



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

HCT Typfordonskombinationer, Dnr: 2015-02327



Författare: Niklas Fröjd, Emil Pettersson, Lena Larsson, Lennart Cider

Datum: 2017-09-15

Delprogram: FFI - Effektiva och uppkopplade transportsystem

Diarienummer: 2015-02327

Redovisningsperiod: 2015-07-01 – 2017-06-30



Innehåll

1. Sammanfattning	4
2. Bakgrund	6
3. Syfte	7
4. Genomförande	8
5. Uppfyllande av projektplanens aktiviteter	8
6. Bidrag till uppfyllelse av FFI-mål	9
7. Beräkningsmodell	11
8. Prestandamått	16
9. Typfordonskombinationer mellan 25,25 och 34 meter, upp till 74 ton	20
10. Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 74 ton (BK4)	31
11. Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 64 ton (BK1)	46
12. Vältstabilitet	58
13. Buller	59
14. Slutsatser och fortsatt forskning	60
15. Nomenklatur och förkortningar	61
16. Deltagande parter och kontaktpersoner	63
17. Kunskaps- och resultatspridning	63
18. Referenser	64



FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Kort om FFI

Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI) finansierar forsknings- och utvecklingsverksamhet för cirka en miljard kronor per år. Den statliga finansieringen utgör hälften av detta. Samarbetet är viktigt eftersom utvecklingen inom vägtransporter och svensk fordonsindustri har stor betydelse för hållbar tillväxt i Sverige.

FFI:s övergripande mål är att:

- Minska vägtransporternas miljöpåverkan
- Minska antalet skadade och dödade i trafiken
- Stärka den internationella konkurrenskraften.

Inom FFI finns flera delprogram och strategiska satsningar som ska bidra till innovation och utveckling med fokus på klimat, miljö och säkerhet. Just nu finns det fem delprogram och tre strategiska satsningar.

FFI:s delprogram och strategiska satsningar

Största delen av budgeten för programmet Fordonsstrategisk forskning och innovation (FFI18), 75 procent, går till innovationsprojekt inom de fem delprogrammen. Resten går till strategiska satsningar. En strategisk satsning är en möjlighet för FFI:s styrelse att under en begränsad period stärka upp ett specifikt område med särskilda medel.

Delprogram inom FFI

- Energi och miljö
- Trafiksäkerhet och automatiserade fordon
- Elektronik, mjukvara och kommunikation
- Hållbar produktion
- Effektiva och uppkopplade transportsystem

Strategiska satsningar öppna för nya ansökningar

- Cyklar och fordon i säker och smart samverkan för en hållbar framtid
- Fordons IT-säkerhet och integritet
- Komplex reglering

Övriga satsningar

- AstaZero trafiksäkerhetsanläggning

1. Sammanfattning

Godstransporter på väg står för en ökande andel¹ av utsläppen av växthusgasen CO₂. Sverige har förbundit² sig att minska utsläppen av CO₂ och har tagit fram en färdplan för att nå målen till 2050. Målsättningen med att driva projekt kring tyngre och längre fordonskombinationer är att minska totala utsläppen av koldioxid genom att öka godsvikten och -volymen per fordon men att minska antalet fordon på vägarna. I olika projekt har det, med föreskrifter och dispenser från myndigheter, körts fordonsförsök med fordonkombinationer som är längre än 25,25 m och tyngre än 60 ton i ordinarie trafik (ref 1,3,4,5,9,15,16,17,19).

Ett led i utveckling mot effektivare transporter blev att den svenska riksdagen den 3 maj 2017 beslutade att införa en ny bärighetsklass BK4 som kommer att tillåta bruttovikter upp till 74 ton, men att fortfarande 25,25 meter är största totallängd. Vidare har riksdagen uppmanat regeringen att underlätta försök med längre fordonkombinationer.

För längre fordon än 25,25 meter gjordes i NVF-1/2007 ”Vehicle combinations based on the modular concept” [21] en genomgång av stabilitet och framkomlighet för ett antal fordonkombinationer, längre och kortare än 25,25 meter, med upp till 60 tons totalvikt och baserade på det europeiska modulsystemet. I HCT Typfordonskombinationer görs här en liknande studie med tillägget att totalvikter upp till 74 ton är inkluderade, med mått och dimensioner anpassade till olika svenska transportsektorer, samt att prestanda jämförs mot speciella fordonskrav som Transportstyrelsen 2016 föreslagit för BK4-trafiken [23]. Utöver de specifika resultaten för respektive fordonkombination dras följande slutsatser.

- Nästan samtliga fordonkombinationer som specificerats här uppfyller Transportstyrelsen föreslagna speciella krav för BK4-trafik.
- Lastbil med dubbelkärria är den kombination som kräver speciell omsorg avseende geometrier och lastning för att bli tillräckligt stabil, speciellt de korta anläggningskombinationer som utvärderats
- Typfordonskombinationer längre än 25,25 meter är i stort samtliga bättre avseende bakåtförstärkning än en vanlig 64-tons timmerlastbil med släp. Timmerfordonet får här representera en relativt idag vanlig men kritisk kombination avseende stabilitet eftersom den med sitt långa överhäng till dragkopplingen har prioriterat framkomlighet före stabilitet.
- Flera av typfordonskombinationer längre än 25,25 meter är mer utrymmeskrävande i cirkelkörning än dagens B-dubbel (dragbil med dubbla påhängsvagnar), som får anses vara mest utrymmeskrävande idag. De längre kombinationerna skär ungefär en meter mer i 90-graderssvängen. Det bör tas hänsyn till vid kommande definition av vägnät tillåtna för längre

1 (i) Kapacitetsutredning för transportsystemet <http://www.trafikverket.se/kapacitet>

2 (ii) Underlag till en svensk färdplan för ett Sverige utan klimatutsläpp 2050 <http://www.naturvardsverket.se/Documents/publikationer6400/978-91-620-6487-7.pdf>

- kombinationer, liksom påverka planer för vägbreddningar på ställen som snäva kurvor, rondeller och vägkorsningar.
- De modulbaserade påhängsvagnarna är relativt besvärliga att nyttja för utbredd last. Påhängsvagnens axlar blir överlastade och dragbilens drivaxlar får för lågt marktryck. För längre kombinationer än 25,25 meter bör måttkrav för påhängsvagnens hjulbas ses över. Men även för vagnar under 25,25 meter rekommenderas att ge möjlighet att öka trailerhjulbasen genom att införa cirkelkörning i Transportstyrelsens planerade prestandaberäkningsverktyg.
 - Krav på dolly och påhängsvagn för kombinationer över 24 meter bör tas bort. För höga tyngdpunkter är släpvagnen att föredra av stabilitetsskäl framför dolly med påhängsvagn.
 - Styrbara axlar på sista axeln på påhängsvagn eller släpvagn har visat sig förbättra svepytan (inåt i svängen) med bibehållen stabilitet eftersom styrningen låses vid höga hastigheter. Men baksidan är att bakdelen kan svepa utåt.
 - Stabiliteten är egentligen beroende av tyngdpunktshöjden. En uppgradering från 2D till 3D simuleringsmodell kommer visa denna effekt. Utvidgning till 3D bör forceras eftersom det finns viss underskattning av stabiliteten med 2D-simulering. På kort sikt (inom ett år) bör en omräkning av de här presenterade typfordonen göras, men med samma prestandamått och med samma typfordonskombinationer. I ett andra steg bör ytterligare en omräkning planeras med kunskaper från uppföljningsprojekt till PBS-projektet implementeras på Volvo nya HCT-fordonsprojekt (se nedan), då också med den planerat utvecklade typfordonskombinationsparken.
 - Den utvecklade generiska däckmodellen bör användas även framgent, men det är önskvärt att parameteriseringen bör underbyggas och verifieras med ytterligare däckdata för fler däck än de som här legat till underlag.
 - Skillnaderna i bulleremission beräknas vara små mellan konventionella fordonskombinationer och aktuella HCT-kombinationer. Som enskild ljudkälla kan emissionen öka med drygt 1 dB, men om man väger samman att det med HCT-kombinationer krävs ett mindre antal fordon på vägarna för visst transportbehov kan bullerdosen till minska 1 dB.

2. Abstract

The aim is to reduce CO₂ emissions from on-road transports.

Is it possible to use to reduce CO₂ emissions from road transport?

Is it possible to safely integrate high-capacity vehicles into existing infrastructure?

To calculate performance for a number of different combinations. This can then be used as a basis for legislation for heavier and longer combinations. All in order to ensure that the new combinations are designed in a manner that ensures stable and efficient vehicles.

Description of about 30 unique HCT type vehicle combinations with a basic specification and some variations.

Validation against test run test with a combination of sensors that measure rearward amplification.

Development of calculation and simulation models based on NVF-1/2007 "Vehicle combinations based on the modular concept"

Simulation and evaluation of values based on performance

Almost all of the studied vehicle combinations fulfill the Swedish Transport Agency proposed special requirements for 74 tonne road transports.

Typical vehicle combinations longer than 25.25 meters are generally better for rearward amplification than a standard 64 tonne timber truck with trailers. The timber truck combinations here can represent a relatively common but not optimized for stability. The combination is primarily optimized for accessibility.

3. Bakgrund

Sverige har förbundit sig att kraftigt minska utsläppen av CO₂. Vägtransporter³ på väg står för ungefär 30% av Sveriges energiförbrukning och utsläpp av CO₂. Problemet är att denna andel är ökande och om vi ska nå våra utsläppsmål måste ett trendbrott till. Vidare är den största delen av bränslet som används framställt från fossila källor.

I Europa finns överenskommelser om hur långa och tunga fordon får vara utformade. Denna typ av fordonskombinationer är inte alls speciellt transporteffektiva, möjligen bränsleeffektiva, men omräknat som bränsleförbrukning per transporterad last blir det inte alls imponerande.

Utanför Europa (till exempel Australien, Brasilien och Kanada) har det under lång tid funnits transporteffektiva kombinationer. Dessa bygger på principen att mer gods i varje transport ger en mer energieffektiv transport. Färre fordon utnyttjas för att klara av samma transportuppgift. Det finns två typer av begränsningar på lastkapacitet; antingen viktbegränsning eller volymbegränsning.

I parallellt drivna HCT-projekt har fokus varit volym- viktbegränsade transporter på väg. ETT (En Trave Till) projektet fokuserar på viktbegränsade transporter och DUO2 på volymbegränsade. Projektet är delfinansierat av FFI transporteffektivitet samt FFI effektiva och uppkopplade transporter. Mycket av erfarenheterna i ETT- och DUO2-projektet har använts som bas för HCT Typfordonskombinationer.

Finland har sedan oktober 2013 ökat högsta tillåtna vikt till 76 ton inom 25,25 meters total längd. Sverige ökade maxvikten från 60 ton till 64 ton juni 2015. Svenska riksdagen har beslutat att införa bärighetsklass BK4 som möjliggör bruttovikter upp till 74 ton.

I större delen av EU är fordonskombinationer på 40 ton (44 ton i sjöcontainrar) upp till max 18,75 m tillåtna. Holland, Danmark, Norge, Belgien, Spanien och Portugal har 60 ton och max 25,25 m, men på ett begränsat vägnät. Det är ett väl etablerat sakförhållande att fordonskombinationer som tillåter

³ <http://www.trafikverket.se/om-oss/var-verksamhet/sa-har-jobbar-vi-med/miljo-och-halsa/klimat/transportsektorns-utslapp/vagtrafikens-utslapp/>

mer last ger lägre bränsleförbrukning per transporterad enhet. Australien är det land som ligger främst och har fordonskombinationer på över 50 m och vikt överstigande 100 ton är godkända genom ett PBS-system (Performance-Based standard).

Finland har för avsikt att inom 76 tons bruttovikt tillåta kombinationer med längder upp till 34 meter inom något eller några år. Det är främst Australien som är känt för sina så kallade Road Trains som trafikerar de stora avstånden mellan kontinentens kuster. Även Brasilien och Kanada har många längre och tyngre kombinationer.

Resultat och fordonskombinationer från VETT6, DUO2 och HCT Typfordonskombinationer kommer att föras över till ett nyligen beviljat FFI projekt ”Utveckling HCT-fordon Volvo; Energieffektivitet, framkomlighet, säkerhet och produktivitet, 2016-05383”. Det projektet kommer främst fokusera på längre fordonskombinationer men också driva vidare tyngre kombinationer inom dagens existerande längdbegränsning 25,25 m.

I HCT Typfordonskombinationer har vi som mål att tillhandahålla beslutsunderlag, för de nya reglerna som skall gälla för fordon över 64 ton och över 25,25 m i Sverige. Projektet har fokuserat på kombinationer mellan 64-74 ton bruttovikt samt 25,25-34 m total längd. Fordonen är även gjorda för att följa BK4 bruttoviktstabell regelförslagen. Även ett antal 64-tonskombinationer och 74-tonskombinationer inom 25,25 meter är inkluderade.

Parallellt HCT Typfordonskombinationer har även PBS-projektet pågått, ”Performance Based Standards for High Capacity Transports in Sweden” [22] Projektet avslutas i september 2017. Projektet har haft som viktiga att ta fram beräkningsmetoder och förslag för prestandabaserade utvärdering av fordonskombinationer. Metoden som använts i HCT typfordonskombinationer har mest lutat sig mot NVF-1/2007 arbets beräkningsmetod och relaterat prestandamått till BK4-förslag, men beroende på PBS-projektets slutsatser kan det bli motiverat att göra en ganska snar uppdatering av beräkningsgenomgången från HCT typfordonskombinationer.

4. Syfte

Att minska CO₂ utsläppen från godstransporter på väg.

Är det möjligt att använda högkapacitetsfordon för att minska CO₂ utsläppen från vägtransporter?

Är det möjligt att göra det på ett säkert sätt inom existerande infrastruktur?

Att beräkna prestandavärden för ett antal olika kombinationen. Detta kan sedan användas som underlag för lagstiftning för tyngre och längre kombinationer. Allt för att säkerställa att de nya kombinationerna konstrueras på ett sätt som säkerställer stabila och effektiva fordon.

5. Genomförande

- Beskrivning av ca 30 stycken unika HCT typfordonskombinationer med en grundspecifikation och vissa variationer.
- Validering mot på test på provbana med en kombination med sensorer som mäter bakåtförstärkning.
- Utveckling av beräkning- och simuleringsmodeller med utgångspunkt från NVF-1/2007 ”Vehicle combinations based on the modular concept” [21]
- Simulering och utvärdering av prestandamått
- Uträkningar och analys av prestanda utan särskild hänvisning till specifika typfordonskombinationer (buller och vältstabilitet)

6. Uppfyllande av projektplanens aktiviteter

Nedan *kommenteras i kursiv stil* resultat utifrån projektplanens listade aktiviteter:

- ✓ viktfordelning i olika lastfall, stabilitet vid filbytet och svep vid sväng beräknas för: 60-/64-/74-tons kombinationer. *Det är gjort i samband med dimensionering av typfordonskombinationerna*
- ✓ Tillsammans med PBS projektet verifieras beräkningsmodellerna. *Validering redovisas här och i PBS-projektet*
- ✓ Lastens placering i 64/74 tons körning studeras. *Det är gjort i samband med dimensionering av typfordonskombinationerna.*
- ✓ Påverkan av olika regelförslag. *Deltagande i många konferenser och diskussionsmöten kring BK4-regleverk och fortsatta planer mot längre fordonskombinationer. En ofullständig lista redovisas i kapitel 17*

- ✓ 4- respektive 5- metersregeln mellan 2 axelgrupper där minst en är en trippel, konsekvenser för lastfördelning och handlingsegenskaper på BK1. *Samarbete med myndigheter har löst problemet genom att Släpvagnstabellen kommer tillämpas från 2018 i Sverige. Dessutom har projektet indirekt påverkat följande nya BK1- och BK4-regler*
 - 36- respektive 38-, 42- ton på 4 respektive 5 axlig släpvagn
Kommer tillämpas från 2018 i Sverige
 - 26 ton på 3-axlig dragbil tillåten för avstånd mellan första och sista axel är större än 4,7 meter
Kommer att implementeras från 2018 i Sverige
 - 29 ton på 3 axlig lastbil och 34 ton på 4 axlig lastbil med tridem på BK4
Kommer att implementeras från 2018 i Sverige
- ✓ Kopplingspunkter samt axlars placering analyseras, liksom lyft- och styrbara- axlar, *Genomfört och rapporteras i denna rapport*
- ✓ Framkomlighet och bromsprestanda, *Framkomlighet redovisas i denna rapport. Bromsprestanda har ej analyserats här, men testat praktiskt på DUO-trailer och ETT-kombination, på torr och på isig vägbana inom andra projekt, med slutsatsen att stabiliteten är mycket god förutsatt ABS-funktionen fungerar*
- ✓ Stabilitet vid filbyte *Genomfört och redovisas i denna rapport*
- ✓ Sveg och radier i 90° & 180° sväng *Redovisas i denna rapport, men bara 90° sväng.*
- ✓ Bullermätning vid förbikörning i 80 km/h
Praktiska prov ej genomförda, men beräkningsmodell visade att skillnaden i bulleremission mellan klassisk fordonskombination och HCT kombination är liten, typiskt endast 1 dB.
- ✓ Bränsleförbrukning *Ingen aktivitet gjord här, men jämförelseprov mellan enkel och dubbel påhängsvagn genomförd på provbana inom DUO-projektet, Dnr2013-01282. Provet bekräftar att DUO-trailerconceptet (dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ A-dubbel) ger betydligt lägre bränsleförbrukning och CO₂-emission jämfört med vanlig dragbil med enkel påhängsvagn.*
- ✓ Start i Backe *Resultat för start i backe på halt underlag beräknat och redovisat i denna rapport*
- ✓ Inverkan av lasttyp för ekipagets konfiguration *Gjort i samband med dimensionering av tygfordonskombinationerna, samt matematisk definition av framlastning av stycke gods*

7. Bidrag till uppfyllelse av FFI-mål

Ett urval av FFI-målen listas nedan. *Projektets bidrag kommenteras i kursiv stil*

- hur väl projektet fyller de målen som definierats inom transport-, energi samt miljöpolitiken – *projektet är helt i linje med att öka transporteffektiviteten och samtidigt minska utsläppen av växthusgaser*
- industrins möjlighet att på ett konkurrenskraftigt sätt bedriva kunskapsbaserad produktion i Sverige – *projektet ligger i framkant när det gäller kunskapsuppbyggnad avseende HCT, bygger på den svenska synen om högsta säkerhet.*
- medverka till en fortsatt konkurrenskraftig fordonsindustri i Sverige – *Projektet bidrar absolut till detta mål.*

- genomföra industriellt relevanta utvecklingsåtgärder – *Projektet bidrar i högsta grad till detta mål.*
- leda till industriell teknik- och kompetensutveckling - *Ja*
- bidra till tryggad sysselsättning, tillväxt och stärkt FoU-verksamhet- *Stärker FoU-verksamhet, på sikt kan det bidra till tryggad sysselsättning och tillväxt. Lösningarna kan implementeras i Sverige, men det finns också internationell efterfrågan.*
- medverka till att konkreta produktionsförbättringar görs hos deltagande företag – *Görs via demonstrations- och utvecklingsprojektet VETT6 och DUO2:2*
- förstärka forskningsmiljöer kring utvalda och prioriterade forskningsområden inom produktionsteknik – *Projektet har medverkat till att ställa relevanta forskningsfrågor och fördelning av ansvar att driva och koordinera dessa har gjorts via CLOSER och gruppen runt HCT*
- stödja forsknings- och innovationsmiljöer - *Ja*
- verka för att ny kunskap tas fram och implementeras, samt att befintlig kunskap implementeras i industriella tillämpningar – *Ja*
- effektivisera nyttiggörande av FoU-resultat så att konkreta produktionsförbättringar görs hos deltagande företag – *Ja*
- öka kvaliteten på den produktionstekniska utbildningen - *Nej*
- stärka samverkan mellan fordonsindustrin och myndigheter, universitet, högskolor och forskningsinstitut – *Ja*
- verka för att den nationella kompetensförsörjningen tryggas samt att FoU med internationell konkurrenskraft etableras – *Ja*

Bidrag till mål (tur programbeskrivning vid ansökningstillfället)

Vi bidrar primärt till följande effektmål för området transporteffektivitet (år för referens 2000)

- Ökade transportvolymerna med minimala miljöeffekter.
 - *Projektet ger möjlighet till ökade transportvolymerna med positiva miljöeffekter.*
 - *Projektet har visat på att vi kan öka transportvolymerna och samtidigt minska miljöpåverkan*
 - *Projektet indikerar andra möjliga kombinationer. På detta sätt kan nya kombinationer godkännas via simuleringar.*
- Andel fordon i fordonsflottan som är ”uppkopplade” ökas till 50 % till 2020.
 - *Föreliggande projekt jobbar inte med den frågan*
- Nya affärsmöjligheter skapade – *Ja*
 - *Nya produkter och tjänster för alla partners.*
 - *Nya produkter och tjänster har skapats.*
- Nya affärsmodeller skapade
 - *Skapar nya transportlösningar.*

- Reduktion av CO₂ för godstransporter med 50 % till 2020 (baserat på samma transportvolym som år 2000).
 - *I detta projekt tar vi fram fler och anpassade kombinationer för att nå målet 50%.*
- Ökad trafikkapacitet med 10 % i befintlig transportinfrastruktur till 2020.
 - *Detta nås genom att fler typer av transporter kan genomföras med HCT fordon.*
- Färre antal olyckor och aktivt bidragande till Trafikverkets nollvision.
 - *Färre fordon för en given transportuppgift minskar antalet olyckor.*
 - *Vi förutsäger egenskaper som ytterst påverkar säkerheten*
- Förhöjd image, attraktionskraft och status för transportbranschen.
 - *Projektet tydliggör transportbranschens ansträngningar för minskad miljöbelastning.*
- Ökat samarbete med andra nationella forskningsprogram.
 - *Etablerat samarbete genom CLOSER och flera andra HCT projekt.*
- Ökad systemsyn (Mega Cities, storstad, landsbygd och glesbygd).
 - *Systemet fungera utmärkt i allt från glesbygd till distribution i tätbebyggt område.*
- Ökad kompetens inom området.
 - *Genom samarbetet kring nya teknologier och tillämpningar höjs kompetensen för samtliga partners.*
 - *Vi har byggt ny kunskap.*

8. Beräkningsmodell

Modellen för simulering av fordonsdynamik och svepytor är samma typ som användes i NVF-1/2007 "Vehicle combinations based on the modular concept" [21](härefter NVF-1/2007) med vissa modifieringar avseende däckmodell och på vilket sätt massor och masströghetsdata genererats utifrån givna fordonsmått och tjänstevikter. Utöver simuleringsrutinerna för dynamiska förlopp är även tillagt beräkningar för andra mått och prestanda såsom andel axeltryck på drivna axlar samt backstartsförmåga.

Dynamiska högfartsegenskaper

De dynamiska prestandamåtten bakåtförstärkning, dämpning och översläng (se kapitel 8) simuleras med en två-dynamisk fordonsmodell.

Varje enhet i fordonskombinationen består av en stel kropp. I kopplingspositionerna är fordonskropparna förbundna med varandra med fjädrar styva nog att inte ge någon påverkan på kombinationens beteende. Varje kropp har longitudinell, lateral och girfrihetsgrad. Denna typ av modell benämns i litteraturen lite olika som "two-track model", "yaw-plane model", och cykelmodell men här benämns i denna rapport 2D-modell (tvådimensionell modell). Modellen har alltså ingen utbredning i höjddled och har ingen hjulupphängning som kan generera krängning eller realistisk lastöverflyttning mellan vänster och höger hjul vid exempelvis ett filbyte.

Modellen är olinjär avseende geometri på så sätt att den väl replikerar kurvtagning i skarpa svängar. Modellen exciteras med hjulstyrning. En banföljarmodell styr med hjälp av de styrbara hjulen längs en föreskriven bana. Lastbilens samtliga hjul kan styras proportionellt mot styrvinkeln för första axeln. Släpens hjul kan styras proportionellt mot sin främre ledvinkel.

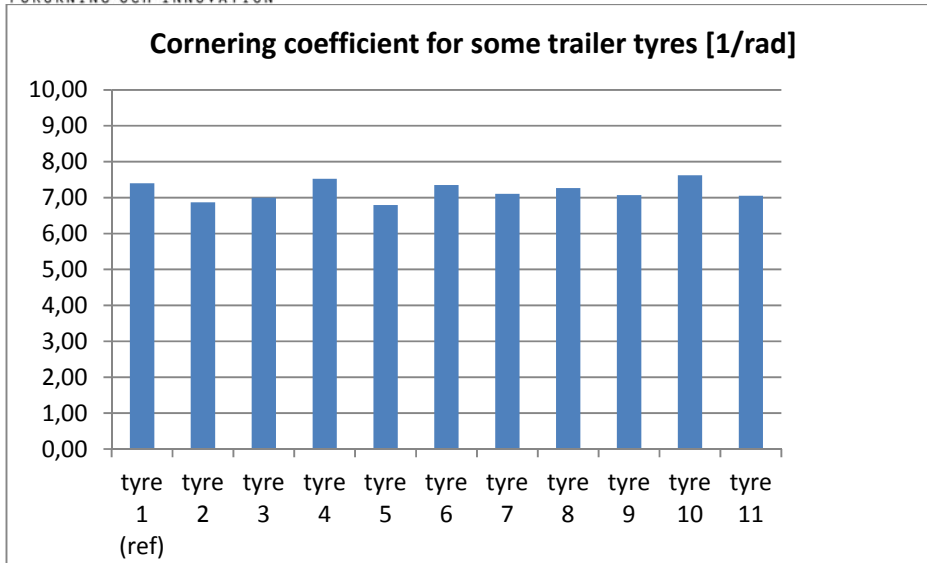
Utifrån NVF-1/2007 har modelländringar gjorts för HCT typfordonskombinationer. Ändringarna har inverkan på resultaten av de dynamiska egenskaperna

- Automatisk uträkning av fordonens massor, tyngdpunktplacering och masströgheter utifrån tjänstevikter, längdmått och placering av lastytan samt hur nyttolasten är placerad på lastytan. Motor, växellådans och hyttens massa, masströghet och placering på dragfordonet tas hänsyn till samt även om det specificeras andra koncentrerade massor såsom exempelvis en timmerkran.
- Däckmodellen är förenklad och standardiserad för rättvis jämförelse mellan olika kombinationer även om axeltrycken är olika. Mer om däckmodellen nedan.
- Lastmassan storlek och placering på lastbäraren har vi definierat enligt ett antal principer som var och en passar in på ett eller flera transportslag. Mer om lastningsprinciperna nedan.

På grund av modellskillnaderna bör man inte dra stora slutsatser av små skillnader mellan exempelvis bakåtförstärkning mellan fordonskombinationer rapporterade i NVF-1/2007 och i HCT Typfordonskombinationer. Det är visserligen något beklagligt, men det positiva är att beräkningsprecisionen har blivit bättre.

Ny däckmodell

Däckmodellen som användes i NVF-1/2007 var en olinjär modell enligt Pacejka89 metoden. Där representerar varje parameterset ett specifikt däckfabrikat, dimension och mönster under normal och extrem kurvtagning. Dock är framtagning av sådan däckdata dyr och därmed finns långt ifrån alla däckmodeller/storlekar representerade. Däckmodellen som använts i HCT typfordonskombinationer är däremot en enklare linjär modell, men som är avsett att representera alla lastbils- och släpdäck. Denna däckmodell bygger på ett i grunden konstant förhållande mellan sidslipstyvhet och vertikallast för var och ett däck i fordonskombinationen. Proportionalitetskonstanten mellan sidslipstyvhet och vertikallast (cornering coefficient, normerad sidslipstyvhet) är här låst till $7,4 \text{ rad}^{-1}$. Det innebär exempelvis att om ett däck har marktrycket 3500 kg (axeltryck 7000 kg), erhålls en sidslipstyvhet av 254 kN/rad ($3500 \times 9,82 \times 7,4 / 1000$).



Figur 1. Spridning i normerad sidslipstyvhet mellan några olika trailerdäck med landsvägsmönster. Medelvärdet är 7,2 rad⁻¹, men i beräkningarna är ett något högre styvhet 7,4 rad⁻¹ använt som gemensamt standardvärde för samtliga fordonskombinationer.

Den använda däckmodellen kan visserligen göra skillnad på däckbestyckning på så sätt att ett däck konstruerat för högre lastkapacitet relativt den aktuella belastningen ger ett förhöjd normerad sidslipstyvhet, vilket är relativt känt fenomen. Funktion är dock inte utnyttjad i denna studie, utan varje kombination förutsätts ha däckdimension utifrån aktuella axellaster. Därmed tar beräkningen inte hänsyn till singel- eller dubbelmontage. Den tar heller inte hänsyn till att däck konstruerade för vinterväg och obelagda vägar kan möjligen vara mjukare i sin struktur. En planerad uppföljning av HCT typfordonskombinationer kommer möjligen ta hänsyn till övergripande däckspecifikation i fordonsspecifikationen. Även standardvärdet för normerad sidslipstyvhet kan komma att revideras efter validering med ytterligare däckmätningar. Även det finns i planerna för kommande arbete.

Beräkningar av cirkelkörning, avdrift och baktagningsförmåga

Utöver simuleringar av högfartsegenskaper används den dynamiska modellen till simulering av off-tracking vid cirkelkörning. Samma beräkningsrutin används som i NVF-1/2007 och till skillnad mot de dynamiska högfartskaraktistikerna är beräkningsresultaten här helt jämförbara, eftersom val av däckmodell här inte påverkar resultatet nämnvärt.

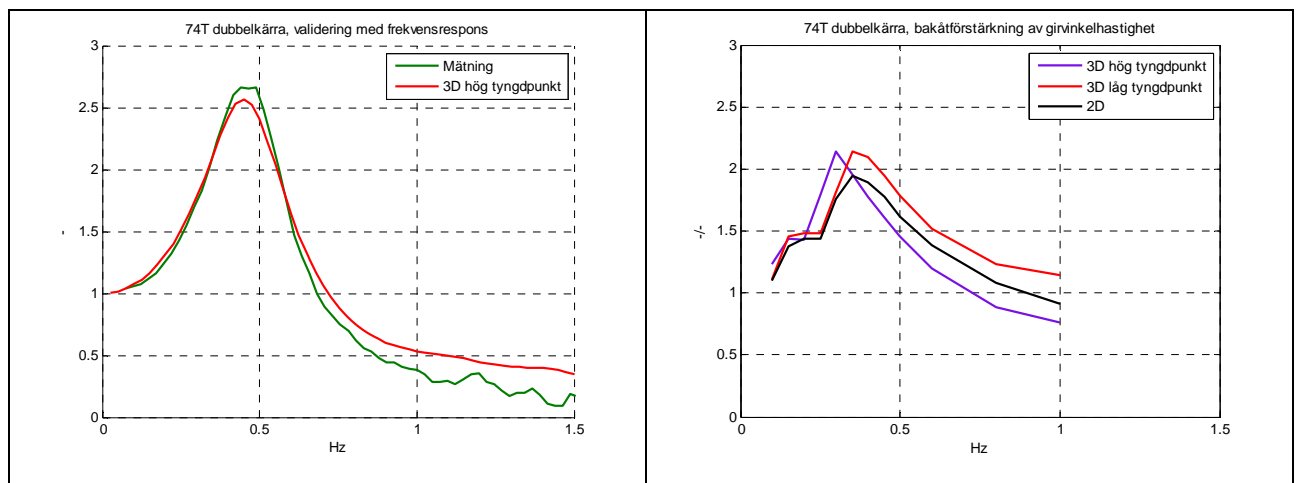
Här i HCT Typfordonskombinationer har inkluderats beräkning av avdrift vid tvärfall och baktagningsförmåga. Dessa beräkningar utnyttjar inte simuleringsteknik utan lutar sig mot formelhantering. Formelberäkningen av avdrift vid tvärfall med konstant normerad sidslipstyvhet på alla axlar ges av:

$$\text{avdrift} = \text{tvärfall} \times \text{avstånd första till sista axel} / \text{normerad sidslipstyvhet}$$

Utnyttjas möjligheten till överspecificerade däckbestyckning ökas beräkningskomplexiteten. Beräkningen av backstartsförmåga avser startförmåga på halkig vägbanan ($\mu=0,25$) där fordonet utnyttjar 30% förhöjt drivaxeltryck. Rullmotståndet är satt till 55N/ton och lägsta krypfart är 2,8 km/h och maximal tid för att slira på kopplingen är 4 sekunder. Motor, koppling och drivlina förutsätts här ej begränsande. Vad som är huvudmekanismen är snarare fördelningen av marktryck på drivande axlar.

Feluppskattning för 2D-modellen

Typen av 2D-modell som användes här och i NVF-1/2007 tar som nämndes tidigare inte hänsyn till fordonshöjd. En jämförelse av beräkningsresultat avseende bakåtförstärkning med 2D-modell mot en mer detaljerad 3D-modell där tyngdpunkts höjd, hjulupphängning och däcksfjädring finns representerade visar på att 2D-modellen verkar ge en systematisk underskattning av de dynamiska prestandamåten. En utförlig valideringstest gjordes våren 2017 på en lastbil med dubbla källor. 3D-modellen erhöll god samstämmighet med samma däckmodell som använts i 2D-modellen med normerade sidslipstyvhet $7,4^{-1}$. Men det krävdes att även lastbilsdäcks normala fördröjningstid för sidkraftsuppbyggnad inkluderades. Det visade sig att bakåtförstärkning av girvinkelhastighet hos denna kombination underskattas cirka 10%. Den dåliga frekvensmatchningen för



Figur 2 – tvåsteg validering av fordonsmodell. En detaljerad 3D-modell är validerad för bakåtförstärkning vid brusexitering (vänster). 2D-modellen är i sin tur jämförd med 3D-modellen för bakåtförstärkning av vid filbyte vid två tyngdpunkts höjder (höger).

PBS-projektet [22] kommer att förorda 3D-simulering framför 2D-simulering i framtida bedömningar av stabilitet hos fordonskombinationer. Validiteten blir klart bättre och med 3D-simuleringen finns även möjligheten att beräkna marktrycket under dynamiska manövrer för att på så sätt ta hänsyn till bakåtförstärkningar och vältstabilitet i ett enda körfall. Däckmodellen introducerad här kan med fördel användas även för 3D-simulering, likaså de här införda principerna kring lastning.

Lastningsprinciper

De använda standardlastningarna definieras nedan:

General Cargo Even Load (styckeodstransport med jämnt utbredd last) – Samma lastdensitet för hela kombinationen. Lasten jämnt utbredd längs hela lastutrymmet. Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper.

General Cargo Front Load 1 (framlastad styckeodstransport) – Samma lastdensitet för hela kombinationen. Lasten är jämnt utbredd längs hela lastutrymmet förutom de sista 10% lastgolvsängd som lämnats tom. Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper.

General Cargo Front Load 2 (extra framlastad styckeodstransport) – Samma lastdensitet för hela kombinationen. Lasten jämnt utbredd längs hela lastutrymmet förutom de sista 20% lastgolvsängd som lämnats tom. Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper.

Container Even Load (containertransport med jämnt utbredd last) – Samma lastdensitet för hela kombinationen. Lasten jämnt utbredd längs hela lastutrymmet. Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper.

Wood Chips Even Load (flistransport med jämnt utbredd last) – Samma lastdensitet för hela kombinationen. Lasten jämnt utbredd längs hela lastutrymmet. Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper.

Timber Equal Pile Mass (timmertransport med lika tunga timmertravar) - Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper.

Timber Weight Limited (timmertransport med olika tunga timmertravar på dragfordon och släp) - Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper. Denna typ av lastning kan i praktiken kräva tungt timmer för att inte maxhöjden 4,5 m skall överskridas.

Crane Timber Equal Pile Mass (timmertransport med egen kran, lika tunga timmertravar) - Totala lastvikten begränsas av antingen max total bruttovikt (64T/BK1 eller 74T/BK4) eller max marktryck under någon av fordonskombinationens axelgrupper.

Weight Limited (viktbegränsande last: sten, grus, malm) – Maximal last på lastbilen. Resten av lasten jämnt fördelad över resterande lastytan.

Axelstyrning och axellyft på släp

I några fall har traileraxlar försetts med styrning eller lyftmöjlighet. Följande beteckningar gäller då:

Axle Lift 1 Lyft av första påhängsvagnens första axel för att åstadkomma högre last på dragbilens drivaxlar

Axle Steer 1 Lågfartsstyrning på första påhängsvagnens sista axel för att öka fordonets manövrerbarhet

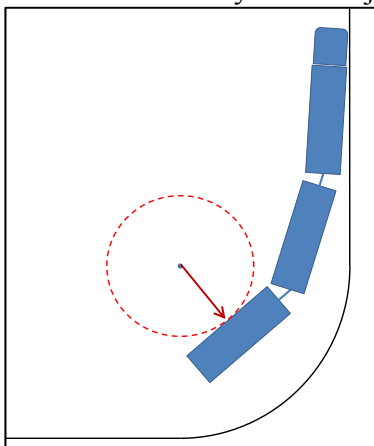
Axle Steer 2 Lågfartsstyrning på andra påhängsvagnens sista axel för att öka fordonets manövrerbarhet

Axle Steer 1&2 Lågfartsstyrning på både första och andra påhängsvagnens sista axel för att öka fordonets manövrerbarhet

9. Prestandamått

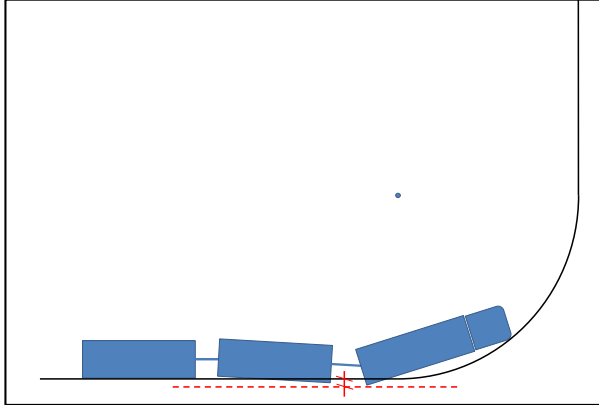
Nedan förklaras de prestandamått som beräknats för varje typfordonskombination. För vissa mått har Transportstyrelsen föreslagit krav med avseende på 74-tonstrafiken. För respektive typfordonskombination finns en tabell med beräkningsresultat på varje prestandamått. För de prestandamått som Transportstyrelsen föreslagit krav markeras uppfyllande eller inte uppfyllande av kravet med en grön respektive röd markering i tabellen. Prestandamåtten anges på engelska men förklaras här på svenska.

90 deg turn inner circle radius - Minsta tangerade innerradie i meter vid 90° sväng i krypfart där lastbilens främre hyttörn följer en cirkelbana med radien 12,5 m.



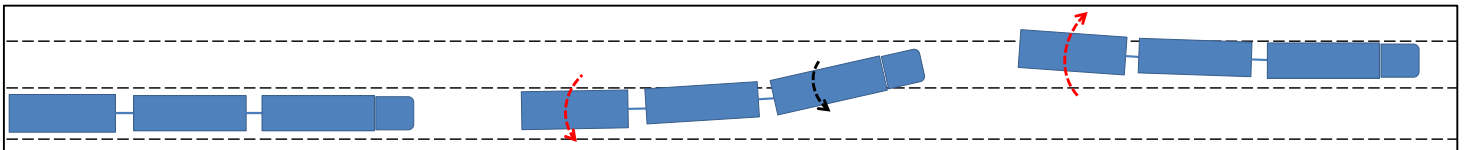
Figur 3: 90 deg turn inner circle radius

90 deg turn outboard off-tracking – Maximala utskjutet av någon fordonsdel utanför cirkelbana med radien 12,5 m inkluderat raksträckan före och efter svängen.



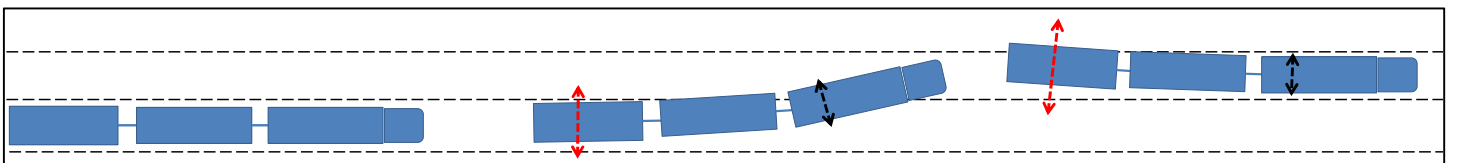
Figur 4: 90 deg turn outboard off-tracking

Lane-change amplification of yaw-rate (kravställt) - Bakåtförstärkning av girvinkelhastighet mellan dragfordonet och sista fordonsenheten vid enkelt filbyte i 80 km/h enligt ISO 14791 där framaxelns lateralacceleration har ett toppvärde av 1 m/s^2 . Förstärkning ska vara som låg som möjligt. *Transportstyrelsen kravförslag till krav: Maximal bakåtförstärkning av girvinkelhastigheten får inte överskrida med en faktor på 2,4.*



Figur 5: Lane-change amplification of yaw-rate

Lane-change amplification of lateral acceleration - Bakåtförstärkning av lateralacceleration mellan dragbilens framaxel och sista enhetens tyngdpunkt vid enkelt filbyte i 80 km/h enligt ISO 14791 där framaxelns lateralacceleration har ett toppvärde av 1 m/s^2 . Förstärkning ska vara som låg som möjligt.

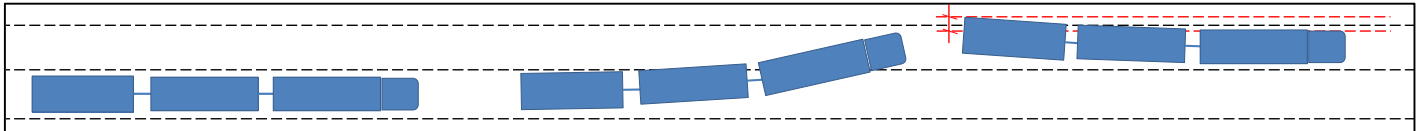


Figur 6: Lane-change amplification of lateral acceleration

Lane-change off-tracking (kravställt) – Sista traileraxelns laterala översläng relativt lastbilens framaxel vid enkelt filbyte. Körfallet är inte specificerat i kravförslag. Här antogs ett körfall i form av ett filbyte i 80 km/h med frekvensen 0,3 Hz och en lateralaccelerationsamplitud av $1,75 \text{ m/s}^2$.

Överslängen skall vara så lite som möjlig.

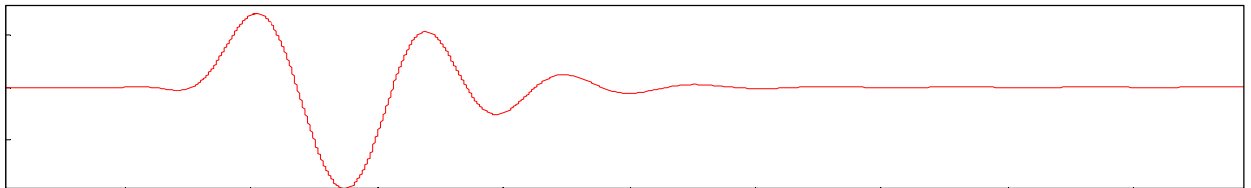
Transportstyrelsens kravförslag: Den maximala spåravvikelsen på någon av fordonstågets axlar får inte avvika med mer än 0,8 meter i förhållande till fordonstågets första axel.



Figur 7: Lane-change off-tracking

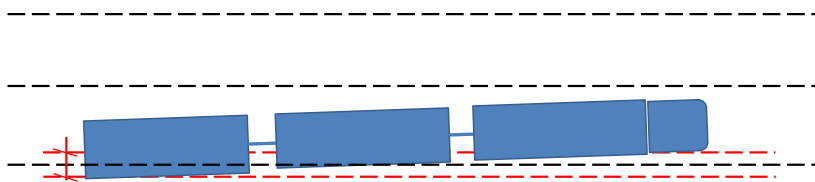
Yaw damping (kravställt) – Ledvinkeldämpning för sista kopplingsleden i 80 km/h.

Transportstyrelsens kravförslag: Dämpningen ska vara minst 0,15. En hög ledvinkeldämpning är önskvärd eftersom svängningarna i fordonskombinationen då dämpas ut snabbt efter exempelvis ett filbyte.

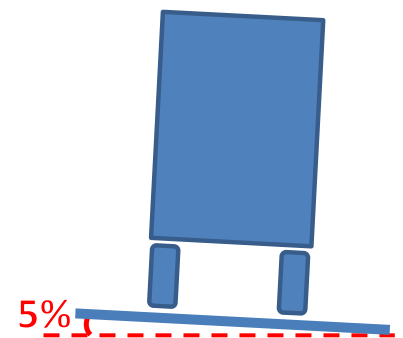


Figur 8: Yaw damping

Straight-line off-tracking (kravställt) – Sista traileraxelns laterala förskjutning relativt dragfordonets första framaxel vid körning rakt fram på väg vid ett tvärfall på 5%. Transportstyrelsens kravförslag: Fordonståget får ha en maximal avdrift på 0,4 meter vid körning på en rak vägsträcka på minst 1000 meter.



Figur 9: Straight-line off-tracking



Drive axle load – Drivaxeltryck, andel av fordonets bruttovikt i procent som belastar drivaxlar. Det är inte kravställt i Sverige men ett referensmått kan vara att en 60-tons kombination med en drivande axel motsvara ca 19% vikt på drivaxeln.



Figur 10: Drive axle load

Pressed drive axle load – Andel av fordonets bruttovikt i procent som belastar drivaxlar i fallet 30% förhöjt drivaxeltryck i förhållande till maximalt lagligt drivaxeltryck för BK1. Två exempel ges: För en drivaxel är maximalt lagligt drivaxeltryck 11,5 ton. 30% förhöjt drivaxeltryck blir 14,95 ton. För två drivaxlar (i en axelgrupp) är maximalt lagligt drivaxeltryck 19,0 ton. 30% förhöjt drivaxeltryck blir 24,7 ton. Observera att förhöjning av drivaxeltryck även kan åstadkommas genom lastöverflyttning mellan drivande axlar.



Figur 11: Pressed drive axle load

Hill-startability at low friction – Högsta konstanta motlut på låg hal väg ($\mu=0,25$) där fordonet kan starta givet 30% förhöjt drivaxeltryck, 55N/ton rullmotstånd, lägsta krypfart är 2,8 km/h och maximal tid för att slira på kopplingen är 4 sekunder. Tyngdpunktshöjden påverkar lastöverflyttningen bakåt och är satt till 1,6 meter.

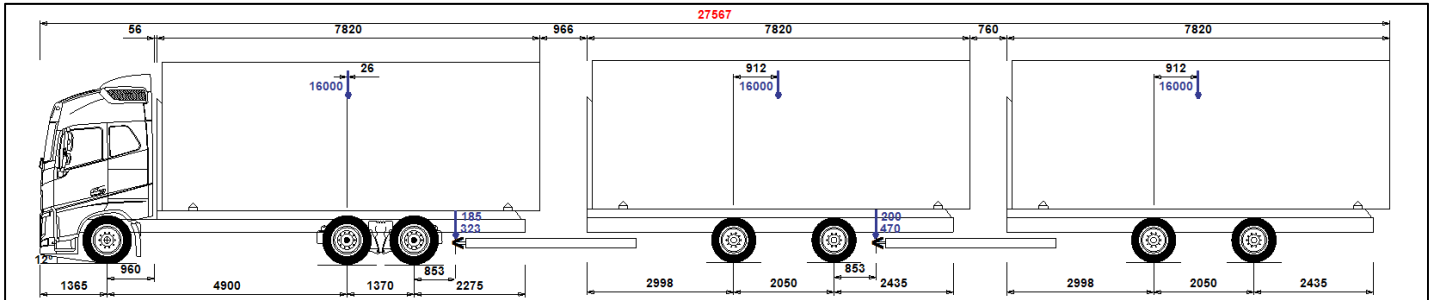


Figur 12: Drive axle load, Pressed drive axle load Hill-startability at low friction

10. Typfordonskombinationer mellan 25,25 och 34 meter, upp till 74 ton

Typfordonskombination 34-1, Lastbil med dubbla tvåaxliga källror för styckegods - 65 ton

Fordonskombinationen har mått enligt DUO-kärria, kör styckegods på dispens mellan Göteborg och Helsingborg. Den har beräknats med jämnt utbredd last och med framlast. Totalvikten blir i båda fallen begränsad av första källrans axelvikt. Kombinationen är godkänd enligt kravförslagen.



Figur 13: Typfordonskombination 34-1, Lastbil med dubbla tvåaxliga källror för styckegods – 65 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	64,7	64,1
Total combination wheel base [m]	23,4	23,4
Total combination length [m]	27,6	27,6
90 deg turn inner circle radius [m]	5,40	5,40
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,14	0,14
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,73	● 1,64
Lane-change amplification of acceleration	2,09	1,96
Lane-change off-tracking [m]	● 0,57	● 0,53
Yaw damping	● 0,24	● 0,34
Straight-line off-tracking [m]	● 0,16	● 0,16
Drive axle load [%]	27,9%	27,5%
Pressed drive axle load [%]	29,9%	29,6%
Hill-startability at low friction [%]	5,2%	5,1%

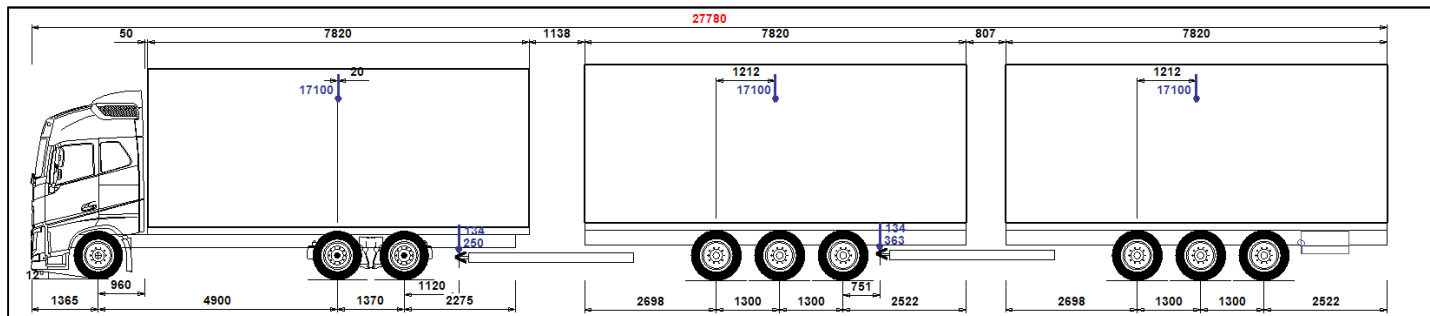
Tabell 1: Prestandavärden typfordon 34-1



Figur 14: DUO-kärria med samma mått som typfordonskombination 34-1

Typfordonskombination 34-2, Lastbil med dubbla treaxliga kärror för styckegods – 74 ton

Fordonskombinationen har mått enligt planerat fältprov med DUO-kärra med treaxliga kärror. Kombinationen har beräknats med jämnt utbredd och med framlast. Kombinationen får godkänt enligt kravförslagen, men med liten dämpningsmarginal i fallet jämnt utbredd last.



Figur 15: Typfordonskombination 34-2, Lastbil med dubbla treaxliga kärror för styckegods – 74 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	72,2	73,2
Total combination wheel base [m]	23,9	23,9
Total combination length [m]	27,8	27,8
90 deg turn inner circle radius [m]	5,54	5,54
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,18	0,18
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,84	● 1,75
Lane-change amplification of acceleration	2,29	2,13
Lane-change off-tracking [m]	● 0,64	● 0,59
Yaw damping	● 0,19	● 0,28
Straight-line off-tracking [m]	● 0,16	● 0,16
Drive axle load [%]	26,3%	26,0%
Pressed drive axle load [%]	27,9%	27,6%
Hill-startability at low friction [%]	4,6%	4,5%

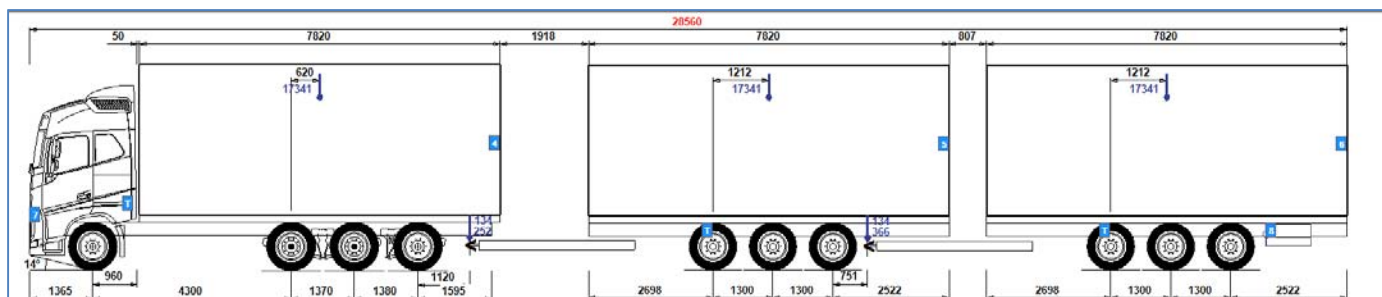
Tabell 2: Prestandavärden typfordon 34-2



Figur 16: DUO-kärra med treaxliga kärror

Typfordonskombination 34-3, Fyraxlig lastbil med dubbla treaxliga kärror f r stycke gods – 74 ton

Fordonskombinationen har m tt enligt planerat fältprov med DUO-kärra med treaxliga kärror, men med den treaxliga lastbilen utbytt mot en fyraxlig lastbil. Kombinationen har beräknats med j mmt utbredd och med framlast. Kombinationen f r precis godkänt enligt kravförslagen, men med ännu något mindre marginal än den treaxliga lastbilen med samma kärror efter. Anledningen till detta  r troligen att kopplingen är placerad relativt långt från bakaxlarna jämfört med fallet f r den treaxliga lastbilen.



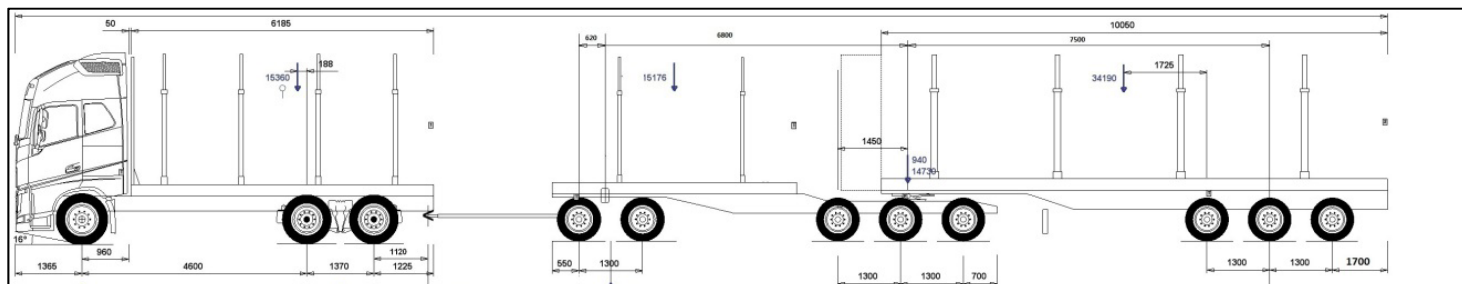
Figur 17: Typfordonskombination 34-3, Fyraxlig lastbil med dubbla treaxliga kärror f r stycke gods – 74 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	24,7	24,7
Total combination length [m]	28,6	28,6
90 deg turn inner circle radius [m]	5,92	5,92
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,26	0,26
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,94	● 1,84
Lane-change amplification of acceleration	2,44	2,25
Lane-change off-tracking [m]	● 0,69	● 0,63
Yaw damping	● 0,18	● 0,28
Straight-line off-tracking [m]	● 0,17	● 0,17
Drive axle load [%]	19,3%	19,2%
Pressed drive axle load [%]	31,1%	30,8%
Hill-startability at low friction [%]	5,5%	5,4%

Tabell 3: Prestandavärden typfordonskombination 34-3

Typfordonskombination 34-4, Lastbil med dolly och dubbla treaxliga påhängsvagnar för timmertransport – 74 ton

Fordonskombinationen har samma mått som Volvos 90-tons ETT-kombination som kör timmer på dispens mellan Överkalix och Piteå. I beräkningen är den lastad till 74 ton. Kombinationstypen kallas ibland för en AB-dubbel. Beräkningen ger kombinationen klart godkänt.



Figur 18: Typfordonskombination 34-4, Lastbil med dolly och dubbla treaxliga påhängsvagnar för timmertransport – 74 ton

	Equal Pile Mass
Total combination weight [ton]	74,0
Total combination wheel base [m]	26,3
Total combination length [m]	29,4
90 deg turn inner circle radius [m]	4,76
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,08
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,66
Lane-change amplification of acceleration	1,75
Lane-change off-tracking [m]	● 0,58
Yaw damping	● 0,40
Straight-line off-tracking [m]	● 0,18
Drive axle load [%]	20,8%
Pressed drive axle load [%]	23,1%
Hill-startability at low friction [%]	3,4%

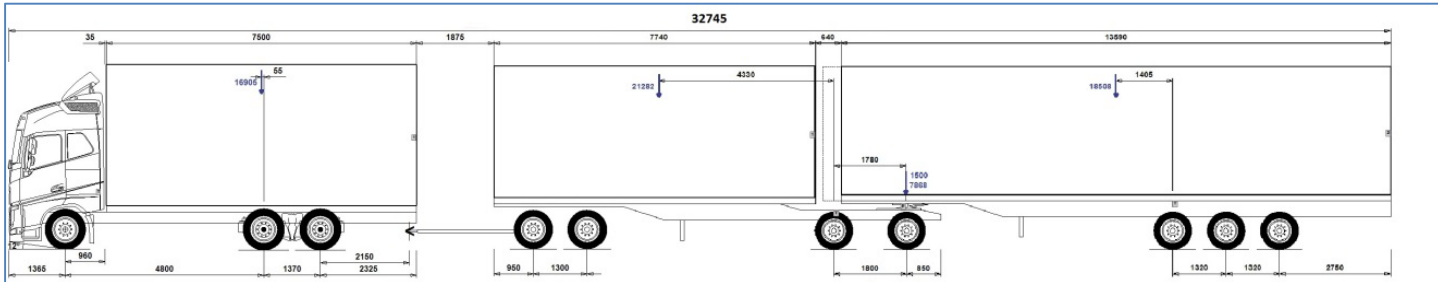
Tabell 4: Prestandavärden Typfordonskombination 34-4



Figur 19: ETT-kombinationen med totalvikt 90 ton för timmertransport mellan Överkalix och Piteå

Typfordonskombination 34-5, Lastbil med dolly och dubbla påhängsvagnar för styckegods – 74 ton

Fordonskombinationen är sammansatt av en traditionell 25,25 m modulkombination (lastbil, dolly och påhängsvagn) kompletterad med en tvåaxlig påhängsvagn (link). Kombinationstypen kallas ibland för en AB-dubbel. Beräkningen ger kombinationen klart godkänt.



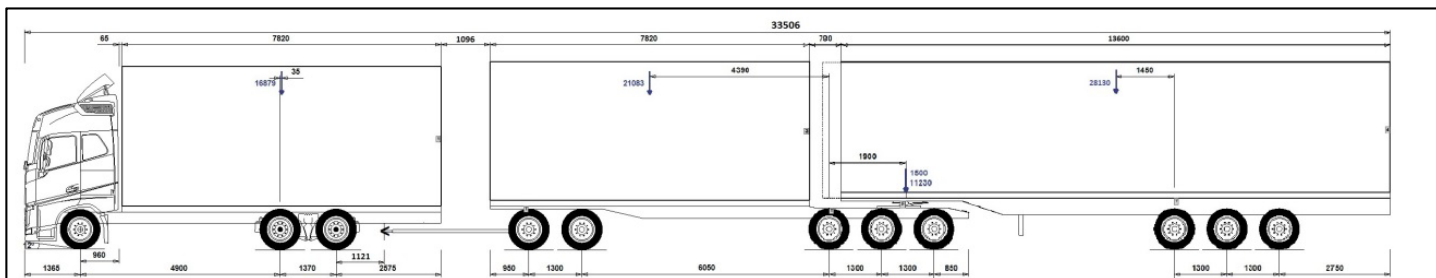
Figur 20: Typfordonskombination 34-5, Lastbil med dolly och dubbla påhängsvagnar – 74 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	29,3	29,3
Total combination length [m]	33,4	33,4
90 deg turn inner circle radius [m]	3,95	3,95
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,14	0,13
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,61	● 1,55
Lane-change amplification of acceleration	1,68	1,64
Lane-change off-tracking [m]	● 0,60	● 0,57
Yaw damping	● 0,38	● 0,38
Straight-line off-tracking [m]	● 0,20	● 0,20
Drive axle load [%]	20,7%	19,4%
Pressed drive axle load [%]	22,8%	21,7%
Hill-startability at low friction [%]	3,3%	3,0%

Tabell 5: Prestandavärden typfordonskombination 34-5

Typfordonskombination 34-6, Lastbil med dolly och dubbla treaxliga påhängsvagnar för styckegods – 74 ton

Fordonskombinationen är sammansatt av en traditionell 25,25 m modulkombination (lastbil, dolly och påhängsvagn), såsom för typfordonskombination 74-6, men här istället kompletterad med en treaxlig påhängsvagn (link). Den treaxliga link-påhängsvagnen minskar risken för överlastade axlar. Beräkningen ger även denna kombination klart godkänt.



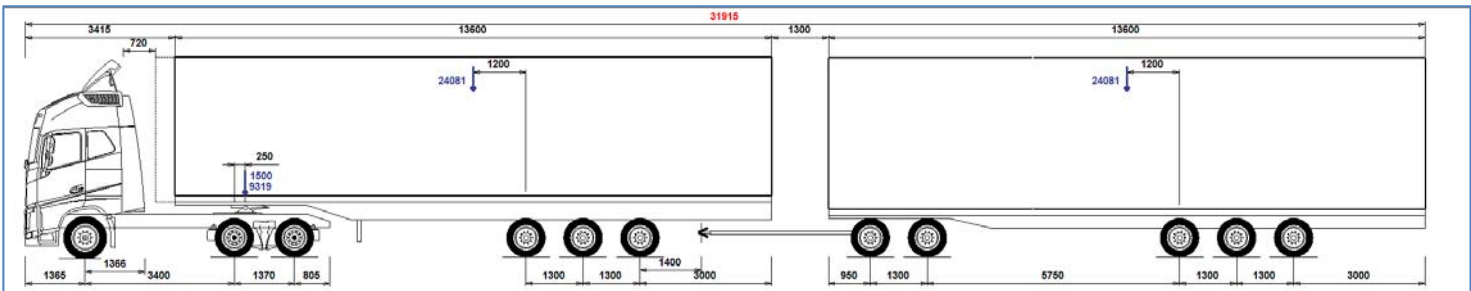
Figur 21: Typfordonskombination 34-6, Lastbil med dolly och dubbla treaxliga påhängsvagnar för styckegods – 74 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	29,4	29,4
Total combination length [m]	33,5	33,5
90 deg turn inner circle radius [m]	3,92	3,91
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,13	0,13
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,59	● 1,55
Lane-change amplification of acceleration	1,66	1,63
Lane-change off-tracking [m]	● 0,60	● 0,57
Yaw damping	● 0,38	● 0,37
Straight-line off-tracking [m]	● 0,20	● 0,20
Drive axle load [%]	20,4%	19,2%
Pressed drive axle load [%]	22,6%	21,5%
Hill-startability at low friction [%]	3,2%	3,0%

Tabell 6: Prestandavärden typfordonskombination 34-6

Typfordonskombination 34-7, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ A-dubbel, för stycke gods – 74 ton

Fordonskombinationen har samma mått som Volvos 80-tons DUO-trailer som kör stycke gods på dispens mellan Göteborg och Malmö. I beräkningen är den dock begränsad till 74 ton. (DUO-trailer medianbruttovikt är cirka 60 ton). Beräkningar gjordes här med tre olika lastningar och ett specialfall där första axeln på första påhängsvagnen lyftes för att öka belastning på drivande axlar. I beräkningarna får kombinationen klart godkänt.



Figur 22: Typfordonskombination 34-7, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ A-dubbel, för stycke gods – 74 ton



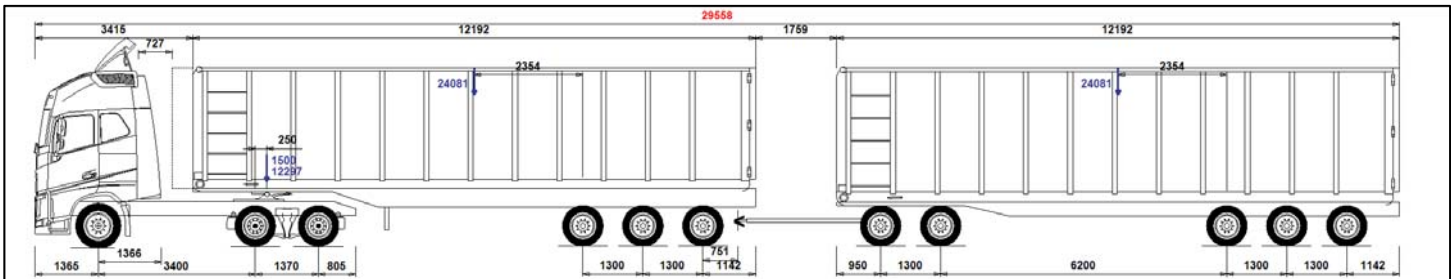
Figur 23: DUO-trailer, stycke gods max 80 ton mellan Göteborg och Malmö

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)	Front Load 2 (20% empty rear)	Trailer 1 Axle Lift Front Load 2 (20% empty rear)
Total combination weight [ton]	74,0	74,0	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	27,6	27,6	27,6	27,6
Total combination length [m]	32,0	32,0	32,0	32,0
90 deg turn inner circle radius [m]	4,53	4,53	4,52	4,00
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,17	0,17	0,17	0,14
Lane-change amplification of yaw-rate	1,79	1,67	1,59	1,41
Lane-change amplification of acceleration	1,82	1,71	1,67	1,50
Lane-change off-tracking [m]	0,61	0,57	0,55	0,46
Yaw damping	0,33	0,37	0,43	0,45
Straight-line off-tracking [m]	0,19	0,19	0,19	0,19
Drive axle load [%]	16,3%	18,9%	21,5%	22,6%
Pressed drive axle load [%]	19,6%	22,0%	24,2%	25,1%
Hill-startability at low friction [%]	2,6%	3,2%	3,8%	4,1%

Tabell 7: Prestandavärden, typfordonskombination 34-7

Typfordonskombination 34-8, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ A-dubbel, för container – 74 ton

Det här är en liknande kombination som 34-7 men istället avsedd 40 eller 45 fots containerlastat gods. I beräkningarna får kombinationen väl godkänt precis som fordonskombination 34-7.



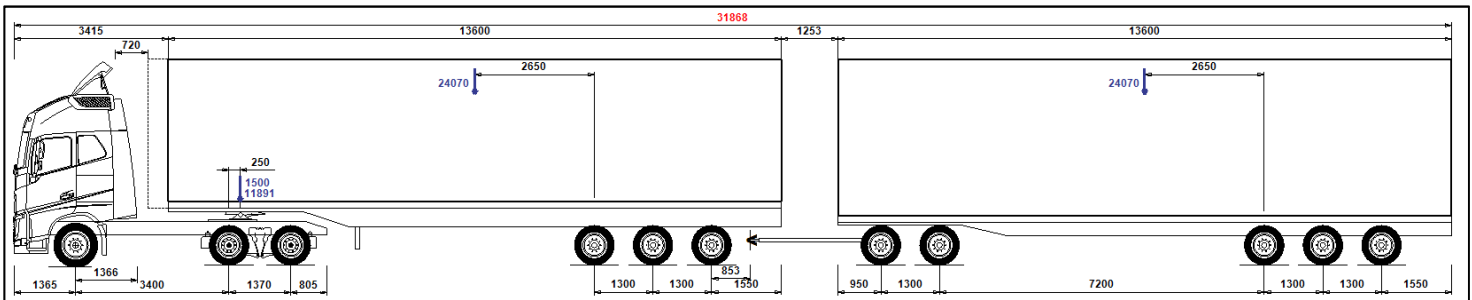
Figur 24: Typfordonskombination 34-8, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ A-dubbel, för container – 74 ton

	Even Load	Even Load Trailer 1 Axle Lift
Total combination weight [ton]	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	27,1	27,1
Total combination length [m]	29,6	29,6
90 deg turn inner circle radius [m]	4,28	3,99
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,07	0,07
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,48	● 1,39
Lane-change amplification of acceleration	1,53	1,44
Lane-change off-tracking [m]	● 0,49	● 0,44
Yaw damping	● 0,41	● 0,44
Straight-line off-tracking [m]	● 0,18	● 0,18
Drive axle load [%]	19,9%	21,1%
Pressed drive axle load [%]	22,9%	23,9%
Hill-startability at low friction [%]	3,4%	3,7%

Tabell 8: Prestandavärden typfordonskombination 34-8

Typfordonskombination 34-9, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ A-dubbel, för jämnt utbredd last – 74 ton

Fordonskombinationen är lik kombination 34-7 men är utformad för jämnt utbredd last, och påhängsvagnarna har längre hjulbas än vanliga EMS-påhängsvagnar. Påhängsvagnarna är 13,6 m långa. Beräkningarna ger godkända värden. Vikten över drivaxlarna är bättre än för 34-7 i fallet jämnt utbredd last som avsett. Axellyft på första påhängsvagnen ger ytterligare bättre vikt över drivaxlarna.



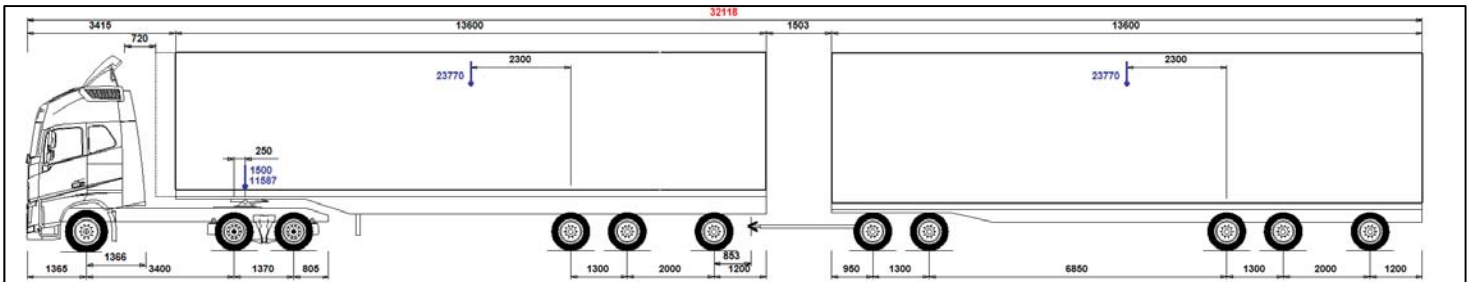
Figur 25: Typfordonskombination 34-9, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ A-dubbel, för jämnt utbredd last – 74 ton

	Even Load	Even Load Trailer 1 Axle Lift
Total combination weight [ton]	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	29,0	29,0
Total combination length [m]	31,9	31,9
90 deg turn inner circle radius [m]	3,52	3,22
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,08	0,07
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,32	● 1,25
Lane-change amplification of acceleration	1,38	1,31
Lane-change off-tracking [m]	● 0,43	● 0,39
Yaw damping	● 0,49	● 0,52
Straight-line off-tracking [m]	● 0,20	● 0,20
Drive axle load [%]	19,4%	20,5%
Pressed drive axle load [%]	22,4%	23,4%
Hill-startability at low friction [%]	3,3%	3,6%

Tabell 9: Prestandavärden typfordonskombination 34-9

Typfordonskombination 34-10, Dragbil med dubbla påhängsvagnar med styrda axlar, typ A-dubbel, för styckegods – 74 ton

Fordonskombinationen har samma skåpmått som kombination 34-7 och med, men är kompletterad på lågfartsstyrande sista axlar på båda påhängsvagnarna. Den är på så sätt gjord för jämnt utbredd last utan att för den skull bli mer utrymmeskrävande i snäva kurvor. Beräkningarna visar tyvärr att påhängsvagnarna sveper en meter ut ur kurvan vilket kan vara en trafikfara eftersom ”utsidan” trailern dessutom är skydd för föraren. Dock kan detta fenomen lindras genom aktivt styrda axlar på påhängsvagnarna.



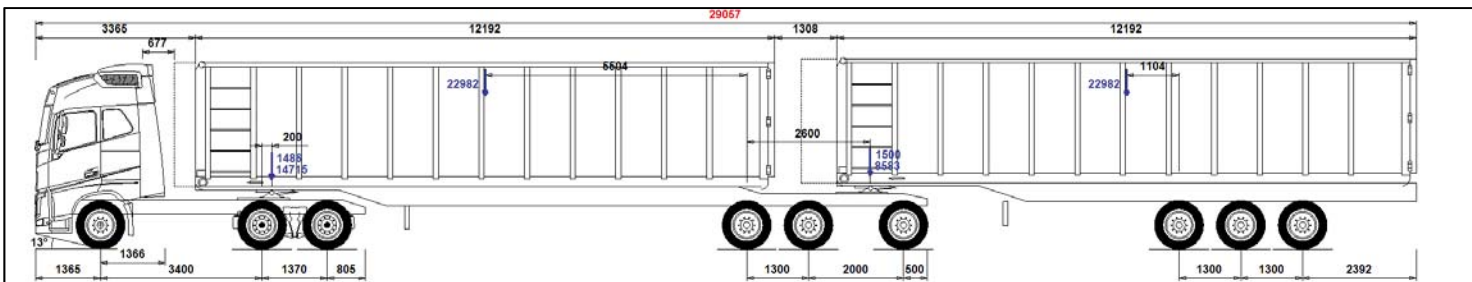
Figur 26: Typfordonskombination 34-10, Dragbil med dubbla påhängsvagnar med styrda axlar, typ A-dubbel, för styckegods – 74 ton

	Even Load Trailer 1 Steer	Even Load Trailer 1 Steer Trailer 1 Axle Lift
Total combination weight [ton]	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	29,6	29,6
Total combination length [m]	32,1	32,1
90 deg turn inner circle radius [m]	6,35	6,69
90 deg turn outboard off-tracking [m]	1,01	1,26
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,36	● 1,27
Lane-change amplification of acceleration	1,43	1,33
Lane-change off-tracking [m]	● 0,46	● 0,41
Yaw damping	● 0,48	● 0,52
Straight-line off-tracking [m]	● 0,20	● 0,20
Drive axle load [%]	19,0%	20,3%
Pressed drive axle load [%]	22,1%	23,2%
Hill-startability at low friction [%]	3,2%	3,5%

Tabell 10: Prestandavärden typfordonskombination 34-10

Typfordonskombination 34-11, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ B-dubbel, för dubbla 40/45-fots containrar – 69 ton

Första påhängsvagnen har en lågfartsstyrande sista axel, men i ett fall har även andra påhängsvagnen försetts med styrbar sista axel. Kombinationens totalvikt begränsas av vikten över första påhängsvagnens axlar. Kombinationen beräknades med två lastfall, jämnt utbredd och bakåtförskjutet. Beräkningarna visar även här att trailrarna sveper ut i snäva kurvor Dock kan detta fenomen lindras genom aktivt styrda axlar på påhängsvagnarna.



Figur 27: Typfordonskombination 34-11, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ B-dubbel, för dubbla 40/45-fots containrar – 69 ton

	Even Load Trailer 1 Steer	Even Load Trailer 1&2 Steer
Total combination weight [ton]	69,0	69,0
Total combination wheel base [m]	25,3	25,3
Total combination length [m]	29,0	29,0
90 deg turn inner circle radius [m]	4,90	4,72
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,94	2,65
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,07	● 1,07
Lane-change amplification of acceleration	1,14	1,14
Lane-change off-tracking [m]	● 0,25	● 0,25
Yaw damping	● 0,56	● 0,56
Straight-line off-tracking [m]	● 0,17	● 0,17
Drive axle load [%]	24,2%	24,2%
Pressed drive axle load [%]	26,9%	26,9%
Hill-startability at low friction [%]	4,5%	4,5%

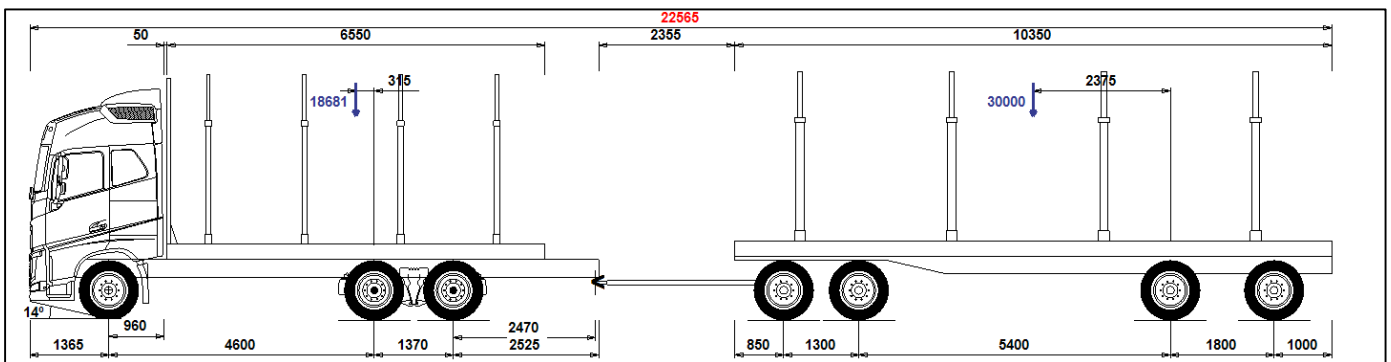
Tabell 11: Prestandavärden typfordonskombination 34-11

11. Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 74 ton (BK4)

De här kombinationerna kommer vara tillåtna att köra på de nya BK4-vägarna. Vissa av dem är 24 meter eller kortare vilket gör att de inte behöver uppfylla EMS-mått eller tillåtna EMS-fordonstyper. En maximalt 24 meter lång fordonkombination får ha mer än 12 meter lång släpvagn, och för alla påbyggnadstyper ha en fordonsbredd upp till 2,6 meter (EMS 2,55 m men 2,60 m för tempererat gods)

Typfordonskombination 74-1, Lastbil och släpvagn för timmertransport, 66 ton

Denna idag vanliga timmerkombination kommer kunna lastas till maximalt 67 ton på BK4 förutsatt 10 tons teknisk framaxellast. Det innebär 29 ton på lastbilen och 38 ton på släpet. I beräkningen är kombinationen lastad till 66 ton med 9 ton vikt över framaxeln vilket får anses bli vanligare. Denna kombination har klart godkända värden enligt Transportstyrelsens kravförslag.



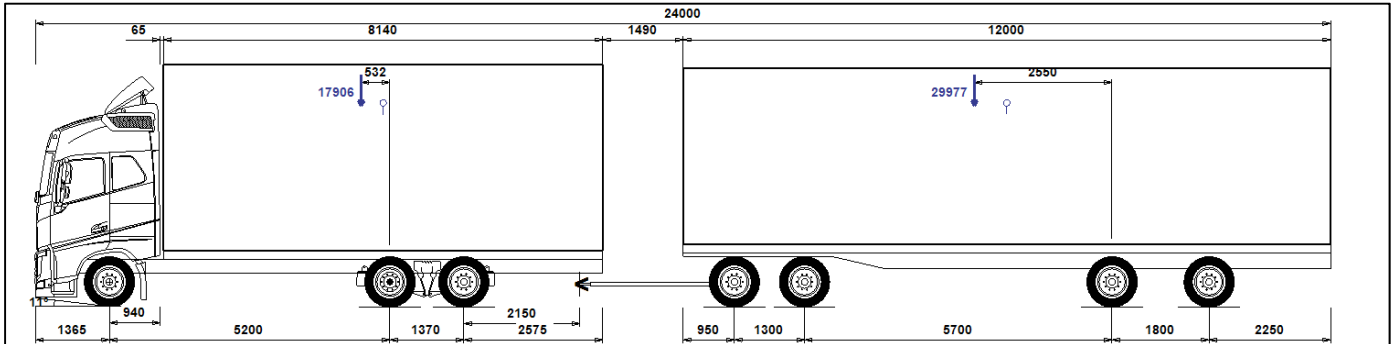
Figur 28: Typfordonskombination 74-1, Lastbil och släpvagn för timmertransport, 66 ton

	Equal Pile Mass
Total combination weight [ton]	65,8
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	22,6
90 deg turn inner circle radius [m]	6,41
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,18
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,84
Lane-change amplification of acceleration	1,83
Lane-change off-tracking [m]	● 0,49
Yaw damping	● 0,41
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	28,9%
Pressed drive axle load [%]	30,8%
Hill-startability at low friction [%]	5,4%

Tabell 12: Prestandavärden typfordonskombination 74-1

Typfordonskombination 74-2, Lastbil och släpvagn för styckegods - 24 meter och 65 ton

Dagens styckegodskombination kommer liksom timmerkombinationen 74-1 kunna lastas till 67t på BK4 förutsatt 10 tons teknisk framaxellast. Det innebär 29 ton på lastbilen och 38 ton på släpet. I beräkningen uppnås 65 ton förutsatt framlastning. Denna kombination har klart godkända värden enligt Transportstyrelsens kravförslag. Med enkel drivaxel är dock andelen vikt på drivaxeln lågt.



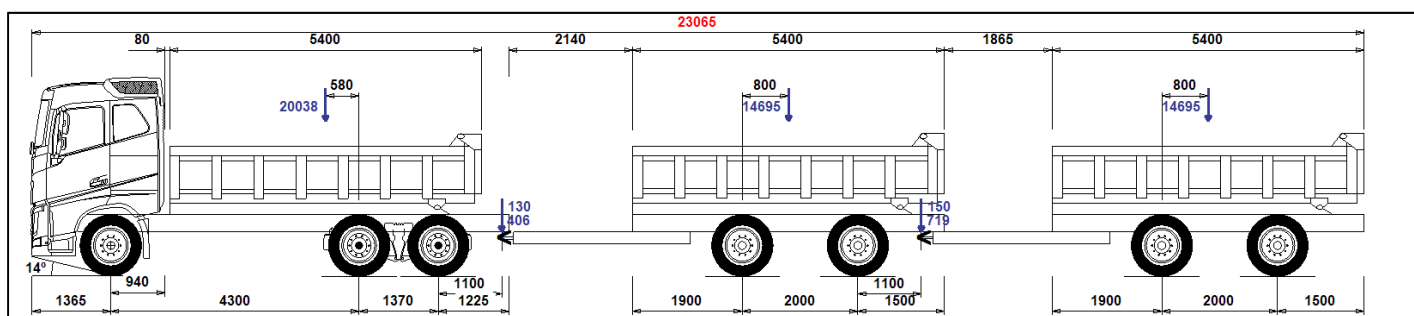
Figur 29: Typfordonskombination 74-2, Lastbil och släpvagn för styckegods – 24 meter och 65 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	59,4	65,1
Total combination wheel base [m]	20,4	20,4
Total combination length [m]	24,0	24,0
90 deg turn inner circle radius [m]	6,17	6,18
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,19	0,19
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,68	● 1,64
Lane-change amplification of acceleration	1,73	1,71
Lane-change off-tracking [m]	● 0,47	● 0,45
Yaw damping	● 0,47	● 0,54
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	18,5%	17,5%
Pressed drive axle load [%]	25,2%	23,0%
Hill-startability at low friction [%]	3,9%	3,3%

Tabell 13: Prestandavärden typfordonskombination 74-2

Typfordonskombination 74-3, Treaxlig lastbil med dubbla tvåaxliga källror för anläggningstransport – 68 ton

Här illustreras hur stabiliteten förbättras när man flyttar fram bakre kopplingen och förlänger dragstänger. Det första förslaget (Tabell 14, kolumn 1 och figur 30) ligger inom men nära Transportstyrelsens föreslagna gränser för dämpning och bakåtförstärkning. Andra tabellkolumnen motsvarar att bakre kopplingarna på både lastbil och första källran är flyttade 25 cm framåt, och att dragstängerna förlängts motsvarande. I tredje tabellkolumnen är kopplingarna kvar i den främre positionen, men dragstängerna har förlängts ytterligare 47 cm vardera så att fordonskombinationen hamnar inom 24 meters totallängd.



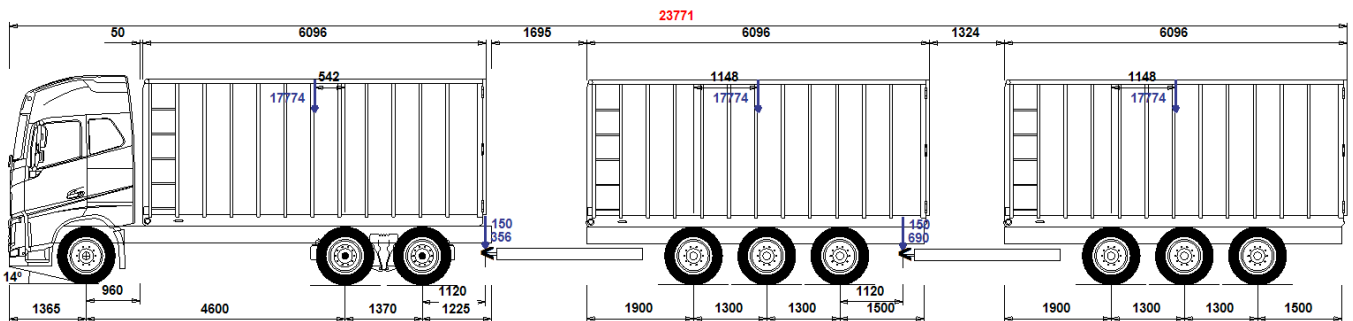
Figur 30: Typfordonskombination 74-3, Treaxlig lastbil med dubbla tvåaxliga källror för anläggningstransport – 68 ton

	Weight Limited	Weight Limited Undermount Tow	Weight Limited Undermount Tow Longer tow bars
Total combination weight [ton]	68,0	68,0	68,0
Total combination wheel base [m]	20,2	20,2	21,1
Total combination length [m]	23,1	23,1	24,0
90 deg turn inner circle radius [m]	6,76	6,54	6,20
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,11	0,10	0,10
Lane-change amplification of yaw-rate	● 2,30	● 2,08	● 1,92
Lane-change amplification of acceleration	2,94	2,59	2,36
Lane-change off-tracking [m]	● 0,60	● 0,56	● 0,54
Yaw damping	● 0,17	● 0,22	● 0,27
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	27,9%	27,9%	27,9%
Pressed drive axle load [%]	29,9%	29,9%	29,9%
Hill-startability at low friction [%]	5,2%	5,2%	5,2%

Tabell 14: Prestandaberäkningar Typfordonskombination 74-3

Typfordonskombination 74-4, Lastbil med dubbla treaxliga kärror f r 20-fots containertransport – 74 ton

Såsom med fordonskombination 74-3 görs även här stabilitetsberäkning med tre varianter i syfte att  ka dynamiska stabiliteten. Det ursprungliga förslaget (kolumn 1 i tabell 15, samt figur 31) uppfyller inte Transportstyrelsens föreslagna BK4-gränser för dämpning och bakåtförstärkning. Andra tabellkolumnen motsvarar att bakre kopplingen på första kärran  r flyttad framåt 27 cm. I tredje tabellkolumnen  r bakre kopplingen på första kärran kvar i den främre positionen, men båda k rornas dragstänger har förlängts med vardera 90 cm, och ökar fordonets totallängd till 25,25 meter. Det tredje förslaget uppfyller precis kraven, men marginalen för dämpning har liten marginal. Den längsta och mest stabila kombinationen  r dock inte definierad som godkänd modulfordonskombination i Sverige idag .



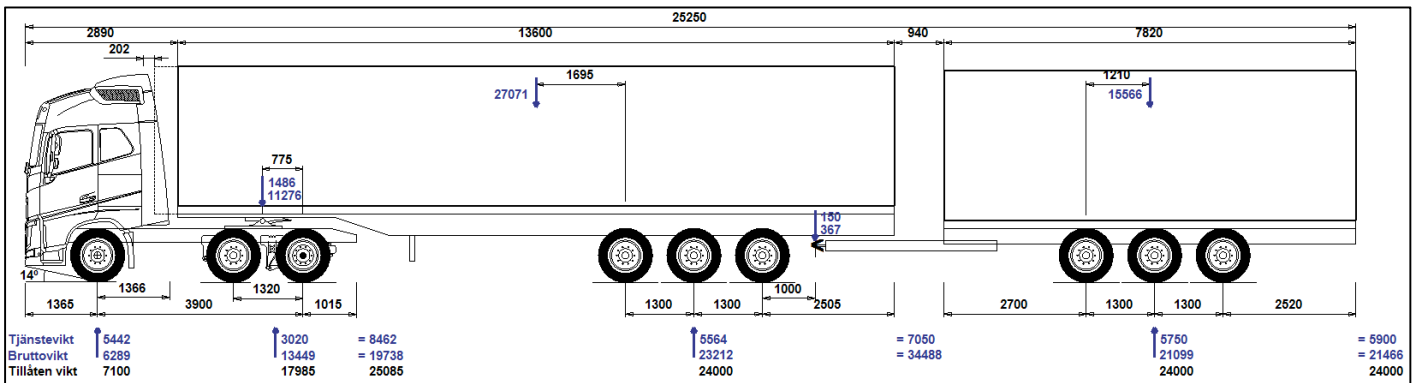
Figur 31: Typfordonskombination 74-4, Lastbil med dubbla treaxliga kärror f r 20-fots containertransport – 74 ton

	Weight Limited	Weight Limited Undermount Tow	Weight Limited Undermount Tow Longer tow bars
Total combination weight [ton]	74,0	74,0	74,0
Total combination wheel base [m]	20,8	20,5	22,3
Total combination length [m]	23,7	23,4	25,2
90 deg turn inner circle radius [m]	6,84	6,80	6,18
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,14	0,13	0,12
Lane-change amplification of yaw-rate	● 2,55	● 2,45	● 2,05
Lane-change amplification of acceleration	● 3,42	● 3,25	● 2,62
Lane-change off-tracking [m]	● 0,73	● 0,69	● 0,63
Yaw damping	● 0,07	● 0,09	● 0,19
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14	● 0,15
Drive axle load [%]	23,7%	23,8%	23,8%
Pressed drive axle load [%]	25,6%	25,7%	25,7%
Hill-startability at low friction [%]	4,1%	4,1%	4,1%

Tabell 15: Prestandaberäkningar Typfordonskombination 74-4.

Typfordonskombination 74-5, Treaxlig dragbil med påhängsvagn och kärra – 69 ton

Kombinationen är en modulfordonsbaserad styckevaruskombination med 25,25 m totallängd. Den är inte så vanlig i Sverige, men däremot i Finland. Denna kombination kommer kunna lastas till maximalt 72 ton (24+24+24) på BK4. Här är dragbilen treaxlig med den enda drivaxeln placerad längst bak i boggin. Fördelen med denna typ av dragbil är att de kan byggas låga och samtidigt korta, och att komfort och framaxeltryck är bra vid halvlastat fordon när boggins löpaxel är upphissad. En dragbil med dubbla drivaxlar, som ju ger högre marktryck för drivande axlar, är oftast svåra att bygga tillräckligt låga och korta för att vara effektiva för volymbegränsade transporter inom 25,25 meters totallängd. En dragbil med lyftbar sista axel har fördelen att kunna pressa drivaxel trycket om så krävs, men nackdelen blir i detta fall lågt framaxeltryck och sämre komfort vid halvlast då axeln lyfts upp.



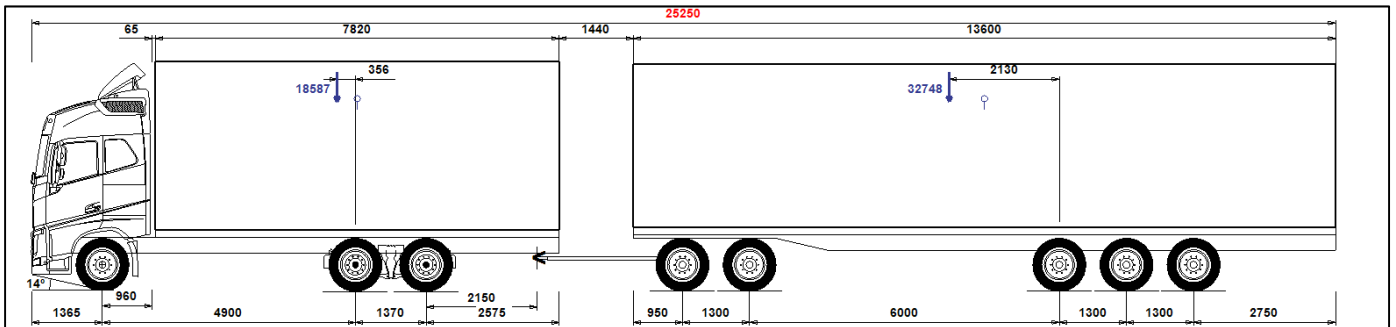
Figur 32: Typfordonskombination 74-5, Treaxlig dragbil med påhängsvagn och kärra – 69 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	65,9	68,6
Total combination wheel base [m]	21,4	21,4
Total combination length [m]	25,3	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	5,43	5,42
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,18	0,18
Lane-change amplification of yaw-rate	1,50	1,43
Lane-change amplification of acceleration	1,70	1,61
Lane-change off-tracking [m]	0,43	0,40
Yaw damping	0,27	0,38
Straight-line off-tracking [m]	0,14	0,14
Drive axle load [%]	12,5%	14,3%
Pressed drive axle load [%]	18,0%	20,6%
Hill-startability at low friction [%]	2,1%	2,8%

Tabell 16: Prestandaberäkningar typfordonskombination 74-5.

Typfordonskombination 74-6, Treaxlig lastbil med dolly och påhängsvagn för styckegods, 69 ton

Fordonskombinationen är en vanlig styckegodskombination med modulmått och totallängd 25,25 m, som på BK4-väg kommer kunna lastas till maximalt 71 ton (29+42) givet en viss framlastning. Lastbilen har två drivaxlar i boggin. Kombinationen genomgående goda beräknade prestandamått oavsett framlast eller jämnt utbredd last.



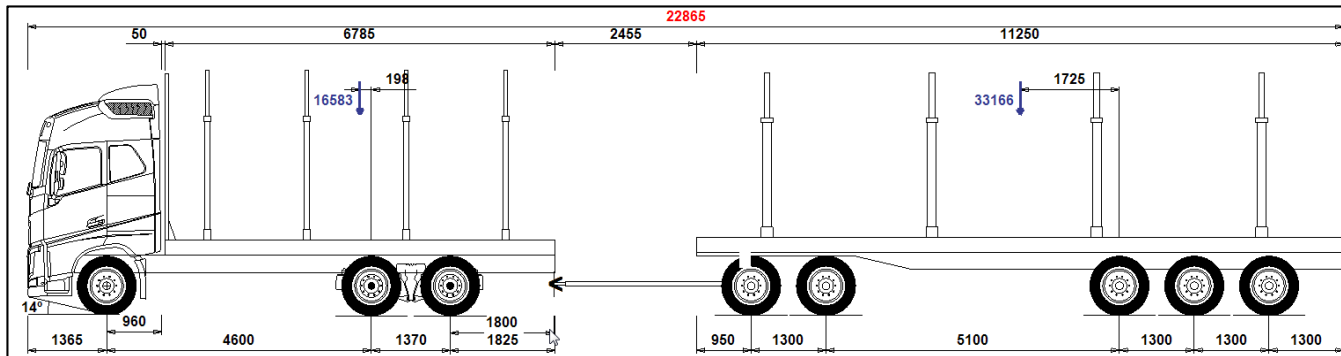
Figur 33: Typfordonskombination 74-6, Treaxlig lastbil med dolly och påhängsvagn för styckegods, 69 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	63,5	69,4
Total combination wheel base [m]	21,1	21,1
Total combination length [m]	25,3	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	5,92	5,92
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,26	0,26
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,61	● 1,55
Lane-change amplification of acceleration	1,66	1,62
Lane-change off-tracking [m]	● 0,46	● 0,45
Yaw damping	● 0,45	● 0,57
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	29,0%	27,4%
Pressed drive axle load [%]	31,0%	29,1%
Hill-startability at low friction [%]	5,4%	4,9%

Tabell 17: Prestandaberäkningar typfordonskombination 74-6

Typfordonskombination 74-7, Lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 71 ton

Kombinationen är ganska vanlig timmerkombination under 24 m och liknar Volvos dispensfordon ST-grupp. Den kommer kunna lastas till maximalt 71 ton på BK4. Här beräknas två olika konfigurationer, utan kran och med kran, samt en ytterligare en variant utan kran men med tyngre trave på lastbilen än vardera traven på släpvagnen. Beräkningarna visar klart godkända prestandavärden.



Figur 34: Typfordonskombination 74-7, Treaxlig lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 71 ton



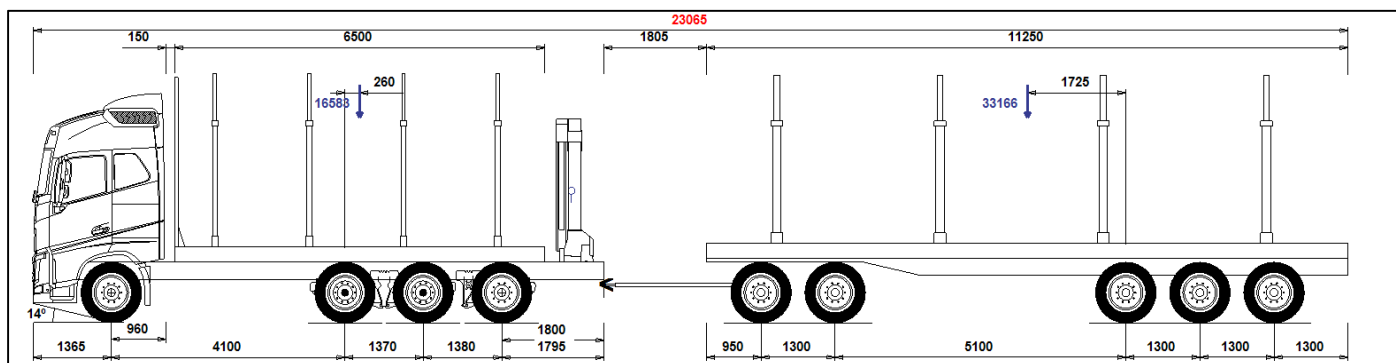
Figur 35: ST-grupp, 70 ton timmer i Västernorrland och Jämtland län

	Equal Pile Mass	Mount Crane Rear Equal Pile Mass	Weight Limited
Total combination weight [ton]	67,5	70,5	69,5
Total combination wheel base [m]	20,2	20,2	20,2
Total combination length [m]	22,9	22,9	22,9
90 deg turn inner circle radius [m]	6,22	6,21	6,21
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,12	0,12	0,12
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,69	● 1,70	● 1,69
Lane-change amplification of acceleration	1,73	1,73	1,73
Lane-change off-tracking [m]	● 0,47	● 0,47	● 0,47
Yaw damping	● 0,41	● 0,43	● 0,43
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	25,7%	26,9%	27,3%
Pressed drive axle load [%]	27,8%	28,7%	29,2%
Hill-startability at low friction [%]	4,6%	4,9%	5,0%

Tabell 18: Prestandaberäkningar typfordonskombination 74-7

Typfordonskombination 74-8, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 74 ton

Fordonskombinationen är lik Volvos dispenskombination ST-kran. Kombinationen är beräknad med och utan timmerkran och med tung trave på lastbilen och får goda stabilitetsmått i samtliga fall.



Figur 36: Typfordonskombination 74-8, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 74 ton



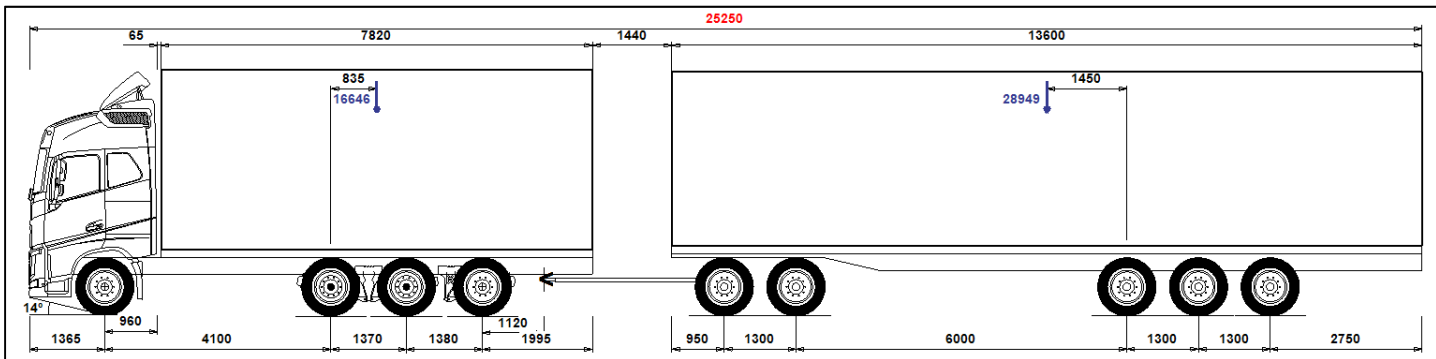
Figur 37: ST-kran, 74 ton timmer i Dalsland, Värmland och Bohuslän.

	Equal Pile Mass	Equal Pile Mass	Weight Limited	Rear Mount Crane Weight Limited
Total combination weight [ton]	68,5	72,0	73,9	74,0
Total combination wheel base [m]	20,4	20,4	20,4	20,4
Total combination length [m]	23,1	23,1	23,1	23,1
90 deg turn inner circle radius [m]	6,79	6,78	6,78	6,78
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,34	0,34	0,34	0,34
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,84	● 1,82	● 1,85	● 1,83
Lane-change amplification of acceleration	1,82	1,80	1,81	1,80
Lane-change off-tracking [m]	● 0,49	● 0,49	● 0,48	● 0,48
Yaw damping	● 0,43	● 0,44	● 0,43	● 0,43
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	18,5%	21,5%	21,3%	22,5%
Pressed drive axle load [%]	29,9%	34,7%	34,4%	33,8%
Hill-startability at low friction [%]	5,2%	6,5%	6,4%	6,5%

Tabell 19: Prestandavärden typfordonskombination 74-8

Typfordonskombination 74-9, Fyraxlig lastbil, dolly och påhängsvagn för styckegods – 71 ton

Kombinationen är anpassade till EMS-begränsande mått för längd mellan front och påhängsvagnens bakersta axel (max 22,5 m). Den passar bäst med framlast. Med jämnt utbredd last blir nämligen påhängsvagnens axlar snabbt begränsande eftersom de överlastas redan vid 65 tons bruttovikt. Beräkningen ger godkända resultat i båda lastningsfallen.



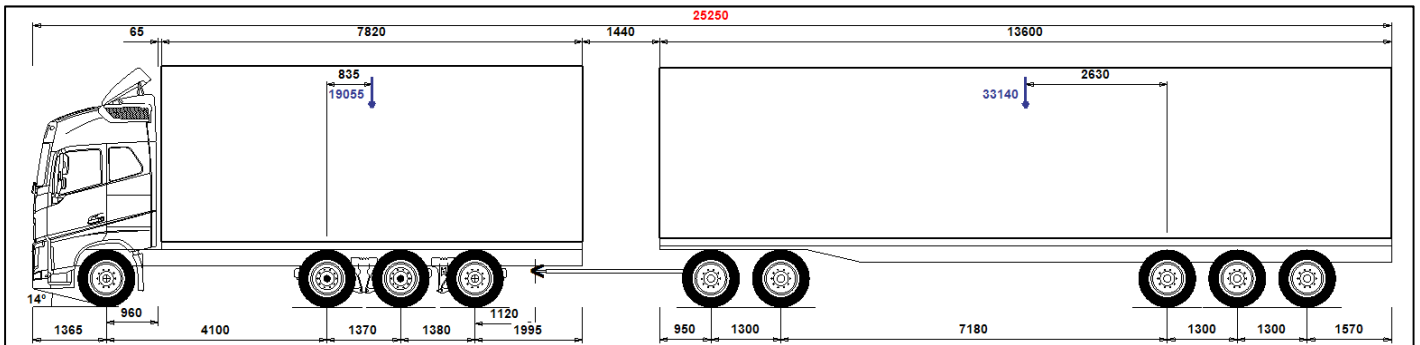
Figur 38: Typfordonskombination 74-9, Fyraxlig lastbil, dolly och påhängsvagn för flis eller styckegods – 71 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	64,5	70,9
Total combination wheel base [m]	21,1	21,1
Total combination length [m]	25,3	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	6,15	6,15
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,31	0,31
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,56	● 1,49
Lane-change amplification of acceleration	1,61	1,57
Lane-change off-tracking [m]	● 0,46	● 0,44
Yaw damping	● 0,42	● 0,54
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	21,8%	20,6%
Pressed drive axle load [%]	35,1%	33,2%
Hill-startability at low friction [%]	6,6%	6,0%

Tabell 20: Prestandavärden, typfordonskombination 74-9

Typfordonskombination 74-10, Fyraxlig lastbil, dolly och påhängsvagn för flistransport – 71 ton

Kombinationen överskrider EMS-begränsande mått, som nämndes för typfordonskombination 74-9, men uppfyller ändå EMS-vändcirkelkravet som säger att minsta innerradie vid vändning i 12,5 meters ytterradie skall vara minst 2,0 m. Tabellen redovisar 90 graders vändcirkel, men en extra beräkning genomfördes som visade att vid 180 graders vändcirkel erhålls en minsta radie av 3,54 m.



Figur 39: Typfordonskombination 74-10, Fyraxlig lastbil, dolly och påhängsvagn för flistransport – 71 ton

	Even Load
Total combination weight [ton]	71,1
Total combination wheel base [m]	22,3
Total combination length [m]	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	5,60*
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,27
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,31
Lane-change amplification of acceleration	1,44
Lane-change off-tracking [m]	● 0,40
Yaw damping	● 0,61
Straight-line off-tracking [m]	● 0,15
Drive axle load [%]	21,9%
Pressed drive axle load [%]	35,4%
Hill-startability at low friction [%]	6,6%

Tabell 25: Prestandavärden, typfordonskombination 74-09

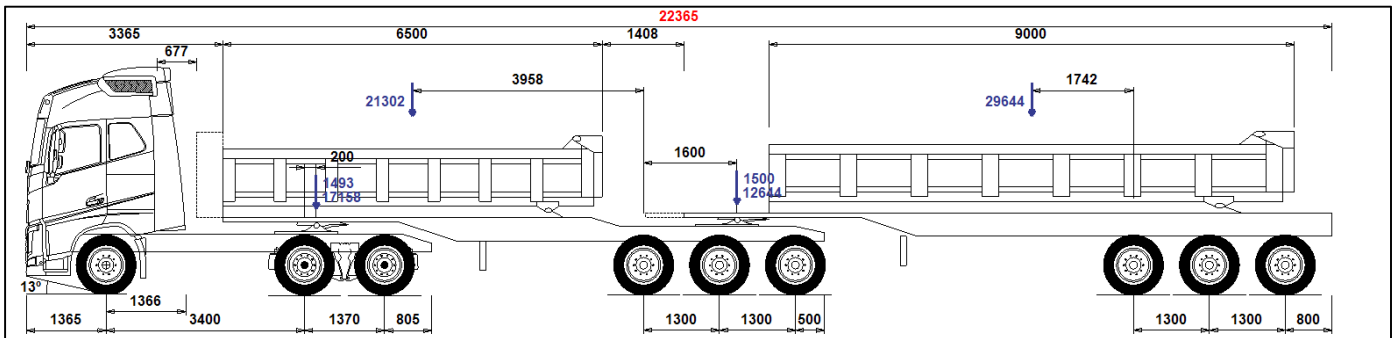
* För 180 graders vändcirkel är minsta innerradien 3,54 m



Figur 40: 74 ton fliskombination i Västernorrland/

Typfordonskombination 74-11, Dragbil med dubbla påhängsvagnar för anläggningstransport, typ B-dubbel

Kombinationen är lik typfordon 74-15 som är en timmerkombination som går med viktdispens i Västernorrlands och Jämtlands län. Som vanligt med denna typ av fordonskombination är stabiliteten utmärkt. Beräkningen ger klart godkända värden.



Figur 41 Typfordonskombination 74-11, Dragbil med dubbla påhängsvagnar för anläggningstransport, typ B-dubbel

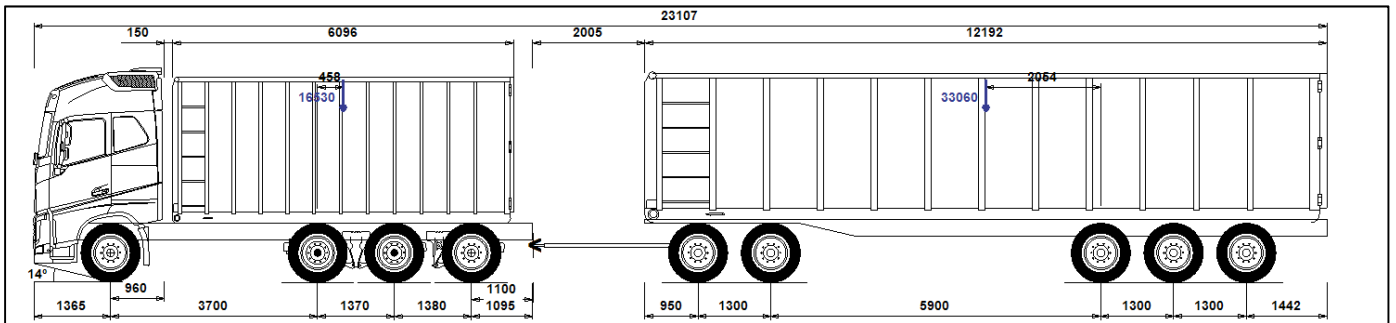
	Weight Limited
Total combination weight [ton]	73,9
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	22,3
90 deg turn inner circle radius [m]	5,08
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,13
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,10
Lane-change amplification of acceleration	1,23
Lane-change off-tracking [m]	● 0,30
Yaw damping	● 0,61
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	25,5%
Pressed drive axle load [%]	27,6%
Hill-startability at low friction [%]	4,7%

Tabell 26: Prestandaberäkningar, typfordonskombination 74-11

Typfordonskombination 74-12, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för anläggning eller containertransport – 74 ton

Kombinationen är avsedd för anläggnings- eller containertransport. Den är beräknad med jämnt utbredd last men även med en relativt sett högre last på lastbilen

Även denna kombination uppfyller Transportstyrelsen kravförslag.



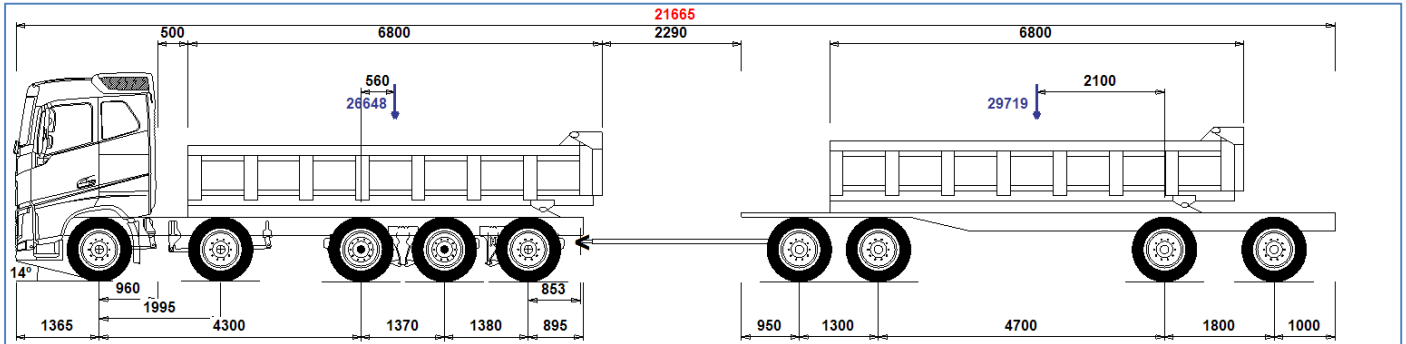
Figur 42: Typfordonskombination 74-12, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för anläggning eller containertransport – 74 ton

	Even Load	Weight Limited
Total combination weight [ton]	68,3	73,9
Total combination wheel base [m]	20,3	20,3
Total combination length [m]	23,1	22,5
90 deg turn inner circle radius [m]	6,41	6,40
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,26	0,22
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,51	● 1,37
Lane-change amplification of acceleration	1,62	1,59
Lane-change off-tracking [m]	● 0,43	● 0,41
Yaw damping	● 0,55	● 0,54
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	18,9%	22,4%
Pressed drive axle load [%]	30,8%	35,1%
Hill-startability at low friction [%]	5,4%	6,9%

Tabell 27: Prestandavärden, typfordonskombination 74-12

Typfordonskombination 74-13, Femaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för anläggnings transport – 76 ton (Finland)

Den här kombinationen är byggd efter finska regelverket, och för totalvikten 76 ton. Fordonskombination får klart godkända värden vid beräkningen, och har i praktiken blivit en populär fordonstyp på den finska marknaden efter införandet av finska 76-tonsdirektivet.



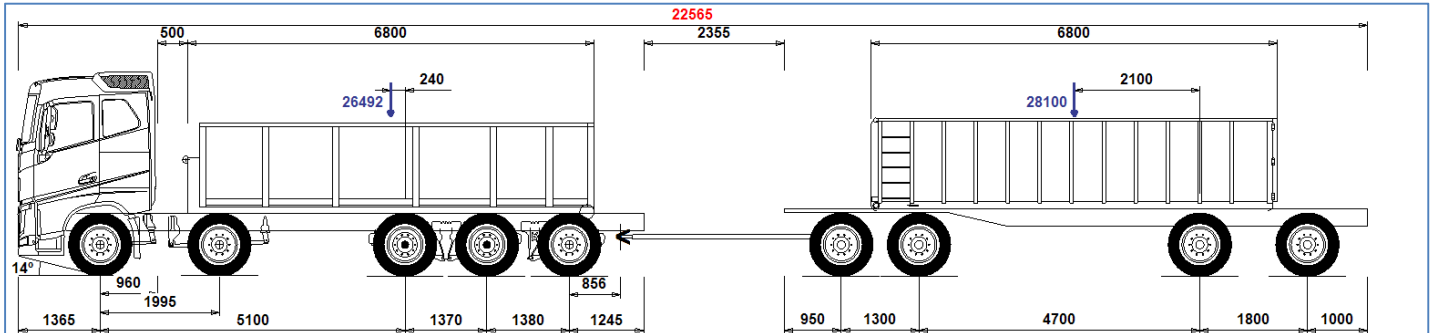
Figur 43: Typfordonskombination 74-13, Femaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för anläggningstransport – 76 ton (Finland)

	Weight Limited Finland
Total combination weight [ton]	75,6
Total combination wheel base [m]	19,3
Total combination length [m]	21,7
90 deg turn inner circle radius [m]	6,63
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,16
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,42
Lane-change amplification of acceleration	1,63
Lane-change off-tracking [m]	● 0,43
Yaw damping	● 0,47
Straight-line off-tracking [m]	● 0,13
Drive axle load [%]	24,1%
Pressed drive axle load [%]	39,8%
Hill-startability at low friction [%]	7,9%

Tabell 28: Prestandavärden, typfordonskombination 74-13

Typfordonskombination 74-14, Femaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för anläggnings transport – 74 ton (Sverige)

Den här kombinationen är byggd ungefär som sin finska motsvarighet (74-13) men mått efter svenska regelverket för BK4, och för totalvikten 74 ton. Lastbilen måste här ha en något längre hjulbas. Fordonskombination får godkända värden vid beräkningen.



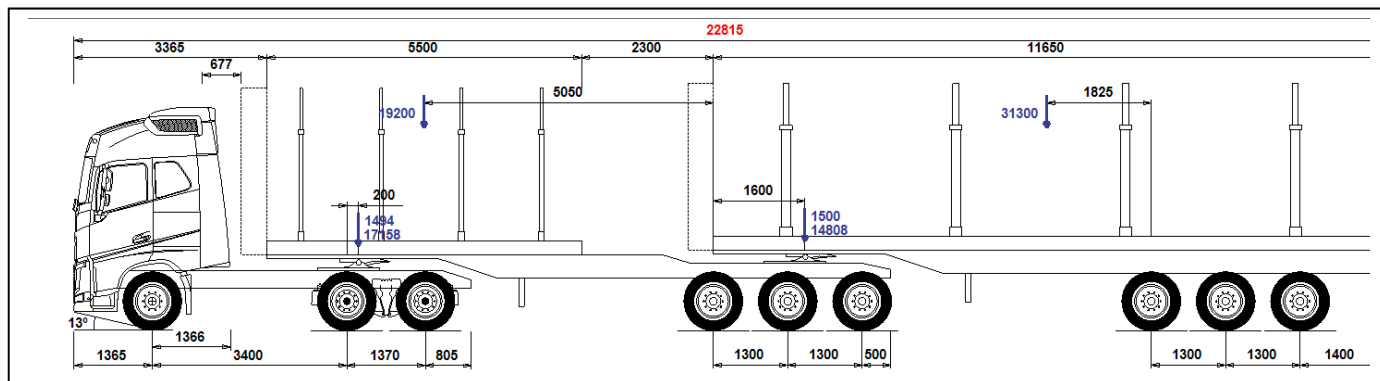
Figur 44: Typfordonskombination 74-14, Femaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för anläggnings transport – 74 ton (Sverige)

	Weight Limited Sweden
Total combination weight [ton]	74,0
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	22,6
90 deg turn inner circle radius [m]	6,31
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,15
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,49
Lane-change amplification of acceleration	1,59
Lane-change off-tracking [m]	● 0,42
Yaw damping	● 0,48
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	21,7%
Pressed drive axle load [%]	34,9%
Hill-startability at low friction [%]	6,5%

Tabell 29: Prestandavärden, typfordonskombination 74-14

Typfordonskombination 74-15, Dragbil med dubbla påhängsvagnar för timmertransport, typ B-dubbel – 74 ton

Kombinationen är lik Volvos timmerkombination ST-drag inom VETT6 som går med dispens i Västernorrlands och Jämtlands län. Som vanligt med denna typ av fordonskombination är stabiliteten utmärkt. Beräkningen ger klart godkända värden.



Figur 45: Typfordonskombination 74-15, Dragbil med dubbla påhängsvagnar för anläggningstransport, typ B-dubbel



Figur 46: ST-drag 74 tons timmerkombination i Västernorrland och Jämtland län

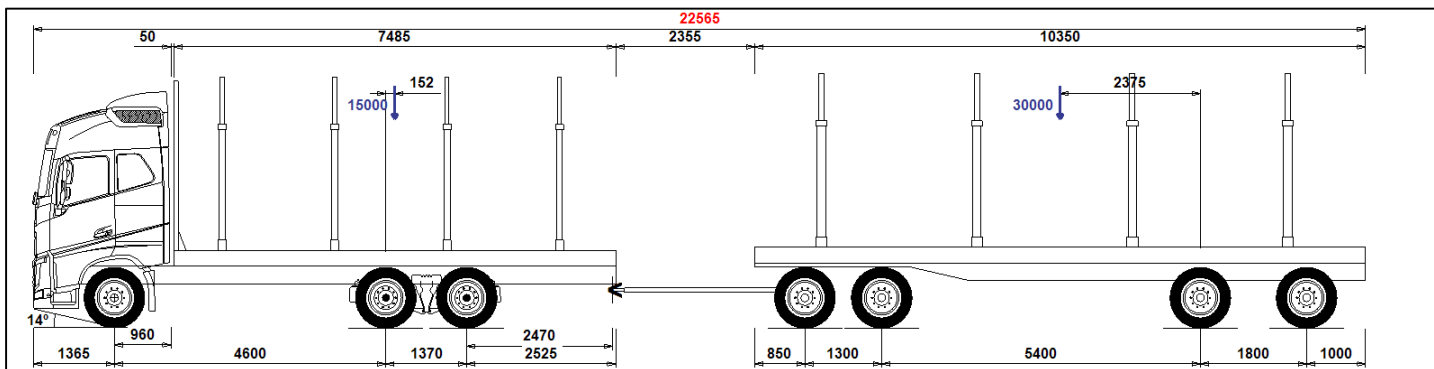
	Equal Pile Mass	Weight Limited
Total combination weight [ton]	71,3	73,5
Total combination wheel base [m]	20,1	20,1
Total combination length [m]	22,8	22,8
90 deg turn inner circle radius [m]	5,15	5,15
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,08	0,08
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,20	● 1,20
Lane-change amplification of acceleration	1,27	1,27
Lane-change off-tracking [m]	● 0,34	● 0,34
Yaw damping	● 0,51	● 0,51
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	23,1%	25,6%
Pressed drive axle load [%]	25,8%	27,8%
Hill-startability at low friction [%]	4,2%	4,8%

Tabell 30: Prestandavärden, typfordonskombination 74-14

12. Typfordonskombinationer upp till 25,25 meter och 64 ton (BK1)

Typfordonskombination 64-1, Treaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för timmertransport - 62 ton

Det här är en standardmässig svensk timmerkombination. Med lika tunga travar överlastas släpet först, därav att det saknas två ton mot lagstadgade 64 ton för BK1. Beräkningarna ger klart godkänt resultat



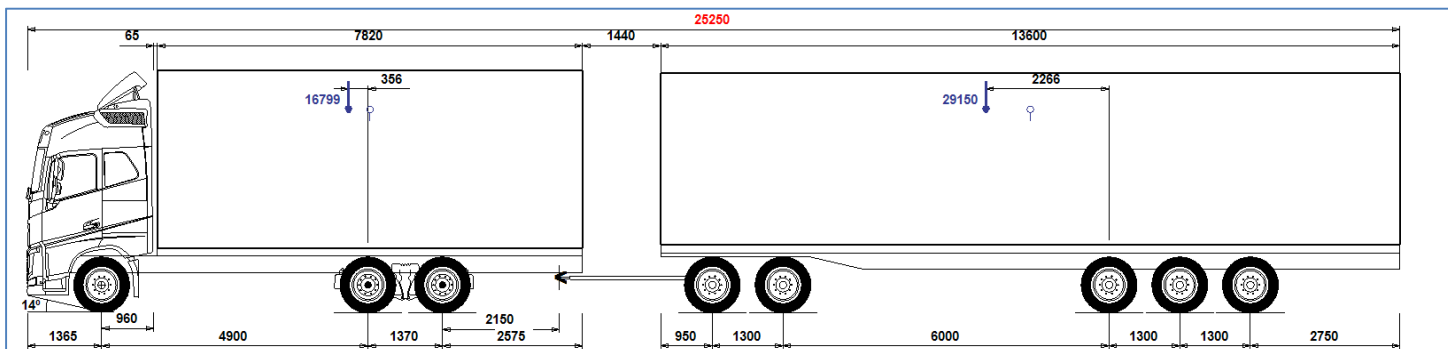
Figur 47: Typfordonskombination 64-1, Treaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för timmertransport - 62 ton

	Equal Pile Mass
Total combination weight [ton]	61,9
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	22,6
90 deg turn inner circle radius [m]	6,42
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,18
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,82
Lane-change amplification of acceleration	1,84
Lane-change off-tracking [m]	● 0,49
Yaw damping	● 0,41
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	25,6%
Pressed drive axle load [%]	28,2%
Hill-startability at low friction [%]	4,7%

Tabell 31: Prestandavärden, typfordonskombination 64-1

Typfordonskombination 64-2, Treaxlig lastbil med dolly och påhängsvagn för styckegods - 64 ton

Fordonskombinationen är en vanlig styckegodskombination med modulmått och totallängd 25,25 m. Lastbilen har två drivaxlar i boggin. Kombinationen genomgående goda beräknade prestandamått oavsett framlast eller jämnt utbredd last.



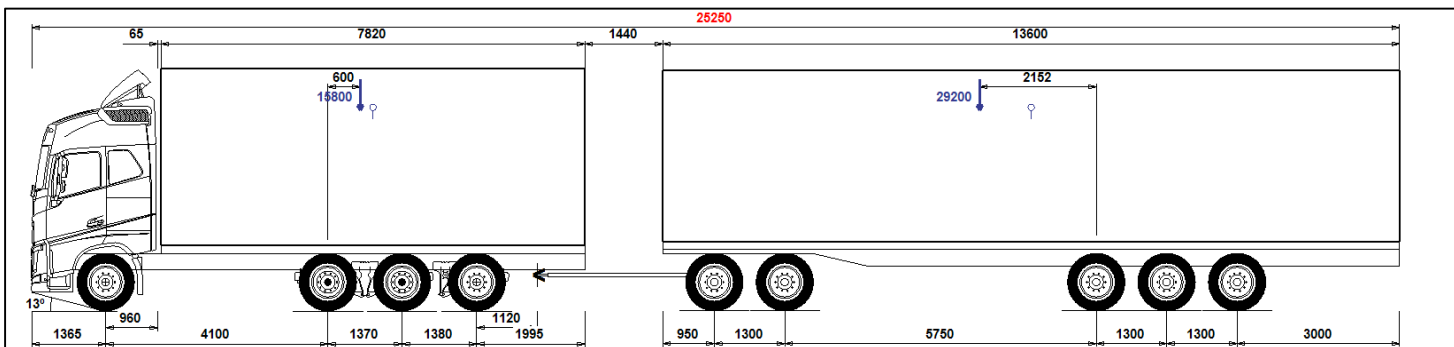
Figur 48: Typfordonskombination 64-2, Treaxlig lastbil med dolly och påhängsvagn för styckegods, - 64 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	63,5	64,0
Total combination wheel base [m]	21,1	21,1
Total combination length [m]	25,3	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	5,92	5,92
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,26	0,26
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,61	● 1,55
Lane-change amplification of acceleration	1,66	1,63
Lane-change off-tracking [m]	● 0,46	● 0,45
Yaw damping	● 0,45	● 0,57
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	29,0%	27,2%
Pressed drive axle load [%]	31,0%	29,3%
Hill-startability at low friction [%]	5,4%	5,0%

Tabell 32: Prestandavärden, Typfordonskombination 64-2

Typfordonskombination 64-3, Fyraxlig lastbil, dolly och påhängsvagn för flis eller styckegods – 64 ton

Kombinationen är densamma som 74-10, med lastad till endast 64 ton. Beräkningarna ger goda resultat även för den här lättare lastningen. Noteras ska att denna kombination inte uppfyller det nuvarande kravet för BK1 på minimalt 5 meters avstånd mellan kopplade fordons axelgrupper i fallet tridemaxelgrupp. När den är framlastad klarar den heller inte det nuvarande kravet i bruttoviktstabellen på maximalt 33 tons summerat axeltryck för de två axelgrupperna och för det aktuella axelavståndet mellan lastbilens tridemaxlar och dollyns axlar. Däremot uppfyller kombinationen med god marginal det nya BK1-förslaget som får tillämpa bruttoviktstabellen för släpvagnar, vilket här motsvarar 38 tons maximal sammanlagt axeltryck de två axelgrupperna.



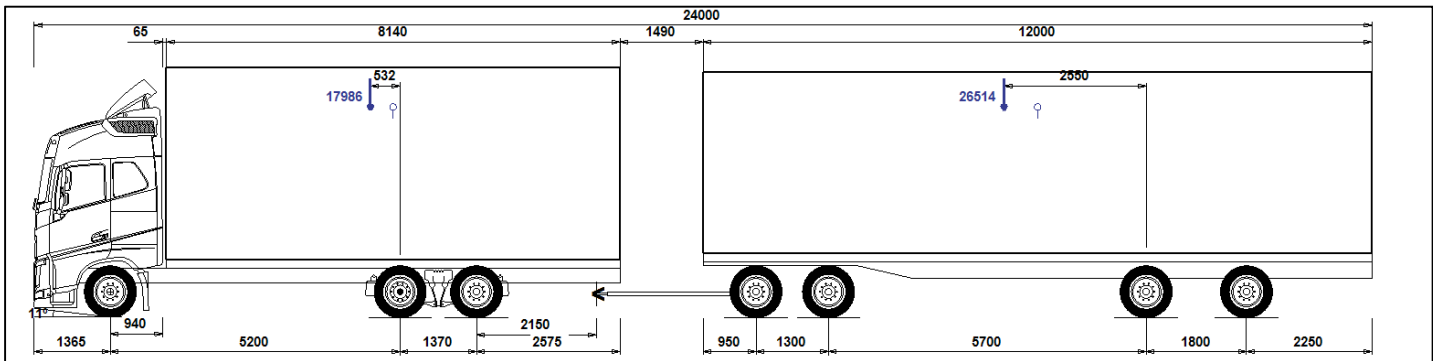
Figur 49; Typfordon 64-3, Fyraxlig lastbil, dolly och påhängsvagn för flis eller styckegods – 64 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	62,8	64,0
Total combination wheel base [m]	20,9	20,9
Total combination length [m]	25,3	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	6,27	6,26
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,35	0,35
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,64	● 1,55
Lane-change amplification of acceleration	1,67	1,61
Lane-change off-tracking [m]	● 0,47	● 0,45
Yaw damping	● 0,36	● 0,50
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	21,8%	20,6%
Pressed drive axle load [%]	35,3%	33,2%
Hill-startability at low friction [%]	6,6%	6,0%

Tabell 33: Prestandavärden, Typfordonskombination 64-3

Typfordonskombination 64-4, Treaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för styckegods – 60 ton

Fordonskombinationen är en vanlig styckegodskombination inom 24 meters totallängd, som på BK1-väg kan lastas till maximalt 64 ton (givet en viss framlastning). Lastbilen har två drivaxlar i boggin. Kombinationen har genomgående goda beräknade prestandamått oavsett framlast eller jämnt utbredd last.



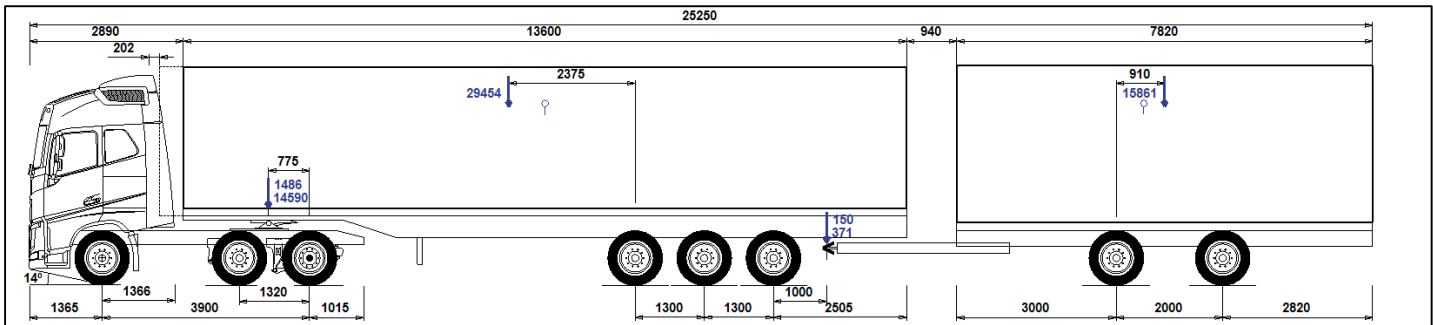
Figur 50: Typfordonskombination 64-4, Treaxlig lastbil med fyraxlig släpvagn för styckegods – 60 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	59,3	60,4
Total combination wheel base [m]	20,4	20,4
Total combination length [m]	24,0	24,0
90 deg turn inner circle radius [m]	6,17	6,18
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,19	0,19
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,68	● 1,64
Lane-change amplification of acceleration	1,73	1,71
Lane-change off-tracking [m]	● 0,47	● 0,46
Yaw damping	● 0,46	● 0,53
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	18,5%	17,3%
Pressed drive axle load [%]	34,1%	31,9%
Hill-startability at low friction [%]	6,3%	5,7%

Tabell 34: Prestandavärden, Typfordon 64-4

Typfordonskombination 64-5, Dragbil med påhängsvagn och tvåaxlig kärra för styckegods – 64 ton

Kombinationen är en modulfordonsbaserad styckegodskombination med 25,25 m totallängd. Till skillnad mot den liknande BK4-kombinationen 74-5 är att kärnan här är tvåaxlig, inte treaxlig som för 74-5. Kombinationen är inte så vanlig i Sverige, men däremot i Finland. Dragbilen är treaxlig med den enda drivaxeln placerad längst bak i boggin. För- och nackdelar med dragbilens konfiguration diskuteras något under typfordonskombination 74-5.



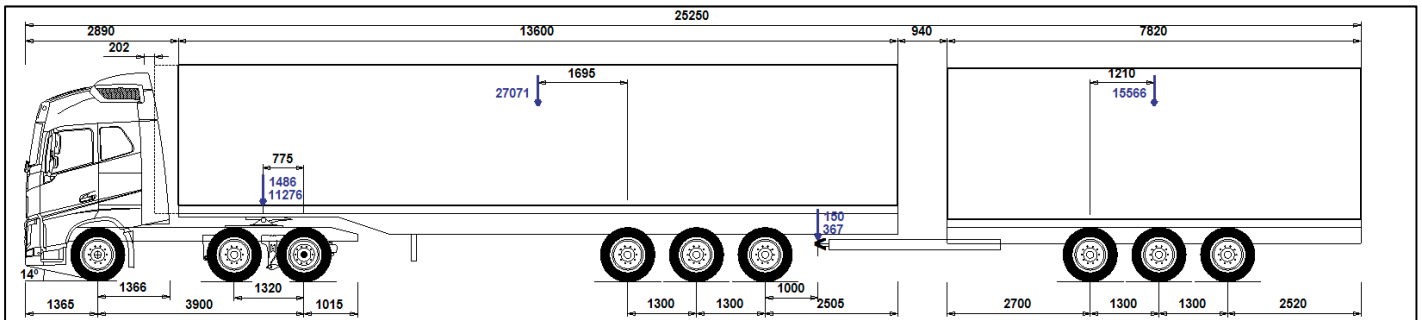
Figur 51: Typfordonskombination 64-5, Dragbil med påhängsvagn och tvåaxlig kärra för styckegods – 64 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	62,5	64,0
Total combination wheel base [m]	21,1	21,1
Total combination length [m]	25,3	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	5,43	5,42
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,18	0,18
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,50	● 1,43
Lane-change amplification of acceleration	1,70	1,61
Lane-change off-tracking [m]	● 0,42	● 0,39
Yaw damping	● 0,27	● 0,38
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	12,9%	14,7%
Pressed drive axle load [%]	18,6%	21,1%
Hill-startability at low friction [%]	2,3%	3,0%

Tabell 35: Prestandavärden, typfordonskombination 64-5

Typfordonskombination 64-6, Dragbil med påhängsvagn och treaxlig kärra för styckegods – 64 ton

Kombinationen är en modulfordonsbaserad styckegodskombination med 25,25 m totallängd. Den är samma som BK4-kombinationen 74-5 men upplastad till endast 64 ton. Dragbilen är treaxlig med den enda drivaxeln placerad längst bak i boggin, vilket precis som för kombinationen 64-6 inte ger speciellt bra vikt på drivaxeln.



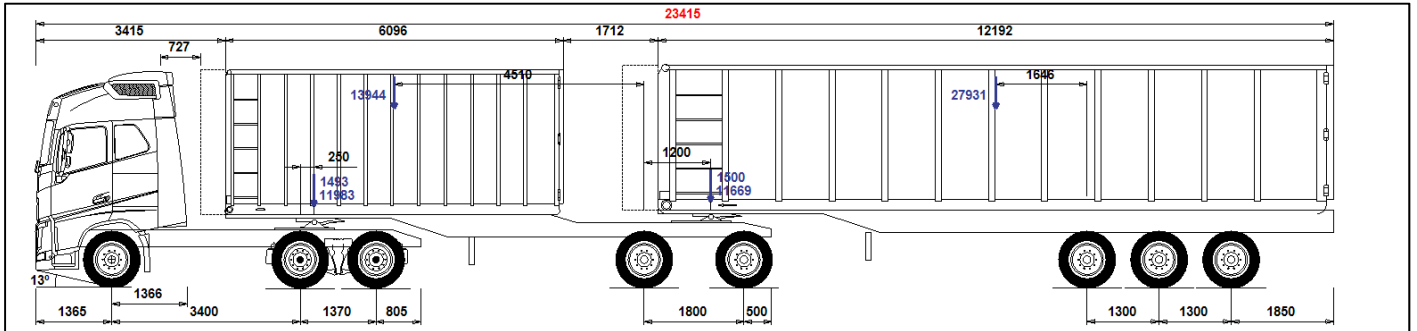
Figur 52: Typfordonskombination 64-6, Dragbil med påhängsvagn och treaxlig kärra för styckegods – 64 ton

	Even Load	Front Load 1 (10% empty rear)
Total combination weight [ton]	64,0	64,0
Total combination wheel base [m]	21,4	21,4
Total combination length [m]	25,3	25,3
90 deg turn inner circle radius [m]	5,43	5,42
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,18	0,18
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,50	● 1,43
Lane-change amplification of acceleration	1,70	1,61
Lane-change off-tracking [m]	● 0,43	● 0,40
Yaw damping	● 0,27	● 0,38
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	12,5%	14,2%
Pressed drive axle load [%]	18,0%	20,5%
Hill-startability at low friction [%]	2,1%	2,8%

Tabell 36: Prestandavärden, typfordonskombination 64-6

Typfordonskombination 64-7, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ B-dubbel, för containertransport, 64 ton

Det här är en vanlig kombination för containertransport. Liksom de flesta B-dubbelkombinationer har den goda stabilitetsvärden men skär in ganska mycket i snäva kurvor i jämfört med exempelvis en motsvarande lång kombination bestående av lastbil med släpvagn.



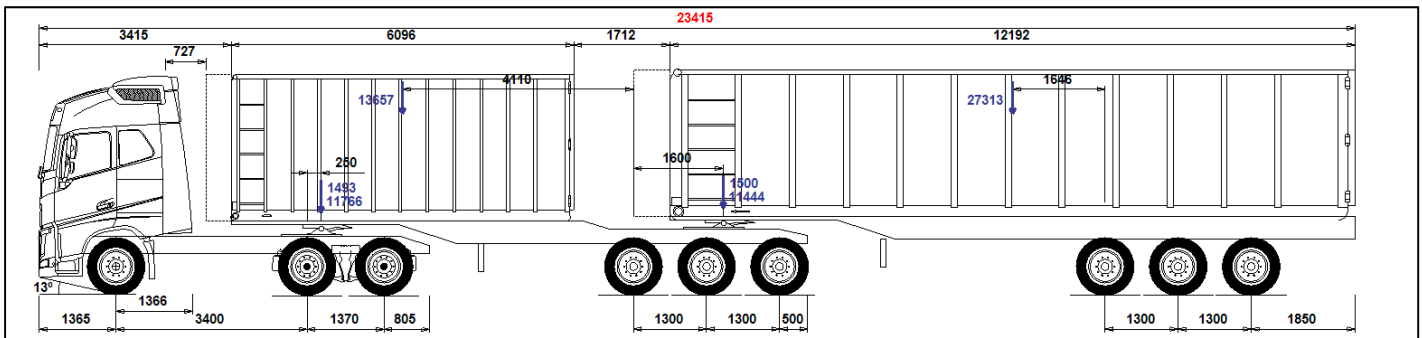
Figur 53: Typfordonskombination 64-7, Dragbil med dubbla påhängsvagnar, typ B-dubbel, för containertransport, 64 ton

	Even Load
Total combination weight [ton]	64,0
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	23,4
90 deg turn inner circle radius [m]	5,10
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,09
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,18
Lane-change amplification of acceleration	1,26
Lane-change off-tracking [m]	● 0,33
Yaw damping	● 0,55
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	22,6%
Pressed drive axle load [%]	26,1%
Hill-startability at low friction [%]	4,3%

Tabell 37: Prestandavärden, Typfordonskombination 64-7

Typfordonskombination 64-8, Treaxlig dragbil med dubbla treaxliga påhängsvagnar, typ B-dubbel, för containertransport - 64 ton

Det här är en vanlig kombination för containertransport som med sina treaxlade länkpåhängsvagnar är mer tolerant avseende lastens placering jämfört med 64-7. Liksom de flesta B-dubbelkombinationer har den goda stabilitetsvärden men skär in ganska mycket i snäva kurvor i jämfört med exempelvis en motsvarande lång kombination bestående av lastbil med släpvagn. Noteras ska att denna kombination inte uppfyller det nuvarande kravet för BK1 på minimalt 5 meters avstånd mellan kopplade fordons axelgrupper i fallet tridemaxelgrupp. Den klarar heller inte det nuvarande kravet i bruttoviktstabellen på maximalt 32 tons summerat axeltryck för de två axelgrupperna och för det aktuella axelavståndet mellan lastbilens drivaxlar och länkens axlar. Däremot uppfyller kombinationen med god marginal det nya BK1-förslaget som får tillämpa bruttoviktstabellen för släpvagnar, vilket här motsvarar 38 tons maximal sammanlagt axeltryck de två axelgrupperna.



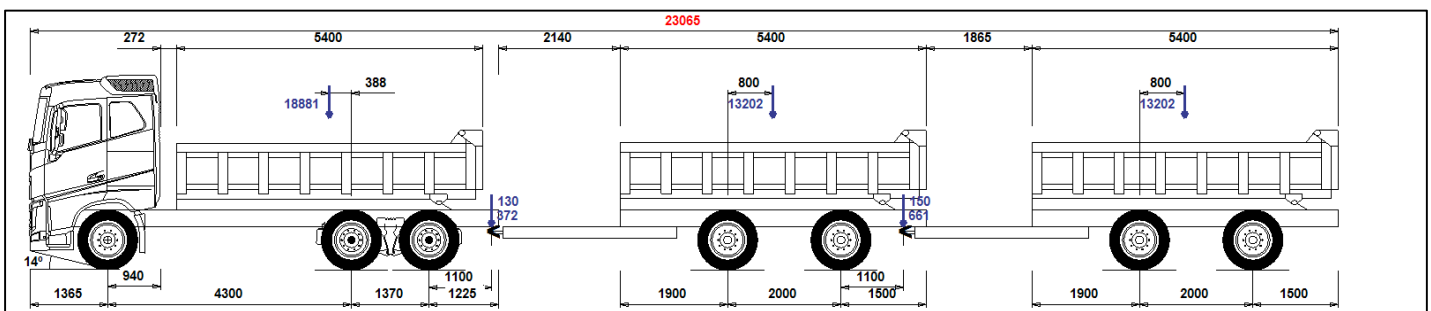
Figur 54: Typfordonskombination 64-8, Dragbil med dubbla treaxliga påhängsvagnar, typ B-dubbel, för containertransport - 64 ton

	Even Load
Total combination weight [ton]	63,0
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	23,4
90 deg turn inner circle radius [m]	5,10
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,09
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,18
Lane-change amplification of acceleration	1,26
Lane-change off-tracking [m]	● 0,33
Yaw damping	● 0,55
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	22,3%
Pressed drive axle load [%]	25,8%
Hill-startability at low friction [%]	4,2%

Tabell 38: Prestandavärden, Typfordonskombination 64-8

Typfordonskombination 64-9, Lastbil med dubbla tvåaxliga källror för anläggningstransport – 64 ton

Fordonskombinationen är likadan som 74-3 men endast lastad till 64 ton. Samma variationer har gjorts här som vid BK4-lastningen, och resultaten blir i stort sett de samma. Stabilitetsberäkning är ändå genomförd, och här illustreras också hur stabiliteten förbättras när man flyttar fram bakre kopplingen och förlänger dragstänger. Det första förslaget (kolumn 1 och tabell 37) ligger nära kravförslagets gränser för dämpning och bakåtförstärkning, nästan helt utan marginal. Andra tabellkolumnen motsvarar att bakre kopplingarna på både lastbil och första källran är flyttade 25 cm framåt, och att dragstängerna förlängts motsvarande. I tredje tabellkolumnen är kopplingarna kvar i den främre positionen, men dragstängerna har förlängts ytterligare 47 cm vardera.



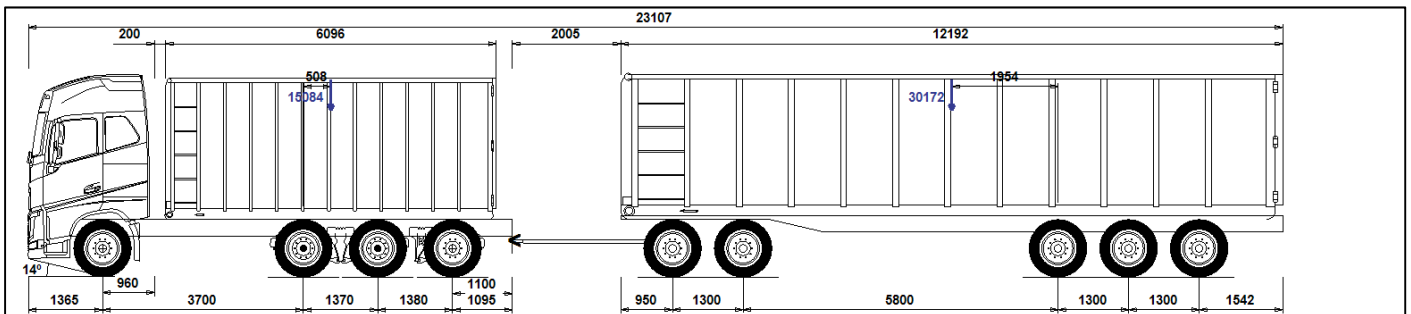
Figur 55: Typfordonskombination 64-9 Lastbil med dubbla tvåaxliga källror för anläggningstransport – 64 ton

	Weight Limited	Weight Limited Undermount Tow	Weight Limited Undermount Tow Longer tow bars
Total combination weight [ton]	64,0	64,0	64,0
Total combination wheel base [m]	20,2	20,2	21,1
Total combination length [m]	23,1	23,1	24,0
90 deg turn inner circle radius [m]	6,76	6,54	6,20
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,11	0,10	0,10
Lane-change amplification of yaw-rate	● 2,27	● 2,05	● 1,90
Lane-change amplification of acceleration	2,90	2,56	2,34
Lane-change off-tracking [m]	● 0,60	● 0,56	● 0,54
Yaw damping	● 0,18	● 0,23	● 0,27
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14	● 0,14	● 0,14
Drive axle load [%]	29,6%	29,6%	29,6%
Pressed drive axle load [%]	31,6%	31,7%	31,6%
Hill-startability at low friction [%]	5,7%	5,7%	5,7%

Tabell 39: Prestandavärden, Typfordon 64-9

Typfordon 64-10, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för anläggning eller containertransport – 64 ton

Kombinationen är avsedd för 74 tons containertransport men är här nedlastad till 64 ton. Den är beräknad med jämnt utbredd last men även med högre lastviktsdensitet på lastbilen. Kombination uppfyller enligt beräkningarna Transportstyrelsens kravförslag. Noteras ska att denna kombination inte uppfyller det nuvarande kravet för BK1 på minimalt 5 meters avstånd mellan kopplade fordons axelgrupper i fallet tridemaxelgrupp. Den klarar heller inte det nuvarande kravet i bruttoviktstabellen på maximalt 32 tons summerat axeltryck för de två axelgrupperna och för det aktuella axelavståndet mellan lastbilens tridemaxlar och dollyns axlar. Däremot uppfyller kombinationen med god marginal det nya BK1-förslaget som får tillämpa bruttoviktstabellen för släpvagnar, vilket här motsvarar 38 tons maximal sammanlagt axeltryck de två axelgrupperna.



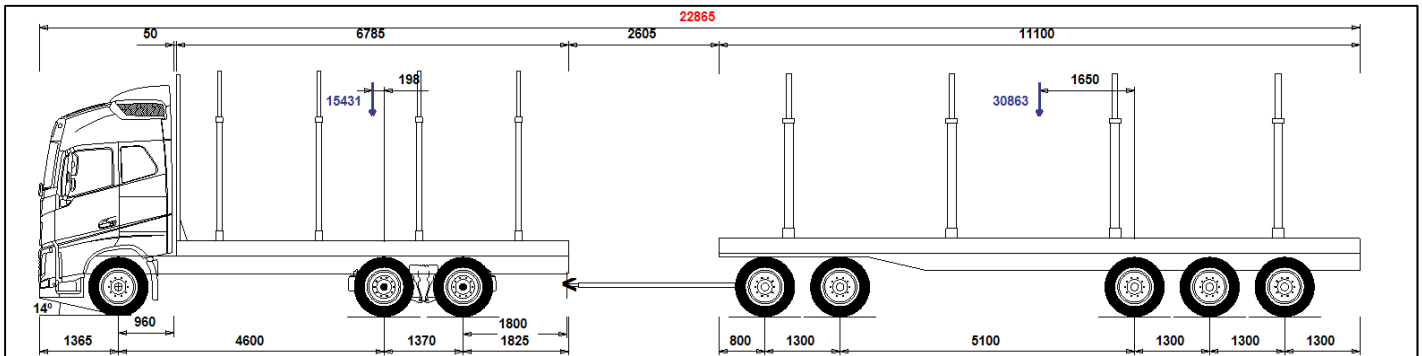
Figur 56: Typfordon 64-10, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för anläggning eller containertransport – 64 ton

	Even Load
Total combination weight [ton]	64,0
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	23,1
90 deg turn inner circle radius [m]	6,45
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,26
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,54
Lane-change amplification of acceleration	1,63
Lane-change off-tracking [m]	● 0,43
Yaw damping	● 0,54
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	19,0%
Pressed drive axle load [%]	31,0%
Hill-startability at low friction [%]	5,5%

Tabell 40: Prestandavärden, Typfordonskombination 64-10

Typfordonskombination 64-11, Lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 64 ton

Kombinationen har samma geometri som 74-7 och liknar därmed Volvos dispensfordon ST-grupp. Här är den dock lastad till 64 tons totalvikt och lastbilen har ingen kran. Beräkningarna visar klart godkända prestandavärden.



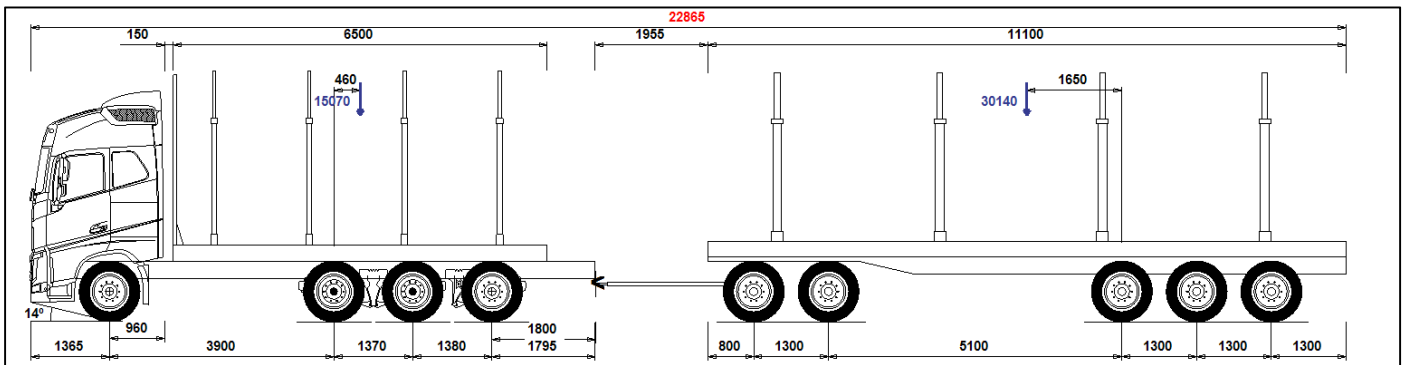
Figur 57: Typfordonskombination 64-11, Lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 64 ton

	Equal Pile Mass
Total combination weight [ton]	0,0
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	22,9
90 deg turn inner circle radius [m]	6,22
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,12
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,69
Lane-change amplification of acceleration	1,74
Lane-change off-tracking [m]	● 0,47
Yaw damping	● 0,43
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	25,6%
Pressed drive axle load [%]	28,0%
Hill-startability at low friction [%]	4,7%

Tabell 41: Prestandavärden, Typfordonskombination 64-11

Typfordon 64-12, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 64 ton

Fordonskombinationen är i geometrin den samma som 74-8 och därmed lik Volvos dispensfordon ST-kran. Kombinationen är beräknad som lastad till 64 ton. Lastbilen har ingen timmerkran och kombinationens timmertravar är lika tunga. Beräkningsresultatet är klart godkänt enligt Transportstyrelsens förslag. Denna kombination uppfyller inte det nuvarande kravet för BK1 på minimalt 5 meters avstånd mellan kopplade fordons axelgrupper i fallet tridemaxelgrupp. Den klarar dock det nuvarande kravet i bruttoviktstabellen på maximalt 34 tons summerat axeltryck för de två axelgrupperna och för det aktuella axelavståndet mellan lastbilens tridemaxlar och dollyns axlar. Men marginalen är liten. Däremot uppfyller kombinationen med god marginal det nya BK1-förslaget som får tillämpa bruttoviktstabellen för släpvagnar, vilket här motsvarar 38 tons maximal sammanlagt axeltryck de två axelgrupperna.



Figur 58: Typfordonskombination 64-12, Fyraxlig lastbil med femaxlig släpvagn för timmertransport – 64 ton

	Equal Pile Mass
Total combination weight [ton]	64,0
Total combination wheel base [m]	20,2
Total combination length [m]	22,9
90 deg turn inner circle radius [m]	6,86
90 deg turn outboard off-tracking [m]	0,34
Lane-change amplification of yaw-rate	● 1,82
Lane-change amplification of acceleration	1,84
Lane-change off-tracking [m]	● 0,49
Yaw damping	● 0,43
Straight-line off-tracking [m]	● 0,14
Drive axle load [%]	19,0%
Pressed drive axle load [%]	30,9%
Hill-startability at low friction [%]	5,4%

Tabell 42: Prestandavärden, Typfordonskombination 64-12

13. Vältstabilitet

2D-modellen kan som nämnts inte bedöma vältstabiliteten hos olika fordonskombinationer. Vältstabilitet är dock en viktig egenskap hos lastbilskombinationer. Det som påverkar vältstabiliteten är i första hand tyngdpunktshöjd och spårvidd. Nyligen gjorda jämförelser mellan enkel och dubbelmontage gav tydliga resultat, att singelmontage är bättre ur vältstabilitet givet att vägunderlaget är hårt. På skogsvägar kan dubbelmontage vara att föredra för att fördela marktrycket och därmed förhindra att hjulen skär ut i vägkanten, och därmed orsakar vältning. Skillnaden i vältstabilitet blev i provet ca 10%,

Resultaten från tidigare vältstabilitetsprov är också värda att repetera. Prov på tre timmersläp visade att vältgränsen för en 4,5 meter högt lastad timmersläpvagn typiskt kan vara så låg som $3,0 \text{ m/s}^2$. Som jämförelse kan ställas tankbilskravet i ECE R111 på en minimal vältgräns av minst $4,0 \text{ m/s}^2$. Vältgränsen är starkt knuten till lastens totalhöjd, men vissa chassifaktorer påverkar:

- Krängstabiliteten för axlarna ska vara hög. För en bladfjädrad släpvagn var krängstyvheten endast 800 kNm/rad . För de luftfjädrade axlarna var krängstyvheten ca 2500 kNm/rad . De luftfjädrade axlarna krängde mycket mindre och gav bättre stabilitet
- Släpvagnen var klart stabilare avseende vältning än motsvarande dolly med tillkopplad påhängsvagn. Orsaken ligger i skillnaden mellan släpvagnens glappfria styraxellagring relativt dollyns vändskivekoppling som ger ett visst glapp mellan styraxel och chassi.

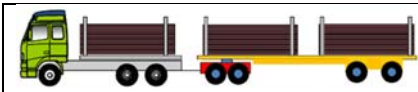
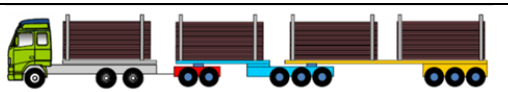


Figur 59, Tidigare prov har visat att vältgränsen för en 4,5 meter högt lastad timmersläpvagn typiskt kan vara så låg som $3,0 \text{ m/s}^2$ (vänster). Ett annat prov (höger) har visade att singelmontage gav hela 10% högre vältgräns än dubbelmontage, vilket beror på spårviddsskillanden.

14. Buller

Det upplevda bullret från olika fordon beror av mängden ljud som strålar ut från lastbilens bullerkällor, i huvudsak drivlina och däck, men givetvis också på driftförhållanden i form av uppförsbackar och nedförsbackar, hastigheter med mera. Förhållanden som barmark, om ytan är regnvåt eller täckt av snö eller is får stor inverkan på det ljudet som strålar ut i kontakten mellan däck och vägbana. Innan ljudet når oss påverkar även omgivningen till exempel berg som både kan avskärma och reflektera samt träd, buskar och snö som absorberar en del av ljudet. Väderleksförhållande som blåst, regn och luftskiktningarna har stor inverkan. Den upplevda bullernivån från enstaka fordon påverkas också av övrigt trafikbuller, om det är vindstilla eller om det blåser.

I HCT typfordonskombinationer gjordes ingen mätning eller beräkning att försöka jämföra absolutnivåer av buller från olika kombinationer, däremot en beräkning av de skillnader i ljudemission som kan förväntas från en 30 meter lång 90 ton tung timmerkombination typ ETT-kombinationen, typfordonskombination 34-4, upplastad till 90 ton jämfört med en vanlig 24 meter lång 64 tons timmerkombination som typfordonskombination 64-1. Jämförelsen görs på tre sätt. I samtliga fall används 82 dBA som lastbilens ljudemission, uttryckt i ljudtrycksnivå på 7,5 meters avstånd, enligt UNECE R51.03, lastbilens däck är inkluderade. De tillkopplade fordonens däcksbuller sätts till 73 dBA, enligt kravnivå på icke drivande däck enligt UN R117. Skillnader i summerade ljudtrycksnivå hos betraktaren beräknades dels nära lastbilen (7,5 meters avstånd vid sidan om lasten ungefär halvvägs längs kombinationens totala längd), dels på långt från lastbilen (typiskt 100 meter eller mer). I det förra fallet tas hänsyn till de fysiska skillnaderna till fordonets ljudkällor när man står halvvägs längs fordonkombinationens längd. Bullernivån på långt avstånd beräknas enkelt som en (logaritmisk) summa av samtliga bullerkällor eftersom avståndsskillnaderna mellan de olika delbidragen då kan försummas. Båda dessa mått representerar här skillnaderna i buller när en enstaka lastbilskombination passerar. Ett tredje mått tar hänsyn till att antalet lastbilskombinationer totalhöjd över marken. Bilen kan lasta ca 70 ton timmer. Detta summerade mått kallas här bullerdos i samhället. Det uträknas också som en logaritmisk summa av sju (64T) respektive fyra (90T) fordonkombinationer.

		
Buller på kort avstånd	0 dB (ref)	+ 0,8 dB
Buller på långt avstånd	0 dB (ref)	+ 1,3 dB
Bullerdos i samhället	0 dB (ref)	- 1,2 dB

Tabell 43: Jämförelse mellan 64-tons konventionell timmertransport och 90 ton HCT-timmertransport

De slutsatser som kan dras av beräkningarna är att bullerdosen till samhället faktiskt kan minska eftersom lastbilsflottan utnyttjas mer effektivt, d v s färre antal lastbilar per mängd transporterat gods. Men sett som enskilda ljudkällor kan de längre och tyngre fordonen med fler axlar och hjul ge någon dryg decibels ökning. Dock är en decibel subjektivt en så liten ändring att den är svår att uppfatta.



Mot bakgrund av de små skillnaderna mellan de här två lastbils kombinationerna har det inte bedömts värdefullt genomföra jämförande ljudmätningar mellan konventionella svensk fordonskombination och HCT-kombination. Mät noggrannheten i fältmässiga förhållanden mellan mättillfällen är i samma storleksordning som beräknade skillnader, och dessutom skulle det vara mycket svårt att kontrollera att två så olika fordonskombinationer är helt lika i alla avseenden om för just längd, vikt och antal axlar. Bullervärden har inte heller ansetts värdefulla att ange för de olika typkombinationerna. Värden kommer bli mycket lika, och det som i praktiken skulle skilja två olika typfordonskombinationer åt skulle mer bero på av olika typer av påbyggnader, däckval, vägars olika beläggningar etc.







15. Slutsatser och fortsatt forskning

- Nästan samtliga fordonskombinationer som specificerats här uppfyller Transportstyrelsen föreslagna speciella krav för BK4-trafik.
- Lastbil med dubbelkärria är den kombination som kräver speciell omsorg avseende geometrier och lastning för att bli tillräckligt stabil, speciellt de korta anläggningskombinationer som utvärderats
- Typfordonskombinationer längre än 25,25 meter är i stort samtliga bättre avseende bakåtförstärkning än en vanlig 64-tonns timmerlastbil med släp. Timmerfordonet får här representera en relativt idag vanlig men kritisk kombination avseende stabilitet eftersom den med sitt långa överhäng till dragkopplingen har prioriterat framkomlighet före stabilitet.
- Flera av typfordonskombinationer längre än 25,25 meter är mer utrymmeskrävande i cirkelkörning än dagens B-dubbel (dragbil med dubbla påhängsvagnar), som får anses vara mest utrymmeskrävande idag. De längre kombinationerna skär ungefär en meter mer i 90-graderssvängen. Det bör tas hänsyn till vid kommande definition av vägnät tillåtna för längre kombinationer, liksom påverka planer för vägbreddningar på ställen som snäva kurvor, rondeller och vägkorsningar.
- De modulbaserade påhängsvagnarna är relativt besvärliga att nyttja för utbredd last. Påhängsvagnens axlar blir överlastade och dragbilens drivaxlar får för lågt marktryck. För längre kombinationer än 25,25 meter bör måttkrav för påhängsvagnens hjulbas ses över. Men även för vagnar under 25,25 meter rekommenderas att ge möjlighet att öka trailerhjulbasen genom att införa cirkelkörning i Transportstyrelsens planerade prestandaberäkningsverktyg.
- Krav på dolly och påhängsvagn för kombinationer över 24 meter bör tas bort. För höga tyngdpunkter är släpvagnen att föredra av stabilitetsskäl framför dolly med påhängsvagn.
- Styrbara axlar på sista axeln på påhängsvagn eller släpvagn har visat sig förbättra svepytan (inåt i svängen) med bibehållen stabilitet eftersom styrningen låses vid höga hastigheter. Men baksidan är att bakdelen kan svepa utåt.
- Stabiliteten är egentligen beroende av tyngdpunkthöjden. En uppgradering från 2D till 3D simuleringsmodell kommer visa denna effekt. Utvidgning till 3D bör forceras eftersom det finns viss underskattning av stabiliteten med 2D-simulering. På kort sikt bör en omräkning av de här presenterade typfordonen göras, men med samma prestandamått och med samma

- typfordonskombinationer. I ett andra steg kan ytterligare en omräkning vara motiverad med nya prestandamått enligt PBS-projektets slutsatser som ännu inte är presenterade.
- Den utvecklade generiska däckmodellen bör användas även framgent, men det är önskvärt att parameteriseringen underbyggs och verifieras med ytterligare däckdata från fler däck än de som här legat till underlag.
 - Skillnaderna i bulleremission beräknas vara små mellan konventionella fordonskombinationer och aktuella HCT-kombinationer. Som enskild ljudkälla kan emissionen öka med drygt 1 dB, men om man väger samman att det med HCT-kombinationer krävs ett mindre antal fordon på vägarna för visst transportbehov kan bullerdosen minska med 1 dB.
 - Robusthet mot fellastning och däckprestandavariation kan ytterligare utvärderas typfordonskombinationer
 - Ytterligare analys av styrda axlar på släp och axellyftfunktioner för ökad manövrerbarhet och stabilitet, samt robusthet mot fellastningseffekter kan utvärderas
 - Analys av prestandamått på tomkörning, speciellt framkomlighet.

16. Nomenklatur och förkortningar

Ord, Objekt eller Förkortning	Förklaring
NVF	Nordiskt vägforum
ETT	En Trave Till – HCT-projekt inriktat på timmertransporter
DUO2	HCT-projekt inriktat på styckegodstransporter
HCT	High capacity transport (högkapacitetstransporter). Längre och/eller tyngre transporter än för närvarande tillåtet på allmän väg
Lastbil (Engelska: Rigid truck)	Dragfordon med lastutrymme 
Dragbil (Engelska: Tractor)	Dragfordon utan eget lastutrymme. Den kopplas till en påhängsvagn 

<p>Påhängsvagn (Engelska: Semi-trailer)</p>	<p>Släp med axlar baktill och kopplingstapp fram</p> 
<p>Släpvagn (Engelska: Full trailer)</p>	<p>Släp med axlar både baktill och framtill. De främre axlarna är styrande och följer med dragstångens vridning.</p> 
<p>Länk (länkpåhängsvagn) (Engelska: Link trailer)</p>	<p>Påhängsvagn med vändskiva baktill för tillkoppling av ytterligare påhängsvagn</p> 
<p>Kärra (släpkärra) (Engelska: Centre-axle trailer)</p>	<p>Släp med dragstång, och axlarna centrerade ungefär kring mitten av lastutrymmet.</p> 
<p>Dolly (Engelska: Colly or Converter dolly)</p>	<p>Släp utan eget lastutrymme. Den har dragstång framtill och en vändskiva över axlarna för tillkoppling av påhängsvagn.</p> 
<p>Fordonskombination (Engelska: Vehicle combination)</p>	<p>Ett dragfordon med ett antal tillkopplade släp. Exempel Lastbil med dubbla påhängsvagnar, typ AB-dubbel</p> 

17. Deltagande parter och kontaktpersoner

1. Volvo Technology AB, 556542-4321, ("Projektansvarig")
2. ÅF Technology AB, 556866-4444
3. VBG GROUP TRUCK EQUIPMENT AB, 556229-6573
4. WABCO AUTOMOTIVE AB, 556124-0358
5. Parator Industri AB, 556488-1323

18. Kunskaps- och resultatspridning

- Planerat 2017/2018, Ny NVF-rapport om HCT-kombinationer, presentation på HVTT15 2018 [7],[8]
- 2017-01-11: Transportforum session 76, prestanda typfordon [17]
- 2016-09-28: Vinnova presentation
- 2015-08-28: HCT-konferens
- 2016-09-13: HCT –konferens
- HVTT14 [6]
- HållbarLogistik.nu, Karlstad 28 oktober 2016, Fordonsutveckling – hur ser Volvo på utvecklingen av framtidens fordon; Lennart Cider, Volvo Group Trucks Technology
- Handelskammaren Mittsverige arrangerar Infrastrukturlunch 26/10 i Örnsköldsvik - med fokus på godstransporter, BK 4 och fordonsutveckling, Lena Larsson
- Let's Talk about the Environment, Volvo Group University, 13 October 2016 , Göteborg, Lennart Cider
- HCT-ÅRSKONFERENS 13 september 2016, Göteborg TYPFORDON, Redovisning av tänkbara HCT-fordon, Lena Larsson
- HCT-Erfarenhetsmöte 12 september 2016, Göteborg,
- Elmia Lastbil, 25 augusti 2016, Jönköping, Längre och tyngre kombinationer, Lena Larsson & Per Olsson
- Elmia Lastbil, 24 augusti 2016, Jönköping, HCT: Tyngre och längre transporter för ökad transporteffektivitet, Lena Larsson
- Möte med Nordiska Generaldirektörer för Trafikverk, Vård för mötet Lena Erixon, 18 augusti 2016, Göteborg, HCT-Nordic DUO2 & VETT - Volvo Trucks, Lena Larsson
- Mantorp Park, Tunga och Långa fordon samt specialfordon, Konferens om långa och tunga lastbilar, 20-21 april 2016, Mantorp, <http://www.ttf-logistik.se/langa-och-tunga-fordon/> , VOLVOS ERFARENHETER AV LÅNGA OCH TUNGA FORDON, Lennart Cider, Volvo Trucks
- Transportforum januari 2016, Linköping, Längre och tyngre fordonskombinationer, Lena Larsson, Session 15
- Transportforum januari 2016, Linköping, HCT-lösningar på väg och järnväg för ökad effektivitet Samspelet mellan HCT väg – aktörerna, Lena Larsson, Session 29

19. Referenser

1. CLOSER: <http://closer.lindholmen.se/temaomraden/high-capacity-transport-hct>
2. EU direktiv 96/53/EG: <http://www.notisum.se/rnp/eu/lag/396L0053.htm>
3. HCT färdplan på väg: <https://www.transportinnovation.se/sv/forums-fardplaner>
4. HCT-årskonferens 2016: <http://closer.lindholmen.se/evenemang/high-capacity-transport-arskonferens-2016>
5. HCT-årsrapport 2015:
http://closer.lindholmen.se/sites/default/files/content/resource/files/arsrapport_hct_2015_slutversion.pdf
6. HVTT14: <http://hvttconference.com/HVTT14/>
7. HVTT15: <https://www.youtube.com/watch?v=HfnHmX-XxzE>
8. IFRTT: <http://road-transport-technology.org/>
9. ITF-OECD HCT: <http://www.itf-oecd.org/>
10. Prognostisering av Spårtillväxt – asfaltbeläggningar:
<http://www.vinnova.se/sv/Resultat/Projekt/Effekta/2015-06114/Prognostisering-av-spartillvaxt---asfaltbelaggningsar/>
11. SAM-DEMO: <http://www.skogforsk.se/EnergiEffektivaTransporter/uppfoljning/>
12. Statsrådets förordning, 407/2013: <http://www.finlex.fi/sv/laki/alkup/2013/20130407>
13. Tekniksprånget: www.teknikspranget.se
14. Traffi, HCT-lastbil: <http://www.trafi.fi/hct>
15. Trafikverket 2014:102, Tyngre fordon på det allmänna vägnätet:
<https://trafikverket.ineko.se/se/tv17742>
16. 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>
17. Transportforum: <https://www.vti.se/sv/transportforum-2017/>
18. Vinnova: <http://www.vinnova.se/sv/ffi/Om-FFI/Unika-fardplaner-for-framtidens-fordonskoncept/>
19. Volvo Lastvagnar: <http://www.volvotrucks.se/hct>
20. Vägsplitageskattutredning:
<http://www.regeringen.se/rattsdokument/kommittedirektiv/2015/05/dir.-201547/>
21. Vehicle combinations based on the modular concept (John Aurell and Thomas Wadman, Volvo Trucks, Sweden): <http://www.nvfnorden.org/lislib/getfile.aspx?itemid=1589>
22. Performance Based Standards for High Capacity Transports in Sweden, FFI project, Vinnova reference number 2013-03881
23. Transportstyrelsens föreskrifter om fordonstekniska krav på fordonståg med en maximal sammanlagd bruttovikt över 60 ton- Remiss TSF 2015-147;

FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

FFI

FORDONSSTRATEGISK
FORSKNING OCH INNOVATION

Adress: FFI/VINNOVA, 101 58 STOCKHOLM
Besöksadress: VINNOVA, Mäster Samuelsgatan 56, 101 58 STOCKHOLM
Telefon: 08 - 473 30 00