - Halvårsvis: Fullständig genomgång av fordonskombinationerna, systemens samverkan och deras funktionalitet samt uppföljning av slitage och eventuella skador. Åtgärder och handlingsplaner tas fram. (Samtliga partners deltar, teknikpartners följer upp sina system). 4. Teknisk vidareutveckling av: - Timmerkombinationer bruttovikt; 74 -100 ton - 3, 4 och 5 axliga bilar för att förbättring av framkomlighet, säkerhet, och bränsleförbrukning/tonkm (ABba). - Chassi, koppling och dragbalk för bruttovikter över 80ton - Linkar, dollys, semitrailers & vagnar för tunga kombinationer i HHS - Fast och ledad dragstång i samverkan med WP4. - Däck och förståelse för hur däck slits i timmer applikationer - Lastsäkring, bankar (generation 2 av COM90 lättare, enklare och fler funktioner för sänkt bränsleförbrukning, ökad trafiksäkerhet samt bättre arbetsmiljö för chaufförerna) 5. Regelutveckling Förbereda för ISO-kombination/er (ETT- / Maxvolym kombinationen (Bil dolly-link-semitrailer) denna finns inte idag och således kan drag och dragbalk inte godkännas enl ISO 18868. Ta fram för och nackdelar med vagn kontra dolly & semitrailer för fordonskombinationer längre än 24 meter. 6. Medåkning (Se WP 2) 7. Plattform för andra projekts tester: - Drivlinor för framtida HCT-Kombinationer (Volvo) - HCT-typfordon & HCT-PBS (Volvo & VTI) - ITK-pilot, Ett beslutat HCT-projekt (Trafikverket, Volvo m.fl)
Leverans	Rapporter. Förslag till Produkter, konstruktioner och underlag till regelverk

WP6	Typfordon
Ledare (roll och ansvar)	Niklas Fröjd / Emil Pettersson

Övriga deltagare	Volvo, ÅF, Trafikverket, Parator, VBG, WABCO samt övriga vid behov.
Beskrivning av innehåll	SYFTE: Att vidareutveckla transporteffektiva, säkra och robusta HCT-typfordon allt eftersom regelverk, broformler och teknik utvecklas inom de närmsta två åren. Fokus är kombinationer längre än 25,25 meter och tillkommande HCT-kombinationer under 25,25 m som kan bli aktuella i nära framtid, till exempel anläggningsfordon.
Metod/angreppssätt	Simuleringar: - Robusthet mot fellastning och däckprestandavariation på alla valda HCT-typfordon - Styrda axlar på efterfordon, för ökad manövrerbarhet och stabilitet - Analysera effekter av axeltrycksfördelning inom traileraxelgrupper, på relevanta HCT-kombinationer för ökad framkomlighet, manövrerbarhet och stabilitet - Simuleringar av prestandavärden på tomkörningar med alla valda HCT-typfordon, speciellt framkomlighet. Verifierande prov: - Mätning av stabilitet på olika däcksvarianter/konfigurationer: singel/dubbel, oslitet/slitet, däckprofil, däcksbredd m.m på enaxlig kärra. - Mätning av stabilitet vid fellastning av DUO-kärra. - Test av axeltrycksfördelning inom traileraxelgrupper för att motverka fellastningseffekter på en eller två HCT kombinationer
Leverans	Matris med "klassiska" typfordon inkluderande robusthetsmått. (t.ex: dimension/tyngdpunkt/däck) Matris med "avancerade" typfordon (axel och styrnings-kontroll) Rekommendationer kring förbättrade lagkrav. Förbättrad modelldata för däck och deras prestandavariationer avseende stabilitet. Test- och simuleringsresultat till Trafikverket, Transportstyrelsen, HCT-PBS och HCT-Årsberättelse och årskonferens.

WP7	HCT-Norden Förstudie
Ledare (roll och ansvar)	Lena Larsson
Övriga deltagare	Volvo, Trafikverket, VBG, WABCO, ÅF och SÅ,
Beskrivning av innehåll	SYFTE: Hur skall vi säkerställa gränsöverskridande transporter med HCT-fordonskombinationer. Utarbeta förslag på harmonisering av krav för ekipage tyngre än 60 ton och/eller längre än 25,25 meter i Norden. Finska Traffi har för avsikt att föra in 76ton 34/32m 2018 och här måste Sverige vara med och påverka. Vi har för avsikt att samverka med ITF-OECD HCT .
Metod/angreppssätt	Kartläggning av: - Bruttoviktstabeller och eventuella andra broformler. - Krav på driv och framaxeltryck, startförmåga och övriga relevanta egenskaper - Landsunika krav såsom dubbelmontage, EBS Routers etc Förstudier på: - god framkomlighet & stabilitet (klimat och vägstandard) och hur detta

	löses på bästa sätt. ○ Axelkonfigurationer och hjulbaser ○ Krav på drivaxel och framaxeltryck i olika förhållanden ○ Krav på släp (vagn, kärra, dolly och semitrailers) - motorkapacitet för olika last/körförhållanden exempelvis minsta hastighet på motorväg, acceleration och start i backe. - retardationsfunktionalitet för olika last/körförhållanden. - Jämförelse av bruttovikts- och axelviktstabellerna samt andra fordonskrav i Sverige, Finland, Norge och Danmark. ○ De norska kraven på drivaxeltryck måste fungera ihop med svenska krav, för att kunna uppnå ökad trafiksäkerhet i båda länderna. Även Finland är intresserade av de norska kraven, mm - De finska kraven på dubbelmontage på 40% av traileraxlar; konsekvenser för annat än bränsleförbrukning. - Dolly och semitrailer kontra 5- och 6-axliga vagnar över 24m (tillåtet i Finland inte i Sverige) - Konsekvenser av det finska kravet att axelavståndet inte får ändras på trailers, bränsleförbrukning, däckslitage, framkomlighet mm. - Effektbehov, rangering, lastning och lossning av t ex anläggningsfordonskörning
Leverans	Förstudierapport inklusive förslag till fortsatt arbete

Tidsplanering

Projektet önskar att det officiella datumet för projektstart ska vara 2017-06-01 och pågå till 2018-12-31.

	2017												2018											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
WP 1																								
WP 2																								
WP 3																								
WP 4																								
WP 5																								
WP 6																								
WP 7																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Projektekonomi och deltagare per arbetspaket.

Totalt ingår 28 partner i projektet och fördelas enligt nedanstående tabell.

Tabell 1 Fördelning av projektmedel och deltagande i de olika arbetspaketen. I kolumnerna VETT6 och DUO2:2 och TypF framgår vilka parter som ingått i tidigare projekt.

Part	Budget			Deltar i arbetspaket							Pågående Projekt		
Part // [kk]	Budget	Egen	BidragFFI	WP1 AP	WP2 SPR	WP3 UppF	WP4 DUO2	WP5 VETT	WP6 TypF	WP7 Nord	VETT6	DUO2:2	Typ- fordon
Bennesved	100	100	0		X			X			X		
Bergs Fegen	200	100	100		X			X			X		
DBSchenker	300	150	150		X	X	X			X		X	
Eds Träfrakt	100	100	0		X	X		X			X		
ExTe	500	250	250		X			X			X		
FOMA	200	100	100		X		X	X			X	X	
GoodYear	200	100	100		X		X	X			X	X	
Holmen	300	300	0		X	X		X					
Holger Nilssons Åkeri	100	100	0		X			X					
JLT	100	50	50		X		X	X			X	X	
JOST	600	300	300		X		X	X			X	X	
Kallebäck's Transport	500	500	0		X	X	X					X	
Kinnarps	200	200	0		X	X	X			X			
PallCargo	100	100	0		X	X				X			
Parator	1500	750	750		X	X	X	X	X	X	X	X	X
RC Johansson	200	200	0		X			X			X		
SCA	1000	1000	0		X	X		X			X		
SKAB (Lagab)	200	100	100		X		X					X	
SSAB	500	250	250		X		X				X	X	
StoraEnso	300	300	0		X	X		X			X		
Sveaskog	100	100	0		X	X		X			X		
SverigesÅkeriföretag	300	150	150		X	X	X	X	X	X	X	X	
Trafikverket	400	400	0		X	X	X	X	X	X	X	X	
Transportstyrelsen	0	0	0		X				X	X			
WABCO	700	350	350		X	X	X	X	X		X	X	X
VBG	800	400	400	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Volvo	16000	8000	8000	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
ÅF	9000	4500	4500	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Alla HCT-Demo deltagare (20 bilar)						X							
Summa	34500	18950	15550										

Projektledning

Volvo leder projektet.

Delprojekten rapporterar till olika externa styrgrupper; en för DUO-projekten och en för de skogliga VETT-projekten. Uppföljningsfordonen rapporteras till SAM-DEMO och typfordon direkt till HCT-väg styrgrupp

DUO2: Ordförande Jerker Sjögren, sekreterare Bolennarth Svensson. Övriga i styrgruppen är representanter för Trafikverket, Volvo, DB Schenker, VBG, ÅF Industry, Transportstyrelsen är adjungerad. Denna styrgrupp har accepterat att ta in nya volymbegränsade projekt för BK1/BK4 samt gränsöverskridande transporter.

ETTdemo Ordförande från Skogforsk, VETT rapporterar hit, denna styrgrupp kommer att omgrupperas, deltagare är för närvarande de stora skogsbolagen, Trafikverket, Transportstyrelsen, REV, Volvo & Scania.

SAM-DEMO: Här följs alla försökskombinationer upp, arbetet leds av Skogforsk.

HCT-Väg styrgrupp: Ordförande Thomas Asp, TrV här rapporteras bl.a HCT-typfordon.

ST-Volvo: Ordförande Thomas Asp, TrV Här rapporteras alla Volvo ST-fordon, (teknikutvecklings & Uppföljningskombinationer)

Projektmöten:

VETT & DUO2: Arbetsgruppsmöten två gånger per år och projekt (Alla teknikutvecklingspartners), Planering och uppföljnings möten per projekt var 14 dag.

Hela projektet: Synkroniseringsmöten (Volvo och ÅF) veckovis här deltagar även representanter från andra projekt vid behov.

Projektdeltagare

Volvo AB huvudsökande, Övriga deltagare se Projektekonomi och deltagare per arbetspaket.

Projektgruppen är sammansatt så att många frågeställningar och problem kan lösas inom projektgruppen, för att säkra projektets framfart.

Förkortningar

BK1 = Bärighetsklass 1 (64 ton) - Beslutad

BK4 = Bärighetsklass 4 (74 ton) - Kommande

ESP = Elektronisk stabilitetskontroll, oftast förkortat ESP (Electronic Stability Programme)

EUTS = Effektiva och uppkopplade transportsystem

FFI = Fordonsstrategisk Forskning och Innovation

UNECE-GRRF = United Nations Economic Commission for Europe
WORKING PARTY ON BRAKES AND RUNNING GEAR

HAFT = Highly Automated road Freight Transports

HCT = Högkapacitetstransporter (High Capacity Transports)

HHS = HögHållfast Stål

HVTT = Heavy Vehicle Truck Technology

IFRTT = International Forum for Road Transport Technology

ITF = International Transport Forum

ITK = Intelligent TillträdelseKontroll

MVC = Multi Vehicle Combination

OECD = The Organisation for Economic Co-operation and Development

PBS = Performance Based Standard, (Krav baserade på egenskaper)

TRL = Technology Readiness Level (en beteckning för en teknologisk mognadsgrad)

UNECE = United Nations Economic Commission for Europe

VETT = Volvo En Träva Till

Referenser och länkar

CLOSER: <http://closer.lindholmen.se/temaomraden/high-capacity-transport-hct>

EU direktiv 96/53/EG: <http://www.notisum.se/rnp/eu/lag/396L0053.htm>

HCT färdplan på väg: <https://www.transportinnovation.se/sv/forums-fardplaner>

HCT-årskonferens 2016: <http://closer.lindholmen.se/evenemang/high-capacity-transport-arskonferens-2016>

HCT-årsrapport 2015:

http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2015_slutversion.pdf

HVTT14: <http://hvttconference.com/HVTT14/>

HVTT15: <https://www.youtube.com/watch?v=HfnHmX-XxE>

IFRTT: <http://road-transport-technology.org/>

ITF-OECD HCT: <http://www.itf-oecd.org/>

Prognostisering av Spårtillväxt – asfaltbeläggningar: <http://www.vinnova.se/sv/Resultat/Projekt/Effekta/2015-06114/Prognostisering-av-spartillvaxt---asfaltbelaggningsar/>

SAM-DEMO: <http://www.skogforsk.se/EnergiEffektivaTransporter/uppfoljning/>

Statsrådets förordning , 407/2013: <http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407>

Tekniksprånget: www.teknikspranget.se

Traffi, HCT-lastbil: <http://www.trafi.fi/hct>

Trafikverket 2014:102, Tyngre fordon på det allmänna vägnätet: <https://trafikverket.ineko.se/se/tv17742>

Trafikverket 2016:141, Statliga vägar som kan anses lämpade för en ny bärighetsklass 4: <https://trafikverket.ineko.se/se/statliga-v%c3%a4gar-som-kan-anses-l%c3%a4mpade-f%c3%b6r-en-ny-b%c3%a4righetsklass-4>

Transportforum: <https://www.vti.se/sv/transportforum-2017/>

Vinnova: <http://www.vinnova.se/sv/ffi/Om-FFI/Unika-fardplaner-for-framtidens-fordonskoncept/>

Volvo Lastvagnar: <http://www.volvotrucks.se/hct>

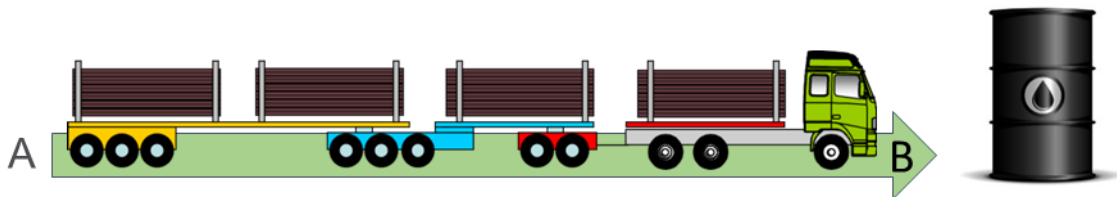
Vägslitageskatteutredning: <http://www.regeringen.se/rattsdokument/kommittedirektiv/2015/05/dir.-201547/>

Bilagor

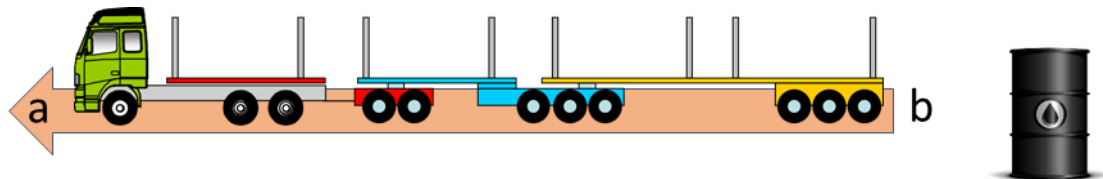
- 1 ABba metoden
- 2 Partners och Kontaktpersoner
- 3 Övriga frågor
- 4 ~~Långa fordon för HCT-studie~~
- 5 Preliminär Slutrapport VETT6
- 6 Preliminär Slutrapport DUO2:2
- 7 Uppföljning ETT-Kombinationen
- 8 Långa fordon för HCT-studie, februari 2013

Bilaga ABba metoden

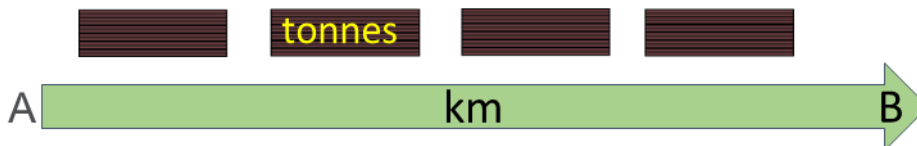
Normalt redovisas bränsleförbrukning som volym per körd sträcka. Exempelvis liter/100 km eller liter/mil. Detta är ett helt fordonscentrerat mått och ger en vrångbild att lägre förbrukning skulle vara bättre. Det är inte alltid fallet. Exemplet nedan körs en 90 tons bil 160 km och förbrukar 100 liter diesel, vilket medför cirka 62 liter/100 km.



I nästa exempel körs kombinationen tom och väger då 24 ton. Diesel förbrukningen blir då endast 60 liter på denna sträcka. Det medför cirka 38 liter/100 km.



Vi håller på att utveckla en metod som är lastcentrerad. Ett exempel är körning av timmer som oftast är viktbegränsad. Här fokuserar vi helt på lasten som förflyttas. Totalt flyttas 66 ton 160 kilometer. Förbrukningen av diesel blir dock 160 liter eftersom den tomma lastbilskombinationen måste köras tillbaka.



Bränsleförbrukningen per lastad enhet blir låg. Endast 15 ml/tonkm. En matsked diesel klarar att flytta ett ton timmer en hel kilometer och köra fordonet tomt tillbaka.

$$F_{ABba} = \frac{V_L + V_U}{M_L \cdot D_L + M_U \cdot D_U} = \frac{100 + 60}{66 \cdot 160 + 0 \cdot 160} \approx 0.015 \frac{l}{ton \cdot km} = 15 \frac{ml}{ton \cdot km}$$

Genomsnittet för svenska timmertransporter 2008 och 2013 var 30 ml/tonkm.

För volymbegränsade transporter blir beräkningen något mer komplicerad eftersom ABba förbrukningen blir avhängig av densiteten på godset. Vidare kommer ett tredje fall in där begränsningen i last blir avhängig av om det är volym eller vikt. Slutligen finns ett fjärde fall med distribution där lasten förändras allt efter körningen pågår.

Dessa fall kommer att vidareutvecklas i detta projekt.

DUO TRAILER AN INNOVATIVE TRANSPORT SOLUTION CO-OPTIMIZING MULTI VEHICLE COMBINATIONS



Lennart Cider
Volvo GTT, Sweden
M.Sc. and Ph.D. in Chemical
Engineering at Chalmers
University of Technology
Currently Project manager,
Analysis of High Capacity
Transport Vehicle
combinations



Heléne Jarlsson
ÅF Industry, Sweden
B. Sc. in Mechanical
Engineering at Chalmers
University of Technology
Currently Project manager
DUO-trailer, design
engineering.



Lena Larsson
Volvo GTT, Sweden
M.Sc. in Mechanical
Engineering at Chalmers
University of Technology and
MBA at Gothenburg University
Currently Project manager,
High Capacity Transport
Vehicle combinations

Abstract

Over the last decade trials with High Capacity Transport (HCT) combinations have been carried out in Sweden. The driving force for these trials has been reduction of CO₂ emissions, increased utilization of the infrastructure as well as transport efficiency. The allowed Total weight has been up to 90 tonnes and the overall combination length has been between up to 32 m, targeting 34 m. The first HCT combination in Sweden was the ETT-combination ("En Trave Till" - One Pile More); results were presented at the HVTT14 conference.

This report covers the vehicle combination DUO-trailer (tractor + semi-trailer + dolly + semi-trailer), field test started in February 2012, Gothenburg to Malmö with general cargo. The gross combination weight in use is between 35 and 80 ton. Swedish transport regulation allow lifting of axles, this gives possibilities for lower fuel consumption and tire wear as well as better traction and maneuverability for various load cases.

A three axle tractor manages variations in cargo weight and cargo centre of gravity much better than compared to a two axle tractor.

The 6x4 Tractor is preferred over a 6x2 Tractor. A 6x2 tractor has less load on the driven axle compared to the 6x4, but can be used up to around 60 tonnes. A 4x2 tractor is not suitable for a DUO-trailer combination.

Specific fuel consumption is reduced with around 25%, compared to a 6x2 tractor with a single trailer.

Keywords: High Capacity Transport, Sweden, DUO-trailer, A-double, Traction, Fuel consumption, load distribution, weather dependency, Heavy Vehicle Truck Technology, Technical Research.

1. INTRODUCTION

High Capacity Transport (HCT) is a way to reduce emissions from road transport and increase the transport efficiency. In Europe there are various hurdles to overcome; public acceptance, rules and legislation. In our study we work with requirements both theoretically on test tracks and in field test.

HCT in Sweden can be divided in several ways, one is load density and another is load distribution. In our case with the DUO-trailer where general cargo is transported the load is volume limited and mostly front loaded.

The first official HCT combination in Sweden was the ETT-combination (“En Trave Till” - One Pile More). This test started in January 2009 and the results were presented at the HVT12 (Lofroth, 2012) and the HVT14 (Larsson, 2016) conferences. This is a typical case where the vehicle combination primarily is weight limited, with an evenly distributed load.

When we started this project in 2010 it was important that all units could be reused in DB Schenker’s ordinary fleet. The DUO-trailer layout has been chosen based on modules defined in EC96/53. A single regulation from the Swedish Transport Agency has limited the field test to these modules.

Parallel projects in Finland have tested vehicle combination with longer wheel bases, full trailer instead of dolly and semi-trailer, various tow member positions and steerable last axle on trailer units. Finland will allow vehicles up to 34.5 m later in 2018.

Our DUO-trailer use single mounted tires on all trailing units. In Finland there is a demand to have double mounted tires on 65% of the trailer axles for vehicle combination with Gross Combination Weight (GCW) above 68 tonnes. This will be adjusted for longer combinations with more axles.

During the past seven years the project have focused testing on proving ground and follow up on the field test on fuel consumption, performance and drive ability with the DUO-trailer. This report has a large focus on weight on driven axles.

2. METHOD

2.1 Project Partners

The project contains of several companies and is partly financed by the Swedish government through FFI as seen in Figure 2.1.1.



Figure 2.1.1 - Project partner in the DUO² projekt

2.2 Vehicle Combinations

The vehicle combination is designed to maximize volume with modules defined in EC96/53, 13.6 m load carrier length. The internal height in the semi-trailer is maximized to utilize the Swedish free height of 4.5 m and the mega trailer coupling height of 1 m. A three axle tractor with low coupling height is required.

The position of the towing member on the first semi-trailer is a compromise between dynamic stability and swept area at low velocity maneuvering. Measurements and tire configuration are shown in Figure 2.2.1. To minimize fuel consumption the combination has single mounted tires on all axles except on driven axles.

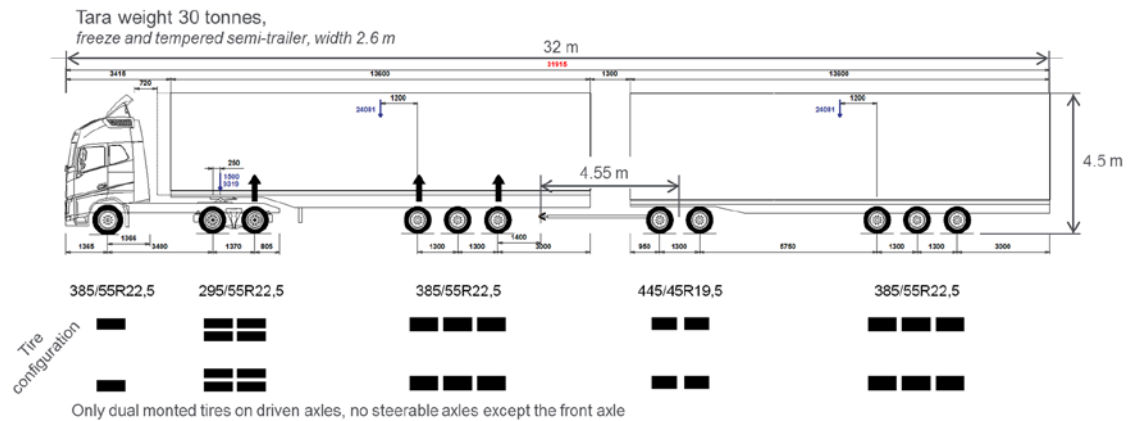


Figure 2.2.1 - DUO-trailer combination layout

Due to the fact that there is more than two units, the complete vehicle combination is equipped with electric/pneumatic brakes and every unit is equipped with an Electronic Braking System (EBS) router. This is to minimize the delay of the braking signal.

2.3 Test Site

The DUO-trailer test is carried out between DB Schenker terminals in Gothenburg and Malmö, a 285 km long motorway route along the E6, see Figure 2.3.1

Field test

DB Schenker terminals Gothenburg – Malmö

Road:

- Motorway 280 km
- Largest hill gradient 7%

Operation:

- DUO Trailer night time
- Singel Trailer daytime

Load:

- General cargo

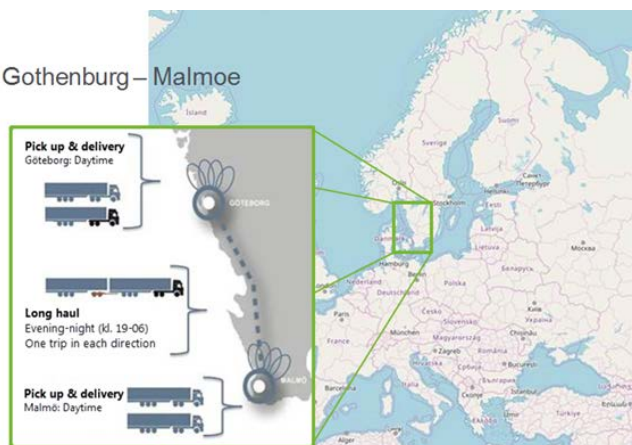


Figure 2.3.1 - Field test route, Motorway Gothenburg – Malmö

Topography

A hill between Gothenburg and Malmoe has one demanding slope. The height of the hill is merely 200 meter but the slope is 7% which causes problems for all traffic, and especially for trucks. Traction is crucial for a safe passing. The topography is presented in Figure 2.3.2.

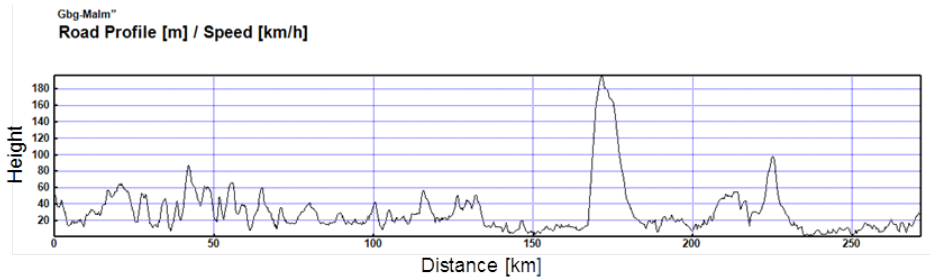


Figure 2.3.2 - Topography of the field test route

Vehicle Units in the Project

The logistics of the field test is based on the use of two trucks, four semi-trailers and one dolly as seen in Figure 2.3.3. With this constellation the DUO-trailer drives from Gothenburg and switch the semi-trailers in Malmoe and returns to Gothenburg. The second truck is stationed in Malmoe for pick-up and delivery.

There are three generations of trucks in the project. The first truck, which is a 6x4 Euro5 truck with a 750 hp engine, is used as a spare truck since early 2017. In this report it will be referred to as Tractor A. The second generation is about the same as the first but is a 6x4 Euro6 truck with a longer wheelbase. The longer wheelbase was a reference for the new/updated bridge formula in Sweden which will come in force in July 2018. This truck is referred to as Tractor B. The third generation is a 6x2 with 540hp engine. This is referred to as Tractor C.

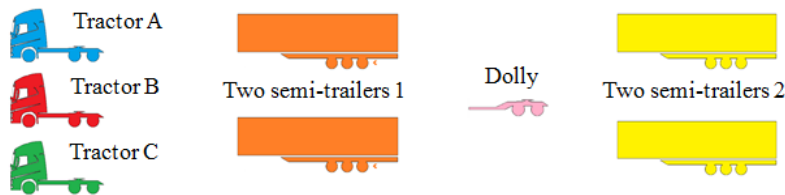


Figure 2.3.3 - Vehicle units in the project

2.4 Fuel Consumption Calculations

We have chosen to calculate both fuel consumption and specific fuel consumption. Let us take the distance $D = 285$ km from A to B. Typical fuel volume used is $V = 150$ liters. This gives a fuel consumption of 53 liter/100 km.

The transport is from A to B. The specific fuel consumption, here described as the AB method, takes the full transport cycle into account. In this example the load is $M = 32$ tonnes. The unit $ml/tonne \cdot km$ is used instead of $l/tonne \cdot km$ since $ml/tonne \cdot km$ gives numbers that are greater than one which is seen in Equation 1.

$$F_{AB} = \frac{V}{M \cdot D} = \frac{150}{32 \cdot 285} \approx 0.016 \left[\frac{l}{tonne \cdot km} \right] = 16 \left[\frac{ml}{tonne \cdot km} \right] \quad (1)$$

3. RESULTS

3.1 Fuel Consumption

The fuel consumption is recorded for each long haul transport. Typical fuel consumptions are shown in Figure 5.0.1 (page 11).

Specific fuel consumption per load unit is expressed in ml/tonne·km. Tractor C has been tested during a limited period with spring and summer conditions, relatively dry compared to autumn and winter in Sweden. Matching journeys with Tractor A and B has been selected for a more reliable comparison. The comparison is shown in Table 3.1.1.

Table 3.1.1 - Typical Spring and Summer fuel consumption for Tractor A, B and C at GCW 62 tonnes

GCW @ 62 tonnes	Distance Km	Volume fuel litre	FC l/100 km	Load tonnes	F _{AB} ml/tonne·km
Tractor A	285	150	53	32	16
Tractor B	285	137	48	32	15
Tractor C	285	130	46	33	14

3.2 Weight Distribution

Weight on every axle has been documented at the start of each long haul trip. In Figure 3.2.1 and Figure 3.2.2 the typical weight distribution is presented. The special regulation for this test allows a GCW up to 80 tonnes. The combination weighs 30 tonnes unloaded; this gives a possibility to load up to 50 tonnes. The weight can be distributed in several different ways. Tractor C has maximum technical total weight of 70 tonnes.

Weight (tonnes)								Tractor A&B (6x4)	
	Front	Drive1	Drive2	Trailer 1	Dolly	Trailer 2	GCW	Driven Axels = Drive 1 & 2	
Unloaded	6	3	3	7	4	7	30	20%	
Average load	7	6	6	18	8	12	57	21%	
Fully loaded	7	8	8	23	16	18	80	20%	

Figure 3.2.1 - Typical Weight Distribution for DUO-trailer with tractor A and B.

Weight (tonnes)								Tractor C (6x2)	
	Front	Drive	Tag	Trailer 1	Dolly	Trailer 2	GCW	Driven Axel = Drive	
Unloaded	6	4	1	7	4	7	29	14%	
Average load	6	8	3	18	8	12	55	15%	
Fully loaded	7	10	6	19	14	14	70	14%	

Figure 3.2.2 - Typical Weight Distribution for DUO-trailer with tractor C.

Cargo Centre of Gravity

The DUO-trailer has a large variation in GCW depending on cargo (see Figure 3.2.3). The first semi-trailer is loaded during the day at Pick-Up and Delivery. The second semi-trailer is loaded at the terminal.

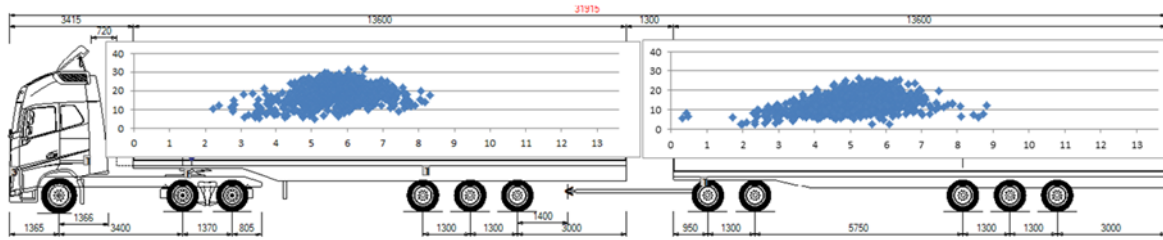


Figure 3.2.3 - Actual load and centre of gravity from 981 transports.

The first trailer varies from 5-32 tonnes and the second from 0 to 28 tonnes. The GCW varies from 35 to 80 tonnes. The centre of gravity (CoG) has a co-variation with the load. The higher the load the more narrow the distribution of CoG as seen in Figure 3.2.3.

Theoretical simulations for a tree axle tractor show about the same weight distribution as seen in Figure 3.2.3 (see Figure 3.2.4).

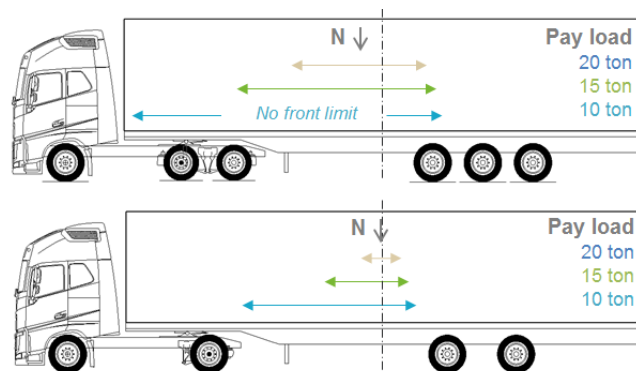


Figure 3.2.4 - Simulated load window/weight distribution of maximum legal rear axle/s weight to minimum 25% of GCW on driven axle for 2 and 3 axle tractor

Weight on Driven Axle/Axles

In Figure 3.2.5, a selected number of comparable trips for the various tractors in DUO-trailer application are shown. Median axle weight on driven axle/axles is 20.6% of the GCW on Tractor B, 21.5% on Tractor A and 13.2% on tractor C.

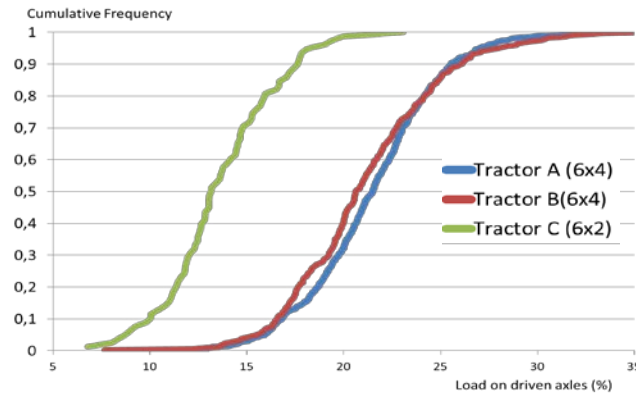


Figure 3.2.5 - Cumulative frequency of weight on driven axles from 1105 transports

In Figure 3.2.6 and Figure 3.2.7 the drive axle load in percentage of GCW is presented. Each cell represents occasions with an actual GCW and a corresponding ratio of load on driven axle. The red box shows that there has been a traction problem during a transport. Wheel spin is much more frequent with Tractor C. A line has been drawn at 20% (requirement in Finland) and one at 25% (requirement in Germany for EMS).

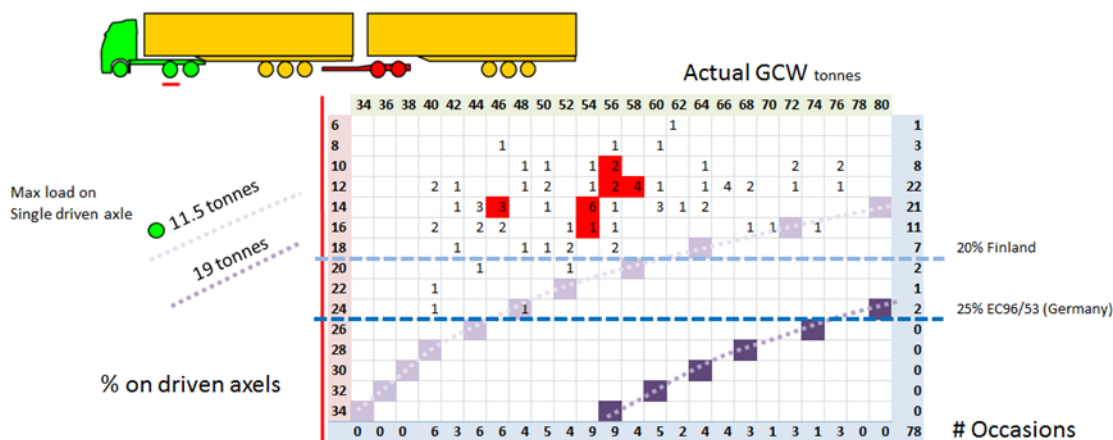


Figure 3.2.6 - Actual load on driven axle for the 6x2 Tractor C from 78 transports. Wheel spin in 8% of the transports (6/78)

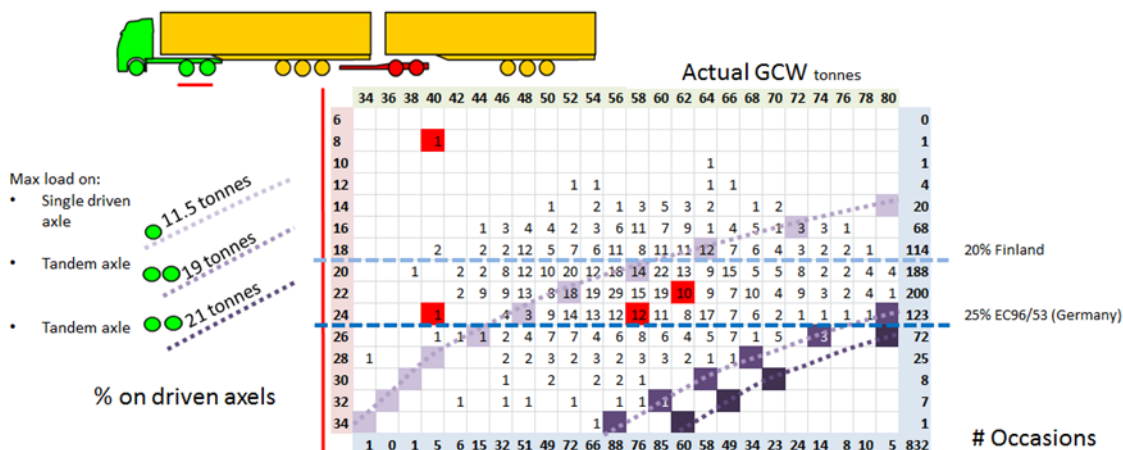


Figure 3.2.7 - Actual load on driven axles for the 6x4 Tractor A&B from 832 transports. Wheel spin in 2.5% of the transports (21/832)

Traction and Weight on Driven Axle/Axles - Hill Climbing

The load on driven axles before and during the hill climbing has been noted at the 7% slope on the field test route.

The first axle on the semi-trailer can either be forced to be lifted, or will automatically be lifted depending on the axle loads. This can increase the load on driven axles with about 1-2 tonnes. The driver can also choose to dump or lift the third axle on the tractor and thereby increase load on driven axle/axles. These weight distribution measures can give up to 5.5 tonnes more on driven axles as seen in Figure 3.2.8.

In the Figure 3.2.8 load transfer is shown with markers. Wheel spin is shown with yellow filled markers. Dotted and dashed lines represent in 130 % of maximum continuous legal weight on driven axles, for 6x2 and 6x4 trucks. Solid lines show the theoretical maximum of transferrable load to driven axle/axles.

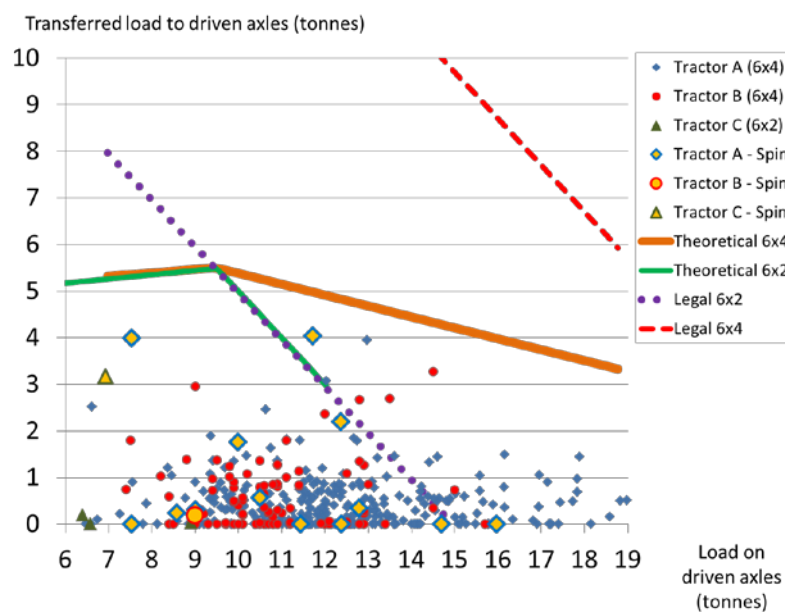


Figure 3.2.8 - Transferred load to driven axles for 412 transports

3.3 Startability and Hill Climbing

Startability has been simulated and tested on proving ground at a friction of 0.8μ which corresponds to dry asphalt. Tractor B (6x4) has a 16 litre engine with 750 hp and the rear axle ratio is 3.09. Simulations indicate that hill start in 12% slope should be fine. The performance of the tractor was tested at proving ground in 2015, with a GCW of 74 tonnes.

Hill start with the inclination of 11.7% was tested successfully with Tractor B. Flat road acceleration resulted in 50 km/h after 30 s (250 m) and 80 km/h in 63 s (850 m). Hill climbing at constant slope of 5% resulted in a top speed of 45 km/h.

In Figure 3.3.2 the vehicle speed at the 7% hill from the field test route is presented. The DUO-trailer had a GCW of 65 tonnes and a lowest velocity of 35 km/h.

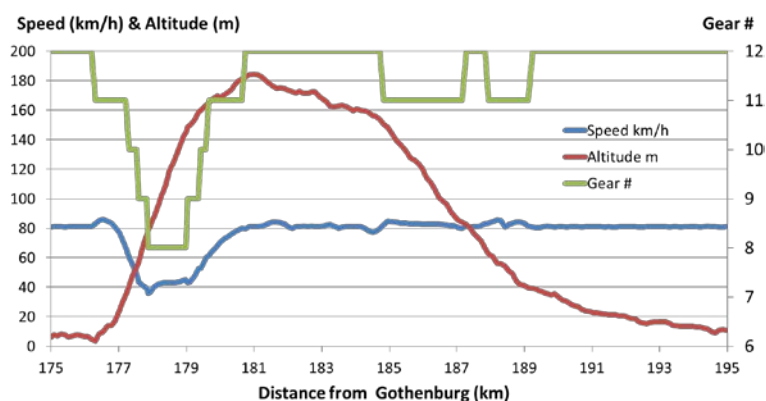


Figure 3.3.2 - Vehicle speed, altitude and gear over a 7% hill, Tractor B

3.4 Braking

Braking distance at straight-line panic braking on slightly wet road surface for various velocities, with Tractor B, loaded to 74 tonnes, is listed in Table 3.4.1.

Table 3.4.1 - Straight-line panic braking, Tractor B. The road surface was slightly wet

Speed	50 km/h	60 km/h	70 km/h	80 km/h	90 km/h
Stopping distance	16 m	25 m	31 m	43 m	56 m

The directional stability at the straight-line panic braking was easily controlled by the driver at all speeds. Panic braking was also tested in a curve at 70 km/h. The stopping distance was not measured, only the directional stability was observed. The directional stability was good and easily controlled by the driver.

3.5 Lane Change and Course Stability

Dynamic stability of the DUO-trailer is addressed in a type vehicle report (Larsson, 2018). The perceived stability with Tractor B from proving ground with GCW of 74 tonnes is good. Lane changes on flat road surface were performed at a speed 70 km/h with duration of 10 s (normal lane change) and with duration of 3 s (rapid lane change). Both manoeuvres were well controllable without any visible tail swing of the last trailer. Course stability assessment on uneven country road (Hålleröd proving ground, Handling track 2): The combination stayed well in its lane despite of large side dips in the road.

Examples of simulations are lane change amplification of acceleration, rearward amplification of yaw-rate and damping. The three tractors were compared in a 3D simulation. The results are shown in Table 3.5.1.

Table 3.5.1 – 3D Simulation of rearward amplification of acceleration, yaw-rate and damping in single lane change ISO 14791 with DUO-Trailer GCW 74 tonnes

	Tractor A 6x4 WB 3.0 m	Tractor B 6x4 WB 3.4 m	Tractor C 6x2 tag WB 3.0 m
Rearward amplification of acceleration	2.09	2.03	2.03
Rearward amplification of yaw-rate	1.87	1.90	1.83
Yaw damping	0.35	0.35	0.36

4. DISCUSSION

The driveability of the DUO-trailer is a prioritized subject. When Tractor C (6x2) was tested we noticed how hard it was to get sufficient drive axle load. This has caused a lot of wheel spin on Tractor C. The drivers have shown their concern regarding driving with the 6x2 tractor at winter conditions. During the tests we have come to the conclusion that a minimum load of 20 % in GCW on driven axles is needed for good driveability. Looking at the drive axle load for Tractor C, we have very few trips that are loaded with respect of drive axle load.

The rearward amplification of acceleration, rearward amplification of yaw-rate and yaw damping are quite similar for the three tractors. All of them show good vehicle dynamic performance.

The first two trucks were 6x4 tractors with D16 750 hp engine. These trucks have been driven in the project without any greater traction problems. There have been some wheel spins in the winter with icy and wet road surface.

In Germany there is a demand for 25% on EMS vehicles and in Finland the demand is 20% of GCW on driven axles. Finland has a maximum bogie load of 21 tonnes on two driven axles. The consequence of a demand like this in Sweden (our maximum bogie load is 19 tonnes on two driven axles) will be that two driven axles are required to drive a DUO-trailer with GCW above 58 tonnes.

In Finland there is also a demand that the weight maximum GCW on the trailer units should not exceed 2.5 times the truck's Gross Vehicle Weight (GVW). This would if applied in Sweden have the GCW for the DUO-trailer listed in Table 4.0.1, depending on the truck wheel base.

Table 4.0.1 - Maximum allowed GCW with demand of 3.5 times GVW

Minimum tractor axle distance* {m}	2.6	4.7
Three Axle Tractor GVW {tonnes}	24	26
DUO-trailer GCW {tonnes}	84	91

*Distance between the front and the last axle on the tractor

Regarding dynamic stability and accessibility the three tractors (A, B and C), are about equal. The stability is found sufficient.

Looking at the specific fuel consumption we can see a great possibility to reduce CO₂ emissions by towing two semi-trailers instead of one.

5. CONCLUSION

A DUO-trailer combination with a 6x4 tractor is a very well-functioning combination. A lift and declutch-able second driven axle is preferred, as well as lift-able and steerable axles on the semitrailers. With this combination we can manage large fluctuations, both in load density and horizontal load centre of gravity.

A 6x2 tractor has less load on driven axle compared to the 6x4, but can be used up to around 60 tonnes. A 4x2 tractor is not suitable for a DUO-trailer combination.

Specific fuel consumption is reduced with around 25%, compared to a 6x2 tractor with a single trailer. Fuel consumption and savings in specific fuel consumption are shown in Figure 5.0.1.

For effective use of DUO-trailer combinations, the same amount of tractors and dollies are recommended. This will take away stress from the long haul drivers.

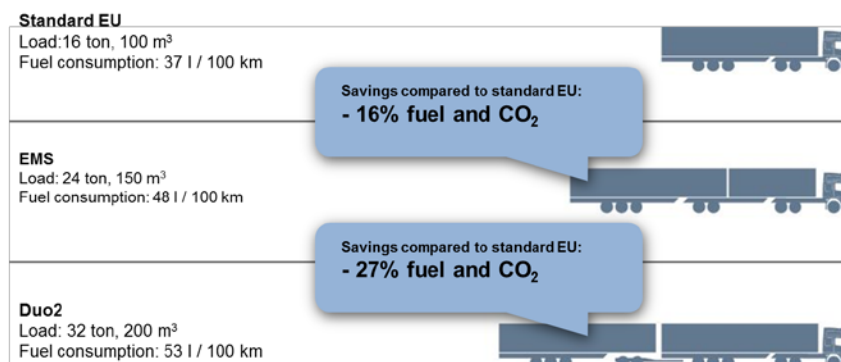


Figure 5.0.1 - Typical fuel consumptions and fuel savings for DUO-trailer, EMS combination and a standard EU combination.

6. REFERENCES

- Lofroth, C., Larsson, L., Enstrom, J., Cider, L., Svenson, G., Aurell, J., Johansson, A. and Asp, T., (2012), "ETT – A Modular System for Forest Transport A three-year roundwood haulage test in Sweden", HVTT12
- Larsson, L., Cider, L. and Pettersson, E., (2016), "CO-optimizing multi vehicle combinations, fuel consumption & traction in slippery condition", HVTT14
- Larsson, L., Pettersson, E. and Fröjd, N., (2018), "Type Vehicle Combinations - HCT Sweden 25.25 To 34 meters", HVTT15

7. ABBREVIATIONS & NOMENCLATURE

CO ₂	Carbon Dioxide (global warming greenhouse gas)
CoG	<u>C</u> entre of <u>G</u> ravity for the Cargo in a semi-trailer
D	<u>D</u> istance travelled loaded
Dolly	 Trailer with only a fifth wheel
DUO-trailer	Tractor + Semi-trailer + Dolly + Semi-trailer
EBS	<u>E</u> lectronic <u>B</u> raking <u>S</u> ystem
EMS	<u>E</u> uropean <u>M</u> odular <u>S</u> ystem
ETT	<u>E</u> n <u>T</u> rave <u>T</u> ill - One Pile More
EC96/53	Maximum authorized weights & dimensions in national and international traffic within the European Community
F _{AB}	Specific Fuel Consumption {ml/tonne·km}
FFI	Strategic Vehicle Research and Innovation – (Swedish program)
GCW	<u>G</u> ross <u>C</u> ombination <u>W</u> eight
GTT	<u>G</u> roup <u>T</u> ruck <u>T</u> echnology
GVW	<u>G</u> ross <u>V</u> ehicle <u>W</u> eight
HCT	<u>H</u> igh <u>C</u> apacity <u>T</u> ransport
HVTT	<u>H</u> eavy <u>V</u> ehicle <u>T</u> ransport <u>T</u> echnology
litre	1/1000 m ³
m	The meter is defined to be the distance light travels through a vacuum in exactly 1/299792458 seconds
M	<u>M</u> ass of goods transported {metric tonne=1000 kg}
NVF	Nordic Road Association (<u>n</u> ordiskt <u>y</u> ägförum)
Semi-trailer	 Trailer without front axles
tonne	1000 kg
Tractor A	Tractor 6x4, Short WB, 750 hp (552 kW)
Tractor B	Tractor 6x4, Longer WB (+4 dm), 750 hp (552 kW)
Tractor C	Tractor 6x2, Short WB, 540 hp (397 kW)
V	<u>V</u> olume of fuel consumed when loaded
WB	Wheel Base Distance between front axle and first driven axle
ÅF	ÅF is an engineering and consulting company with assignments in the energy, industrial and infrastructure sectors.

TYPE VEHICLE COMBINATIONS - HCT SWEDEN 25.25 TO 34 METERS



Lena Larsson
Volvo GTT,
Sweden
M.sc. in
Mechanical
Engineering at
Chalmers Uni of
Tech and MBA at
Gothenburg Uni.
Currently Project
manager, High
Capacity
Transport Vehicle
combinations



Emil Pettersson
ÅF Industry AB,
Sweden
M.sc. in
Mechanical
Engineering at
Chalmers Uni of
Tech.
Currently
Design Engineer;
High Capacity
Transport Vehicle
combinations at
Volvo GTT.



Niklas Fröjd
Volvo GTT,
Sweden
M.sc. in
Mechanical
Engineering at
Chalmers Uni of
Tech.
Currently
Technology
Specialist,
Handling.

Abstract

Tests with High Capacity Transport (HCT) combinations have been carried out in Sweden since 2007. The driving force for these tests has been reduction of CO₂ emissions, increased utilization of the infrastructure as well as transport efficiency. The allowed total weight has been up to 90 tonnes and the overall combination length has been up to 32 m, targeting 34 m.

Comparisons of stability and maneuverability has earlier been done on Swedish HCT combinations, mostly with single-track (2D) simulation models. This study used two-track (3D) modeling, able to take vehicle height into consideration, and has also put special effort in tire modeling that is fair and relevant for the comparisons.

Except for maneuverability in tight corners, many of the HCT vehicle combinations analyzed can match the current Swedish combinations that have up to 64 tonnes gross weight and 25.25 m length with respect to performance parameters. The trucks with double center-axle trailers have good maneuverability but are more critical and sensitive to load distribution with respect to dynamic performance.

Details matter for all combinations. Over-rated single tires are good for lateral and roll over stability. Dual tires are not necessarily best as they have a narrower track and difficult to make steerable. Long wheelbases and drawbar lengths are generally good for stability. Low-speed steered axles can improve maneuverability without jeopardizing high-speed stability.

Keywords: High Capacity Transport, Sweden, Performance Based Standards, A-double, B-double, Truck and B-double, DUO-CAT, DUO-Trailer, Load distribution, Heavy Vehicle Truck Technology, Technical Research. Static & Dynamic Stability, Accessibility, Startability, Long combination vehicles, LCV, Heavy combination vehicles, HCV

1. Introduction

The first official HCT combination in Sweden was a 90 tonnes Truck and B-double timber combination (ETT - One Pile More –“En Trave Till”). The field tests started in January 2009 and results were presented at HVTT12 (Lofroth, 2012) and HVTT14 (Larsson, 2016) conferences. Another field tests started in February 2012 for transporting general cargo from Göteborg to Malmö, with one 66 tonnes double center-axle trailer combination (DUO-CAT) and one 80 tonnes A-double combination (DUO-Trailer).

In a national HCT-program, coordinated by Closer, the Volvo field test research and other vehicle demonstrators has been coordinated with other work areas. See Figure 1. The Type vehicles work area has been going on since 2014

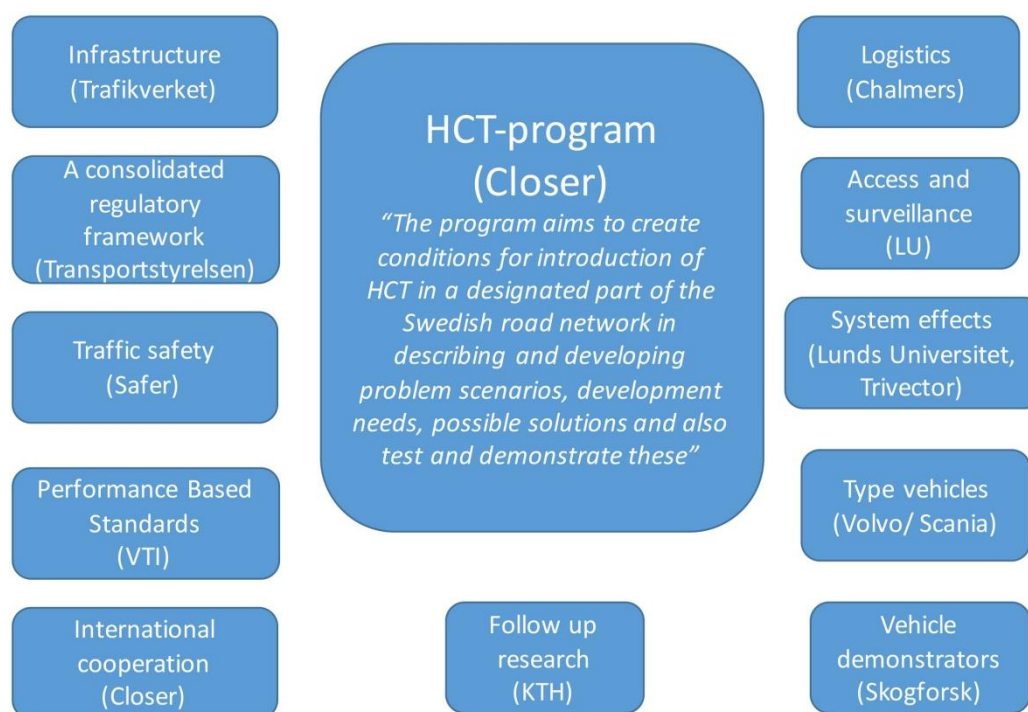


Figure 1 – HCT-program "work areas" 2014-2018

The Type vehicles approach was initially used for bridge-calculations. Approximately 100 vehicles were defined briefly, from 8 m single trucks to 35 m long combinations. With this work as a base a new road class BK4 was designed allowing vehicle combinations up to 74 tonnes gross combination weight.

The work with type vehicles was expanded to include stability assessments and has been used as input to Swedish and Finnish HCT field tests applications and the Swedish Road class one and four (BK1 and BK4) legislation, which is valid from 2018. The Type vehicles work area has mainly been financed by AB Volvo, Swedish Transport Administration and FFI.

The stability requirements in the regulation above 64 tonnes is partly based on simulations, using single-track models (also called 2D-models), combined with a static roll-over calculation. Single-track models of stability and maneuverability reviews of HCT vehicle combinations have been performed in Sweden earlier, example (Aurell, 2007).

This paper describes the procedure and some result from a new analysis of a number of long 74 tonnes HCT vehicle combinations regarding dynamic stability and low speed maneuvering. The stability analysis is upgraded to two-track simulation models (also called 3D-models). It compares with current

Swedish 64-tonnes combinations within 25.25 m, and the performance characteristics are based on suggestions in the Swedish PBS (Performance Based Standards) work within the HCT-program (Kharrazi 2017). Main differences between the 3D-model and the 2D-model are that the 3D-model adds effects of center of gravity height and suspension properties, it transfers load between inner and outer wheels in curves and the vehicle can roll over.

One critical part in the vehicle simulation is to define a tire model with the appropriate complexity, able to represent the truck and trailer tires on the market. The tire model shall be as simple as possible but still relevant and fair for the comparisons of different combinations. Initially a linear tire model was used but after a while replaced with a non-linear which don't underestimate lane change off-tracking.

2. Method

A model library of relevant vehicle combinations layouts was assembled from an existing Volvo 3D-model library of trucks, tractors, semi-trailers, dollies and full trailers.

Detailed designs were made of potentially efficient HCT type vehicle combinations regarding configuration, weight, axle positions loading space etc. The vehicle combinations are designed for specific applications for example: general cargo, timber, wood ship, construction and container transports. Corresponding model parameter sets were created, adding chassis properties like suspension characteristics. Reference 64 tonnes combinations were identified and parameterized.

A set of performance characteristics was defined, based on both PBS-project recommendations and the new Swedish requirements for 74 tonnes. Most of these characteristics are evaluated by simulations, but some are based on fairly simple calculations. Only stability and maneuverability is covered in this paper

Various tire modeling strategies were investigated and finally one was settled for the studies.

Standard parameter values for some properties were defined. When activated they override all compared type vehicles specific parameters. In this paper, there are studies on such standard parameters, as how the vehicle height or front/rear loading effect different vehicle combinations regarding stability.

All combinations were evaluated as being 4 m high and having a neutral tire parameterization. The neutral tire means all tires of the combination are regarding cornering properties scaled to the actual axle load. HCT combinations were compared with existing 64-tonnes fleet

Sensitivity studies on three of the HCT combinations were performed.

2.1 Simulation model

An existing Volvo developed semi-detailed 3D-models of trucks, tractors, semi-trailers, dollies and full trailers were used as a base for the stability and maneuverability, VTM (Volvo Transport Models). This model library is based on MATLAB® and the Simulink® and Simscape™ toolboxes. In Figure 2 there is sketched layout of a tractor and semi-trailer combination demonstrating the approximate complexity of this multi-body model. The axle suspensions are suspended in roll and bounce relative to the frame. The spring and dampers are linear components. The cab suspension complexity is not needed for these simulations, but follows the standard Volvo model library. The tires are vertically suspended to the ground with linear springs, but can lift off the ground. The frame compliances of the tractor and the trailer are represented by torsional chassis joints.

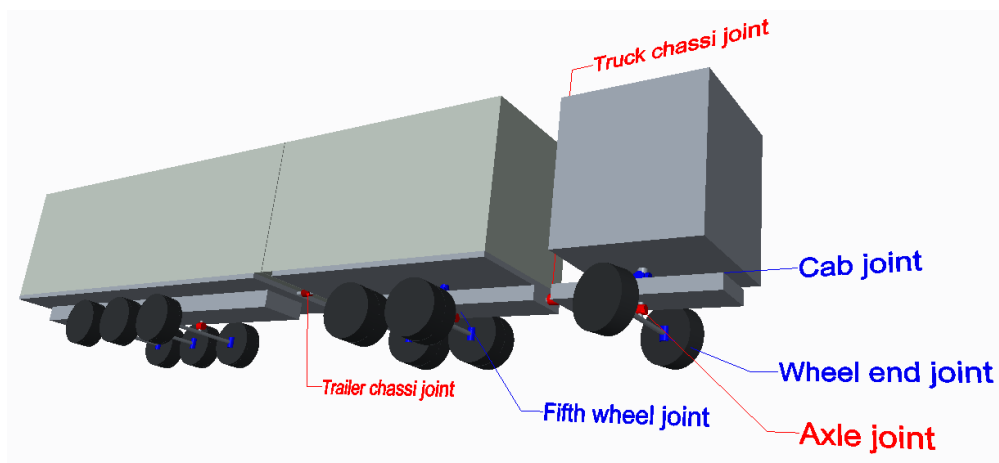


Figure 2 - sketched description of a tractor and semi-trailer 3D-model

The parameters defining all dimensions, weights, inertias and other properties are loaded by a parameterization file. Parameter values for trucks and tractors come from typical Volvo units. For trailers and dollies they come from various sources like trailer manufacturers, trailer axle manufacturers, laboratory measurements, sub system calculations and engineering estimations.

2.2 Compared truck combinations

Out of the 100 defined type vehicle combinations, performances of 11 HCT vehicle combination layouts are presented in this paper. They are from 27 m to 34 m long, see Figure 3. They have a gross combination weight up to 74 tonnes. The HCT combinations are built on EMS modules and can therefore easily be taken apart o to smaller combinations, example DUO-CAT becomes an standard 18.75m combination if the last CAT is disconnected. DUO-trailer seems to be the most wanted HCT combination in Finland and Sweden. For some transport companies DUO-CAT with swap-bodies may be more suitable. MAX-VOLUME takes the lead in loading space and LONG-LINK is efficient for 40'' container transports, but need some space in corners. Bright red colored axles are steered; only first axle is steered at high speed.

Three today common 64 tonnes combinations were chosen as references. They are between 23.4 m and 25.25 m long and have a maximum gross combination weight of 64 tonnes. These are the longest and heaviest combinations that are allow without special permit on Swedish roads today. Number one and two are typical general cargo transporters; the third one is a container transport.

#	Volvo name	Vehicle combination layout	Total length
1	DUO-CAT1	Double-CAT	27.3m
2	DUO-CAT2	Double-CAT	27.3m
3	DUO-CAT3	Double-CAT	27.3m
4	ETT	Truck and B-double	30m
5	MAX-VOLUME1	Truck and B-double	34m
6	MAX-VOLUME2	Truck and B-double	34m
7	DUO-TRAILER1	A-double	32m
8	DUO-TRAILER2	A-double	30m
9	DUO-TRAILER3	A-double	32m
10	DUO-TRAILER4	A-double	32m
11	LONG-LINK	B-double	30m
R1	REF1	Truck-Dolly-Semitrailer	25.25m
R2	REF2	Tractor-Semitrailer-CAT	25.25m
R3	REF3	B-double	24m

Figure 3 - Basic layout of the HCT combinations and Swedish 64 tonnes references

2.3 Load distribution

As input to the simulation model the outer boundaries of the payload and a defined payload mass are given. This is used to pre-calculate the center of gravity position for the payload and its inertia contribution. A homogenous payload box is assumed. The density is set to be the same for all units within a combination, and maximized but limited by Swedish legal axle loads and 74 tonnes (or 64 tonnes) gross vehicle weight. It means that the load density differs between the combinations.

Total load height (from the ground) is set to 4.0 m in this paper. Front and rear loading is here defined as a percentage of empty space in the rear or in the front of the load carrier. The front loading case used is 10% front loading, meaning that for instance a 13.6 m long trailer will have the load distributed evenly from the front end of the trailer but leaves the last 1.36 m loading space empty, see Figure 4. Typical general cargo transports (combinations 1, 2, 3, 5, 6, 7, R1 and R2) are designed for front loading. Timber (4), container (8, 11, R3) and wood chips (9, 10) are designed for even load and parameterized accordingly



Figure 4 – left: even load distribution, right: 10% front loading

2.4 Tire model

The concept for the vehicle combination studies was to tune the tire parameters to a standard cornering coefficient (cornering stiffness normalized by vertical load) and a standard lateral relaxation length for the nominal load of the tire. The relaxation length can be seen as a lag between slip angle and lateral force.

Parameters for the non-linear influence of vertical load and lateral are kept unchanged from a selected reference tire.

The Magic Formula 5.2 (Pacejka 2002) non-linear tire model was used as standard model. Existing parameter sets for two different 315/80 R22.5 tires obtained from two different test machines were initially compared giving similar simulation results after adjusting the cornering coefficient and relaxation to the above principles. This gave confidence in using one of this parameter sets as the reference tire parameter set for the simulations.

The standard value for cornering coefficient at nominal load was set to 7.5 g/rad, which earlier was found to give good correlation between simulations and measurements of rearward amplification of yaw velocity for a double center axle trailer combination, this combined with a relaxation length of 0.45 m. 7.5 g/rad was also found to be close to a test result for the same tire (the correlation tire) on a flat track tire testing machine at VTI in Linköping.

The tested tire could also be compared with drum test results of 10 other trailer tires. In Figure 6 with the correlation, it turned out to be a good representative. At the same time the small relative difference between the 11 tires gave confidence to the standard cornering coefficient idea. Notice that these values represent new tires. Worn down tires are known to increase in cornering stability. An representation how the work is conducted with correlation between simulation and realworld test can be seen in Figure 5.



Figure 5 – correlation of complete vehicle performance by tuning the trailer tires cornering coefficient and relaxation.

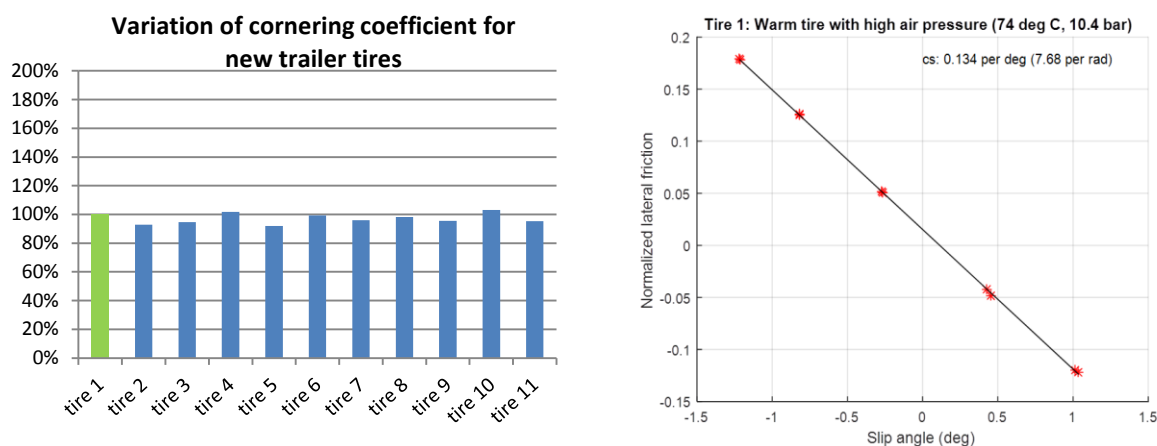


Figure 6 – Left: drum machine testing of the correlation tire (green) and 10 other trailer tires from one tire manufacturer. Right: flat-track machine testing of the correlation tire

The support for choosing a relaxation length of 0.45 m is also based on a general rule of thumb that it can be assumed to be equal to the tire radius. It also contributed to a good correlation to the measurements.

For the studies the nominal load for the Magic Formula parameters was either adjusted to the actual tire load for each tire in the combination (neutral tire) or to the rated vertical load for a specific tire size (sized tire). The neutral tire is used in most of the comparisons. The sized tire models are used for instance when estimating the impact of alternative tire dimensions, or when studying the effect of front and rear loading of trailers. The sized tires also effect the track and vertical stiffness of the tires. These values are estimations based on experience from various measurements.

2.5 Evaluated performance characteristics

90 degree turn inner circle radius - Smallest inner radius at 90° turn in slow speed when the truck front corner follows a circular path with radius 12.5 m. See Figure 7.

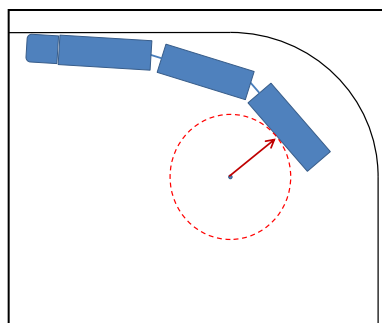


Figure 7 – 90° turn inner circle radius

90 degree turn outboard off-tracking – Maximal outboard off-tracking of the last trailer of the truck combinations outside the 90° turn in Figure 7, including the straight lines before and after the turn.

Lane-change amplification of yaw velocity – Maximum value of the rearward amplification of yaw velocity between the first and last vehicle unit at single sinus lane changes in a maneuver frequency range between 0,2 Hz and 0,8 Hz at 80 km/h according to ISO 14791. The lane change maneuvers has a peak acceleration of 1 m/s². See Figure 8.

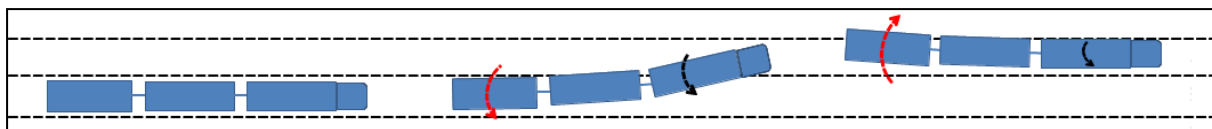


Figure 8 – Single lane-change amplification

Lane-change amplification of lateral acceleration – The same maneuver is used as for amplification of yaw velocity amplification, but instead the lateral accelerations of the truck front axle and the center of gravity of the last vehicle are compared.

Lane-change off-tracking – last trailer axles lateral outboard off-tracking relatively the truck front axle at a single sinus lane change at 0.3 Hz frequency and 1.15 m/s^2 peak acceleration. See Figure 9.

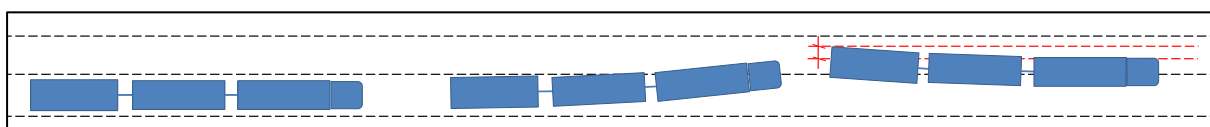


Figure 9 - Lane-change off-tracking

1.15 m/s^2 peak acceleration is corresponding to 2 m side shift at 0.3 Hz frequency. The reason for choosing such a small side maneuver is for the comparisons of the combinations, to avoid 100% load transfer of any of the combinations.

Articulation angle damping– Articulation angle damping is calculated from the decay of the last articulation angle, after a single sine maneuver at 80 km/h, according to ISO 14791. A high value is preferred for the trailer to quickly stabilize after a high-speed maneuver. See Figure 10.

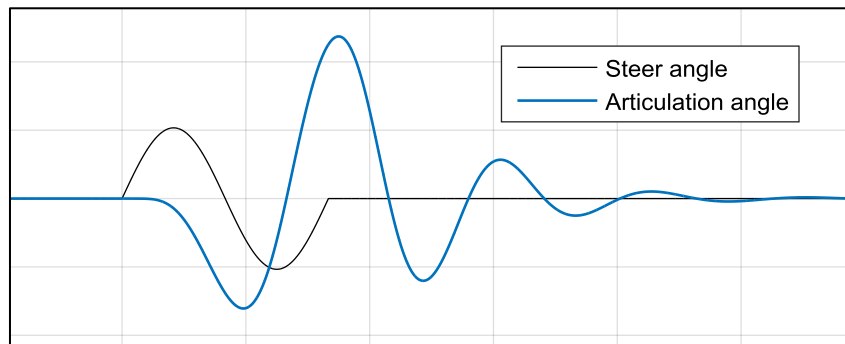


Figure 10 - Articulation angle damping

Lane change load transfer ratio – This percentage value represents how much vertical load is transferred to the other in the same single lane change maneuver as for lane-change off-tracking. All axles are summarized for the last units connected with fifth wheels. However the tractor front axle is not included. In Figure 11 the tires of the last axle group of a B-double have lifted, but the load transfer ratio of the combination is still not 100% as the link-trailer and the tractor still have its inner wheels on the ground.



Figure 11 – lift of the last wheels on a B-double, but the load transfer ratio is not 100%

3. Results highlights

3.1 Rearward amplification correlation

There are two alternative measures for rearward amplification, yaw velocity and lateral acceleration. When performing measurements yaw velocity is often preferred as it is clearly easier to measure for a number of reasons, and there are probably more reference measurements to compare with. In simulations though it is as easy to capture lateral acceleration. In Figure 9 two reasons can be viewed for why lateral acceleration amplification gets more attention in this paper. It correlates better to load transfer (risk for rolling over) and lateral off-tracking.

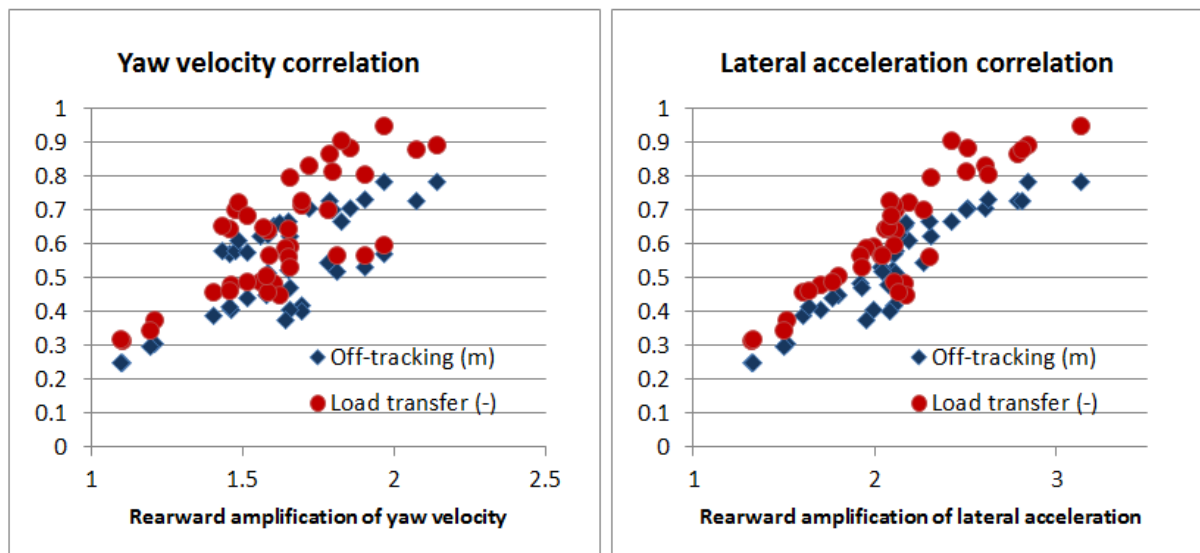


Figure 12 – Lane change amplification correlation to off-tracking and load transfer in a lane-change

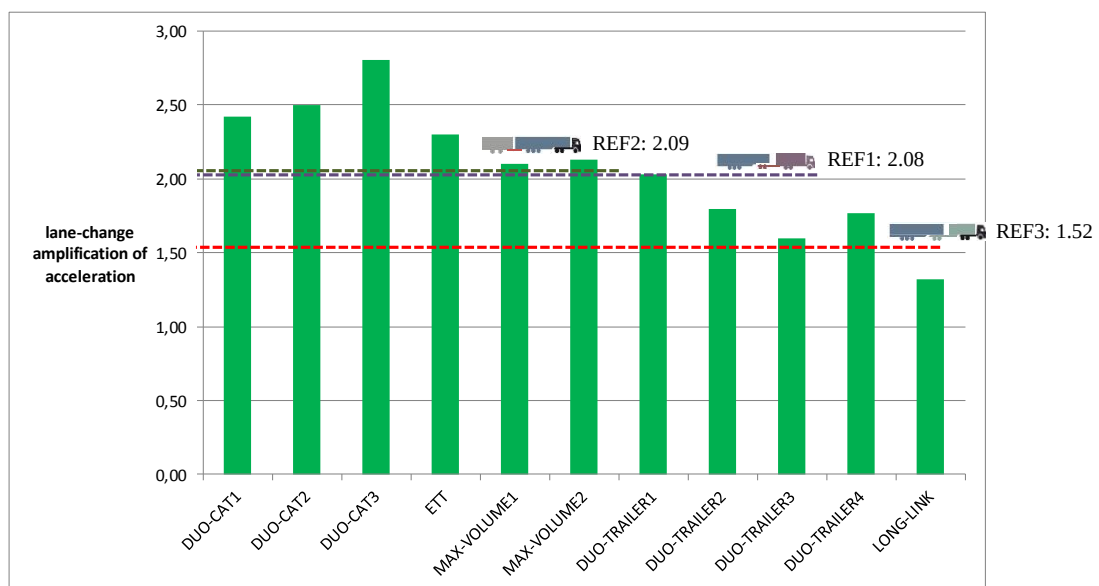
3.2 Comparison between long HCT and reference 64 tonnes combinations

Eleven HCT combinations are evaluated with their standard load distribution for their intended transport application, see 2.3. They have a total length between 27.5 and 33.6 m and a gross combination weight between 64 and 74 tonnes. An overview of the stability and maneuvering results can be seen in Table 1.

Table 1 – Performance of 64 -74 tonnes HCT combinations and 64 tonnes references

Parameters	DUO-CAT1	DUO-CAT2	DUO-CAT3	ETT	MAX-VOLUME1	MAX-VOLUME2	DUO-TRAILER1	DUO-TRAILER2	DUO-TRAILER3	DUO-TRAILER4	LONG-LINK	REF1	REF2	REF3
Total combination weight[kg]	64096	73205	73998	73998	73956	73960	74000	70053	70002	73999	69015	63971	63995	63961
Total combination wheelbase[m]	23,43	23,89	24,67	26,29	29,30	29,40	27,60	27,05	28,95	29,55	25,30	21,14	21,07	20,20
Total combination length[m]	27,57	27,78	28,56	29,28	33,42	33,52	31,97	29,56	31,87	32,12	28,99	25,25	25,25	23,42
90 deg turn inner circle radius [m]	5,41	5,55	5,94	4,79	3,95	3,93	4,53	4,01	3,24	4,13	3,81	6,10	5,42	5,13
90 deg turn outboard off-tracking[m]	0,15	0,19	0,29	0,09	0,14	0,14	0,21	0,07	0,08	0,15	0,26	0,29	0,19	0,10
lane-change amplification of yaw-rate	1,83	1,80	2,08	1,65	1,56	1,58	1,90	1,58	1,40	1,52	1,10	1,43	1,70	1,21
lane-change amplification of acceleration	2,42	2,50	2,80	2,30	2,10	2,13	2,03	1,80	1,60	1,77	1,32	2,09	2,08	1,52
Lane-change Off-tracking[m]	0,67	0,70	0,73	0,67	0,62	0,63	0,53	0,45	0,39	0,44	0,25	0,58	0,40	0,31
Yaw damping	0,26	0,26	0,24	0,38	0,40	0,41	0,35	0,39	0,44	0,44	0,57	0,36	0,26	0,47

The comparisons are performed with neutral tire parameters and with a load height of 4.0 m for all combinations: In the bar chart summary in Figure 13 the rearward amplification of lateral acceleration is in focus. The DUO-CAT double center-axle trailer combinations are specially challenging whereas the ETT and MAX-VOLUME Truck and B-double combinations on par with a common 25.25 m Truck-Dolly-Semitrailer combination. The DUO-trailer A-doubles are within the current range of 64 tonnes combinations

**Figure 13 – Lane change amplification of acceleration (lower is better)**

In Figure 14 the space claiming in the 90° corner can be seen. Here the DUO-CAT combinations are very good, but the A-doubles are more critical. The Long-Link combination has steered last axle of both the link and semitrailer. DUO-trailer 4 also has such trailer steering. It is clear that the longest HCT combinations require extra space.

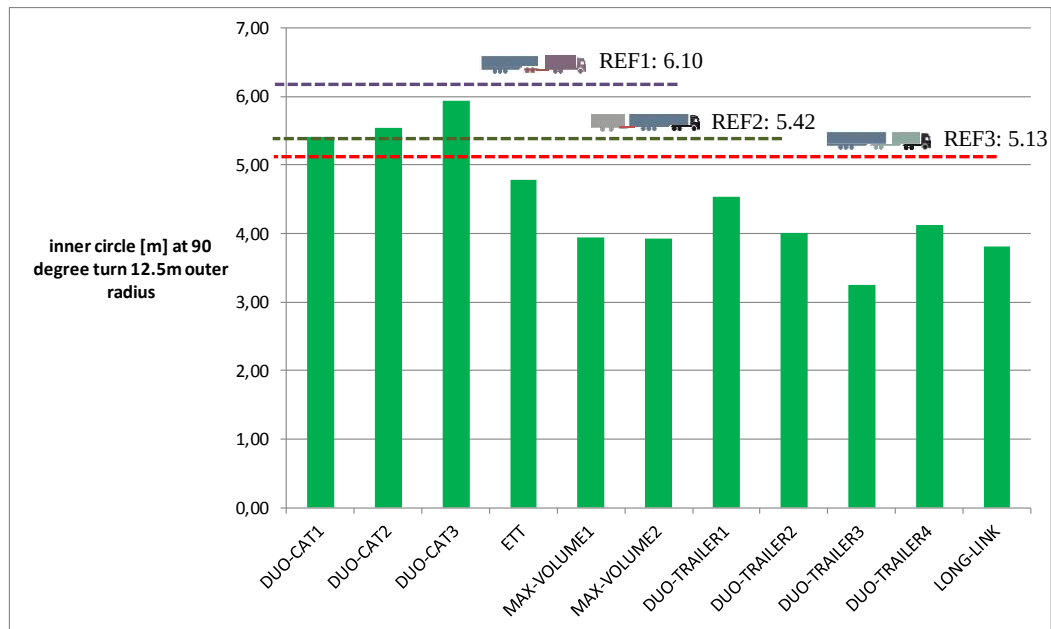


Figure 14 – Inner radius [m] at 90° turn with 12.5m outer radius [higher is better]

3.3 Comparing different tire sizes

As the cornering coefficient normally increase somewhat when a tires carry less load and vice versa, there is a possibility to increase the lateral combination stability by mounting over-rated tires in relation to the actual axle load, see Figure 15. Dual tires are often over-rated. On the other hand the roll stability must be taken into account (see **Figure 15**), therefore also track and vertical stiffness are important. Following tire sizes, with corresponding estimated track and vertical stiffness are compared:

385/55 R22.5 – single	track 2.10 m	rated 4.5 t/tire	stiffness 1300 N/mm/tire
265/70 R19.5 – twin	track 1.95 m	rated 2.575 t/tire	stiffness 800 N/mm/tire
275/70 R22.5 – twin	track 1.90 m	rated 2.9 t/tire	stiffness 900 N/mm/tire
315/70 R22.5 – twin	track 1.85 m	rated 3.75 t/tire	stiffness 1000 N/mm/tire

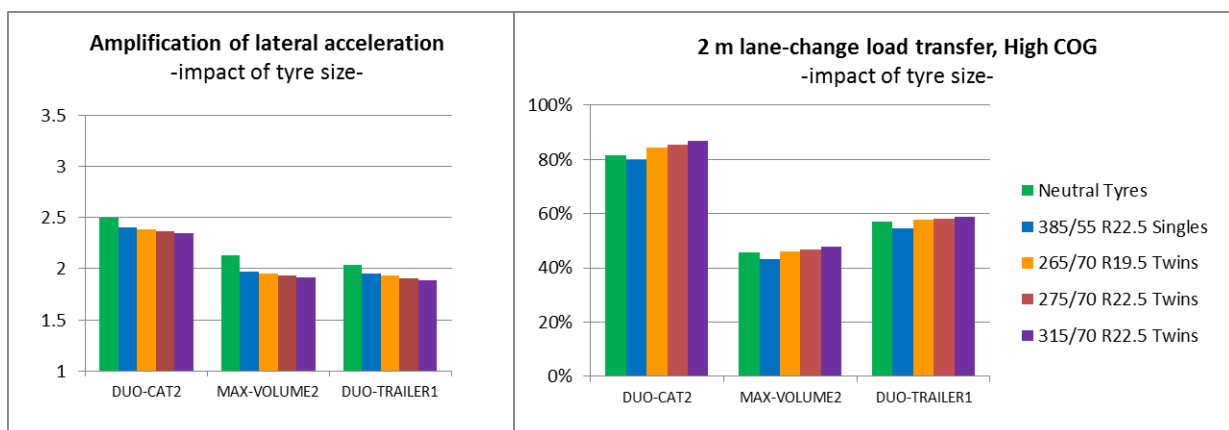


Figure 15 – Amplification of lateral acceleration and lateral load transfer for different size tire.

To be notice is that despite the improvement in rearward amplification with higher tire rating the load transfer actually increases. It is most probably caused by the dual mounted tires more narrow track.

3.4 Sensitivity to load distribution

As the three HCT-combinations chosen for special studies are designed for general cargo applications it is meaningful to investigate their sensitivity to varying load distribution. In reality the center of gravity position longitudinally can vary quite much for this study one specific tire size was chosen, single 385/55 R22.5, for all loading cases. The neutral tire is less relevant here as it would adapt completely to the axle load

Most noticeable is the articulation angle damping drop when going from front loading to even load distribution. For the double CAT trailer combination, having quite low damping from the beginning, the even load distribution is starting getting critical. See Figure 16 and Figure 17.

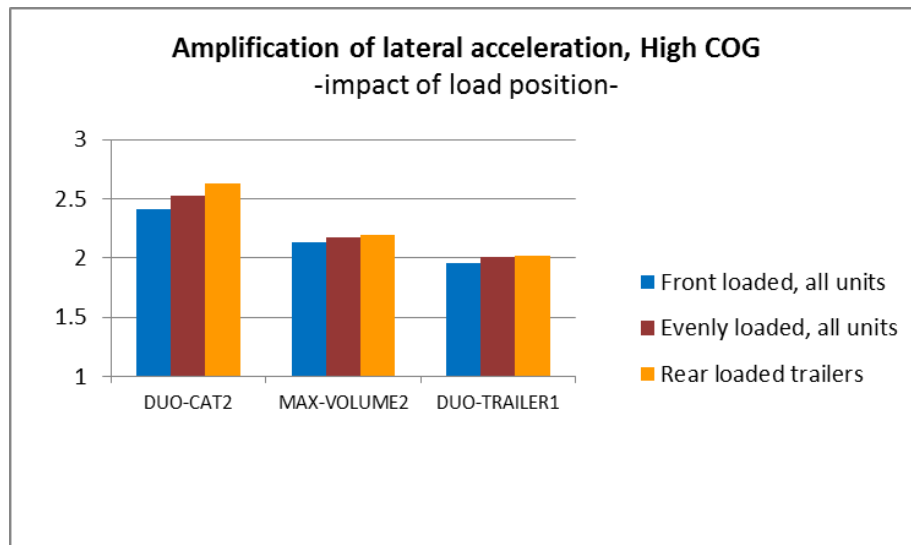


Figure 16 – lateral acceleration sensibility from loading position

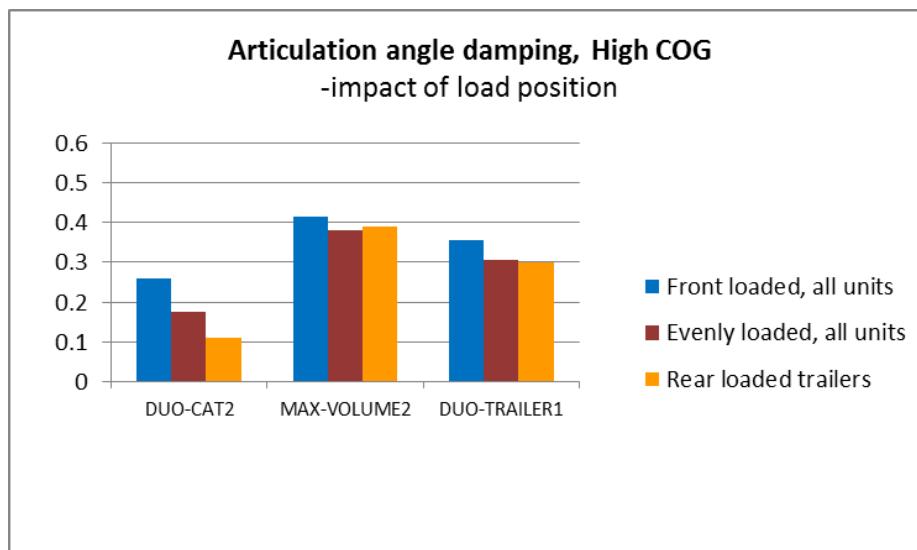


Figure 17 – articulation angle damping sensibility from loading position

To get a feeling for what this drop means Figure 18 illustrates the time history of the articulation angle when the articulation angle damping is 0.26 and 0.11 respectively

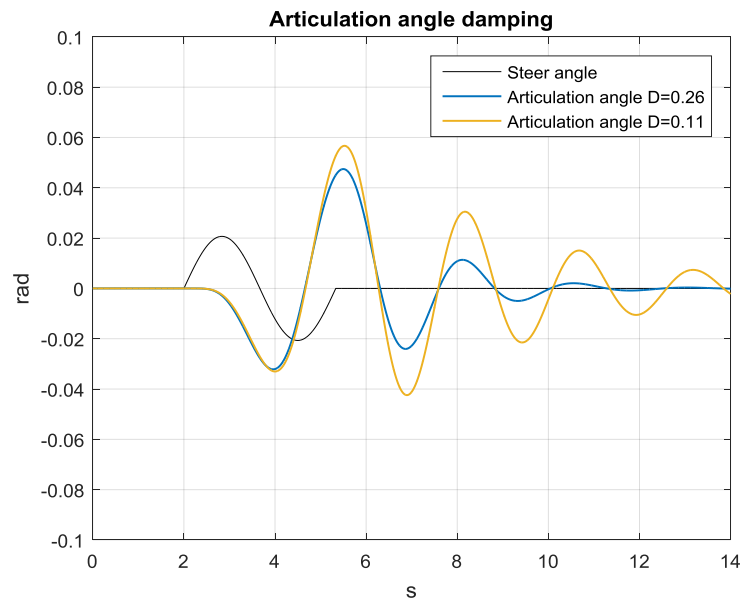


Figure 18 – Visualization of articulation angle damping of 0.26 and 0.11 values

3.5 Sensitivity to speed

Maximum allowed speed for these combinations is 80 km/h in Europe. The relevant speed for high speed characterization is set to 80 km/h, but still there is a possibility that, at least occasionally, the combinations will come up in higher speed, in long down hills for instance. The rearward amplification increases drastically as can be seen in Figure 19 and Figure 20.

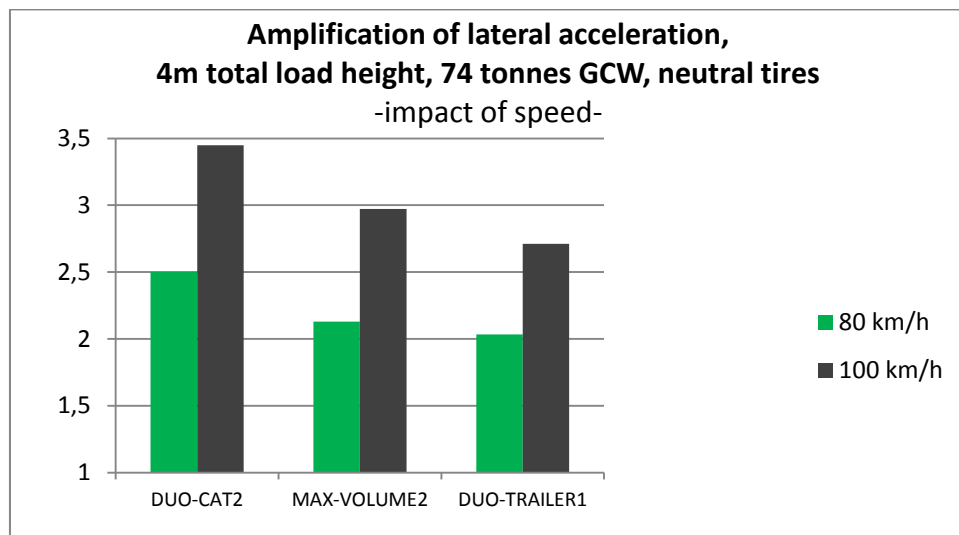


Figure 19 – Amplification of lateral acceleration, sensibility for speed

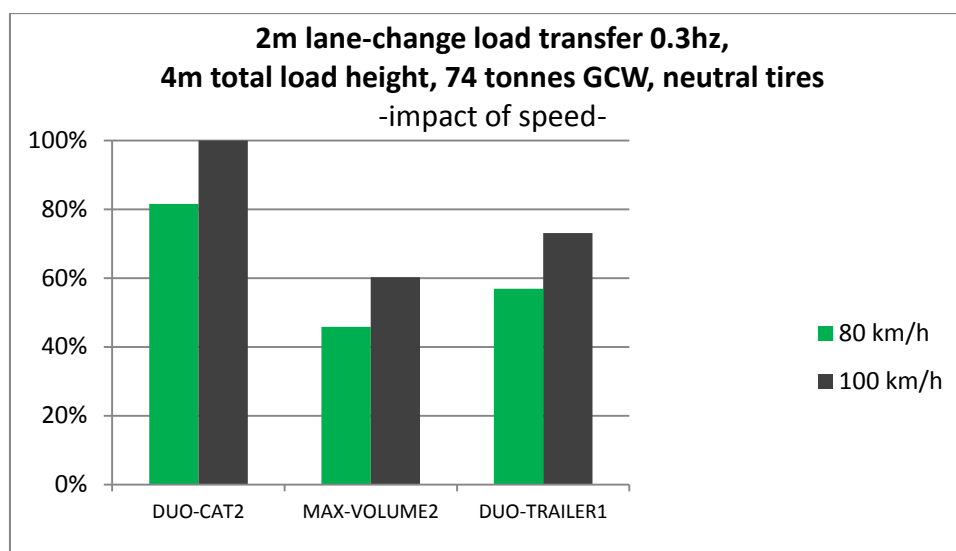


Figure 20 – Load transfer, sensibility for speed

It is clear that speed increases the amplification effects, but that the ranking between the combinations seems consistent.

4. Conclusions & Discussion

With 3D simulations roll and lateral performance can be assessed in the same simulation. Here pros and cons could be evaluated regarding single and dual mounted tires for instance. The twin mounted tire has a better lateral stability, but a narrower track, which is negative for roll stability. With 3D-models there is also a possibility to determine if a low center of gravity combination can accept a higher gross combination weight.

The strategy using completely neutral tire models is fair for comparing combination layouts in most cases, but still it can be a bit misleading in some cases, especially for combinations having more axles than needed for the actual gross combination weight. This might be the case when designing a combination which should be insensitive to varying load distribution. The alternative sized tire parameterization can be specially suited here. It should also be mentioned that both the neutral and sized tire model parameters are representing new tires, which is the worst case. When tires wear down they normal increase in stability, meaning the vehicle stability gets better. The cornering stability can increase 30% which has a large effect. It can also be estimated in the modeling but left out here due to space.

The initial idea to use linear tires are perhaps not sufficient, but a non-linear model can probably be simpler and need less parameters, than the Magic Formula used here.

5th wheels and drawbar couplings has to be studied further.

Rules and regulations based on performance parameters are recommended to be specified with what simulation method that is used.

The extensive simulations and tests of up to 34m and 90 tonnes combinations, shows that these heavier and or longer combinations can be built and used in a way that makes them just as safe as the standard combinations today, but it may require more insight in details, perhaps access to simulation tools, max-speed controller, special loading instructions etc. Inappropriate loading, tires and dimensions such as wheelbase of trailer and coupling distances may however ruin the stability, but this can happen today as well.

5. References

- Lofroth, C., Larsson, L., Enstrom, J., Cider, L., Svenson, G., Aurell, J., Johansson, A. and Asp, T., (2012), “ETT – A Modular System for Forest Transport A three-year roundwood haulage test in Sweden”, HVTT12
- Larsson, L., Cider, L. and Pettersson, E., (2016), “CO-optimizing multi vehicle combinations, fuel consumption & traction in slippery condition”, HVTT14
- Aurell, J. and Wadman, T. (2007), “Vehicle combinations based on the modular Concept”, NVF Report 2007/1
- Kharrazi, S., (2016), “Performance of high capacity vehicles winter versus summer”, HVTT14
- Pacejka, Tyre and Vehicle Dynamics, 2002, Butterworth-Heinemann, ISBN 0 7506 5141 5.
- ISO 14791 Road vehicles – Heavy commercial vehicle combinations and articulated buses – lateral stability test methods
- Kharrazi, S., Karlsson, R., Sandin, J., and Aurell J. (2015), “Performance based standards for high capacity transports in Sweden”, - Report 1 , Review of existing regulations and literature
- Kharrazi, S., Bruzelius, F. and Sandberg U. (2017), “Performance based standards for high capacity transports in Sweden”, - Final Report

6. Abbreviations

PBS	Performance Based Standards
ETT	One Pile More (<u>E</u> n <u>T</u> rave <u>T</u> ill)
VTM	Volvo Transport Models (AB Volvo Program)
GTT	<u>G</u> roup <u>T</u> ruck <u>T</u> echnology
HCT	<u>H</u> igh <u>C</u> apacity <u>T</u> ransport
PBS-project	PBS-project within HCT-program, see Figure 1
BK1-4	Road <u>B</u> eaving <u>C</u> lasses in Sweden
EMS	European Modular System according to 96/53/EC
VTI	Swedish National Road and Transport Research Institute
2D-model	single-track simulation model, two dimensions
3D-model	two-track simulation model, three dimensions

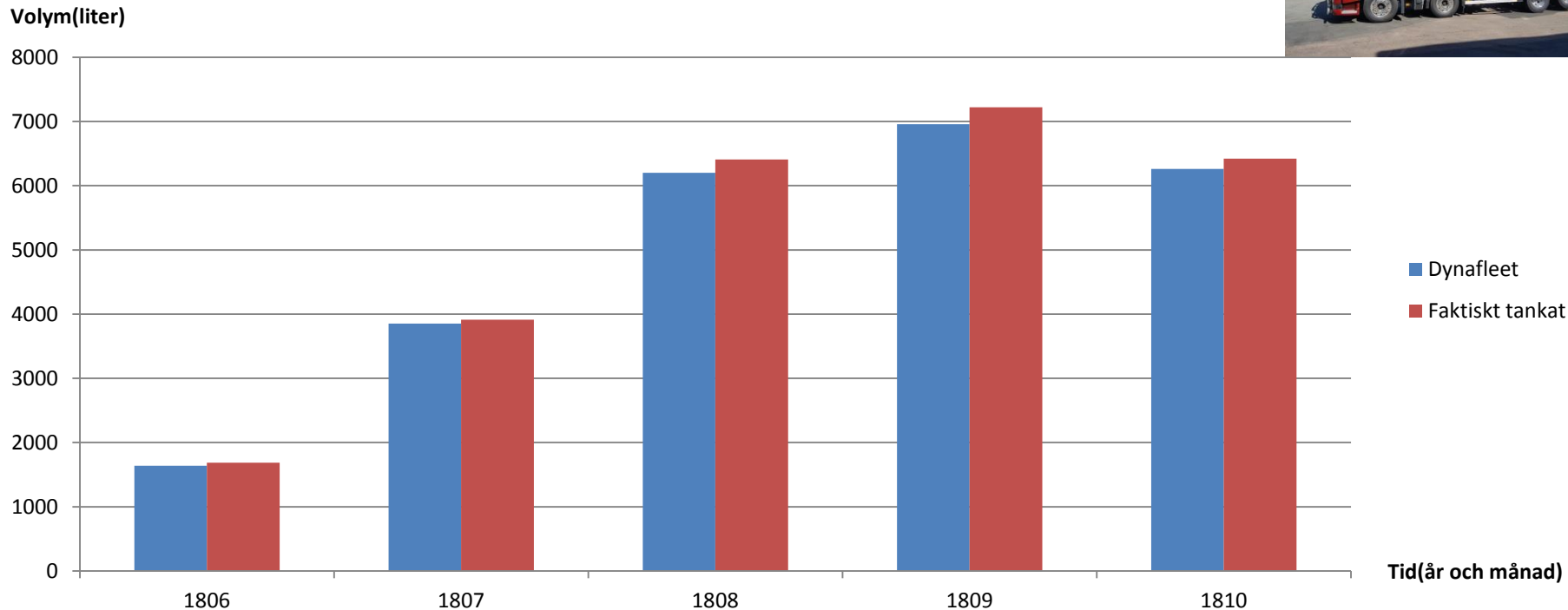
FH-2112 - DGZ065

Bilaga E



Bränsleuppskattning

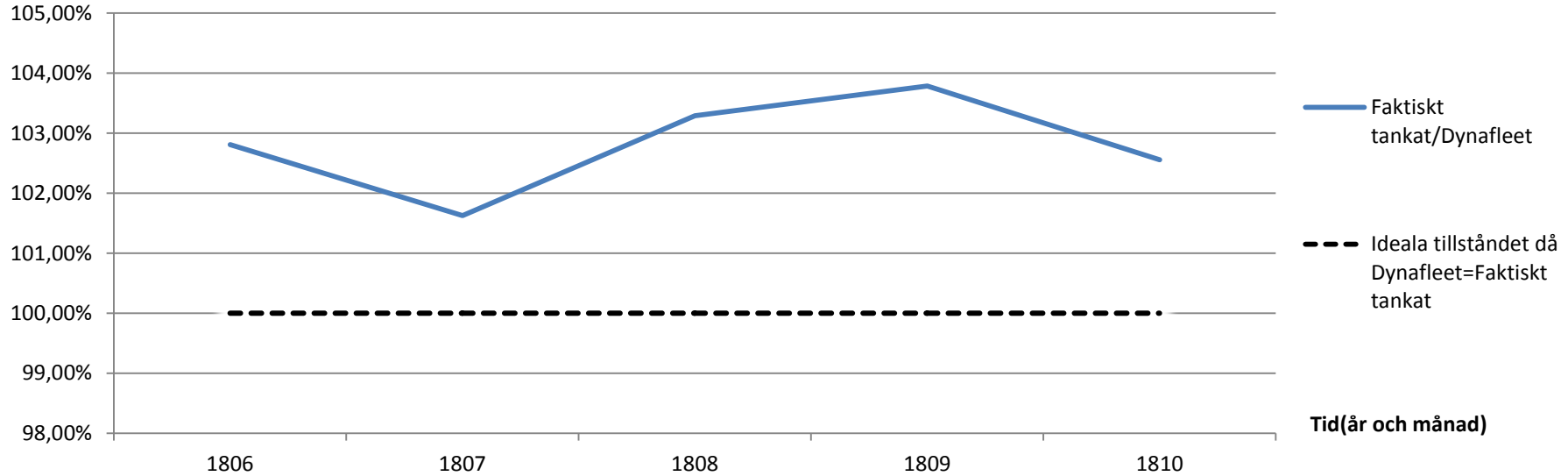
Bilaga E



Förhållande mellan faktiskt tankat och uppskattat av Dynafleet



Procent (%)



Dynafleet visar 2,5% mindre i förhållande till faktiskt tankat i oktober

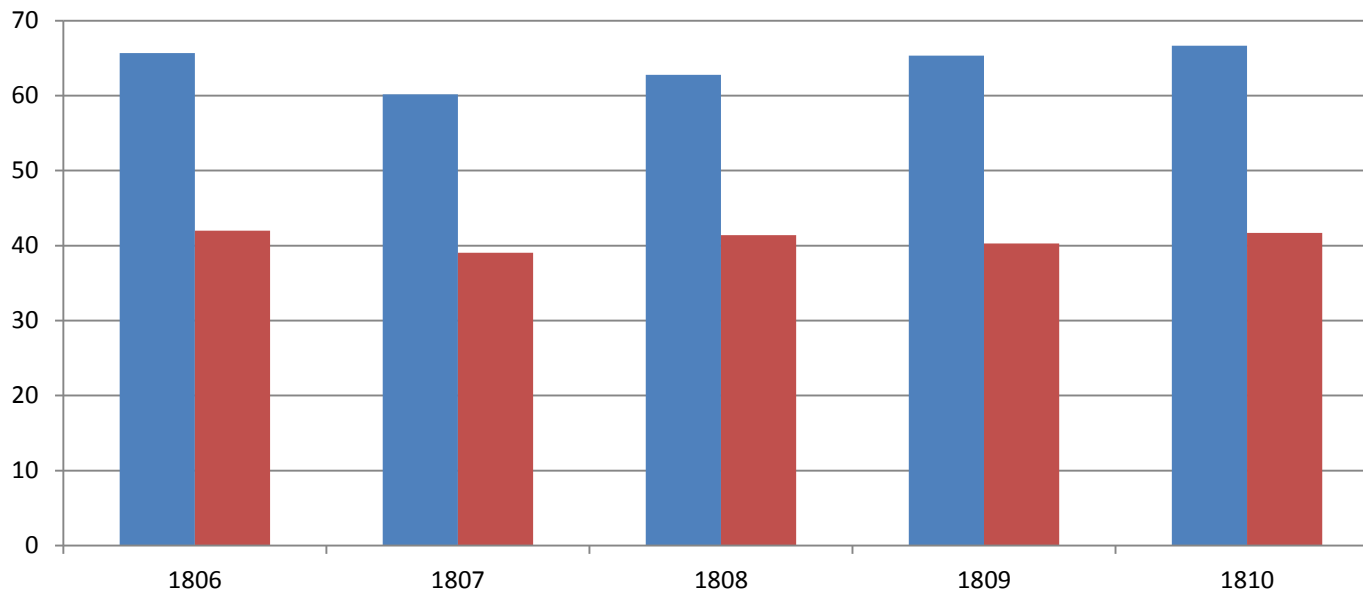


Kalibrerad bränsleförbrukning lastad respektive olastad

Bilaga E



Bränsleförbrukning(l/100km)



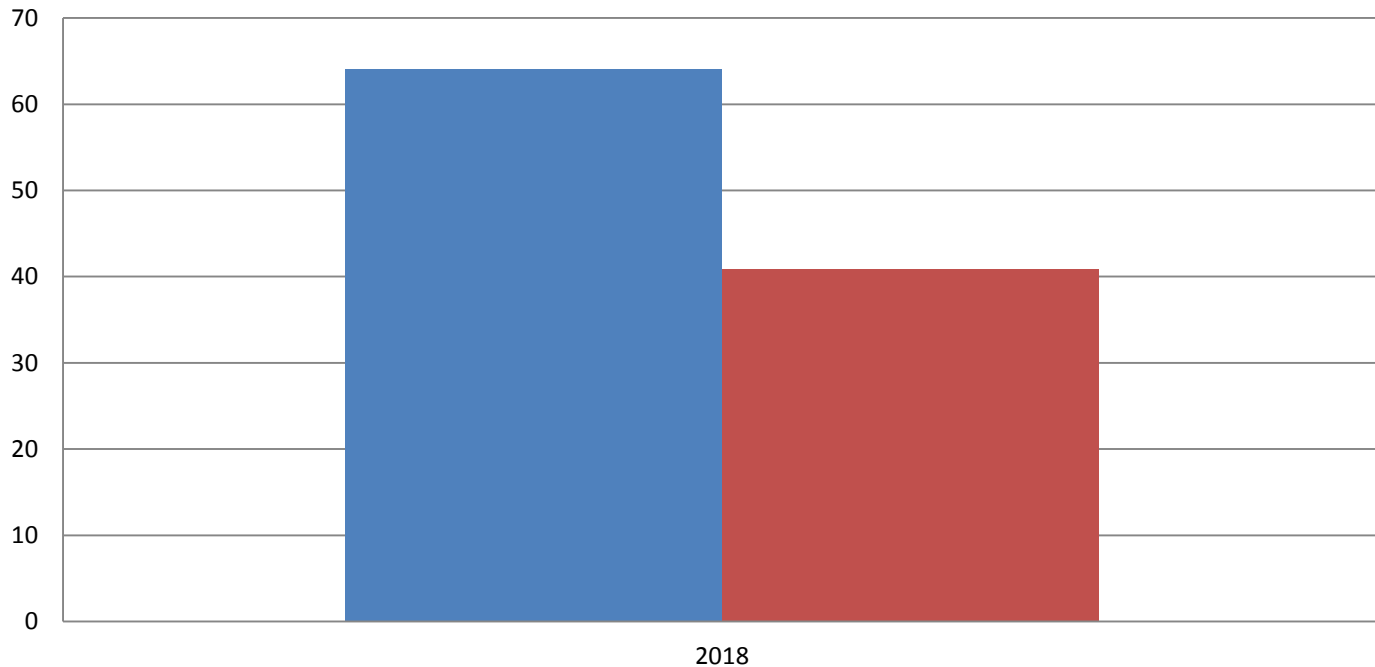
Tid(år och månad)



Kalibrerad bränsleförbrukning per år

Bilaga E

Bränsleförbrukning(l/100km)



■ Bränsleförbrukning lastad
(l/100km)

■ Bränsleförbrukning olastad
(l/100km)

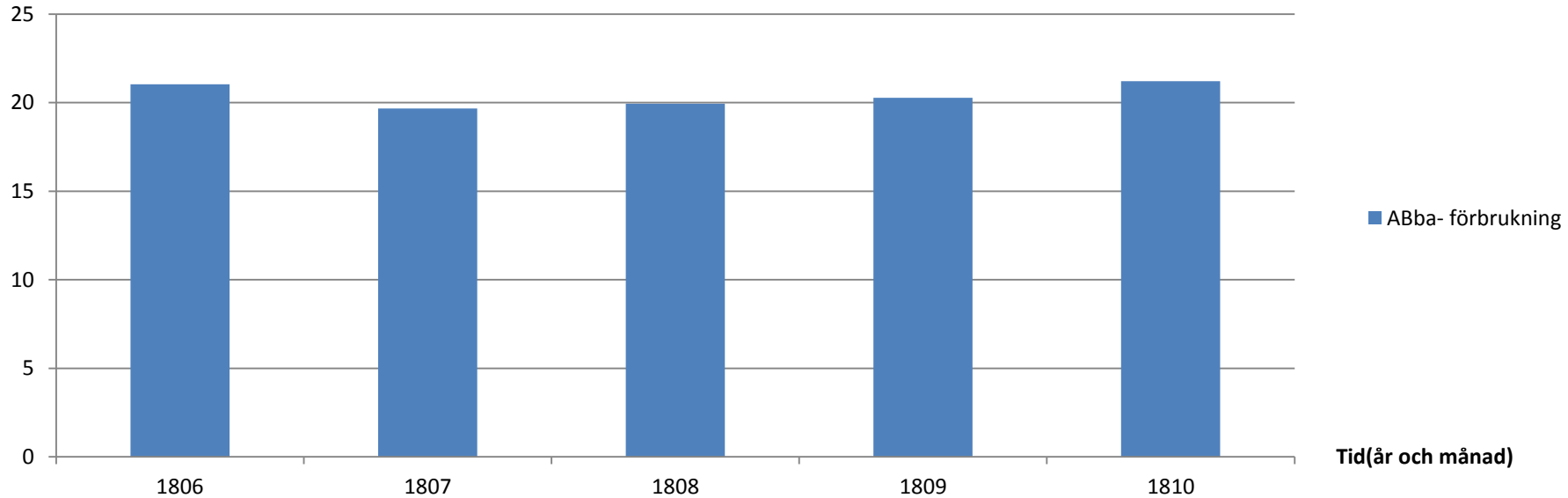
Tid(år)



Kalibrerad ABba-förbrukning



ABba(ml/ton*km)



ABba-förbrukningen i oktober var 21,2 ml/ton*km

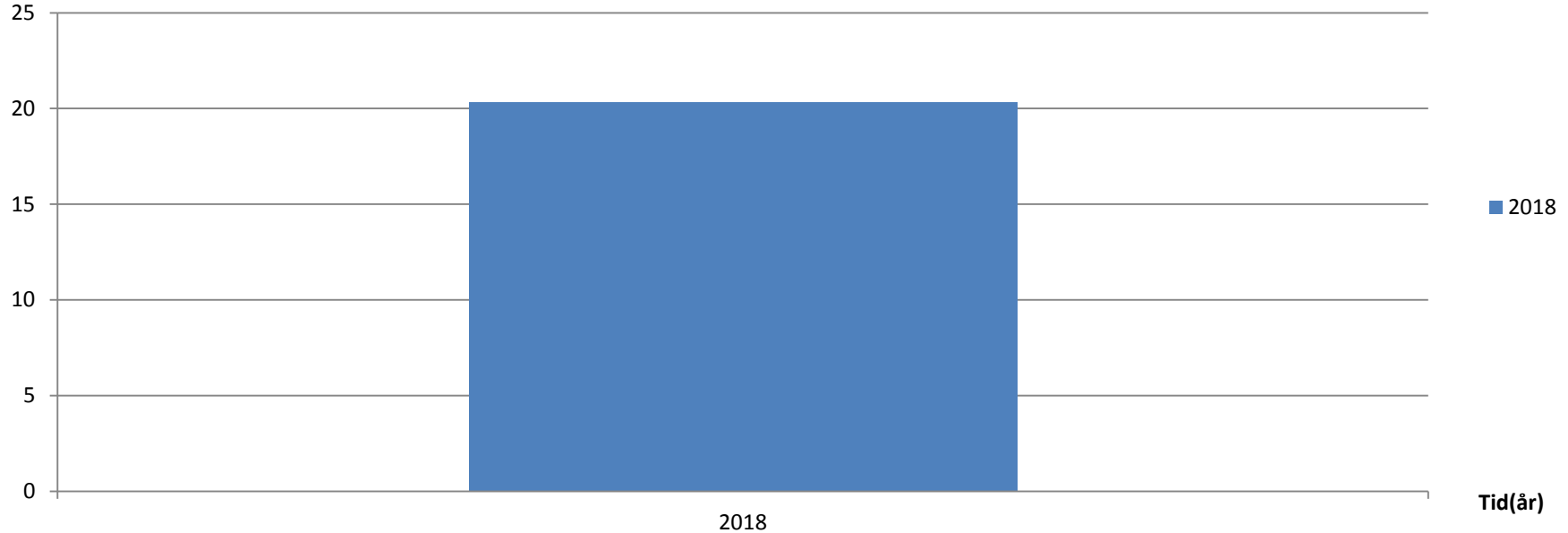


Kalibrerad ABba-förbrukning per år

Bilaga E



ABba(ml/ton*km)



Medelförbrukning sedan start juni 2018

Bilaga E



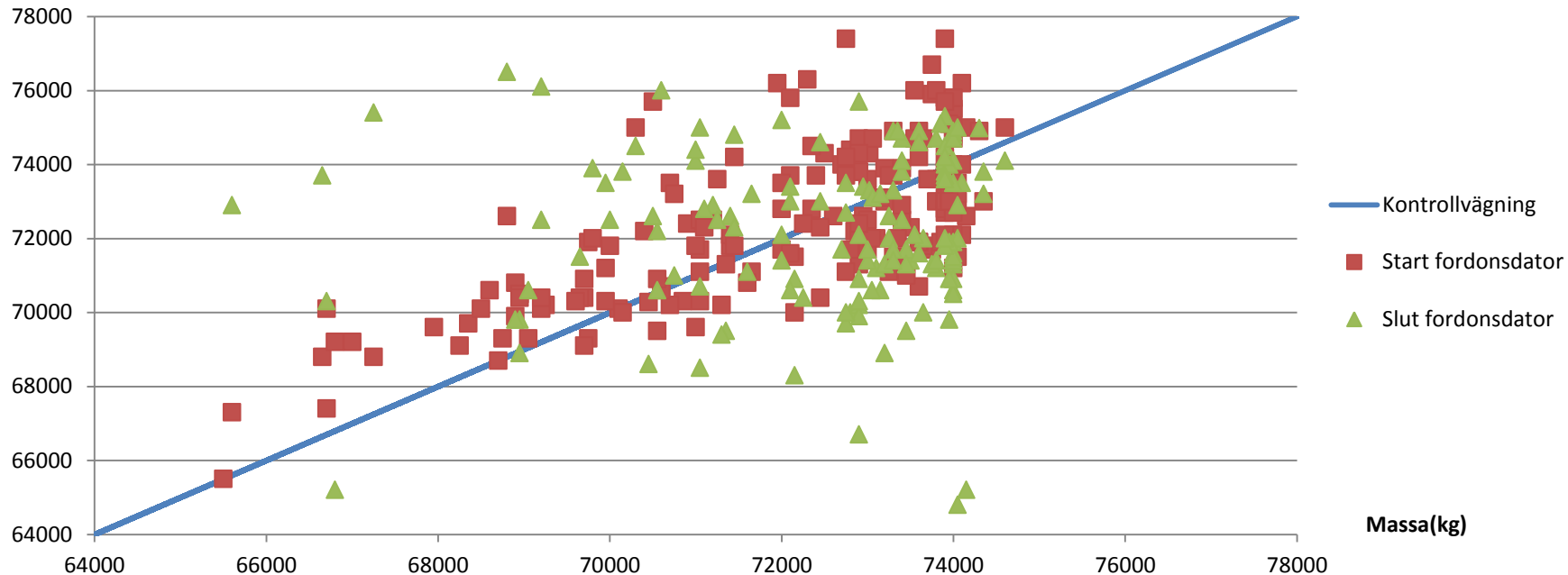
Totalt (l/100km) lastad	Totalt (l/100km) olastad	Totalt ABba (ml/ton*km)
65,8	42,2	21,2



Fordonsdatorns vikter mot kontrollvägningar



Massa(kg)

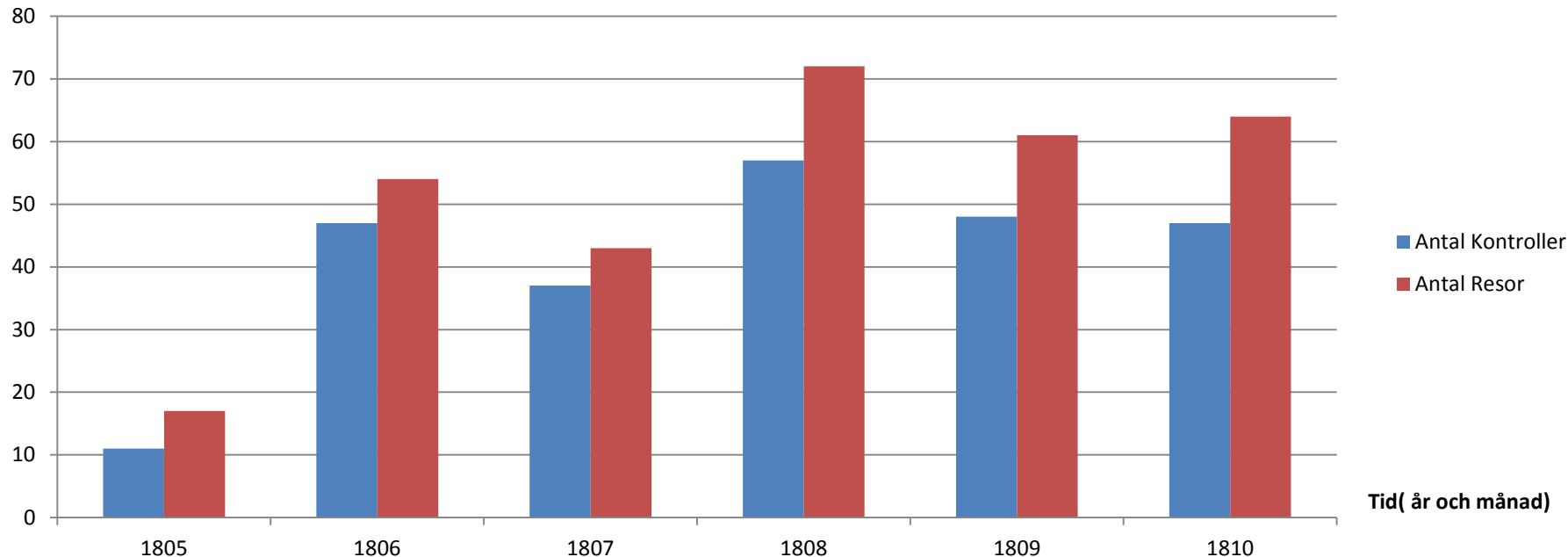


Antalet kontrollvägningar respektive resor

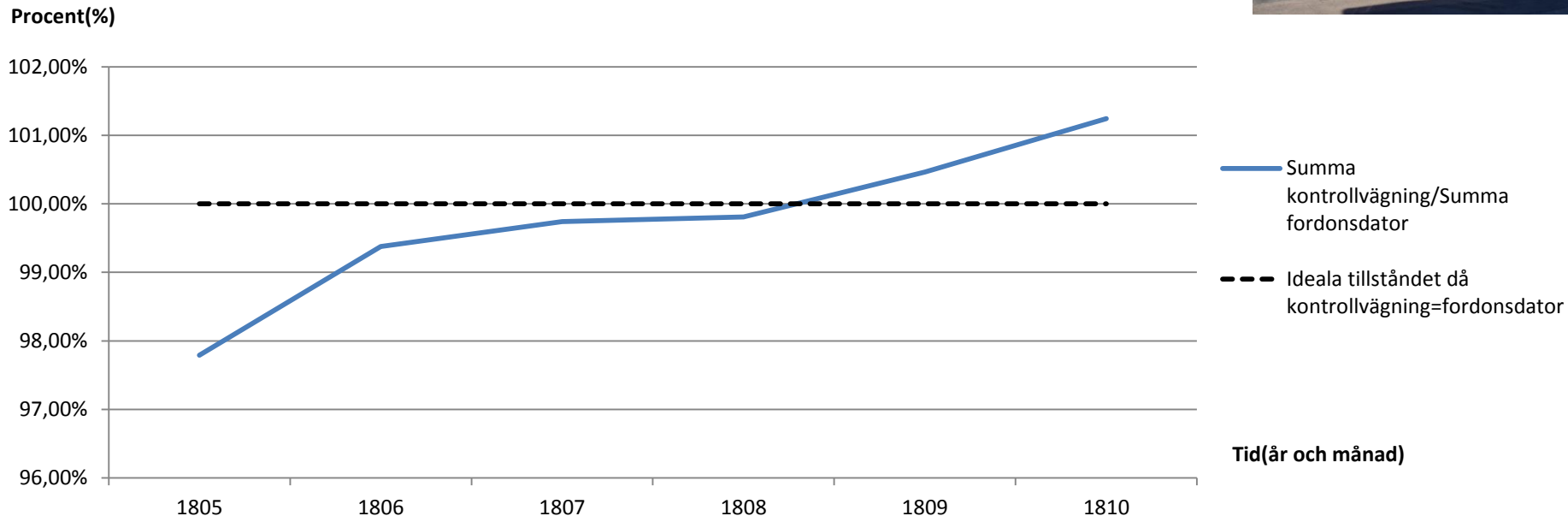
Bilaga E



Antal resor



Förhållande mellan fordonsdator och kontrollvägning

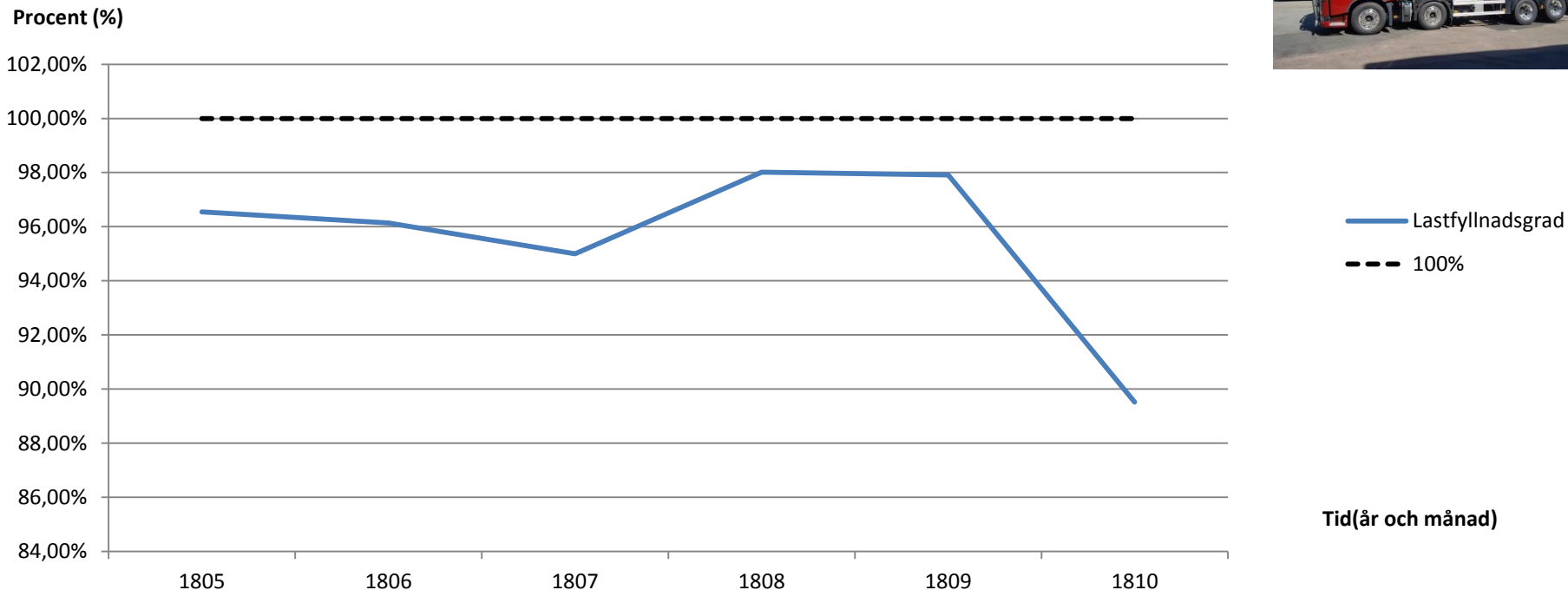


Fordonsdatorn har visat 1,1 % mindre än kontrollvägning under oktober månad



Lastfyllnadsgrad

Bilaga E

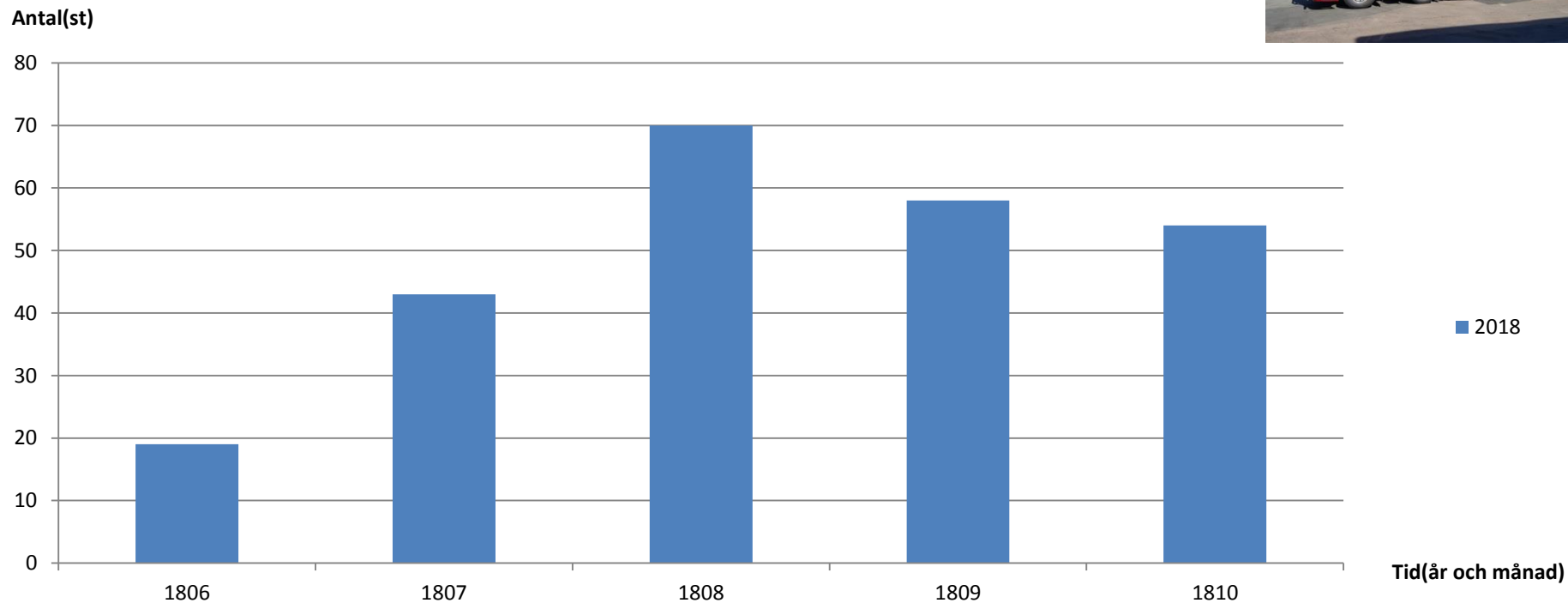


Lastfyllnadsgraden under oktober var 89,5%.



Inrapporterade transporter

Bilaga E



Slutsatser oktober

Bilaga E



- Dynafleet visade 2,5% mindre i förhållande till faktiskt tankat i oktober.
- Bränsleförbrukningen lastad var 66,6 l/100km i oktober. Motsvarande bränsleförbrukning för de olastade resorna var 41,7 l/100km i oktober.
- ABba-förbrukningen i oktober var 21,2 ml/ton*km.
- Fordonsdatorn har visat 1,1 % mindre än kontrollvägning under oktober månad.
- Lastfyllnadsgraden under oktober var 89,5%.

