



ETT- Modulsystem
för skogstransporter



FÖRORD

Skogforsk tog 2006 initiativet till projektet "ETT – Modulsystem för skogstransporter". Projektet syftar till att genom en utveckling av transportteknik och ökade bruttovikter minska det totala antalet virkes transporter i Sverige och därmed även dieselförbrukning och koldioxidutsläpp. Att projektet kom igång snabbt och har kunnat drivas framgångsrikt beror till största delen på att alla involverade samarbetspartners varit genuint intresserade av att arbeta fram konkreta lösningar.

När ett projekt av den här digniteten ska genomföras krävs att många olika aktörer involveras och samarbetar; skogsföretag, tillverkare av fordon och annan utrustning, myndigheter, åkare, forskningsfinansiärer, m.fl. Till alla dem som på ett eller annat sätt medverkar i projektet riktas ett stort tack. Speciellt viktiga för projektets genomförande har följande företag varit:

Skogsföretag

Holmen Skog AB
SCA Skog AB
Stora Enso Skog AB
Sveaskog
Södra Skogsägarna

Tillverkare

Volvo Lastvagnar
Parator
SSAB
Wabco
VBG

Åkerier

TLV, Transport Logistik Väst
Bjälmsjö Skog AB

Myndigheter och övriga organisationer

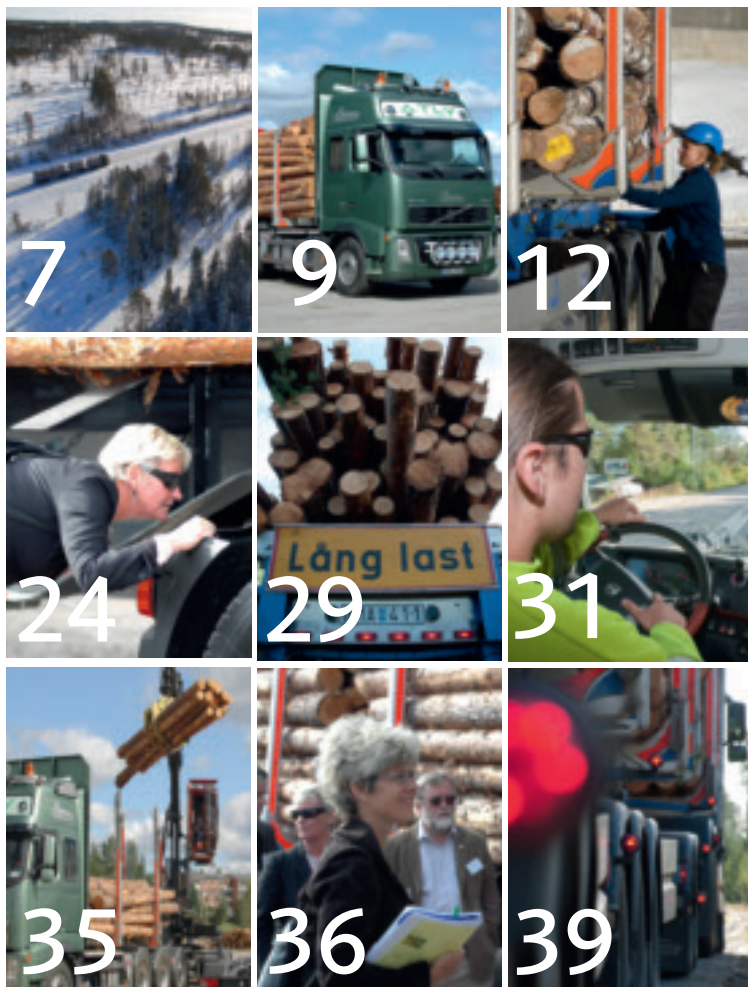
Trafikverket
Transportstyrelsen
VTI, Statens väg- och transportforskningsinstitut
Skogsindustrierna
Sveriges Åkeriföretag
Vinnova/FFI – Fordonsstrategisk Forskning och Innovation
FKG, Fordonskomponentgruppen



Claes Löfroth, projektledare.
Tel: 018-18 85 07.
E-post: claes.lofroth@skogforsk.se



Gunnar Svenson.
Tel: 018-18 85 69.
E-post: gunnar.svenson@skogforsk.se



PETER BERGMAN
FORM

TRYCK
GÄVLE OFFSET
GÄVLE

FOTO
ERIK VIKLUND & ANNA FRANCK
OM INTE ANNAT ANGES



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
Tel. 018-18 85 00. Fax. 018-18 86 00
E-post. info@skogforsk.se
www.skogforsk.se

ISBN: 978-91-977649-9-5

| | |
|-----------|--|
| 4 | Sammanfattning |
| 8 | Summary |
| 11 | Bakgrund |
| 13 | Projektets förhistoria |
| 14 | Projektets syfte och mål |
| 15 | Genomförande |
| 16 | Projektorganisation |
| 17 | Beskrivning av ETT-projektet |
| 20 | Beskrivning av ST-projektet |
| 25 | Studier och uppföljning |
| 25 | Bränsleförbrukning |
| 26 | Produktion |
| 26 | Trafiksäkerhet |
| 26 | Ekonomiska kalkyler |
| 26 | Vägslitage |
| 26 | Föraruppföljning |
| 26 | Teknisk granskning |
| 26 | Fysisk och mental förarmiljö |
| 27 | Resultat ETT-fordonet |
| 27 | Bränsleförbrukning och miljöpåverkan |
| 28 | Produktion |
| 29 | Trafiksäkerhet |
| 29 | Slitage på vägar |
| 30 | Teknisk uppföljning |
| 30 | Uppföljning av last- och bruttovikter |
| 30 | Förarmiljö |
| 30 | Ekonomisk jämförelse |
| 33 | Resultat ST-fordonen |
| 33 | Bränsleförbrukning och miljöpåverkan |
| 33 | Produktion |
| 33 | Trafiksäkerhet |
| 33 | Slitage på vägar |
| 33 | Teknisk uppföljning |
| 34 | Ekonomisk jämförelse |
| 36 | Kommunikation |
| 37 | Diskussion |
| 37 | Reflektioner från några projektdeltagare |
| 37 | Rekommendationer från projektet |
| 39 | Referenser |
| 40 | Bilagor |

INNEHÅLL

SAMMANFATTNING

Projektet ETT-Modulsystem för skogstransporter har visat att tyngre och längre fordon väsentligen kan minska bränsleförbrukningen, utsläppen av koldioxid och kostnaderna. Samtidigt har inte någon negativ inverkan på vare sig trafiksäkerhet eller vägslitage kunnat påvisas.

Vi står i dag inför en global utmaning att radikalt minska utsläppen av växthusgaser. Detta kommer bland annat till uttryck i de miljömål som satts upp på nationell och internationell nivå. I Sverige är målet att minska utsläppen med 40 % i relation till nivån 1990 och på EU-nivå med 20 % jämfört med 2005.

Om svensk skogsindustri ska kunna bidra till en renare miljö krävs energieffektivare virkestransporter. Med detta som utgångspunkt tog Skogforsk 2006 initiativ till ett projekt som syftar till att genom en utveckling av transporttekniken och ökade bruttovikter minska det totala antalet virkestransporter i Sverige och därmed även dieselförbrukning, koldioxidutsläpp och andra emissioner. Ett krav var att detta skulle kunna genomföras utan negativ påverkan på vägslitage och trafiksäkerhet. En litteraturstudie indikerade att trafiksäkerheten inte skulle påverkas negativt.

Dagens konventionella virkesfordon har en bruttovikt på 60 ton och är 24 meter långa. Fordonen utgörs vanligen av en 3-axlig lastbil med utrymme för en virkestrave och ett 4-axligt släp med två virkestravar. Totalt i Sverige finns det drygt 2 000 virkes- och flisfordon.

Projektet fick namnet ”En Trave Till (ETT)” och syftade till att med längre fordon med större bruttovikt än dagens virkesfordon kunna ta med sig ytterligare en 6 meter lång virkestrave, d.v.s. fyra istället för de konventionella tre. Eftersom travarna på ETT-fordonet dessutom är större skulle två ETT-fordon kunna ersätta tre konventionella virkesfordon.

Tidigt i projektet tog Skogforsk kontakt med Parator som fick i uppdrag att ta fram ritningar för ett fordon med fyra travar och efter teoretiska beräkningar av stabilitet, vändradie och förväntat vägslitage för ett sådant fordon genomfördes byggnationen av detta under 2008 under ledning av Volvo. I december 2008 var ETT-fordonet färdigt och kunde börja rulla i januari 2009. Samtidigt hade dåvarande Vägverkets föreskrift för det nya, 30 meter långa fordonet blivit klar, så att det under försöksperioden var tillåtet att framföra detta med 90 tons bruttovikt på allmän väg. ETT-fordonet har kört med 66 tons last mellan Överkalix och Piteå.



ETT-projektet kompletterades efter ett halvår med ett delprojekt som fick namnet ”Större Travar” (ST), där virkesfordonen kombineras på ett sätt som ökar den transporterade nyttolasten, men samtidigt håller sig inom gällande bestämmelser för fordonslängder och axeltryck. Ett samlingsnamn för båda projekten är ”ETT-Modulsystem för skogstransporter”. Inom projektet användes lastbärarmodulerna dolly, link och trailer från EMS (European Modular System), vilket är ett standardiserat utförande av lastbärarenheter som fordonsindustrin idag tillämpar.

ST-bilarna är två olika virkesfordon, dels en 4-axlig kranbil med dolly och trailer och dels en dragbil med link och trailer. Dessa har testats, dels i ett rangersystem och dels som separata fordon. I rangersystemet lastar kranbilen virket i skogen och kör det till en rangerplats. Dragbilen kör sedan virket mellan rangerplatsen och industrin.

På detta vis utnyttjas de båda fordonens olika fördelar på ett optimalt sätt, vilket gör att nyttolasten kan ökas och bränsleförbrukningen minskas. Som separata fordon har ST-kranbil och ST-dragbil kört virke från skogen eller terminal direkt till industri. Eftersom både kranbil och dragbil med last har en bruttovikt på 74 ton krävdes även här att Trafikverket medgav dispens för framförande av fordonen på allmän väg. ST-fordonen har använts i Dalsland, Bohuslän och Värmland.

Alla fordon som testats i projektet har varit utrustade med axeltrycksmätare, alkoholås och datorsystem som medger analyser i realtid av transportarbetet. Under projektperioden har fordonens produktion och bränsleförbrukning med mera följts upp genom studier och mätningar.

Projektet har drivits i ett omfattande samarbete mellan ett 30-tal olika företag, organisationer och myndigheter och resulterat i tre nya skogliga modulfordon som på ett effektivt sätt minskar miljöpåverkan och det antal fordon som krävs för virkestransporterna.

Resultat från studier av ETT-fordonet:

- Dieselförbrukningen har minskat med drygt 20 %, vilket har inneburit en minskning av koldioxidutsläppen i samma omfattning. Även andra miljöföroreningar har minskat i motsvarande grad.
- Fordonsbehovet har minskat med ca 35 % i jämförelse med om den aktuella virkesvolymen skulle ha transporterats med konventionella virkesfordon.
- De studier som Skogforsk gjort av 700 omkörningar av ETT-fordonet visar inga negativa reaktioner från andra trafikanter.
- VTI har genomfört fyra olika studier för att belysa hur trafiksäkerheten påverkas av tyngre och längre lastbils-kombinationer jämfört med dagens konventionella tunga fordon. Tyngdpunkten i studierna har legat på omkörningssituationer. Slutsatsen är att inga säkra skillnader har kunnat påvisas och att mer studier krävs.
- Transportkostnaderna har minskat med drygt 20 %.
- ETT-fordonet har en framkomlighet, stabilitet och bromsförmåga som är jämförbar med ett konventionellt 60-tons virkesfordon.
- Något ökat vägsplitage har inte kunnat påvisas. Detta förklaras av att den ökade bruttovikten fördelas på fler hjulaxlar. Belastningen på långa broar ökar dock.
- ETT-fordonet har under försöksperioden totalt kört en sträcka på 800 000 km och transporterat ca 150 000m³ virke.

SAMMANFATTNING

Resultat från studier av ST-fordonen:

- Dieselförbrukningen vid körning med rangering har minskat med upp till 8 %, vilket har inneburit en minskning av koldioxidutsläppen i samma omfattning. Även andra miljöföroreningar har minskat i motsvarande grad.
- Kalkyler indikerar minskade transportkostnader med mellan 5–10 %.
- Rangering kan löna sig under vissa förutsättningar, men logistiken är en utmaning.
- Något ökat vägslitage har inte kunnat påvisas. Detta förklaras av att den ökade bruttovikten fördelas på fler hjulaxlar. Belastningen på långa broar ökar dock.
- ST-fordonen har en framkomlighet jämförbar med ett konventionellt 60-tons fordon.
- ST-fordonen har tillsammans totalt kört en sträcka på drygt 500 000 km och transporterat 190 000 m³fub.

Reflektioner från några projektdeltagare

De viktigaste deltagande organisationerna har gett sina synpunkter på projektet i form av reflektioner. Gemensamt för alla är att man framhåller följande:

Projekt ETT-Modulsystem för skogstransporter har genom ett väl fungerande samarbete mellan en lång rad organisationer lyckats uppnå de gemensamma mål som sattes upp: Projektet har visat att det med tyngre och längre virkesfordon går att minska bränsleförbrukning och transportkostnader utan att påverka vare sig trafiksäkerhet eller vägslitage negativt.

Man är också ense om att den utveckling mot energi-effektiva vägtransporter genom tyngre och längre fordon som nu påbörjats måste få en fortsättning i en eller annan form.





SUMMARY

The One More Stack-Modular System for Timber Transport Project has shown that heavier and longer vehicles can reduce fuel consumption, carbon dioxide emissions and costs significantly. At the same time, no negative impact has been seen in terms of traffic safety or road wear.

We currently face the global challenge of radically reducing our greenhouse gas emissions. This is evident in part in the environmental goals being set at the national and international levels. The Swedish national goal is to reduce emissions by 40% compared to the 1990 level, while the goal at the EU level is a 20% reduction compared to 2005.

More energy-efficient timber transporters are needed if the Swedish forest industry is to contribute to a cleaner environment. In the light of this, in 2006, Skogforsk initiated a project that aims, through developing transport technology and higher gross weight vehicles, to lower the total number of timber transporters needed in Sweden and, in turn, the associated diesel consumption, carbon dioxide emissions, and other emissions. All this had to be accomplished without negative effects in terms of road wear or traffic safety.

Current conventional timber transport vehicles have a gross weight of 60 metric tonnes and are 24 metres long. These vehicles generally consist of a three-axle lorry with space for one stack of wood, and a four-axle trailer that carries two stacks. Roughly 1,900 such vehicles travel the roads of Sweden.

The One More Stack (En Trave Till, ETT) project aims, using longer vehicles with higher gross weights than conventional ones, to make it possible to carry an additional six-metre stack of wood, i.e., four instead of the usual three. Because the stacks on the ETT vehicle are bigger as well, two ETT vehicles could replace three conventional ones.

Early on in the project, Skogforsk contacted Parator and asked them to design a four-stack vehicle. Following literature studies and theoretical calculations of the stability, turning radius, and anticipated road wear for such a vehicle, it was built under the direction of Volvo in 2008 and 2009. The ETT system was completed in December 2008 and began operation in January 2009. At the same time, the Swedish Transport Administration's rules for the new 30-metre-long vehicle had been approved, so we were permitted to drive the vehicle, which had a gross weight of 90 metric tonnes, on public roads during the test period.

PHOTOS: ANNA FRANCK & ERIK VIKLUND





After six months, the ETT project was supplemented with a secondary project known as Bigger Stacks (Större Travar, ST), in which timber vehicles are combined in a way that increases the net load transported, while complying with applicable vehicle length and axle pressure regulations. “ETT–Modular system for timber transport” serves as the collective name for both projects. In this overarching project, we have chosen to use the load modules, dolly, link, and trailer of European Modular System (EMS), a standardized design for load units currently used in the vehicle industry.

The ST rigs consist of two different timber vehicles: a four-axle crane lorry, a dolly and trailer, and a tractor with link and trailer. They have been tested both in a staging system and as separate vehicles. In the staging system the crane lorry loads the wood in the forest and carries it to a staging area, while the tractor carries the wood between the staging area and the mill.

This makes it possible to optimize the various advantages offered by the two vehicles, so the net load can be increased and fuel consumption reduced. As separate vehicles, the ST crane lorry and ST tractor have carried timber from forest or terminal directly to industry. Because the crane lorry and the tractor under load have a joint gross weight of 74 metric tonnes, it was necessary to obtain a dispensation from the Swedish Transport Administration to drive the system on public roads. The ST vehicles have been used in Dalsland, Bohuslän and Värmland.

All the vehicles tested in the project were equipped with axle pressure meters and alcohol ignition interlock devices, as well as computer systems to enable real-time analysis of transport performance. Vehicle production, fuel consumption, etc have been followed up via studies and measurements during the project period.

The project has involved extensive cooperation among some 30 companies and government agencies, and has yielded three new modular forest vehicles that effectively reduce environmental impact and lower the number of timber vehicles needed to transport the wood.

Results from studies of the ETT rig:

- Diesel consumption has been reduced by just over 20%, resulting in a commensurate decrease in carbon dioxide emissions. Emissions of other environmental pollutants have been reduced correspondingly.
- The need for vehicles has been reduced by approximately 35% compared with the number of vehicles needed had the same wood volumes been transported using conventional timber transporters.
- The studies that Skogforsk performed on 700 runs using the ETT rig have found no negative reactions from other road users.
- The Swedish National Road and Transport Research Institute (VTI) has performed four different studies to determine how traffic safety is impacted by heavier and longer lorry combinations compared with current conventional heavy rigs. The emphasis in the studies has been on run scenarios. The conclusion is that there are no definite demonstrable differences, and that more studies are needed.
- Transport costs have been reduced by just over 20 %.
- The ETT rig offers handling, traction, stability, and braking capacity comparable to those of a conventional 60-metric-tonne timber transporter.
- No increase in road wear has been shown. This is attributable to the greater gross weight being distributed over more axles. The load on long bridges is, however, increased.
- During the test period, the ETT rig drove a total of 800 000 kilometres and transported nearly 150 000 cubic metres solid volume.

SUMMARY

Results from studies of the ST rigs:

- Diesel consumption associated with runs involving staging has been reduced by up to 8 %, resulting in a commensurate reduction in Carbon dioxide emissions. Other environmental pollutants have been reduced correspondingly.
- Estimates indicate a reduction of up to 5–10 % in transport costs.
- Staging can pay off under certain conditions, but the logistics pose a challenge.
- No increase in road wear has been shown. This is attributable to the greater gross weight being distributed over more axles. The load on long bridges is, however, increased.
- The ST rigs offer handling and traction comparable to those of a conventional 60-metric-tonne vehicle.
- The ST rigs have collectively driven a total of over 500 000 km and transported 190 000 cubic metres solid volume.

Reflections from several project participants

The key participating organizations have offered their views on the project in the form of reflections. The following viewpoints are shared by all:

Thanks to an efficient cooperative arrangement involving a long list of organisations, the One More Stack-Modular System for Timber Transport Project has succeeded in achieving the common goals that were set: The project has shown that heavier and longer timber vehicles make it possible to reduce fuel consumption and transport costs with no negative impact on either traffic safety or road wear.

There is also agreement that the move toward more energy-efficient road transport that has now been initiated must continue in one form or another.



BAKGRUND

Behovet av att effektivisera skogsbrukets virkestransporter är stort, både av miljömässiga och ekonomiska skäl. Ett generellt problem för skogsbruket är att möjligheter till returtransporter saknas. Detta beror på enkelriktade transportflöden samt att fordonen är specialbyggda enbart för att transportera virke.

Energieffektiva virkestransporter genom ökade bruttovikter på fordonen har länge intresserat skogsbruket. I slutet på 60-talet provade SCA Skog AB fordonståg på ca 30 m i form av dragbil med två påhängsvagnar, där den sista påhängsvagnen var kopplad till en dolly, Figur 1. Fordonet var lastat med fyra travar rundvirke och varje trave vägde ca 15 ton, således totalt ca 60 ton. Tjänstevikten på hela fordonståget var ca 23 ton. Totalvikten 83 ton fördelades på 9 axlar, d.v.s. ca 10 ton per axel. Begränsningarna var högt marktryck (diagonaldäck) och alltför svaga motorer.

För att effektivisera transportarbetet i dag arbetar skogsbruket med virkesbyten och ruttoptimering samt, inom ramen för nuvarande bestämmelser, utveckla lättare fordon för att kunna ta större nyttolast.

Figur 1. SCA Skog AB testade i slutet av 1960-talet fordonståg som var cirka 30 m långa och med en totalvikt på cirka 85 ton. Foto: Anders Bergstedt, SCA Skog AB.



BAKGRUND

Ett annat konkret sätt att öka virkestransporternas effektivitet är att öka fordonens bruttovikt och längd. Sverige med sin väl utbyggda infrastruktur har goda förutsättningar att genomföra detta.

I dag är maxlängden för virkesfordon 24 m, i vissa fall 25 m, och maximalt tillåten bruttovikt är 60 ton. Genom att öka den tillåtna fordonslängden till 30 m och bruttovikten till 90 ton skulle virkesfordonen ha utrymme för en virkestrave till.

Fordonslängderna inom EU är i dag ca 18 m, men ett flertal försök pågår med tyngre och längre fordon. I Frankrike har man i vissa regioner lokala bestämmelser för högre bruttovikter. I Danmark och Holland testas modulfordon på 60 ton och 25, 25 m längd. I flera av våra viktiga konkurrentländer utanför EU används fordonståg på 100–120 ton, vilket bidrar till att kostnaden för virket fritt industrin där kan hållas lägre.

Under 1980 och 1990-talen höjdes i Sverige bruttovikten för lastbilstransporter från drygt 50 ton till dagens nivå på 60 ton. Höjningen innebar en markant minskning av bränsleförbrukningen mätt per transporterad m³ virke i och med att färre fordon transporterade samma volym. En ytterligare höjning av bruttovikten skulle medföra ytterligare minskade utsläpp av växthusgaser.

Den positiva utvecklingen vi sett under de senaste åren, med lägre tjänstevikter på fordonen, effektivare logistik och ökat utnyttjande av bilarna, har inte varit tillräcklig för att motverka kostnadsökningarna. Under den senaste 10-årsperioden har transportkostnaderna ökat med 1–2 % årligen, framför allt p.g.a. högre dieselpriiser. Strukturomvandlingen och specialiseringen inom skogsbranschen har inneburit att transportavstånden till industrin har blivit längre, vilket också bidragit till de ökade transportkostnaderna. Skogsbrukets virkestransporter svarar i dag för 25 % av skogsindustrins anskaffningskostnader för virke och bränslekostnaden för drygt 1/3 av den totala transportkostnaden.

För skogsbruket innebär därför en ökad bruttovikt med 30 ton att transportkostnaderna och miljöbelastningen kan minska med drygt 20 %. Detta ligger helt i linje med skogsindustrins branschgemensamma mål att sänka koldioxidutsläppen med 20 % till år 2020. Det är också i linje med många andra länders målsättning att sänka miljöbelastningen och öka trafiksäkerheten genom minskning av antalet transportfordon.

Skogforsk tog 2006 initiativet till ett projekt med syfte att genom en utveckling av transportteknik och ökade bruttovikter minska det totala antalet virkestransporter i Sverige och därmed även dieselförbrukning, koldioxidutsläpp och andra emissioner. Projektet fick inledningsvis namnet "En Trave Till" (ETT). I början av 2009 startade test i övre Norrland av ETT-fordonet, ett 30 meter långt och med last 90 ton tungt virkesfordon. I augusti 2009 startade ett delprojekt med test i västra Sverige av två olika, 25 meter långa fordon med en bruttovikt på 74 ton. Detta delprojekt fick namnet "Större Travar" (ST). Ett gemensamt namn för båda projekten är "ETT-Modulsystem för skogstransporter", vilket drivs av Skogforsk i samarbete med en lång rad organisationer, t ex Trafikverket, skogsnärings, Volvo Lastvagnar m.fl.



Projektets förhistoria

En utredning som gjordes i början på 2000-talet (Löfroth, C., 2001) pekade på att de tekniska lösningarna redan finns för att öka bruttoviktarna och att kostnads- och miljöbesparingen skulle kunna uppgå till 20 % då 60-tonsfordon ersätts av 80-tonsfordon.

I syfte att studera virkesfordon med hög bruttovikt genomfördes en studieresa till Nya Zeeland och Australien 2006 (Ekstrand, M., 2007). Man kunde under denna resa konstatera att tekniken inte är ett hinder för en ökning av bruttovikten, Figur 2. Deltagarna på resan bildade en arbetsgrupp och en styrgrupp för det fortsatta arbetet med att testa ökad bruttovikt på virkesfordon i Sverige.

En förutsättning för att tyngre och längre fordon ska kunna användas på allmänna vägar är att trafiksäkerheten inte påverkas negativt. För att utreda hur tyngre och längre

lastbilar påverkar trafiksäkerheten gjordes därför tidigt en sammanställning och kvantitativ analys av den internationella forskningslitteraturen på området (af Wählberg, A. E., 2007). Utredningen visar att effekterna av olyckorna blir större med ökad bruttovikt och längre fordon. Om man väger in det minskade antalet fordon som behövs för transporter om 60-tonsfordon ersätts med 90-tonsfordon blev dock slutsatsen att en förändring mot tyngre fordon i sämsta fall inte skulle ha någon trafiksäkerhetseffekt överhuvudtaget och i bästa fall en tydlig positiv effekt.

Olika typer av fordonskombinationer diskuterades och efterfordonen dolly, link och trailer, vilka är vanliga inom den övriga transportbranschen, introducerades. Teoretiska beräkningar gjordes för vändradie, stabilitet, vägslitage med mera för de olika kombinationerna. Volvo gjorde dessutom teoretiska beräkningar av bränsleeffektivitet, stabilitet, svepbredd, vändradier, vägslitage med mera. (Bilaga 1 och 2).

Figur 2. B-Triple från Elphinstone, ett exempel på långt fordon med ca 90 tons bruttovikt. Tasmanien, Australien.



PROJEKTETS SYFTE OCH MÅL



Projektet har syftat till att studera och utvärdera förutsättningar för och konsekvenser av högre bruttovikter och fordonslängder för virkestransporter. Undersökningarna innefattar effekterna på diesel­förbrukning, emissioner av växthusgaser, transport­kostnader, trafiksäkerhet samt vägslitage.

Målet med ETT-Modulsystem för skogstransporter var att utveckla, utvärdera och implementera modul­system för virkestransporter som ökar effektiviteten och minskar miljöbelastningen vid virkestransporter. Detta utan negativ inverkan på vare sig trafiksäker­het, vägstandard, eller förarmiljö.

GENOMFÖRANDE

Projektet har innehållit följande delprojekt:
Miljöpåverkan, trafiksäkerhet, bränsleförbrukning, ekonomiska konsekvenser, slitage och nedbrytning av vägar, slitage på fordonen, fysisk och mental förarmiljö och tekniska förbättringar.



En detaljerad beskrivning av delprojektens syfte och mål finns i bilaga 4. Där framgår också vilka organisationer som ansvarat för respektive delprojekt.

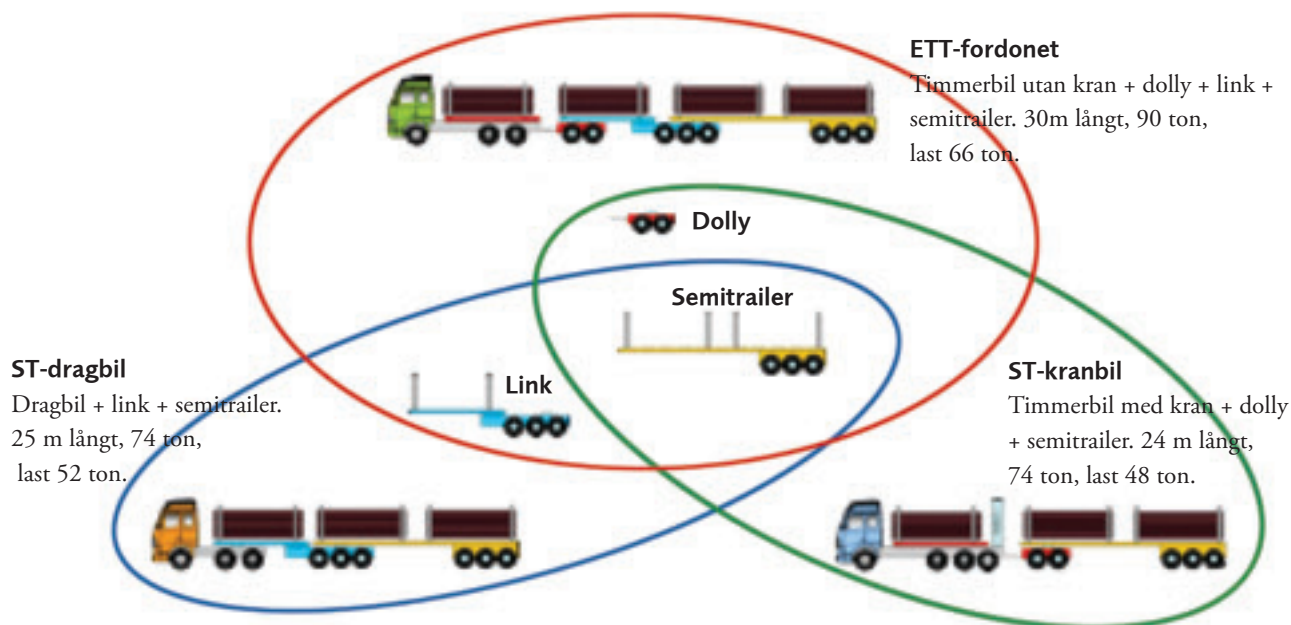
De studerade fordonen är uppbyggda enligt EMS-systemet (European Modular System), vilket är ett standardiserat utförande av lastbärarenheter som fordonsindustrin i dag tillämpar. I projektet används EMS-komponenterna virkesbil, dragbil, dolly, link och trailer.

Enkelt uttryckt är:

- Dolly en tvåaxlig fordonsenhet med en vändskiva som i detta fall används för att koppla ihop lastbil med semitrailer eller link. (Vändskiva är den stödyta på vilken framändan av t.ex. en link eller semitrailer vilar.)
- Link ett kort släp med lastutrymme. Den har en ”kingpin” fram, för att kunna kopplas till t.ex. en dolly, samt vändskiva bak för att där kunna hänga på t.ex. en semitrailer. (Kingpin är en vertikal tapp som passar in i ett urtag i vändskivan.)
- Semitrailer ett långt släp med en kingpin fram.

Fördelarna med modulsystemet är bland annat lägre investeringskostnader, utbytbarhet och ökad flexibilitet.

GENOMFÖRANDE



Figur 3. EMS, European Modular System innehåller standardiserade fordonskomponenter. I figuren beskrivs fordonskombinationerna i fordonen ETT, ST-kranbil och ST-dragbil.

Projektorganisation

Projektet ETT-Modulsystem för skogstransporter har bestått av ett stort antal medverkande företag och organisationer som varit representerade i en styrgrupp och ett antal arbetsgrupper, Bilaga 3. Projektledningen har Skogforsk svarat för.

ETT-Modulsystem för skogstransporter har utgjorts av två delprojekt: ETT-projektet (En Trave Till), där försök med ett 30 meter långt och 90 ton tungt fordon genomförts i Norrbotten, och ST-projektet (Större Travar), där två fordon på 25 meter och 74 tons bruttovikt studerats i västra Sverige.

Projekt- och forskningsplan återfinns under Bilaga 4. Forskningsplanen har utgjort underlag för beslut om hur forskningsuppgiften skulle utföras, dokumenteras, förmedlas och finansieras.

ETT-projektet ingår också som ett av flera demonstrationsprojekt i Sammodalitetsprojektet som drivs av VTI. Sammodalitetsprojektet startades 2009 och finansieras av Vinnova och Trafikverket, Bilaga 5.



Figur 4. Representanter för de flesta deltagande företagen och organisationerna i projekt "ETT-Modulsystem för skogstransporter" samlade i Överkalix i juni 2010.

Beskrivning av ETT-projektet

I ETT-projektet (En Trave Till) har effekterna av att i ordinär trafikmiljö transportera virke på ett fordon som är 30 meter långt och med en bruttovikt på 90 ton utvärderats. Förväntningarna när projektet startade var att i jämförelse med konventionella virkesfordon kunna sänka bränsleförbrukning, koldioxidutsläpp och transportkostnader med 20–25 %.

Utgångspunkten har varit att bruttovikten kan ökas utan att påverka trafiksäkerheten negativt. Argumentet är att färre fordon krävs för att transportera samma virkesvolym. Inte heller torde vägslitage öka eftersom vikten fördelas jämt på fordonen och över fler axlar. Broar med långa brospann kommer dock att behöva bärlighetsberäknas och eventuellt förstärkas.

Fordonet har lastats på en virkesterminal i Överkalix och körts på en drygt 16 mil lång vägsträcka till ett sågverk i Munksund utanför Piteå, Figur 5.

Teknisk beskrivning av ETT-fordonet. ETT-fordonet består av lastbärarmodulerna lastbil, dolly, link och trailer, Figur 6. Lastbilen i ETT-fordonet är en Volvo FH16, 6/4 (= 6 hjul varav 4 är drivna). Motorn är en sexcylindrig motor på 485 kW (660 hp). Växellådan är Volvos I-shift, vilken både kan växlas automatiskt och manuellt. Växlingen anpassas efter aktuella körförhållanden av motorns och växellådans elektronik. Denna teknik bidrar till hög effektivitet och låg bränsleförbrukning. Lastbilen har luftfjädring på bakaxeln och parabolisk bladfjädring på framaxeln.

ETT-fordonet är utrustat med bromssystemet EBS (Electronic Brake System). Det är inkopplat på dragfordonet och alla släpvagnarna. Denna nya teknik gör att samtliga hjul kan bromsas samtidigt. Detta säkerställer effektiv bromsverkan och gör att ETT-fordonet inte får längre bromssträcka än ett konventionellt 60-tons fordon.

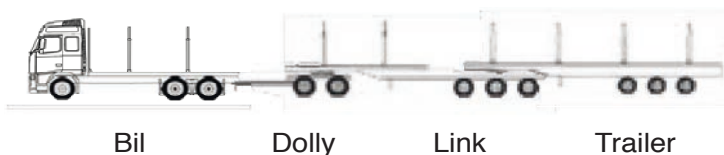
Fordonet är utrustat med ett vågsystem som hjälper



FOTO: CLAES LÖFROTH/SKOGFORSK

Figur 5. Lastning av ETT-fordonet på terminalen i Överkalix.

GENOMFÖRANDE



| | |
|-------------|--------|
| Totallängd: | 30 m |
| Totalvikt: | 90 ton |
| Olastad: | 24 ton |
| Nyttolast: | 66 ton |

Figur 6. ETT-fordonet, Volvo FH 16, 6, 4 med dolly, link och trailer.

föraren att få rätt totalvikt och att fördela lasten på ett sådant sätt att tillåten totalvikt och axeltryck inte överskrids.

Lastbilen är byggd av Volvo Lastvagnar och påbyggnaden av Bergs Fegen AB. Dolly, link och trailer är byggda av Parator AB. Trailern är tillverkad i stål av kvaliteten Domex 700 från SSAB, som är lättare och starkare än det stål som normalt används vid byggnation av släpvagnar. Genomgående används bankar och stöttor från ExTe Fabriks AB. Lastbilen är utrustad med alkolås. Det tryckluftsbaserade broms-, fjädrings- och vågsystemet är framtaget av Volvo och Wabco AB.

År 2011 infördes möjligheten att vid tomkörning lyfta upp 5 av de 11 axlarna på ETT-fordonet, bland annat en av de två drivaxlarna. Detta möjliggör ökad framkomlighet och minskad bränsleförbrukning. Inom projektet har även tester utförts med fällida stakar för att minska luftmotstånd och därmed bränsleförbrukning.

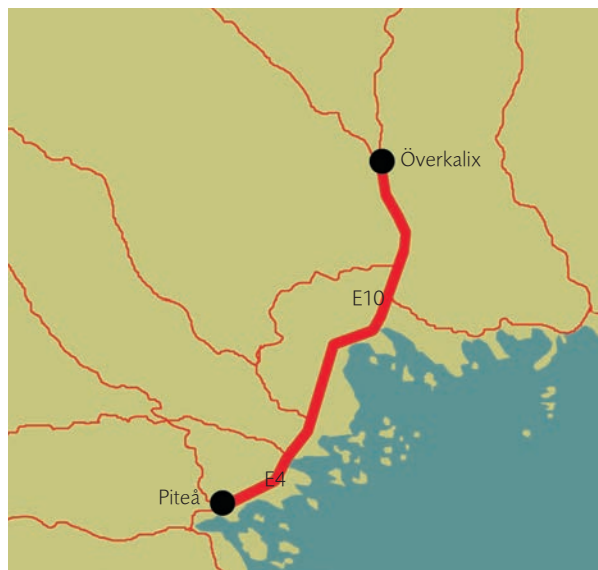
Lastbilen är utrustad med Volvo Lastvagnars webbaserade managementsystem Dynafleet. Med hjälp av detta kan man i realtid följa fordonet. I projektet har systemet använts för att följa ETT-fordonets bränsleförbrukning, körhastighet, miljöpåverkan och olika förarens körsätt m.m.

ETT-fordonet har körts på 100 % diesel av kvalitet MK1 utan inblandning av FAME eller andra biobränslen. Bränslet levererades av Skoogs bränsle AB i Kalix och tankades på

en tankstation i Överkalix. På denna tankstation har även kontrollmätningarna utförts. Vid kontrollmätningarna har Dynafleet-systemet kalibrerats. SP, Sveriges Tekniska Forskningsinstitut, kontrollerar årligen pumpens noggrannhet. För mer teknisk information, se Bilaga 6.

Beskrivning av vägsträckan. Transporten har utgått från en terminal i Överkalix och strax därefter passerat bron över Ängesån, Figur 7. Sedan har E10 ner till Töre följts. Vägen är en 9 meters allmän 1+1-väg. Från Töre till Piteå kördes fordonet på E4-an. Vägen består av avsnitt med olika standard, 1+1, 1+2, 2+2, med eller utan skyddsräcken.

Transportsträckan är relativt jämn med en maximal lutning på 4 % och en total stigning på 690 m. I Piteå kördes fordonet i vanlig stadsmiljö med rondeller, trafikljus samt passager av skolor, sportanläggningar etc. Väl framme i Munksund vägdes och mättes lasten. Lossningen har skett på sågverkets virkesplan. Vid återfärden till Överkalix utnyttjades samma vägsträcka.



Figur 7. Karta över ETT-fordonets körsträcka från Överkalix till Munksund i Piteå.

GENOMFÖRANDE



DOMEX[®]
HIGH STRENGTH STEEL

This sign confirms that Domex advanced high strength steel from SSAB is used in this application.

www.ssab.com



Markvärd

SCA Skog AB.

Åkeri

Bjälmsjö Skog och Transport AB, Överkalix.

Förare

Torbjörn Pettersson

Johanna Funck (dagligen t.o.m. oktober 2009)

Simon Drugge

Sonja Engfors

Pernilla Gustavsson

Jocke Andersson

Kent Bjälmsjö

Anders Lindén, testförare, Volvo Lastvagnar

Vägverkets föreskrift

För att få möjlighet att framföra ETT-fordonet på allmän väg krävdes avsteg från det regelverk som reglerar transportarbete. Tillstånd att framföra ETT-fordonet beskrevs i en ny föreskrift utformad av Trafikverket (egentligen dåvarande Vägverket), se Bilaga 7. Tillståndet reglerar bland annat hur fort och var fordonet får köra.

Nyinvesteringar för entreprenören och SCA

Bjälmsjö Skog och Transport AB investerade i en ny terminal i Överkalix samt en separatlastare för lastning av ETT-fordonet.

SCA Skog AB byggde tillsammans med Virkesmätningssförningen upp en ny mätstation för fjärravläsning i Överkalix. Mätningen där sker på distans från inmätningstationen i Munksund utanför Piteå.

Kör- och vilotider

Aktuell körsträcka valdes för att två vändor skulle kunna köras per arbetspass. Vid ett antal tillfällen har dock inte tiden räckt till, varför skiftbyten har fått ske utmed vägen upp till Överkalix. Anledningarna till förseningarna har varit bland annat köbildning vid inmätning och lossning vid Munksund och besvärliga trafiksituationer.

Utbildning av förare

En utbildning av förarna genomfördes innan körningarna påbörjades. Utbildningen genomfördes av Sveriges Åkeriföretag tillsammans med Volvos instruktörer samt SCA Skog AB, där trafiksäkerhet, lugn körning (max 80 km/h) samt bränslesnål körteknik betonades.

Beskrivning av ST-projektet

ST-bilarna är två olika virkesfordon, ST-kranbil och ST-dragbil. I ST-projektet (Större Travar) har praktiska försök av dessa fordon genomförts i västra Sverige, dels som delar i ett rangersystem och dels var för sig. ST-fordonen introducerades i augusti 2009 och har studerades under en kortare tidsperiod än ETT-fordonet.

ST-kranbil är en specialbyggd virkesbil med kran och dolly samt trailer för körning på skogsbilvägar, Figur 8 och 10. ST-dragbil är en konventionell dragbil med link och trailer för landvägstransporter, Figur 9 och 11. Båda fordonen är max 24 meter långa och har en bruttovikt på 74 ton. Det innebär att de kan lasta upp till 30 % mer än traditionella virkesfordon. Förväntningen var att dessa fordon skulle kunna sänka miljöpåverkan och kostnader med 10 %.

Vid rangering lastar föraren av ST-kranbil virket vid ett avlägg i skogen och kör en kort sträcka till en rangerplats. Där ställs trailern av och virket på lastbilen lastas över på en väntande tom link. Därefter återvänder ST-kranbil till skogen för att lasta nästa lass. När ST-dragbil kommer till rangerplatsen ställer den av en tom link och trailer, kopplar sedan på den lastade linken och trailern och kör virket till industri. I vissa situationer har ST-kranbil kört virket direkt från skog till industri.

Transportavstånden från skogen till rangerplatsen är mellan 3 till 6 mil och från omlastningsplats till industrin drygt 10 mil. Tanken med systemet är att utnyttja fördelarna med respektive fordon, d.v.s. lätta fordon utan extrautrustning på landsväg och kranutrustade skogsbilar i skogen.

Som separata fordon har ST-kranbil och ST-dragbil kört virke från skogen eller terminal direkt till industri utan omlastning.



Figur 8. ST-kranbil består av en 4-axlad bil med drivning på 3 axlar, följt av en 2-axlad dolly och en 3-axlad trailer.

GENOMFÖRANDE

Totallängd 24 m
Totalvikt 74 ton
Olastad 26 ton



Figur 10. ST-kranbil. Lastbil med kran, dolly och trailer.

Teknisk beskrivning av ST-fordonen

ST-kranbil består av lastbil med kran, dolly och trailer. ST-dragbil består av dragbil med link och trailer. Även ST-fordonen är uppbyggda enligt EMS-systemet (European Modular System). Både kranbil och dragbil är en Volvo FH16 (kranbilen 8x4, dragbilen 6x4) med sexcylindrig motor. Kranbilens motor utvecklar 485 kW (660 hp) och dragbilen 515 kW (700 hp). Växellådan är Volvos I-shift. Bilarna har luftfjädring på bakaxeln och parabolisk bladfjädring på framaxeln.

Fordonen har utrustats med bromssystemet EBS (Electronic Brake System). Det är inkopplat på dragfordonet och alla släpvagnarna. Kranbilen har en kran från Hiab AB, Jonsered 14,4 tonmeter, och är utrustad med en kranvåg levererad av Intermercato AB. Kranvågen är typprovad och i fält verifierad, vilket medför en hög noggrannhet i lastningsarbetet.

För att öka framkomligheten och klara gällande axeltrycksbestämmelser har ST-kranbil utrustats med tre axlar bak, samt under projektets gång kompletterats med hydraulisk framhjulsdraft. För mer teknisk information, se Bilaga 6.

Under hösten 2011 anpassades ST-drag för att effektivt kunna ingå i gruppkörning. Anpassningarna innebar att bilen kunde lättas med cirka 1,3 ton.

Vägning av lastvikter

ST-kranbil är utrustad med den första i Sverige typprovade och verifierade kranvågen för "automatisk-dynamisk vägning av hängande last", d.v.s. en våg som kan väga last i rörelse, Figur 12. Vågen är tillverkad av Intermercato samt typprovad och verifierad (krönt) av SP. Verifieringen innebär att viktuppgifterna från vågen kan vara betalningsgrundande.

Vågen bygger på traditionell trådtöjningsgivarteknik. En metallkropp (lastcell) känner av belastningen som registreras av flera givare. En strömsignal från lastcellen "översätts" och tolkas av en speciell mätenhet ute i vågen. Mätenheten skickar sedan mätdata i digital form via radio till kranhytten.

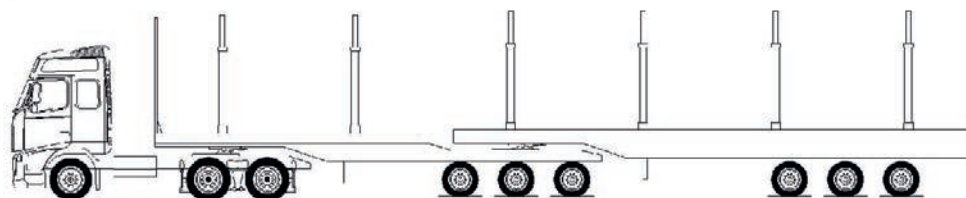
Vägningen kan ske under rörelse, vilket kräver att vågen själv kan kompensera för kranens rörelser under lastning/lossning. Denna kompensering görs i en speciell beräkningsmodell.

Lastcellen är temperaturkompenserad, vilket innebär att den omgivande temperaturen inte påverkar mätresultaten. Monitorn i kranhytten är en handdator, där alla mätningar lagras så att föraren kan avläsa lasten i varje trave och totallasten på bilen respektive släpet.



Figur 9. ST-dragbil består av en 3-axlad dragbil, följd av en 3-axlad link och en 3-axlad trailer.

Totallängd 24 m
Totalvikt 74 ton
Olastad 22 ton



Figur 11. ST-dragbil. Dragbil med link och trailer.



FOTO: CLAES LÖFROTH/SKOGFORSK



Figur 12. Intermercatos kranvåg är monterad mellan rotator och kranpets. Instrumentet för avläsning av vikten är placerad i kranhytten.

Beskrivning av transportområde

Till försöksområde valdes Dalsland, Värmland, och Bohuslän, bl.a. med tanke på att transporter där innebär körning i ett kraftigt kuperat landskap, vilket borde var fördelaktigt för den kombination som testades, figur 13. Lutningen på vägarna i testområdet kan vara upp till 13 %. Sammanlagd stigning för ST-kombinationerna under en virkestransport kan uppgå till närmare 2 000 m.



Figur 13. Karta över ST-fordonens körområde i västra Sverige.

Markvärd

Stora Enso Skog AB.

Åkerier

N. Wedin Timber Transport AB (t.o.m. våren 2010).

Eds Träfrakt AB.

Båda åkerierna ingår i TLV, TimmerLogistik Väst.

Förare

Emil Bengtsson

Jerry Olofsson

Joel Wennberg

Sune Henriksson

Tommy Sandström

Bo Andreasson

Patrik Andreasson

Anders Lindén, testförare, Volvo Lastvagnar

Trafikverkets dispens

För att få möjlighet att genomföra testkörningarna krävdes dispens från det regelverk som reglerar transportarbete. Dispensen ger tillåtelse att öka bruttovikten till 74 ton inom ramen för 25,25 meters längd och normala axeltryck.

Praktiska problem

Ett praktiskt problem har varit att lokalisera lämpliga platser för rangeringen eftersom det bland annat krävs utrymme och bärighet för fordonen.

Systemet med rangering ställer stora krav på logistikstyrningen av två fordon med olika transportavstånd. Detta har lösts genom att ST-kranbil då och då kört direkt till industrin.

Utbildning av förare

En utbildning av förarna genomfördes innan körningarna påbörjades. Utbildningen genomfördes av Sveriges Åkeriförretag tillsammans med Volvos instruktörer, där trafiksäkerhet, lugn körning (max 80 km/h) samt bränslesnål körteknik betonades.



STUDIER OCH UPPFÖLJNING

Studierna inom ETT-projektet har fokuserat på miljö, trafiksäkerhet, ekonomi, teknik, vägslitage och förarmiljö. Här är de viktigaste studierna. Alla studierna redovisas i bilaga 8 som går att ladda ned på skogforsk.se/ETT.

Bränsleförbrukning

Uppföljning av bränsleförbrukning och miljödata för både ETT- och ST-fordonen har skett med hjälp av Volvos Dynafleetsystem. Detta system ger möjlighet att i realtid hålla sig underrättad om var fordonen befinner sig och vem som är förare. Vidare kan körtider, körsätt, hastighet och lasten på respektive hjulaxel följas.

Dynafleetsystemet, som använts för den långsiktiga bränsleuppföljningen, har kalibrerats utifrån förarnas manuell uppföljning av de tankningar de gjort. Tillförlitligheten i uppgifterna om tankad volym bränsle säkerställs genom de årliga kontroller SP (Sveriges Tekniska Forskningsinstitut) gör av pumpens noggrannhet.

Dynafleetsystemet har dessutom verifierats genom noggrann kontrollmätning i samband med de tidsstudier som genomförts av ETT- och ST-fordonen. Studierna har utförts av tekniker från Skogforsk, både direkt på plats och via Dynafleetsystemet. Sammantaget ger systemet en precision i bränsleuppföljningen på ± 1 %.

Vid tre jämförande studier av bränsleförbrukning har ETT-fordonet i 60-tonsutförande fungerat som referensfordon. Referensfordonet har varit ETT-fordonets lastbil som i en av studierna dragit ett konventionellt 4-axligt släp och i de två andra studierna haft dolly och trailer. De jämförande studierna mellan 90 respektive 60-tonsfordonen har genomförts under likartade förhållanden. Samma förare har

| Bränsle | Energiinnehåll, kWh/m ³ | Densitet, kg/m ³ vid 15° C | Koldioxidemission, kg CO ₂ /liter |
|--------------------------------|------------------------------------|---------------------------------------|--|
| Diesel – Mk1 | 9 800 | 815 | 2,54 |
| Diesel – Mk1 med 5 % FAME (B5) | 9 770 | 818 | 2,41 |

Tabell.1 Energiinnehåll, densitet och koldioxidutsläpp på det använda bränslet, (SPI, 2010).



kört ETT-fordonet och referensfordonen. För alla fordon var maxhastigheten begränsad till 80 km/h.

Dieselkvaliteten för ETT-fordonet har varit Mk1 utan inblandning av FAME, som är en tillsats av fettsyrametylestrar, oftast från rapsolja.

ST-fordonen har använt Mk1 med 5 % FAME.

Bränseleffektivitet (liter/tonkm) beräknas genom att total förbrukning (tur och retur) divideras med enkla transportavståndet samt nyttolasten.

Produktion

Produktionsuppföljningar är gjorda, dels som studier i fält av tidsåtgång för olika moment, dels med hjälp av inrapporterade virkesvolymerna från företagens normala rapporteringssystem och de lokala virkesmätningföreningarna.

Trafiksäkerhet

Skogforsks omkörningsstudier är gjorda i samband med tids- och bränslestudierna. Studiepersonal medföljde ETT-fordonet och noterade tidpunkt, plats och den omkörandes beteende. Ett mindre antal omkörda förare intervjuades via mobiltelefon i direkt anslutning till omkörningen.

I en mer omfattande studie av trafiksäkerhet som VTI genomförde på uppdrag av Trafikverket under 2010 filmades och studerades omkörningar av ETT-fordonet samt ett referensfordon. I studien användes begreppet tidslucka vid möte mellan fordon som ett mått på fordonslängdens inverkan på olycksrisken vid omkörning. Tidslucka är den tid i sekunder från det en omkörning avslutats till dess att det omkörande fordonet möter ett fordon i andra körfältet. Tidsluckor uppskattades från videomaterial från fyra kameror monterade på ETT-fordonet respektive på ett konventionellt 24 meters timmerfordon. Mellan juni och oktober 2010 registrerades ca 1 500 relevanta omkörningar på sträckan mellan Piteå och Överkalix. Tidsluckorna i dessa omkörningar analyserades. En tidigare VTI studie från 1976 visade mycket små

skillnader i tidsluckor vid omkörningar av 24 m fordon jämfört med 18 m fordon (Hammarström, U., 1976).

Ekonomiska kalkyler

Kalkyler på ETT- och ST-fordonen är gjorda med hjälp av kalkylprogrammet SÅ-Calc, (Sveriges Åkeriföretag, 2009). Programmet, som är ett tilläggsprogram till Excel, är utvecklat av Sveriges Åkeriföretag för att underlätta för åkerier och transportköpare att beräkna kostnader, skapa pristabeller, efterkalkyler m.m.

Vägslitage

Trafikverket har studerat vägslitage och ETT-fordonets påverkan på vägkroppen genom analyser av data från nedgrävda sensorer från Percostationsystemet (Roadscanners Oy, 2010), Bilaga 9. I analyserna har data från registreringarna av fordonets axelbelastningar vid Råktforsen intill E10:an använts.

Föraruppföljning

Förarna har fört dagligen protokoll över bland annat tankningar, produktion och tekniska avvikelser. Dessutom har de haft ett protokoll för avvikelserapport avseende trafikincidenter.

Teknisk granskning

Efter ett respektive två års körning genomfördes omfattande tekniska granskningar av ETT-fordonet. ST-fordonen granskades efter ett års körning. Vid granskningarna deltog samtliga inblandade leverantörer av utrustning.

Fysisk och mental förarmiljö

Olika intervjuer av förarna har genomförts. Mätningar av helkroppsvibrationer har genomförts med hjälp av vibrationsdosimetrar placerade i förarstolen.

RESULTAT ETT-FORDONET

Bränsleförbrukning och miljöpåverkan

Uppföljning av bränsleförbrukning på ETT-fordonet visar på markanta minskningar i jämförelse med om samma volym virke skulle ha transporterats på konventionella virkesfordon. Både bränsleförbrukning och koldioxidutsläpp har minskat med 21%. I Bilaga 10 presenteras i sammandrag ett exempel på studier och uppföljningar av bränsleförbrukning.

Resultaten från de jämförande studierna av ETT-fordonet och referensfordonet i mars och juni 2009 samt oktober 2010 visar att:

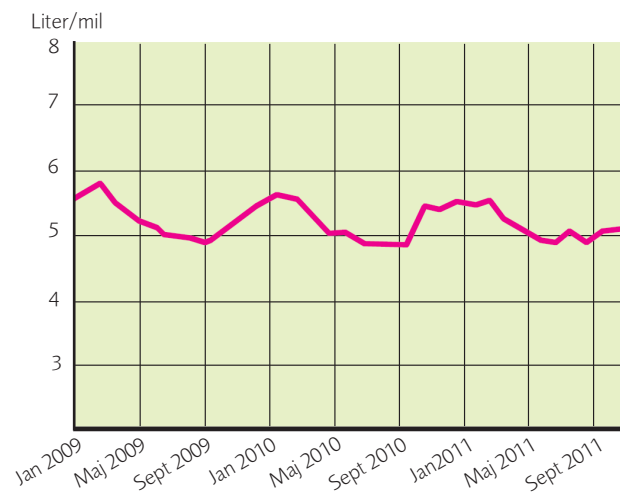
- ETT-fordonet med bruttovikt 90 ton har förbrukat 5,4 liter/mil. Detta motsvarar 2,6 liter/ton på hela sträckan tur och retur (drygt 32 mil).
- Referensfordonet, 60 ton, har förbrukat 4,3 liter/mil. Detta motsvarar 3,3 liter/ton på hela sträckan tur och retur (drygt 32 mil).
- Slutsatsen blir att ETT-fordonet har en bränsleförbrukning som är 21 % lägre än referensfordonet.

Bränsleförbrukningen, och därmed koldioxidutsläppen, varierar under året med en topp under vinterhalvåret, Figur 14. Vid körning med fullt lass har förbrukningen varierat mellan cirka 6 och 7 liter/mil beroende på årstid. Vid tomkörning har bränsleförbrukningen varierat mellan cirka 3,5 och 4,3 liter/mil beroende på årstid. Skillnaden i bränsleförbrukning mellan tomkörning och med fullt lass är cirka 2,7 liter/mil.

I Figur 15 redovisas bränsleeffektiviteten, liter/tonkm, för ETT-fordonet och en teoretisk beräkning för referensfordonet (60-ton). Beräkningen är gjord med hjälp av data från de jämförande studier som genomförts. De jämförande studierna mellan 90 respektive 60-tonsfordonen har genomförts under likartade förhållanden, d.v.s. på samma körsträcka och med samma förare.

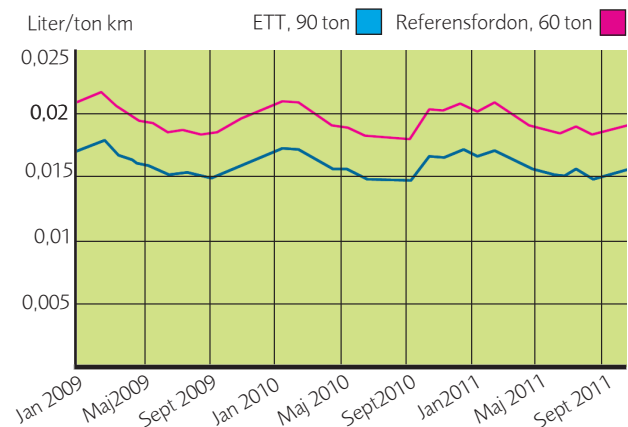
I Figur 16 redovisas medeltalet för bränsleeffektivitet, uttryckt som liter per tonkm. Figuren visar att ETT-fordonet är omkring 20 % bränsleeffektivare än referensfordonet. Även om siffrorna för bränsleeffektivitet egentligen inte är

Bränsleförbrukning



Figur 14. Bränsleförbrukning för ETT-fordonet under perioden januari 2009 – oktober 2011. Kurvan visar medelförbrukning per månad vid tur- och returkörning, liter per mil.

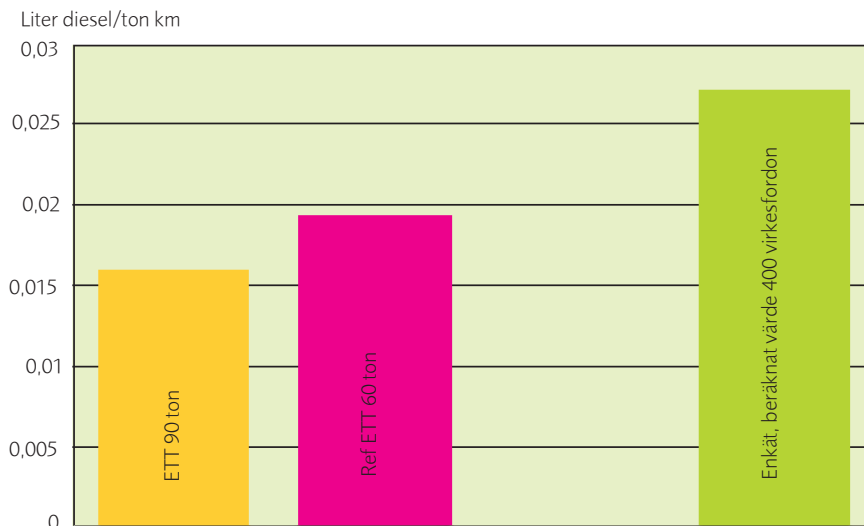
ETT-fordonets bränsleeffektivitet jämfört med referensfordonet



Figur 15. ETT-fordonets bränsleeffektivitet i jämförelse med en teoretisk beräkning av bränsleeffektiviteten för ett 24 m långt och 60 ton tungt referensfordon. Båda fordonen har körts under likartade förhållanden, d.v.s. på samma körsträcka och av samma förare.

RESULTAT ETT-FORDONEN

Bränsleeffektivitet



Figur 16. Bränsleeffektivitet, liter per tonkm, för ETT-fordonet (gul stapel) och referensfordonet (rosa stapel). Som jämförelse visas även ett genomsnittligt värde på bränsleeffektiviteten vid konventionella virkestransporter i Sverige (grön stapel). Den gröna stapeln visar att det finns en stor potential för bränsleeffektivare virkestransporter i landet.

jämförbara kan det i detta sammanhang vara intressant att redovisa ett genomsnittligt värde för virkesfordon i Sverige. I Figur 16 visas därför även den genomsnittliga bränsleeffektiviteten för drygt 400 virkesfordon som gått i reguljär trafik under två testveckor under 2008 (en vecka i maj respektive en vecka i december). Observera att i undersökningen ingår virkestransporter som skett vid mycket varierande körsträckor och vägförhållanden. Även förare, fordonskombination (gruppbil/kranbil) och årstid har varierat. Resultatet i Figur 16 kommer från en enkätundersökning som Skogforsk genomfört av konventionella virkesfordon över hela landet (Brunberg, T., Enström, J. & Löfroth, C. 2009).

Även bland förarna av ETT-fordonet varierar körsätt och därmed bränsleförbrukningen. Data från Dynafleet visar en skillnad på 1,7 %. En av flera orsaker till skillnaden är andelen utrullning, d.v.s. när fordonet rullar utan gaspådrag och bränsleförbrukningen är 0 liter/mil.

2011 infördes möjligheten att vid tomkörning lyfta upp

5 av de 11 axlarna på ETT-fordonet, bland annat en av de två drivaxlarna. Volvos egen studie visade att detta minskade bränsleförbrukningen med 8 % vid tomkörning eller totalt 3 % vid tur- och returkörning. Dessutom minskade däckslaget samtidigt som framkomligheten ökade. Tester gjordes även med att fälla virkesstakarna för att minska luftmotståndet. Detta gav ytterligare en liten bränslebesparing.

Produktion

ETT-fordonet har under försöksperioden 2009-2011 totalt kört en sträcka på 800 000 km och transporterat cirka 150 000 m³ fub från Överkalix till Munksund i Piteå. Motsvarande antal vändor för samma volym har beräknats för ett konventionellt 60-tons fordon. Med hjälp av ETT-fordonet kan transportarbetet effektiviseras eftersom varje fordon har 50 % större nyttolast. Två ETT-fordon gör samma jobb som tre 60-tonsfordon!



Trafiksäkerhet

I samband med Skogsforsks tids- och bränslestudier har förarbetandet vid 700 omkörningar registrerats. Inga negativa reaktioner från de omkörande förarna kunde iakttas. Fem av dessa förare har kontaktats via mobiltelefon i direkt anslutning till omkörningen. Dessa har inte haft några negativa synpunkter på ETT-fordonet. Ett par personer hade inte ens noterat att det körde om en lastbil som var längre än normalt.

Volvos interna haverikommission har gjort en utredning, vilken sammantaget pekar på minskade olycksfallsrisker för ETT-fordonet, se Bilaga 11.

VTI har genomfört fyra olika studier för att belysa hur trafiksäkerheten påverkas av tyngre och längre lastbilskombinationer jämfört med dagens konventionella tunga fordon. Tyngdpunkten i studierna har legat på omkörningssituationer. Slutsatsen är att inga säkra skillnader har kunnat påvisas och att mer studier krävs, Bilaga 12.

Under projekttiden har ETT-fordonet varit inblandat i två trafikincidenter, Bilaga 12. Båda incidenterna har inträffat på mittseparerad 2+1 väg, när omkörande fordon försökt passera just innan två körfält övergår till ett.

Incidenterna har inte förorsakat några personskador.

När projektet startade tillsattes en krisgrupp som med kort varsel skulle kunna kallas samman och besluta om åtgärder och informationsspridning om t.ex. trafikincidenter inträffade. Gruppen aktiverades vid båda incidenterna och vid den första, vilken bedömdes som allvarigast, sammanställdes snabbt information om det som hänt och spreds till externt informationsansvariga.

Slitage på vägar

Mätning av vägslitage har kontinuerligt utförts av Trafikverket med hjälp av nedgrävda sensorer från Percostationsystemet, se Bilaga 9.

Trafikverkets slutsatser från mätningarna är:

1. Eftersom ETT-fordonet inte överskrider tillåtna axel-laster har mätutrustning inte kunnat skilja ut vad som är överfarter av ETT-fordonet respektive övrig tung trafik.
2. Utifrån dessa resultat har ETT-fordonet inte någon identifierad strukturell påverkan på vägen.

RESULTAT ETT-FORDONEN

Vägkonstruktionen där mätning skett (vid Räkftorsen) bedöms dock som förhållandevis stark.

Teknisk uppföljning

Vare sig förarnas dagliga uppföljning eller de omfattande tekniska granskningar som genomförts indikerar något onormalt slitage på ETT-fordonet eller dess utrustning, Bilaga 13.

Uppföljning av last- och bruttovikter

Det fordonsmonterade systemet för mätning av axeltryck består av tre delar. Två är utvecklade av Volvo och sitter på dragfordonet, det tredje som sitter på efterfordonen, har utvecklats av Wabco. Systemet överskattade totalvikten med 1 % för ETT-fordonet i 60 tons utförande respektive 3 % för ETT-fordonet i 90 tons utförande, Bilaga 14. Detta får i sammanhanget (axelbelastning) anses vara en tillfredsställande noggrannhet. Det som bör nämnas i detta sammanhang är att polisen vid flera tillfällen genomfört kontrollmätningar av axeltryck och bruttovikt på ETT-fordonet vid deras permanenta vägstation utanför Piteå. Inga övervikter har därvid noterats.

Förarmiljö

Förarna har under hela perioden upplevt ETT-fordonet som mycket lättkört och stabilt. Det följer bra i kurvor och rondeller.

Bromssystemet EBS som ETT-fordonet är utrustat med har fungerat mycket bra enligt förarna. Inbromsning sker mjukt och systemet eliminerar risken för "fällknivseffekter", eftersom tekniken gör att samtliga hjul kan bromsas samtidigt. Förarna menar också att bromssträckan med ETT-fordonet inte blir längre än med ett konventionellt 60-tons fordon.

Vibrationsmätningar har genomförts vintern 2010 genom att placera vibrationsutrustning på förarstolen. Utrustningen kommer från CVK AB i Luleå. Mätningarna visar att en förare i ETT-fordonet på sträckan Överkalix-Piteå inte utsätts för högre vibrationsbelastning än en förare i ett konventionellt virkesfordon.

/// Det är som att köra vilken annan lastbil som helst. Den går ju egentligen stadigare än en konventionell lastbil."



Figur 18. Föraren Torbjörn Petterson, Bjälmsjö Skog och Transport AB, tycker bland annat så här om att köra ETT-fordonet. "Det är som att köra vilken annan lastbil som helst. Den går ju egentligen stadigare än en konventionell lastbil."

Ekonomisk jämförelse

I den ekonomiska kalkylen jämförs ETT-fordonet med ett konventionellt virkesfordon, som lastar 42 ton mot ETT-fordonets 66 ton. ETT-fordonet består av lastbil med link, dolly och trailer. Konventionellt virkesfordon utgörs av en skogsbil med fyraxlig släpvagn utan kran (gruppbil).

I båda fallen är det samma lastbil som används, liksom samma förare. Uppföljning visar att lastvikten ökar från i snitt 42 ton till cirka 66 ton, en ökning med 55 %. Körtiden för transporten är i princip densamma medan ETT-fordonet har längre tid per transport för att lasta och lossa. Den transportsträcka som studerats mellan Överkalix och Piteå är lämplig från skiftsynpunkt, eftersom fordonen under normala körförhållanden hinner med två rundor per 10-timmars arbetspass.

Vid kostnadsberäkningen har kostnaden för att transportera 1 000 ton virke jämförts, vilket med ETT-fordonet kostar 79 000 kr och med en konventionell gruppbil drygt 102 000 kr. Besparingen på 23 000 kr innebär en kostnads-sänkning med 23 %, se vidare Bilaga 15.





RESULTAT ST-FORDONEN

Bränsleförbrukning och miljöpåverkan

I en studie hösten 2010 jämfördes bränsleförbrukningen för ST-dragbil och en konventionell gruppbil. Resultatet visade att ST-dragbil drog 8 % mindre bränsle per transporterat ton, Bilaga 16.

I Figur 19 och 20 redovisas bränsleförbrukningen för ST-fordonen, dels som bränsleeffektivitet, liter per tonkm och dels som liter per 100 km (medelförbrukning per månad vid

last- och tomkörning). Indata kommer från Dynafleetsystemet och rapporterad transporterad virkesvolym från Stora Enso.

Produktion

ST-fordonen har tillsammans totalt kört en sträcka på drygt 500 000 km och transporterat 190 000 m³ fub. av denna volym har ST-drag kört nära 10 000 m³ fub under en grupp-lastare tillhörande skogsåkarna. från och med december 2011 körs fordonen separat som kranbil respektive gruppbil.

Trafiksäkerhet

Några regelrätta studier av trafiksäkerhet har inte genomförts. Omkörningsstudier har inte varit aktuella att genomföra eftersom ST-fordonen har samma längd och bredd som konventionella virkesfordon. Under projektiden har ST-drag varit inblandat i en trafikincident vid möte i kurva med annan timmerbil på snöpackad vinterväg, Bilaga 12. ST-drag, som var olastad vid en returkörning, fick sladd och fordonen törnade ihop med plåtskador men inga personskador som följd.

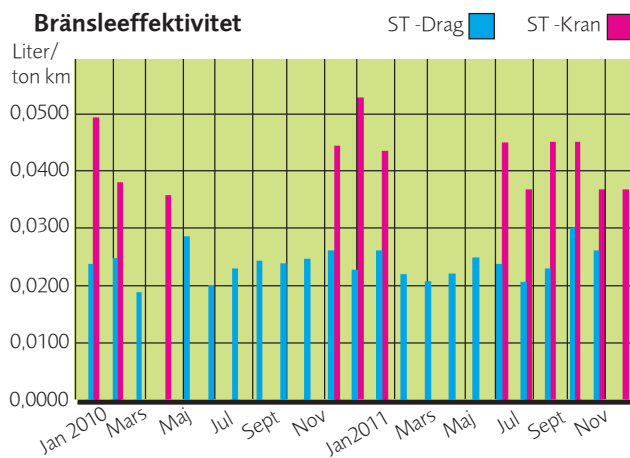
Slitage på vägar

Inget onormalt slitage på skogsbilvägarna har observerats. Trafikverkets studier av ETT-fordonets vägslitage på allmän väg vid Räktforsen visade inga ökade belastningar i väggropen. Eftersom axeltrycket på ETT-fordonet och ST-fordonen är desamma torde resultatet vara tillämpligt även för ST-fordonen.

Teknisk uppföljning

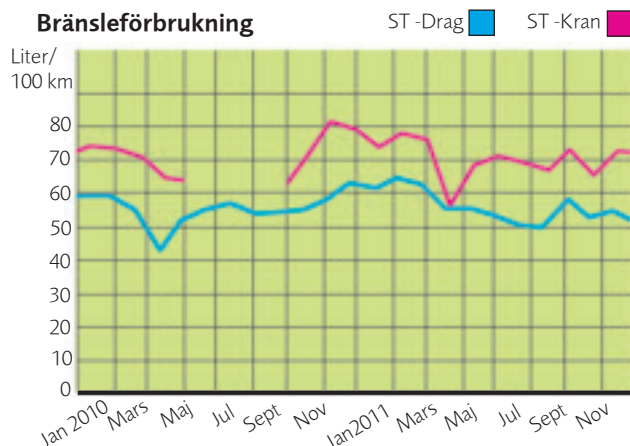
Uppföljningar och studier av ST-fordonen som körts under svåra förhållanden har varit till stor hjälp för fordonstillverkarna under deras tester av olika konstruktionsdetaljer. Man har bland annat testat en ny typ av hydraulisk framhjulsdraft på kranbilen, vilket ökade framkomligheten väsentligt, speciellt på nedsnöade vägar. ST-kran har även utrustats med en ny typ av skogskran som har en typgodkänd och verifierad kranvåg. Tester av ST-drag i gruppkörning kommer att utökas. Fordonet kommer därför att delvis byggas om för att bättre motsvara kraven vid gruppkörning.

Bränsleeffektivitet



Figur 19. Bränsleeffektivitet för de båda ST-fordonen för tvåårsperioden 2010/2011, liter/tonkm. "Hacken" i kurvan beror på att data saknas för aktuell period.

Bränsleförbrukning



Figur 20. Bränsleförbrukning för de båda ST-fordonen för tvåårsperioden 2010/2011, liter per 100 km. "Hacken" i kurvan beror på att data saknas för aktuell period.

RESULTAT ST-FORDONEN

Ekonomisk jämförelse

I ST-projektet utvärderades konsekvenserna av att transportera virke på fordon med större lastförmåga jämfört med traditionella virkesbilar. Sex olika kalkyler ligger till grund för jämförelsen, Bilaga 17.

1. Körning från avlägg i skogen till rangerplats med ST-kranbil samt från rangerplats till industri med ST-dragbil.
2. Direktkörning skog – industri med konventionell kranbil som lämnar kranen i skogen.
3. Direktkörning skog – industri med konventionell kranbil som inte lämnar kranen i skogen.
4. Direktkörning skog – industri med ST-kranbil.
5. Direktkörning skog – industri. Lastning av ST-dragbil med separatlastare vid avlägg i skogen.
6. Direktkörning skog – industri. Lastning av konventionell gruppbil (virkesbil utan egen kran) med separatlastare vid avlägg i skogen.

Samtliga jämförelser avser bestämda förutsättningar vad avser körsträckor. Det innebär att resultaten förändras om samma jämförelser görs vid helt andra avstånd.

En generell slutsats från studierna är att om fordon med större lastförmåga än de konventionella sätts in på lämpliga körsträckor så sjunker transportkostnaden.

Jämförelse A; kalkyl 1 och 3**Förutsättningar**

ST-kranbil lastar vid avlägg i skogen och kör till rangerplats. Där omlastas virke från bilen till en väntande link. Trailern kopplas loss. ST-dragbil lämnar en tom link och en tom trailer, samt kopplar på den fyllda linken och trailern. Detta upplägg jämförs med alternativet 3, en konventionell virkesbil med kran.

I jämförelsen kör skogsbilen 5 km på skogsväg till platsen där ST-dragbil hämtar lastad link och trailer. ST-dragbil kör 10 mil enkel väg på landsväg till industrin. Dragbilen lastar 52 ton, vilket skall jämföras med en skogsbil utan kran som tar 42 tons last.

Resultat

Om systemen jämförs är ST-kranbil + ST-dragbil ca 5 % billigare.

Jämförelse B; kalkyl 3 och 4**Förutsättningar**

Vid direktkörning med ST-kranbil körs virket direkt från avlägg i skogen till industri där lossningen sker med lastbilens egen kran. ST-kranbilen jämförs med en konventionell kranbil utan kranavställning. Körsträckan enkel väg är 3 km på skogsväg och 80 km på landsväg. ST-kranbils lastförmåga är 48 ton och den konventionella kranbilens 39 ton, vilket innebär att ST-kranbil lastar 23 % mer.

Resultat

Med dessa förutsättningar är transportkostnaden 7 % lägre med ST-kranbil.

Jämförelse C; kalkyl 2 och 4**Förutsättningar**

Tillämpas direktkörning utan kran lämnas kranen i skogen. Upplägget visar ungefär samma ekonomiska konsekvenser som när bilarna har kranen med sig.

Resultat

Den totala kostnaden sjunker med 6 % för ST-kranbil i jämförelse med den konventionella lastbilen.

Jämförelse D; kalkyl 5 och 6**Förutsättningar**

I kalkyl 5 lastas ST-dragbil med separatlastare i skogen och kör sedan direkt till industri. Detta jämförs med kalkyl 6, en konventionell gruppbil. ST-dragbils lastförmåga är 52 ton, vilket skall jämföras med gruppbilens 43,5 ton. I jämförelsen finns inte kostnaden för separatlastaren med.

Resultat

Med dessa förutsättningar och samma körsträckor som i alternativen ovan så sjunker kostnaden med drygt 10 % till ST-dragbils fördel.



KOMMUNIKATION

Projektet har rönt stort externt intresse och fått mycket uppmärksamhet i olika media. Inom projektets ram har ett stort antal olika informationsaktiviteter av större och mindre karaktär genomförts, bland annat 45 konferenser med totalt nära 6 000 deltagare, Bilaga 18. Nedan följer ett axplock.



Visningar

Introduktion av ETT-fordonet. Munksund, Piteå, 9 december 2008. Målgrupp: Politiker, polis, räddningstjänst, Trafikverket med flera berörda i det aktuella området i Norrbotten. Lokal och nationell media. Övriga intresserade.

Visning av ETT-fordonet på Volvo Democenter, Göteborg 5 mars 2009. Målgrupp: Nationell och internationell media.

Introduktion av ST-fordonen 13 augusti 2009 i samband med Mittiamässan i Ljusdal. Målgrupp: Politiker, polis, räddningstjänst, Trafikverket med flera berörda i det aktuella området i Värmland och Dalsland. Lokal och nationell media. Övriga intresserade.

Ett stort antal visningar av ETT-fordonet lokalt i Överkalix och Piteå/Luleå för olika målgrupper, bland annat lokala politiker.

Konferenser

Skogforsks Utvecklingskonferenser, 2008 och 2010.

Skogforsks LOGISTIK-konferens, 2007 och 2009.

Skogsvårdsförbundets Höstexkursion, 2009.

Nordisk vägkonferens i Finland, våren 2010.

OSCAR (återkommande skoglig nordisk forskarkonferens), hösten 2010.

Fordonsstrategisk Forskning och Innovation, FFI, 2010 och 2011.

Trafikutskottet, mars 2011.

Logistik och transport, maj 2011.

Overseas Baltic Conference, juni 2011.

Almedalen, juli 2011.

Transportmässan Mittia, augusti 2011.

Nordiskt Vägforum, Göteborg, 2011.

Övrigt

Filmer och broschyrer har producerats och spridits i olika sammanhang. Presentationsmaterial för media och andra målgrupper har lagts ut på Skogforsks hemsida.

DISKUSSION

Resultaten hittills pekar på att ETT- respektive ST- koncepten fungerar mycket väl. Det råder ingen tvekan om att koncepten har en stor potential för:

- Lägre dieselförbrukning.
- Lägre miljöpåverkan.
- Sänkta transportkostnader.
- Färre virkesfordon.

Så här långt finns inget som tyder på att trafiksäkerheten påverkas negativt. Inte heller verkar något tyda på att bärighet och slitage på vägarna påverkas negativt.

Under arbetets gång har ytterligare förbättringspotentialer identifierats och testats både på ETT- och ST-fordonen, vilket också virkestransporter i stort kan dra nytta av. Det gäller till exempel:

- Lyfta hjulaxlar vid tomkörning för att minska rullmotståndet.
- Förbättrad aerodynamik genom fällda bankar och stakar vid tomkörning.
- Hydraulisk framhjulsdraft för ökad framkomlighet.
- Enkelmonterade, extra breda däck istället för dubbelmontage, vilket ger minskad bränsleförbrukning.

Med direktlastning av ETT-fordonet i skogen kan ytterligare besparingar göras.

ST-fordonen i rangering har så här långt visat på bränslebesparingar på upp till 8–10 %. En utmaning för rangeringsystemet har dock varit logistikupplägget, särskilt med begränsningen att man endast haft två fordon till förfogande. Stora Enso AB testar sedan hösten 2011 också ST-kranbil i direktkörning till industrin och att låta ST-dragbil ingå i ett konventionellt gruppkörningssystem.

Tekniskt har fordonen fungerat bra. SSABs nya stålqualität, Domex 700, som använts för att bygga trailern har fungerat bra och inga sprickbildningar eller utmattnings-tendenser har observerats. Med denna nya stålqualität har tjänstevikten kunnat sänkas och lastvikten ökas i motsvaran-

de utsträckning. Generellt sett skulle ett ökat användande av nya, starkare stålsorter minska fordonsvikterna och därmed ge större nyttolaster.

Idag testas ST-kranbil vid körning direkt till industrin och ST-dragbil ingår i ett gruppkörningssystem bestående av separatlastare och ett antal konventionella 60-tons gruppkörningsbilar. Båda ST-fordonen kan nu anpassas efter det konventionella transportsystemet men med en bruttovikt på 74 ton. Dessa fordon kommer att vara del i det nya demonstrationsprojektet med arbetsnamnet ETT-Demo.

Reflektioner från några projektdeltagare

De viktigaste deltagande organisationerna har gett sina synpunkter på projektet i form av reflektioner, Bilaga 19. Gemensamt för alla är att man framhåller följande:

Projekt ETT-Modulsystem för skogstransporter har genom ett väl fungerande samarbete mellan en lång rad organisationer lyckats uppnå de gemensamma mål som sattes upp: Projektet har visat att det med tyngre och längre virkesfordon går att minska bränsleförbrukning och transportkostnader utan att påverka vare sig trafiksäkerhet eller vägslitage negativt.

Man är också ense om att den utveckling mot energiefektivare vägtransporter genom tyngre och längre fordon som nu påbörjats måste få en fortsättning i en eller annan form.

Rekommendationer från projektet

I nästa steg är det önskvärt att utvidga försöket till att omfatta fler fordon i andra geografiska miljöer för att få ytterligare erfarenheter av nya logistiklösningar för virkestransporter från skog till industri. Det är även viktigt att få mer erfarenhet av hur systemen fungerar i olika regioner av landet och i skilda trafikmiljöer vid en breddad användning. Mot denna bakgrund har därför en fortsättning av projekt ETT-Modulsystem för skogstransport initierats i ett nytt projekt med arbetsnamnet ETT-Demo. Syftet med pro-

DISKUSSION

jektet är att i olika tillämpningar och geografiska områden demonstrera driftsättning av ETT- och ST-koncepten i olika försörjningskedjor. Detta bidrar till snabb erfarenhetsuppbyggnad och implementering av koncepten.

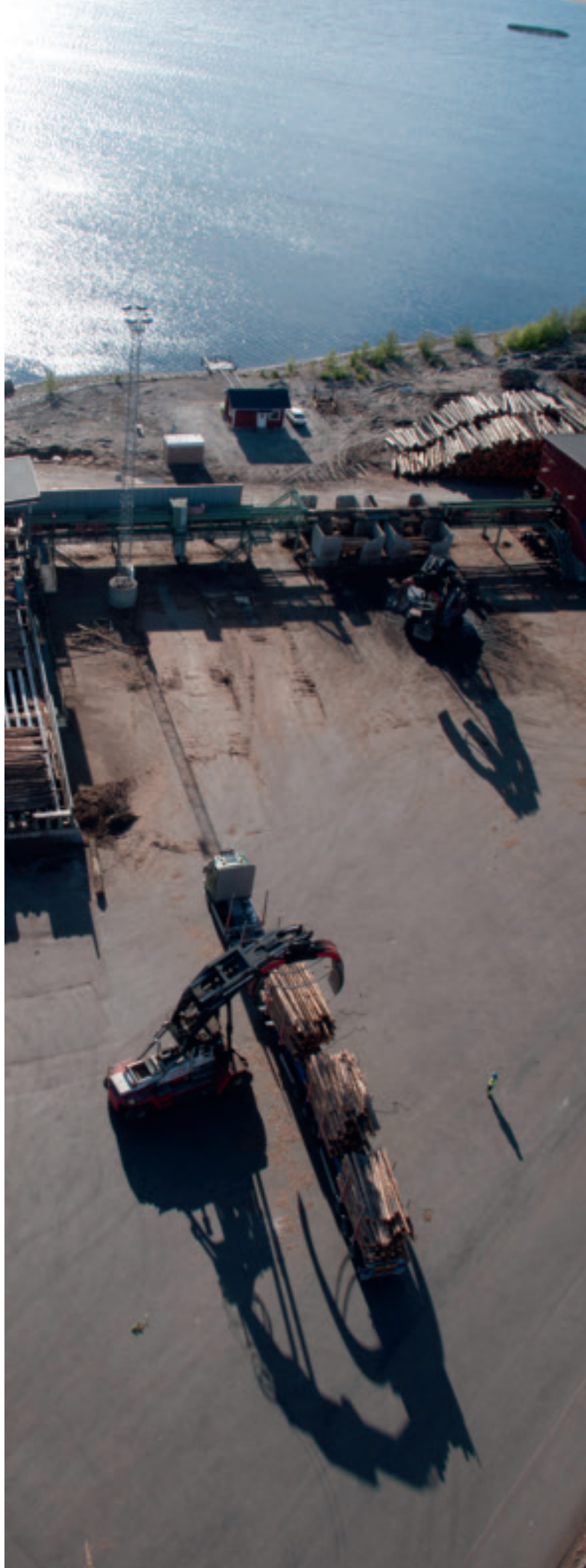
Viktiga frågeställningar att besvara i projektet ETT-

Demo är:

- Hur fungerar fordonen vid olika transportavstånd?
- Hur fungerar fordonen vid transport av olika skogliga sortiment?
- Hur fungerar ETT-fordonet på det enskilda vägnätet och vid gruppkörning?
- Hur ser eventuella flaskhalsar ut i det befintliga vägnätet?
- Hur kan fordonen ingå i logistiska lösningar i kombination med t ex järnvägstransport?
- Kan hypotesen bekräftas att billigare flistransporter ökar fångstområdet för skogsbränsle och därmed leder till ökad användning av bioenergi?

Projektet ETT-Demo ingår i det av Trafikverket initierade programmet HCT (High Capacity Transports). Det är ett forsknings- och innovationsprogram som ska verka för en bredare implementering av koncept med transporter med högre kapacitet. Några viktiga frågeställningar i programmet:

- Hur väl kan skogsindustrin och andra branscher utnyttja utökad lastkapacitet – hur mycket kan utsläppen av klimatgaser minska?
- Hur utvecklas konkurrenssituationen till andra trafikslag?
- Vilka är de infrastrukturella konsekvenserna av en bredare implementering?
- Vilka är de administrativa och kulturella hindren för en bredare implementering?
- Hur kan fordonen ytterligare optimeras utifrån logistik, miljö- och trafiksäkerhetsperspektiv?



REFERENSER

Andersson, J., Renner, L., Sandin, J., Fors, C., Strand, N., Hjort, M., Andersson Hultgren, J., Almqvist, S. (2011). Trafiksäkerhetspåverkan vid omkörning av 30-metersfordon. VTI rapport 732.

Brunberg, T., Enström, J. & Löfroth, C. (2009). Ett genomsnittligt virkesfordon drar 5,8 liter per mil enligt stor enkät. Resultat nr. 5, 2009. Skogforsk.

Ekstrand, M. (2007). Reseberättelse, Arbetsrapport nr 638. Skogforsk.

Frisk, M. & Ekstrand, M. (2007). Vilka vägar används av skogsnäringen? Arbetsrapport nr 632, Skogforsk.

Hammarström, U. (1976). Omkörning av långa fordonskombinationer – Studie av mötesmarginaler. VTI Rapport, nr 103, 1976.

Löfroth, C., (2001). Längre och tyngre rundvirkesfordon. Variabel bruttovikt. En ekonomisk jämförelse. Skogforsk, 2001.

Roadscanners Oy, (2010). Percostationsystem för mätning av axeltryck. <http://www.roadscanners.com/en/hardware/percostation.html>

SPBI, Svenska Petroleum och Biodrivmedel Institutet, (2010). Faktabas för bränsle. <http://spi.se/faktadatabas/artiklar/berakningsmodeller>

Sveriges Åkeriföretag, (2009). SÅcalc Ex4, 2009. <http://www.akeriekonomi.se/sacalc/scbas.htm>

af Wählberg, A. E., (2007). Trafiksäkerhetseffekter av ökad storlek på lastbilar. Skogforsk Arbetsrapport, 635, 2007.

Engdahl, (2008). Två nya trailerkoncept för transport av rundvirke hos Stora Enso – en analys av prestation och flexibilitet. Examensarbete SLU, Umeå.



BILAGOR

Du kan ladda ned alla bilagor som PDF:er på webben: skogforsk.se/ett-slutrapport

- Bilaga 1 Teoretiska beräkningar – konstruktion och vägslitage
- Bilaga 2 Teoretiska beräkningar – bränsleeffektivitet
- Bilaga 3 Styr- och arbetsgrupper
- Bilaga 4 Projekt- och forskningsplan
- Bilaga 5 Beskrivning av Sammodalitetsprojektet
- Bilaga 6 Teknisk specifikation av ETT- och ST-fordonen
- Bilaga 7 Vägverkets föreskrifter för ETT-fordonet (VVFS 2008:418)
- Bilaga 8 Genomförda studier
- Bilaga 9 Mätning av vägnedbrytning – Percostation
- Bilaga 10 Bränsleförbrukning – Dynafleet data
- Bilaga 11 Trafiksäkerhet, Volvo Lastvagnars haverikommission
- Bilaga 12 Trafiksäkerhet, VTI-s undersökning, Incidenter, Krisgrupp och Avvikelserapportering
- Bilaga 13 Besiktning av ETT-fordonet och ST-fordonen
- Bilaga 14 Fordonsmonterat vågsystem
- Bilaga 15 Ekonomiska kalkyler ETT-fordonet
- Bilaga 16 Studie av ST-dragbil i gruppkörning
- Bilaga 17 Ekonomiska kalkyler ST-fordonen
- Bilaga 18 Projektets medverkan i konferenser och motsvarande informationsinsatser
- Bilaga 19 Reflektioner från några deltagande organisationer





SKOGFORSK

Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala

Tel. 018-18 85 00. Fax. 018-18 86 00

E-post. info@skogforsk.se

www.skogforsk.se