

Energieffektiva fordonskombinationer – DuoTrailer STEG1

Sammanfattning

Godstransporter i Europa förväntas öka med mer än 50 % fram till år 2020, jämfört med år 2000¹. För att miljömässigt hantera detta krävs effektiviseringar i transportsystemen. En sådan effektivisering är bland annat att genom att öka mängden gods per fordon minska bränsleförbrukningen räknat per transporterad godsmängd. Projektet Energieffektiva fordonskombinationer undersöker just den möjligheten.

Det första steget av projektet, Energieffektiva fordonskombinationer – DuoTrailer STEG1, innefattade en förstudie i vilken förutsättningarna för och den ekonomiska och miljömässiga potentialen hos längre fordon undersöktes och kartlades. Resultatet av denna förstudie var att förutsättningarna för att framföra längre fordonskombinationer på större vägar och mellan godsterminaler är goda samt att både transport- och kostnadseffektiviteten skulle kunna öka med mellan 10 och 15 % vardera.

Under efterkommande steg kommer DuoTrailer-projektet slås samman och drivas gemensamt med MaxiCube-projektet, dnr. 2009-01173, för att på ett effektivt sätt skapa en bredare kunskapsbas kring längre fordon i blandgodstransport. Detta sammanslagna projekt går under namnet Duo² och kommer att innefatta färdigställande av testfordon samt fältprover och utvärdering.

Syfte

Syftet med DuoTrailer-projektet är att utvärdera den ekonomiska och miljömässiga potentialen i godstransport med längre fordonskombinationer i terminaltrafik. Denna utvärdering har i STEG1 gjorts teoretiskt i en förstudie och skall följas av ett praktiskt fälttest där längre fordonskombinationer skall utföra regelbundna transporter i ett existerande godsflöde.

Syftet med projektets första steg, STEG1, var att genom en förstudie uppskatta den ekonomiska och miljömässiga potentialen i, samt kartlägga förutsättningarna för längre fordonskombinationer i godstransport mellan terminaler. En simuleringsstudie skulle även undersöka stabiliteten hos lämpliga fordonskombinationer. Dessutom skulle ett lämpligt godsflöde och en konceptuell fordonskombination tas fram för ett begränsat fälttest som ett nästa steg i projektet.

Resultat

Under det första delstegets gång har det framkommit ett antal krav på det fordon som skall användas i fälttesterna. Det viktigaste av dessa krav är att fordonet skall

¹ Keep Europe Moving – Sustainable mobility for our continent, European Commission, 2006

vara uppbyggt av så kallade EMS-moduler. EMS, eller European Modular System, är ett standardiseringssystem för lastenheter inom EU och innefattar en kort lastenhet, om 7,85 m, och en lång lastenhet, om 13,6 m. Detta standardiseringssystem syftar till att förenkla gränsöverskridande transporter mellan olika regelsystem inom EU vad gäller längd- och viktbegränsningar för transportfordon. Att testfordonet följer EMS är ett krav från transportstyrelsen, vilket är den myndighet som beslutar om trafikföreskrifter, vilka krävs för att ett längre och tyngre fordon skall få färdas i regelbunden trafik på allmän väg.

Utöver detta krav på EMS framkom även krav på att rangering, det vill säga loss- och sammankoppling av ekipageenheter, skulle kunna utföras tillräckligt snabbt och enkelt för att inte utgöra något hinder vid exempelvis lastning och lossning hos kund.

När dessa krav sammanställdes togs två möjliga fordonskoncept fram för vidare studie rörande potentiell förbättring av transporteffektivitet och miljöpåverkan samt lämplighet för den logistiska planeringen. I denna vidare studie visade båda fordonskoncepten stor potential för förbättringar mot idag tillåtna fordonskombinationer. Det fordonskoncept som bedömdes vara mest lämpligt för ett fälttest var en DuoTrailer, även kallad A-Double, ett ekipage draget av en dragbil, följt av en semitrailer, en dolly och ytterligare en semitrailer, se Figur A. Detta fordon är lämpligt ur ett testförsöksperspektiv främst eftersom det inte har testats i tidigare forskningsprojekt samt eftersom det förväntas kunna infogas i nuvarande logistikplanering utan större problem.



Figur A: Fordonskonceptet DuoTrailer, eller A-Double, bestående av dragbil – semitrailer – dolly –semitrailer.

I den förstudie som gjordes studerades även kriterier för lämpliga godsflöden. I denna studie har vägförhållanden, terminalbehov, åtkomlighet och själva flödet av gods beaktats.

Enligt samma förstudie förväntas införandet av längre fordonskombinationer ge en minskning av bränsleförbrukningen, räknat per flakmeter och km, med ca 10-15%. Kostnaden för frakten skulle samtidigt även den minska med ca 10-15%.

Av kartläggningen av förutsättningarna framgår att ett längre fordon skulle kunna framföras på ett säkert och praktiskt genomförbart sätt på större svenska vägar, utan att den logistiska planeringen skulle påverkas i alltför stor grad.

Genom simulering undersöktes hur de två längre fordon som skall ingå i Duo²-projektet, DuoTrailer och MaxiCube, skulle uppföra sig gällande stabilitet. Resultatet från detta var att, även om de undersökta fordonskombinationerna i

vissa avseenden uppvisade något sämre egenskaper än idag tillåtna 25.25 m ekipage, så var de stabilitetsmässigt betydligt bättre än vissa kortare ekipage som idag är allmänt tillåtna på Svenska vägar.

I resultaten ingår även ett färdigställt och godkänt examensarbete från Chalmers tekniska högskola och ett från KTH. Dessutom har en ny projektorganisation bildats där DuoTrailer-projektet sammanfogats med MaxiCube-projektet för att på så sätt möjliggöra ett tätare samarbete mellan forskningsprojekten, ett bättre användande av tillgängliga resurser samt tydligare kommunikation av gemensamma resultat.

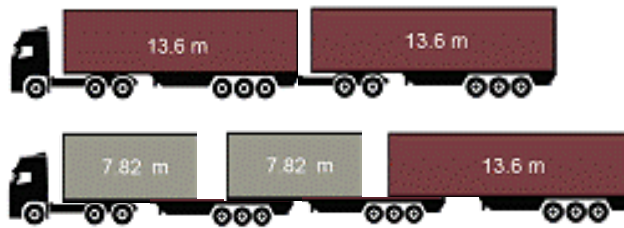
Genomförande

Resultaten från DuoTrailer-projektet STEG1 härrör till del från två separata examensarbeten som utfördes inom ramarna för projektet. Det ena examensarbetet syftade till att kartlägga logistiska förutsättningar för införandet av längre fordonskombinationer samt lämpliga upplägg för en fältstudie, medan det andra syftade till att genom simuleringsstudier undersöka stabiliteten och vägegenskaperna hos ett antal längre fordonskombinationer.

Undersökning av logistiska förutsättningar

Studien kring logistiska förutsättningar och lämpliga fältstudieupplägg byggdes till stor del på intervjuer med de parter som förväntas medverka under senare skeden av projektet. Dessa innefattade åkeri, terminalpersonal, väghållare och föreskriftsutgivande myndighet. Intervjuerna inriktades främst på att utreda om längre fordonskombinationer skulle kunna framföras och hanteras med nuvarande infrastruktur och med de anläggningar som idag finns, samt vilken eller vilka typer av längre fordonskombinationer som då skulle vara mest lämpliga. Genom diskussion med inblandade intervjupersoner kartlades samtidigt viktiga kriterier för lämpliga fordon.

Då en av utgångspunkterna var att den rekommenderade fordonskombinationen skulle bygga på EMS kunde nio olika fordonskombinationer skisseras vilka sedan utvärderades var för sig och mot varandra efter de lämplighetskriterier som kom fram under arbetets gång. De två fordonskombinationer som visade sig vara mest lämpliga för fortsatt studie var DuoTrailer, en dragbil följt av två semitrailers och en dolly, och DuoLinkTrailer, en dragbil följt av två links och en semitrailer, se Figur B. Dessa två fordonskombinationer jämfördes sedan och utvärderades på nytt i intervjuer och med beräkningar. Ur detta arbete fanns att DuoTrailer var den fordonskombination som var mest lämplig att gå vidare med och använda i ett verkligt fälttest.



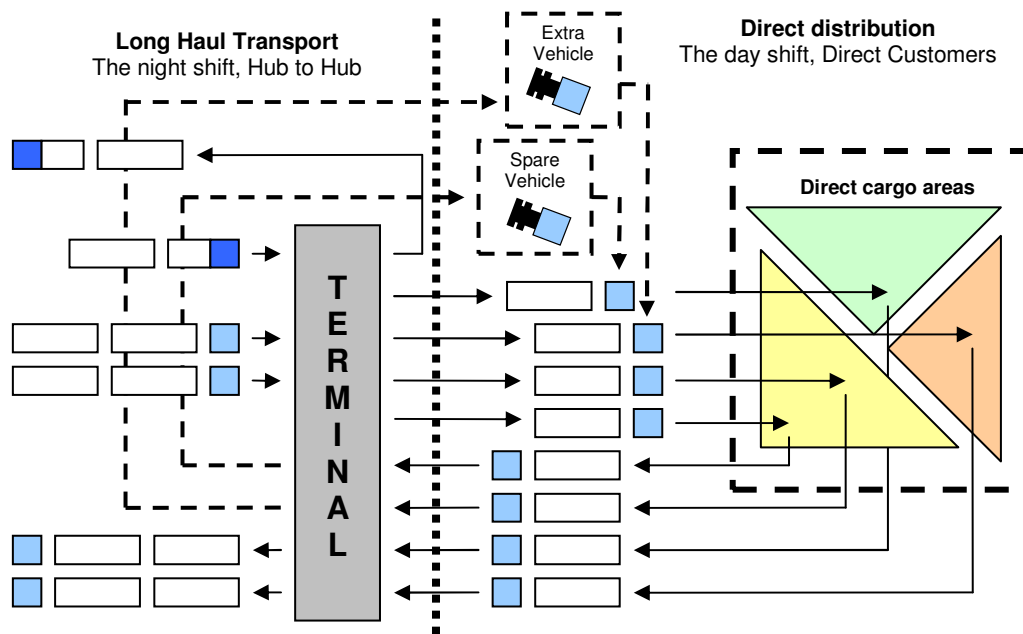
Figur B: DuoTrailer (övre) och DuoLinkTrailer (undre).

Under intervjuerien undersöktes dessutom lämpliga krav på det vägnät som väljs som försöksplats. Dessa krav innefattar godsterminalers kapacitet att hantera längre fordon samt infrastrukturens lämplighet vad gäller påverkan på övrig trafik, säkerhet och slitage. Ett specifikt förslag på lämplig vägsträcka togs även fram. Förutsättningarna för den genomförda studien var, gällande val av godsflöde och vägar, att de parter som redan var inblandade i projektet skulle utgöra samma konstellation som sedan utförde själva fältförsöken. Detta begränsade de möjliga godsflödena till 14 stycken, alla lokaliserade till Västsverige. Med grund i dessa förutsättningar fanns två sträckor möjliga och lämpliga för vidare studie: Göteborg – Linköping, samt Vänersborg –Halmstad – Helsingborg.

Vid närmare granskning visade sig det senare vara alltför komplext för att lämpa sig som försöksmiljö för ett fälttest. Däremot flödet mellan Göteborg och Linköping visade sig vara lämpligt vad gäller vägkvalitet, tillgänglighet, logistiskt upplägg och godsvolymer och rekommenderades därför som försöksmiljö för det planerade fälttestet.

På grund av förändrade förutsättningar inom projektet kommer detta föreslagna godsflöde inte att vara det som fälttestet utförs på. Istället skall ett godsflöde mellan Göteborg och Malmö användas som försöksmiljö för det kombinerade projektet Duo². De riktlinjer som togs fram för utvärdering av försökssträcka har dock använts i det efterföljande planeringsarbetet.

För den fordonskombination som fanns mest lämplig, DuoTrailer, gjordes beräkningar av förväntad miljöpåverkan i form av CO₂-utsläpp genom bränsleförbrukning samt beräkningar av finansiella effekter av ett införande av längre fordonskombinationer i ett godsflöde. Resultatet var att en ökning av både transport- och kostnadseffektivitet med 10 - 15%. Dessutom gjordes ett initialt logistikplaneringsarbete med syfte att utreda potentiella problem kopplade till användandet av längre fordonskombinationer. Ur intervjuer framkom att det största potentiella problemområdet var i övergången mellan långdistanstransport och distribution där fordonskombinationerna kommer att behöva rangeras om till kortare ekipage. En preliminär och möjlig lösning för denna situation framtogs i samarbete med intervjupersoner för den ursprungligt valda försökssträckan, se Figur C. Mycket av det arbetet kommer även kunna appliceras på en ny försökssträcka.

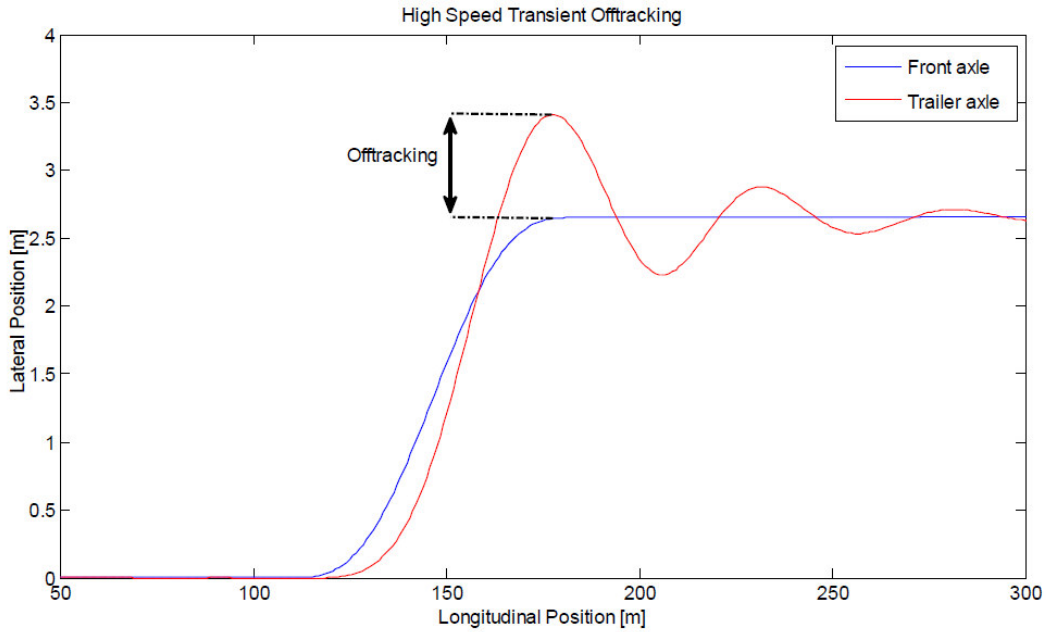


Figur C: Preliminärt förslag på logistisk lösning i övergången mellan långdistanstransport och distribution.

Undersökning av fordonstabilitet

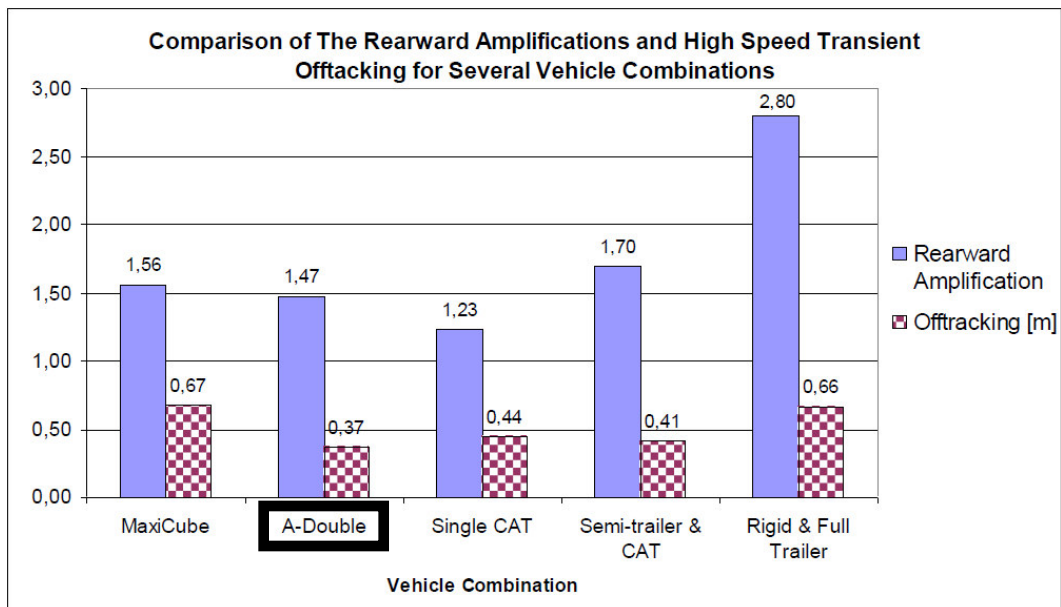
Den studie som gjordes kring fordonstabilitet innefattade simuleringsstudier där ett antal fordonkombinationer, med ett antal olika lastfall, simulerades för att på så sätt undersöka hur fordonkombinationerna kan komma att bete sig i en trafiksituation. Studien gjordes på två olika komplexitetsnivåer och med grund i två olika simuleringsprogram, med liknande resultat i båda simuleringsmetoderna. Studien innefattade dels ett antal idag tillåtna fordonkombinationer för referens och validering och dels två längre fordonkombinationer. DuoTrailer, alltså det fordon som i den tidigare studien fanns vara mest lämpligt, var en av de två längre kombinationer som studerades.

Det som undersöktes i denna simuleringsstudie var främst parametern bakåtförstärkning, alltså hur mycket en sidorörelse förstärks bakåt längs ekipaget. Måtten som användes kallas *lateralacceleration*, alltså hur mycket en acceleration i sidled förstärks längs ekipaget, samt *offtracking*, alltså den sträcka i sidled som det bakre hjulparet överskrider den bana som första hjulparet kör, se Figur D. Dessa simuleringar gjordes, som nämnts, i två olika simuleringsmiljöer, en två- och en tredimensionell, med liknande resultat.



Figur D: Offtracking är den sträcka i sidled som den sista axelns hjulpar överskrider den bana som den första axelns hjulpar kör. Den blå linjen visar det första hjulparets bana och den röda linjen visar den sista axelns bana.

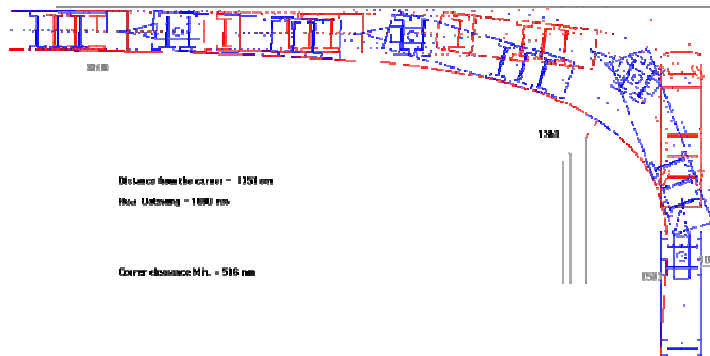
Simuleringarna möjliggjorde jämförelse mellan idag tillåtna och längre fordonskombinationer och både vad gäller lateralacceleration och offtracking uppför sig de studerade längre fordonskombinationerna lika bra eller bättre än vissa idag tillåtna kombinationer, se Figur E.



Figur E: Jämförelse av bakåtförstärkning och offtracking hos de studerade fordonskombinationerna. DuoTrailer, även kallad A-Double, som är markerad i diagrammet, kan jämföras med den idag tillåtna kombinationen av lastbil och kärra som visa på betydligt sämre körbeteende.

Som nämnts genomfördes simuleringar av MaxiCube- och DuoTrailer-kombinationerna med en rad olika lastfall, både vad gäller lastens distribution över de olika fordonsdelarna och vad gäller lastens tyngpunkt. Resultatet av simuleringen var att DuoTrailer-kombinationen är mycket robust vad gäller lastens placering både i höjd- och längsled. MaxiCube visade sig variera mer med olika lastfall, där framför allt ett lastfall gav markant ökad bakåtförstärkning. Dock skall poängteras att även det 'värsta' lastfallet gav MaxiCube bättre stabilitet än andra, idag tillåtna, fordonskombinationer. När det lastfall som visade sig potentiellt problematiskt, nämligen tom dragbil och två maxlastade kärror med planering kan undvikas, blir ekipaget betydligt mer robust.

Tidigare studier av längre fordonskombinationers vägegenskaper har visat på att designåtgärder som syftar till att förbättra ett fordons offtracking eller lateralacceleration ofta gör fordonet mindre följsamt vilket försvårar manövrering. Därför simulerades så kallad *swept path* för de studerade fordonen för att säkerställa att framkomligheten bibehålls i tillräcklig mån. Med swept path menas den vägbredd som en fordonskombination tar upp vid en sväng, se Figur F.



Figur F: Swept path är den vägbredd som fordonskombinationen tar upp under en sväng.

Förutom en bekräftelse på att ett längre fordon kan framföras säkert gav även simuleringstudien vidare kunskap om hur den specifika konfigurationen av parametrar som hjulbas, total längd, antal ledpunkter och dragstångslängd påverkar en fordonskombinations köregenskaper.

Planering av fortsatt arbete

Efter avslutandet av de två ingående studierna har arbetet inom projektet fokuserats på planering och förberedelse för nästa steg, fälttester. Detta arbete har utförts inom organisationen för fortsättningsprojektet Duo² och har inkluderat båda de ingående fordonskombinationerna. I detta arbete har ingått urvalet och utvärderingen av den nya vägsträcka som skall användas som försöksmiljö, men även initieringen av en ansökningsprocess för att få till stånd en föreskrift som tillåter ett fälttest med de längre fordonen på den utvalda vägsträckan.

Projektstatus

Den förstudie som utgjorde DuoTrailer-STEG1 har avslutats och dess resultat presenteras kortfattat i avsnittet Resultat här ovan. Resultaten kommer nu att utgöra en grund för fortsättningsprojektet Duo², alltså sammanslagningen av DuoTrailer- och MaxiCube-projektet för utförande av fälttest av fordon från de båda ingående projekten.

Den fordonskombination som rekommenderades i DuoTrailer-STEG1 har simulerats, tillsammans med den fordonskombination som undersökts i MaxiCube-projektet, i avsikt att undersöka stabilitetsegenskaper. De två fordonskombinationerna har jämförts med idag tillåtna ekipage. Resultatet var att trots att de båda undersökta kombinationerna visade något sämre stabilitetsegenskaper än de idag vanligast förekommande fordonsekipagen, så visade de betydligt bättre stabilitet än vissa andra idag tillåtna fordonsekipage.

Det återstår främst två områden att klarlägga innan fältförsök kan initieras:

Val av godsflöde och vägnät

I undersökningen av logistiska förutsättningar som beskrivs ovan presenterades, förutom lämpliga fordonskoncept, även ett specifikt förslag till godsflöde. Då förutsättningarna har förändrats, bland annat på grund av den förändrade projektorganisationen, bör fler alternativ undersökas innan fälttest initieras för att säkerställa att fälttestet bland annat har så liten påverkan som möjligt på övrig trafik. Dessutom finns möjligheten att genom en ny övervägning av val av godsflöde knyta an till andra forskningsprojekt, exempelvis Green Road Freight Corridors, dnr 2009-01600.

Tillståndsgivning

En avgörande förutsättning för att fullt ut kunna genomföra de fälttester som fortsättningsprojektet Duo² skall innehålla är att projektet får tillstånd att trafikera ett vägnät. Ett tillstånd krävs eftersom de planerade testfordonens längd och vikt överskrider dagens bestämmelser för transport av delbar last. Dagens fordon kan vara upp till 25,25 m långa och får maximalt väga 60 ton. De fordon med vilka fälttest skall utföras inom Duo²-projektet kommer att vara upp till 32 m långa och ha en maximal totalvikt på 80 ton.

Beslutande instans för en sådan tillståndsgivning som krävs i detta fall är Transportstyrelsen. De har mandat att ge ut föreskrifter där längre och tyngre fordon tillåts trafikera angivna avsnitt av det allmänna vägnätet. Då Transportstyrelsen är en nybildad myndighet har de hittills ingen erfarenhet av att ge ut sådana föreskrifter, men arbetar för tillfället med att ställa samman riktlinjer för hur föreskriftsutgivning för forskningsprojekt skall hanteras.

Trots att riktlinjer ej ännu är uppsatta för föreskriftsutgivning är ändå ett antal grundläggande faktorer som påverkar beslutet kända. De fordon som forskas på skall bygga på EMS, European Modular System och de skall vara unika som forskningsobjekt. Det kommer alltså inte ges föreskrifter för fordon som redan

tidigare har praktiskt utvärderats. Vad gäller vägnätet så skall potentiella forskningsfordon kunna framföras utan minskad säkerhet och med så liten påverkan på övrig trafiks framkomlighet som möjligt.

Plan för fortsatt arbete

Duo²-projektet, fortsättningen på DuoTrailer-STEg1, kommer inledningsvis att fokusera på att bygga och internt testa de fordon som planeras ingå i fälttesterna. Samtidigt kommer en dialog med Transportstyrelsen föras om förutsättningarna för att få till stånd en föreskrift.

Huvudfokus för 2010

- Få till stånd en föreskrift för de fordon som skall ingå i fälttestet
- Byggnation av de fordon som skall ingå i fälttestet
- Påbörja fälttest under september månad
- Påbörja datainsamling
- Kontinuerlig överföring av forskningsunderlag till VTIs projekt SAM.

Därefter kommer fälttest drivas fram till slutet av 2012. Utvärdering och uppdateringar av fordonen kommer att ske kontinuerligt under fälttestet.

Projekteffekter

Genom den förstudie som STEg1 bestod av har kunskap kring förutsättningarna för och potentialen i längre fordonskombinationer byggts, både inom de samarbetande företagen och inom högskola och universitet genom det examensarbete utfördes och genom bidrag till utbildningen genom gästföreläsning. Den kunskap som byggts kommer att användas i efterföljande arbete inom Duo²-projektet, samt i forskning driven av VTI.

Deltagande parter och kontaktperson

Partner	Roll och bidrag	Personal och resurser
Volvo	Projektledning och huvuddeltagare	Personal från Volvo Technology och Volvo 3P, Simuleringmjukvara Kontakt: Anders Berger
Schenker AB	Kunskap inom logistik och transport, samt kontaktskapande	Kontakt: Bo Hallams
Vägverket	Infrastruktur och lagkrav	Kontakt: Christer Rydmell
Chalmers	Examensarbete för datainsamling och analys	Kontakt: Kenth Lumsden
VTI	Kontakt: Inge Vierth

VINNOVA Dnr: 2009-00283
Projektledare Anders Berger, Volvo Technology

Huvudkontaktperson:
Anders Berger, projektledare
Volvo Technology AB
Anders.berger@volvo.com
+46 31 322 04 19

Publikationer och resultatspridning

Danielsson, E. (2010) *The Dynamic Stability of Long Articulated Modular Vehicle Combinations Examined by Simulation*. Stockholm: Department of Aeronautical and Vehicle Engineering, Royal Institute of Technology

Energieffektiva fordonskombinationer (DuoTrailer), VINNOVA diarenummer 2009-00283

Green Road Freight Corridors, VINNOVA diarienummer 2009-01600

Kjell, M. Westerlund, K. (2009) *Feasability of Longer Combination Vehicles – a study of Longer Combination Vehicle in hub to hub haulage of mixed goods*. Göteborg: Chalmers Reproservice.

Modulsystem för Volymtransporter (MaxiCube), VINNOVA diarienummer 2009-01173

Sam-modalitet i praktiken, VINNOVA diarienummer 2008-04271

Roso, V., Lumsden, K., Kjell, M., Westerlund, K. (2010) *Longer combination vehicles – solution to sustainable pre and post haulage in Sweden?* 12th World Conference on Transport Research, Lisbon