

HCT-fordon för rundvirkesvirkestransporter

ÄR DET EN LÖNSAM INVESTERING?

HCT vehicles for roundwood transports – a profitable investment?



FOTO: DANIEL NORELAND



Uppsala Science Park, 751 83 Uppsala
skogforsk@skogforsk.se
skogforsk.se

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts 16 november 2020
av Gert Andersson, programchef och Magnus Thor, forskningschef.
Magnus Thor har också godkänt publikationen för publicering
den 25 november 2020.

©Skogforsk 2020 ISSN 1404-305X

Förord

I takt med att BK4-vägnätet öppnas och åkeriföretagen investerar i ny utrustning väcks frågan om vilken fordonskombination som är den effektivaste. Den här rapporten syftar till att fånga upp erfarenheterna från de inledande försöken med HCT-fordon inom skogsbrukets rundvirkestransporter och att utifrån tillgängliga data titta framåt och försöka besvara frågan om vad som är ”bäst”. Som vanligt är svaret att ”det beror på”, men förhoppningen är att täcka tillräckligt mycket av variationerna för att läsaren ska kunna få nytta av arbetet. Några som redan är insatta i frågan kommer kanske att känna igen slutsatserna, men arbetet kan i så fall försvaras med att det är bra att ”få siffror på det de redan vet”. Bra data tar lång tid att få, och bilden kommer säkert att klarna ytterligare efter hand som nya data tillkommer. Dessutom sker en kontinuerlig teknisk utveckling, varför sista ordet om vad som är det bästa fordonskombinationen säkert inte är sagt ännu.

Arbetet har finansierats av de stora skogsbolagen och Skogforsk via ETT-projektet.

Efter färdigställandet av denna rapport meddelades från Transportstyrelsen att en ny förordning planeras, som kommer att påverka resultatet för, framförallt, 8-axliga 70-tonskombinationer. Skogforsk avser revidera kalkylerna om/när denna förordning träder i kraft.

Uppsala i november 2020
Daniel Noreland

Innehåll

Förord	3
Sammanfattning	5
Summary	5
Bakgrund	6
Syfte och mål	6
Material och metoder	6
HCT inom rundvirkestransporter – den allmänna bilden från åkarna	7
Slitagefrågan	9
Däckslitage	9
Maskinslitage	10
Vägslitage	10
Framkomlighet för 74-tonsfordon	12
En investeringskalkyl för fordonskombinationer av olika bruttovikt	13
Tre olika scenarier	13
Inköpspris och underhållskostnader	15
Teoretisk potential	16
Om råvolymviktens inverkan på lastfyllnadsgraden	17
Om lastviktens variation över året	17
Transportkostnad och drivmedelsförbrukning på partiellt BK4-vägnät	20
Diskussion	22
Referenser	24
Bilaga 1: parametrar för HCT-kalkyl	25
Götaland	25
Svealand	26
Norrländ	27

Sammanfattning

Om förhållanden är optimala ökar den ekonomiska effektiviteten med bruttovikten hos ekipage för rundvirkestransport. De potentiella vinsterna avtar dock med ökad bruttovikt framför allt beroende på svårigheter att nå maximal lastfyllnad under perioder av året då virkets densitet är låg. Övergången från 60 till 64 tons bruttovikt gav en omedelbar effektivisering av transportekonomin. Att gå från 64 ton till 70 medför ytterligare effektiviseringspotential, trots att det innebär en ökad investeringskostnad. Realistiska förhållanden och gängse dimensionering av fordonen minskar dock eller tar helt bort vinsterna för de tyngsta kombinationerna, så att det även vid full tillgång till BK4-vägnät är mest lönsamt med ett 8-axligt 70-tonsekipage. Det krävs dock att minst ca 50 procent av körningarna kan göras på BK4-vägnät för att ett sådant 70-tonsekipage skall vara mer lönsamt än ett 7-axligt 64-tonsekipage.

En analys ur ett energianvändningsperspektiv leder till ungefär likvärdiga slutsatser. Majoriteten av körningarna måste ske på BK4-väg, för att 8-axliga HCT-fordon skall vara energimässigt effektivare än 7-axliga 64-tonsfordon.

Summary

Assuming optimal conditions, economic efficiency increases in line with increases in the gross weight of vehicle combinations for roundwood transport. However, in reality, the potential gains decrease as gross weight increases, mainly because of difficulties in attaining maximum payload during periods when wood density is low.

When the maximum gross weight was increased from 60 to 64 tonnes, this immediately increased efficiency in transport economy. An increase from 64 to 70 tonnes brings further potential for efficiency, despite the increased investment cost.

However, realistic conditions and current vehicle dimensions reduce or entirely wipe out the gains for the heaviest combinations. With full access to the BK4 road network, the most profitable vehicle would be an 8-axled 70-tonne rig. However, at least approximately 50 percent of the transportations must be made on the BK4 road network if such a 70-tonne combination is to be more profitable than a 7-axled 64-tonne vehicle.

An analysis from the perspective of energy efficiency leads to approximately the same conclusions. The majority of the transportations must be on BK4 roads if an 8-axled HCT vehicle is to be more energy efficient than a 7-axled 64-tonne vehicle.

Bakgrund

När försöken med fordonsvikter upp till 74 ton inleddes 2009 var målsättningen att öka skogstransporternas effektivitet både ekonomiskt och energimässigt. Samtidigt var frågorna många: Skulle de tyngre fordonen vara svårare att hantera på vägen? Kan man utnyttja den ökade bruttovikten fullt ut, eller sätter den volym man får plats med gränsen för hur mycket virke som går att få med? Är det värt att investera i och underhålla den dyrare utrustning som krävs för att köra tyngre lass? Kommer slitaget på vägarna att öka i en omfattning som inte motsvarar den ökade lastkapaciteten? Några av frågorna har besvarats i tidigare rapporter om skogliga HCT-försök (von Hofsten & Funck, 2015), men sedan dess har erfarenheter tillkommit. Innevarande rapport är tänkt att komplettera de rön som presenterats i tidigare rapporter med ett speciellt fokus på ekonomiska och energimässiga faktorer. När nu BK4-vägnätet successivt öppnas är det intressant att veta vilken fordonskombination som är mest lönsam med tanke både på nuläget och tillgängligt vägnät inom de ungefär fem år som motsvarar ett fordon ekonomiska livslängd. Föremål för analysen är därför inte bara 74-tonsfordon, utan även traditionella 64-tonsfordon samt alternativa fordonskonfigurationer som enligt nu gällande regelverk får framföras på BK4-vägar.

Syfte och mål

Rapportens syfte är att utifrån ett antal åkeriers erfarenhet av HCT-fordon samt verkliga data om virkestransporters råvolymvikter, undersöka vilken effektiviseringspotential som i praktiken kan förväntas vid en övergång till tyngre fordonskombinationer.

Målet är att ge en kvantitativ uppskattning av effektiviseringspotentialen såväl ekonomiskt som energimässigt.

Material och metoder

Liksom von Hofsten och Funck (2015) utgår denna rapport till stor del från intervjuer med representanter från de åkeriföretag som varit engagerade i de första försöken med 74-tonsfordon, det så kallade ETT-projektet. Intervjuerna har gjorts antingen på plats eller i vissa fall per telefon. Data om drivmedelsförbrukning kommer tillika från uppföljningsstudier av de fordon som var med i ETT-projektet. De uppgifter om lastfyllnadsgrad som använts för den ekonomiska kalkylen grundas däremot inte på faktiska värden, utan utgår från beräkningar grundade på tillgänglig lastvolym och i praktiken observerade genomsnittliga råvolymvikter.

HCT inom rundvirkestransporter

– den allmänna bilden från åkarna

Efter samtalen med åkeriernas förare framträder en bild som trots varierande uppfattningar om detaljer är ganska samstämmig. Den allmänna uppfattningen om 74-tonsekipage för körning av rundvirke är att bruttovikten med nuvarande längdbegränsningar för fordonskombinationen inte är optimal. Under delar av året, och i synnerhet för de åkerier som kör virke som legat och torkat på virkesterminaler, eller vid transport av i många fall krokigt björkvirke, är det ofta volymen som är begränsande snarare än vikten. På de rutter där framkomligheten inte begränsas av låga broar är det visserligen lättare att utnyttja den maximala bruttovikten, men med den negativa följden att lasthöjden ökar och därmed potentiellt ökat slitage på ram, axlar, hjullager, bankar och stakar. Det finns för de flesta åkerier inte tillräckligt detaljerad information om reparationer för att man skall kunna undersöka detta statistiskt, men i princip går det inte att avfärda bilden med argumentet att varje axel inte bär större last än för ett typiskt 64-tonsfordon. Den förhöjda tyngdpunkten ökar det krängande vridmomentet per axel, även om axellasterna inte är större. För ett fullastat femaxligt släp med en bruttovikt på 42 ton ligger tyngdpunkten ungefär 0,2 m högre än för ett fyraxligt släp med 36 tons bruttovikt. I en kurva kommer de yttre hjulen att belastas mera än innerhjulen. För en sidoacceleration på exempelvis 1 m/s^2 (motsvarande en kurvradie något större än den minsta tillåtna vid 80 km/h enligt Trafikverkets reglemente) innebär det en extra belastning på ca 1 kN på ytterhjulmontaget på en axel som statiskt belastas med 9 ton. Den slitagemässiga konsekvensen av denna i och för sig marginella, men dynamiskt varierande, belastningsökning kan inte enkelt avgöras. Stora problem med slitage och haverier, som entydigt kan förklaras med ökad bruttovikt hade dock sannolikt märkts vid det här laget. En ofta upprepad iakttagelse, som inte begränsas till HCT-projektet, är att kostnaden för reparationer kan skilja stort mellan åkerier. Förutom enskilda slumpartade händelser framhålls att förarens hantering av fordonet har en mycket stor inverkan på slitage och maskinskador.

Fordonskombinationen bil med link och trailer upplevs visserligen som stabil på vägen, men utifrån hänsyn till framkomlighet på skogsvägar och totalekonomi, inklusive andrahandsvärde, uppger de som prövat konceptet (7 av projektets 27 fordon) med få förbehåll att de i stället hade föredragit en femaxlig släpvagn. Begränsar man sig till en bruttovikt på 68–70 ton kan ekipaget klara sig med en axel mindre än för 74 ton, samtidigt som det är lättare att utnyttja viktbegränsningen innan volymen blir begränsande. Uppfattningen att ett 8-axligt 70-tonsekipage egentligen vore att föredra framför ett 9-axligt 74-tonsekipage framfördes tidigt av ETT-projektets förare.

Även om många åkerirepresentanter inte ser 74 tons bruttovikt som den mest lönsamma fordonskombinationen råder inte fullständig enighet. Ett par av åkeriföretagen, som deltagit i ETT-projektet, satsar efter projektets slut på 74-tonsfordon i relativt stor skala, med endast ett fåtal lättare ekipage som komplement.

De framförda synpunkterna gäller en situation där samma BK1-vägnät är tillgängligt för fordon med dispenser, som för ordinära 64-tonsfordon. Inför ett investeringsbeslut är dock möjligheten att använda BK4-vägnätet naturligtvis helt avgörande. För närvarande varierar utbyggnadstakten av BK4-vägnätet, även om uppgraderingen i de flesta fall är en formsak. Längre broar behöver analyseras och kan i vissa fall visa sig förhindra uppklassning av en vägsträckning.

Några av åkerierna har framfört en oro att vinsterna med ökad bruttovikt inte skall komma dem tillgodo, utan leda till minskad ersättning. På sikt är det naturligt att en effektivisering av transporter leder till lägre ersättning, men för att få genomslag för den nya tekniken är det avgörande att vinsterna kan fördelas mellan alla aktörer. En annan faktor som måste tas med i varje prognos av framtidens transportkostnader är drivmedelskostnaden. Det är sannolikt att denna kommer att utgöra en allt större del av transportkostnaden. En satsning på HCT-fordon kan vara ett sätt att motverka denna kostnadsökning, förutsatt att råvolymvikt och vägnät medger utnyttjande av den högre bruttovikten.

Slitagefrågan

DÄCKSLITAGE

En viktig frågeställning i ETT-projektet har varit hur däckslitage ser ut för dessa nya fordonskombinationer. Däckslitage utgör en betydande löpande kostnad för varje åkeriföretag. Utöver risken för olyckor och kostsamma bärgningsinsatser vid punkteringar finns det goda skäl till att följa upp däckekonomin för varje enskilt fordon i ett åkeriföretag. För de flesta av projektets medlemsåkerier finns tyvärr ingen samlad och detaljerad information att tillgå. Det finns två huvudanledningar till detta; För det första är det besvärligt att under kontrollerade former följa däckkonsumtionen hos varje enskilt fordon. Däckslitage varierar med position på fordonet, väglag och temperatur. Av ekonomiska och praktiska skäl blandas däck ofta, när exempelvis ett slitet men inte uttjänt däck sparas och återanvänds efter en punktering eller något annat tvingande skäl till däckbyte. En kontrollerad slitagestudie skulle dessutom kräva att man använder däck från samma leverantör, och helst samma tillverkningsbatch, vilket legat utanför projektets ramar. Till detta kommer en betydande fortlöpande arbetsinsats för att genomföra studien. Den andra anledningen till att uppföljningen sällan utförs är att slitagemekanismerna är komplexa. Även en noggrann uppföljning av slitage kan visa på en till synes slumpmässig slitageutveckling. Under ideala förhållanden föreligger, som förväntat, ett samband mellan slitage och den last ett däck uppbär. Empiriska studier (Clark, 1981) för frirullande gummihjul rakt fram har visat att slitage *för en given slipvinkel* (däckets vinkel i förhållande till färdriktningen) följer ett väsentligen linjärt samband med hjullasten. Eftersom den last varje hjul uppbär endast till del utgörs av nyttolast, bör värdet av ökad nyttolast i princip mer än kompensera för ett högre däckslitage till följd av ökad hjullast. Antag exempelvis att en viss axel på ett lastat fordon uppbär 9 ton, varav 6 ton motsvaras av nyttolast. Om nyttolasten som axeln uppbär kan ökas till 7 ton, en ökning på 17 procent, innebär detta att slitage under antagande av linjärt lastberoende, skulle öka med 11 procent.

Proportionalitetskonstanten i uttrycket för slitage är starkt beroende av slipvinkeln. För små vinklar gäller ett kvadratisk samband mellan slitage och slipvinkel. Detta medför att slitage ökar snabbt vid felaktiga hjulinställningar, och kan vara en långt viktigare faktor än exempelvis en försiktig ökning av axellasten. För ett av projektets fordon har en noggrann uppföljning av däcktryck och däckslitage gjorts över flera år. Slitageskillnader på över 300 procent har därvid kunnat observeras för vissa hjulpositioner trots att användningsförhållanden i stort sett varit identiska. Speciellt har detta noterats för den sista axeln i trippeln på trailern. Andra faktorer som påverkar däckslitage är väglag och temperatur, men dessa torde påverka olika fordonskonfigurationer på i stort sett samma vis.

Sammanfattningsvis kan sägas att däckslitage i grunden varierar med de statiska och dynamiska axellasterna, men att *faktorer som beror på handhavande i trafiken och inställning av hjulvinklar har en dominerande inverkan*. Undantaget är däck på drivaxlar, vilka utsätts för ett avsevärt högre slitage på grund av de större krafter som krävs för att sätta ett tyngre ekipage i rörelse samt vid inbromsning med tillsatsbroms (retarder eller avgasbroms). Däck på första eller tredje plats i en trippelaxelgrupp utan styrmöjlighet slits också på grund av radering vid sväng signifikant snabbare än på axelgruppens mittposition.

MASKINSLITAGE

Den enda punkt på vilken en slitageökning hänförlig till ökad bruttovikt något så när entydigt kunnat observeras under försöken gäller bromsarna. På ekipage som använts i kuperade regioner handlar det om en märkbar slitageökning, men precisa siffror på omfattningen saknas. Dock skall man komma ihåg att villkoren för trafikering med 74-tonsfordon med dispens tolkats striktare än vad som är fallet med 64-tonsfordon. För att hålla maxfarten 80 km/h vid utrullning strikt, har förarna använt bromsarna flitigare än vad som annars varit fallet med ordinarie bruttovikter. Detta har varit tydligast i kraftigt kuperade regioner där tillsatsbroms inte varit tillräcklig för att hålla ner farten i utförslöperna.

Den bromskraft som krävs för en given inbromsning är direkt proportionell mot axel-lasten. Detta gör att bromskraften – och därmed slitaget – per axel bör vara lägre på ett 74-tonsfordon, än på exempelvis ett 68-tonsfordon med en axel mindre. Slitaget följer ett enkelt samband med den energi som ska bromsas bort. Bromsbeläggens totala volymförlust är proportionell mot bromsarbetet (Zhang, 2009), vilket i sin tur är proportionellt mot bruttovikten. Enkelt uttryckt borde därför ett 74-tonsfordon totalt på alla axlar förbruka 16 procent mer bromsbelägg än ett 64-tonsfordon, vid full last. Dock ska man komma ihåg att användningen av bromsarna kan öka avsevärt i kuperade regioner där man tidigare kunnat hålla fartbegränsningen med tillsatsbroms vid utrullning. En större motor bör delvis kunna motverka slitageökningen på bromsarna genom tillsatsbromsens ökade effekt, men hur mycket och hur variationen med topografin ser ut är inte känt i nuläget.

Inte heller när det gäller slitaget på drivlinan finns tillförlitlig statistik från långtidsuppföljning av 74-tonsfordonen. Den kraftigare utrustningen kan dock antas motstå den ökade belastningen utan haverier och onormalt slitage, och tillkommande kostnader styrs av högre inköpspris och kostnaden för regelbunden service. I sammanhanget bör man också komma ihåg att både Volvo och Scania har gott om fordon, bland annat i Sydamerika, där bruttovikterna kan vara betydligt högre än 74 ton på vissa vägnät. Det finns således marginal att ta av.

VÄGSLITAGE

Frågan om vägslitage kan i förstone förefalla ointressant för det enskilda åkeriet. I vissa fall ställer dock väghållaren speciella krav för tillträde till vägarna. Kraven kan vara kopplade till totalvikten (BK4 med särskilda villkor i form av dubbelmontage) eller gälla generellt (CTI – central tire inflation, ett system för anpassning av lufttrycket i däck). Olika fordonskombinationer sliter på vägen olika mycket, men det intressantaste måttet är det uppkomna slitaget per transporterat ton virke. Härvid kan man exempelvis jämföra de tre kombinationerna

- Treaxlig bil och fyraxligt släp med en totalvikt på 64 ton.
(Axelgruppsbelastningar 9+19+18+18 ton.)
- Treaxlig bil och femaxligt släp med en totalvikt på 70 ton.
(Axelgruppsbelastningar 9+19+18+24 ton.)
- Fyraxlig bil och femaxligt släp med en totalvikt på 74 ton.
(Axelgruppsbelastningar 9+23+18+24 ton.)

När det gäller det faktiska slitaget är lagstiftningens krav och modeller delvis motstridiga. Trafikförordningen begränsar maximala vikten på en axelgrupp, men flera vedertagna modeller (Gillespie, 1993; Jansen, 2002) för spårbildning antyder att totala slitaget från en axelgrupp i stället skulle vara *lägre* än om axlarna med bibehållen axellast är separerade. Generellt gäller att belastningen nära vägytan styrs av tryckkraften per ytenhet från hjulen, medan belastningen längre ned genom en utspridningsverkan bestäms av totala axellasten eller axelgruppslasten. Exakt vilka slitagemässiga konsekvenser ett visst fordon ger är dock en komplex fråga, styrd av såväl fordonet som de lokala egenskaperna i vägen. Speciellt påverkar valet av singelhjul eller dubbelmontage effekten på vägoöverbyggnadens övre lager. Dock är skillnaderna, åtminstone när det gäller belagda vägar, sannolikt relativt små. Studier av frågan pågår för närvarande. För grusvägar är effekterna större. Modellerna ger vid handen att slitaget per ton transporterat virke är ungefär likvärdigt för 70- och 74-tonskombinationerna. Högst slitage ger de i vissa fall förekommande 7-axliga 66-tonskombinationer (på BK4) med spridd bakre boggi på vagnen.

Framkomlighet för 74-tonsfordon

De högre bruttovikterna i sig anses inte speciellt problematiska för framkomligheten. Däremot spelar axelavstånden roll för manövrerbarheten. I princip ökar svängradien med ökade axelavstånd. En fördel som dock framhålls med stort avstånd mellan drivande axlar är att chansen att få grepp åtminstone på någon axel ökar. Lasten, och därmed greppet, på drivande axlar kan ökas om löpaxeln på en tridem lyfts vid igångsättning. Detta kan dock medföra att lasten på framaxeln minskas så till den grad att det kan vara svårt att styra om starten sker i samband med vändning på vändplan eller liknande. Speciellt bilar försedda med kran upplevs problematiska i det sammanhanget då bilen går tom, vilket understryker vikten av noggrann anpassning av geometri i samband med beställning. Det finns en icke obetydlig andrahandsmarknad inom entreprenadbranschen för fyraxliga bilar. Det är dock inte säkert att optimala axelavstånd för exempelvis grusbil är samma som för en timmerbil.

För att undvika slirning vid igångsättning med de tyngre lassen kan i vissa situationer någon form av anordning underlätta. Några åkerier menar att framhjulsdrift, antingen hydraulisk eller mekanisk, vore önskvärt. Framhjulsdrift har dessutom fördelen att förbättra sidoföringen, vilket bland annat underlättar vid tvär kurvtagning på vändplaner. Varken hydraulisk eller mekanisk framhjulsdrift upplevs dock som idealiska beträffande driftsäkerhet eller ekonomi. Systemen är dyra i inköp och underhåll, och minskar den möjliga lastvikten med ett halvt till ett ton. Mekanisk framhjulsdrift är visserligen driftsäker, men ökar bränsleförbrukningen. System som via en klokoppling kan koppla från framaxeln från fördelningslådan finns på marknaden, men används främst på entreprenadfordon. Någon form av frihjulsnav så att framaxeln kan fränkopplas både från fördelningslåda och hjulen föreslås av några av projektets åkerier.

För höga tågvikter rekommenderar tillverkarna navreduktion. Syftet med navreduktionen är att minska vridmomenten i drivlinan fram till navet. På så vis kan differentialer, drivaxlar och kardan byggas lättare. En annan fördel är en något ökad markfrigång genom ett mindre differentialhus. Totalvikten för ett fordon med navreduktion skiljer sig inte nämnvärt från motsvarande fordon utan navreduktion, men den ofjädrade massan är något högre. Nackdelarna med navreduktionen är inköpspriset och framför allt en ökad bränsleförbrukning, uppskattningsvis någon procent. Man är dessutom hänvisad till trumbromsar på drivhjulen, med de för- och nackdelar dessa har.

En investeringskalkyl för fordonskombinationer av olika bruttovikt

Ekonomisk och energimässig lönsamhet styrs naturligtvis inte bara av de möjliga lastvikterna. Investeringskostnader, bränsleförbrukning, underhållskostnader mm skiljer mellan de utrustningar som är lämpliga för olika bruttovikter. Denna sektion betraktar tre olika fordonskombinationer ur ett ekonomiskt livscykelperspektiv. Kalkylen görs utifrån tre typiska scenarier, som grovt speglar variationen som föreligger inom fordonsflottan för rundvirkestransporter i Sverige.

TRE OLIKA SCENARIER

Scenarierna har valts i överensstämmelse med Asmoarp och von Hofsten (2019) och är

- Bil med fast kran samt släp, typiskt för Götaland
- Bil med avtagbar kran samt släp, typiskt för Svealand
- Gruppkörningsbil samt släp, typiskt för Norrland

Kalkylen utförs enligt den ganska detaljerade modell som redovisas i Skogforsks arbetsrapport 950–2017, *HCT-kalkyl –en interaktiv kalkylmodell för att jämföra lastbilsstorlekar* (Johansson & von Hofsten, 2017). För vart och ett av de tre scenarierna undersöks ekipage med bruttovikterna 64 ton, 70 ton samt 74 ton. Utrustningen har valts utifrån vad som är lämpligt med hänsyn till bruttovikten utifrån tillverkarrekommendationer och beprövad branscherfarenhet.

Tabell 1. Tekniska egenskaper för de olika ekipagen.

Bil	Motor	Vagn, axlar	Tjänstevikt	Maximal bruttovikt (BK4)	Effektkvot (kg/hk)	Övrigt	Axelgruppsbelastningar
6x4	500 hk	4	21 (Götaland) 18 (Svealand) 17 (Norrland)	64	128		9+19+ 18+18
6x4	580 hk	5	22 (Götaland) 19 (Svealand) 18 (Norrland)	70	121		9+19+ 18+24
8x4*4	650 hk	5	23,5 (Götaland) 20,5 (Svealand) 19 (Norrland)	74	114	Navreduktion	9+23+ 18+24

Skillnaderna i tjänstevikt styrs främst av förekomst av kran eller kranfäste, axelantal på bil och släp samt motorstorlek. Valet av tandemdrift har gjorts eftersom det föredras så snart man kör i sliriga eller backiga förhållanden. Navreduktion rekommenderas visserligen av tillverkare även för lägre tågvikter än 74 ton, men är idag inte speciellt vanligt förekommande i branschen. Därför har endast 74-tonskombinationen antagits vara försedd med navreduktion.

Man kan även tänka sig en 66-tonsvariant med fyraxligt släp, vilket är tillåtet om så kallad spridd boggi används. Ett sådant ekipage anses dock både svårastat och vingligt jämfört med femaxliga vagnar, varför kombinationen inte presenteras närmare i denna studie.

Listpriser från november 2019 har utgjort underlag för inköpspriserna. Drivmedelsförbrukningen är den uppgift det varit svårast att få tillförlitliga siffror på. Huvudorsaken till detta är att den statistik som finns (SamDemo, Brunberg & von Hofsten, 2018) har ett vidare upptag än bara rundvirkestransporter, och inte omfattar så många olika fordon. Dessutom uppvisar förbrukningen hög spridning. I det enskilda fallet kan det förekomma att ett 74-tonsfordon har en lägre förbrukning per mil än ett 64-tonsfordon. Bakom detta ligger dock skillnader beroende på körförhållanden och inte minst förarbeteendet. I genomsnitt bör trenden dock vara att förbrukningen ökar med bruttovikten och antalet axlar, vilket avspeglas i de värden som använts i den här rapportens kalkyl. Dessutom förorsakar en monterad kran påtagliga luftmotståndsförluster (ca 3 l/100 km). De genomsnittliga förbrukningssiffrorna som har använts för kalkylen presenteras i Tabell 2.

Tabell 2. Drivmedelsförbrukning i l/100 km för de olika typfordonen och bruttovikterna. Värdena avser genomsnittsförbrukning vid 100% lastfyllnad och 50 procents lastkörningsgrad. Värdena inom parentes avser partiell lastfyllnad vid körning på BK1-väg.

Bruttovikt	64 ton	70 ton	74 ton
Typfordon	Drivmedelsförbrukning (l/100 km)		
Götaland	57	59 (58)	61 (59)
Svealand	54	56 (55)	58 (56)
Norrland	54	56 (55)	58 (56)

Man kan göra en grov mekanistisk uppskattning av hur mycket extra drivmedel ett tyngre fordon behöver för sin framdrift genom sitt ökade rullmotstånd. Om man antar att bruttovikten för ett 70-tonsekipage i genomsnitt är 3 ton högre än för motsvarande 64-tonsekipage, en rullmotståndskoefficient på 0,006, en termisk verkningsgrad i motorn på 40 procent, 10 procents förluster i drivlinan och ett energiinnehåll i diesel på 35 MJ/l, finner man att det tyngre fordonet kräver 1,4 l/100 km extra. Med tillägg för friktion i en extra axel och andra förluster är skillnaden på 2 l/100 km rimlig, men det är möjligt att skillnaderna i drivmedelsförbrukning ändå underskattats med tanke på dynamiska effekter vid accelerationer mm.

Utöver drivmedel för framdrivning av fordonen tillkommer en förbrukning för lastning, som för de kranförsedda bilarna antas uppgå till 0,1 l/ton.

Som nämnt varierar kostnaderna för däck och bromsar med omständigheterna. För enkelhets skull har antagits att slitaget för varje däck är detsamma för alla fordonen, vilket möjligen kan ifrågasättas för däck på drivande axlar. En förkortning av livslängden på bilens däck med 20 000 km påverkar dock inte transportkostnaden med mer än 3 promille. På samma sätt utgår kostnader för slitage enligt listpriser för serviceavtal för de respektive fordonen.

INKÖSPRIS OCH UNDERHÅLLSKOSTNADER

Förutom drivmedelskostnader utgörs huvuddelen av åkeriets kostnader av inköp och underhåll samt förarlön. De viktigaste av dessa presenteras i Tabell 3.

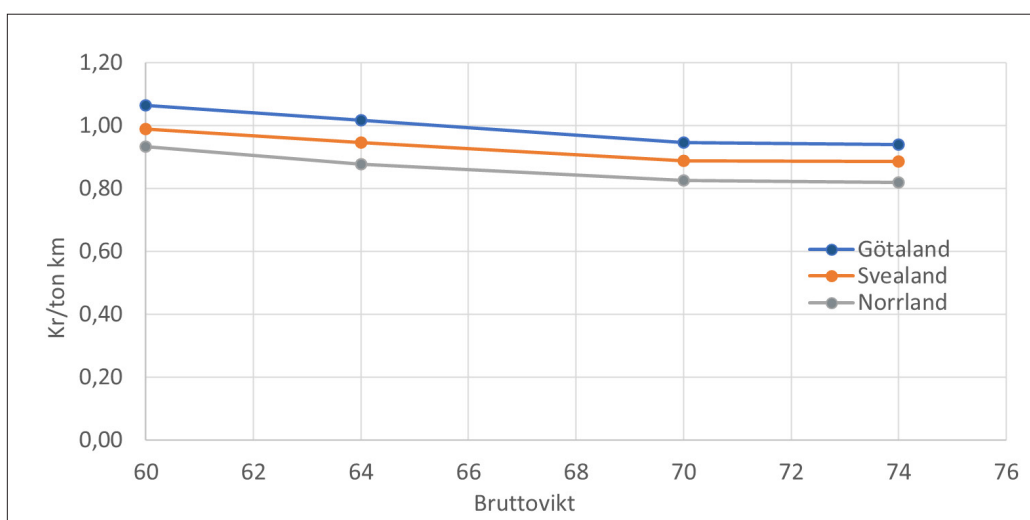
Tabell 3. Kostnader för utrustning, underhåll och lön.

	Ekipage		
	64 ton	70 ton	74 ton
Bil, inköp (kr)	1 510 000	1 620 000	1 860 000
Bil, avskrivning (km)	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Bil, däckens livslängd (km)	160 000	160 000	160 000
Vagn, inköp (kr)	730 000	810 000	810 000
Vagn, avskrivning (km)	1 500 000	1 500 000	1 500 000
Vagn, däckens livslängd (km)	250 000	250 000	250 000
Kran, inköp (kr)	550 000	550 000	550 000
Kran, avskrivning (km)	1 000 000	1 000 000	1 000 000
Reparationer (kr/km)	0,93	0,93	1,05
Service (kr/år)	56 700	56 700	66 420
Lön (kr/h)	258	258	258

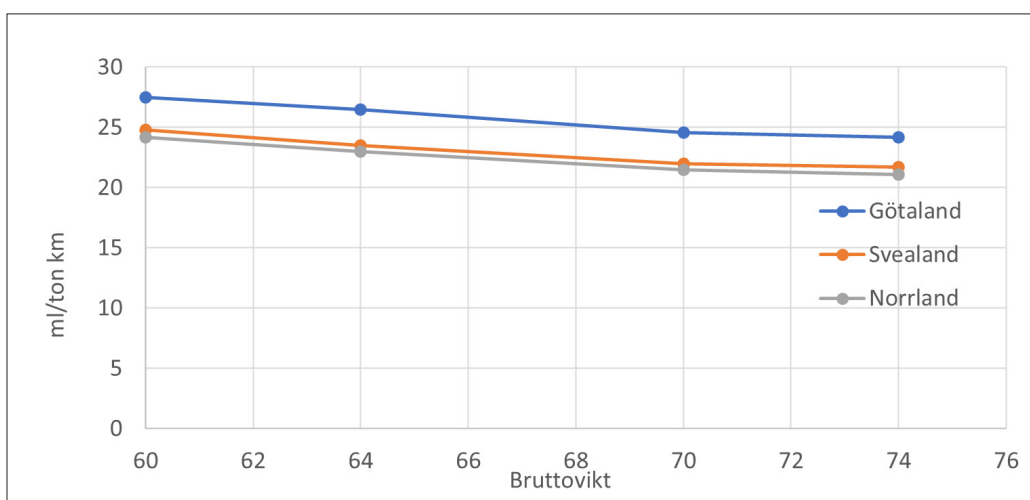
En ränta på investering om 3 procent har använts. För övriga detaljer om kostnader hänvisas till Bilaga 1.

Teoretisk potential

Vid ett fullständigt utnyttjande av den ökade lastkapaciteten hos fordonskombinationer av olika typ och bruttovikt minskar som förväntat såväl transportkostnad som energieffektivitet med ökad bruttovikt. Figur 1 och Figur 2 visar detta. Det kan noteras att effektiviseringsvinsterna för ett 9-axligt fordon är ganska små jämfört med ett 8-axligt 70-tonsfordon. Dyrare och starkare motorer för tyngre ekipage förklarar mycket av den avtagande effektiviseringstrenden. Den kan hävdas att man i mindre kuperade geografier skulle klara sig med mindre motorer, och på så vis öka vinsterna. Detta må vara sant men är ett argument som i så fall skulle kunna överföras till alla de undersökta fordonskombinationerna. Det skall också noteras att det framför allt är cylindervolymen och därmed de interna friktionsförlusterna, snarare än märkeffekten i sig som påverkar drivmedelsförbrukningen.



Figur 1. Transportkostnad för de olika typfordonen och bruttovikter mellan 60 och 74 ton vid 100 procent lastfyllnadsgrad.



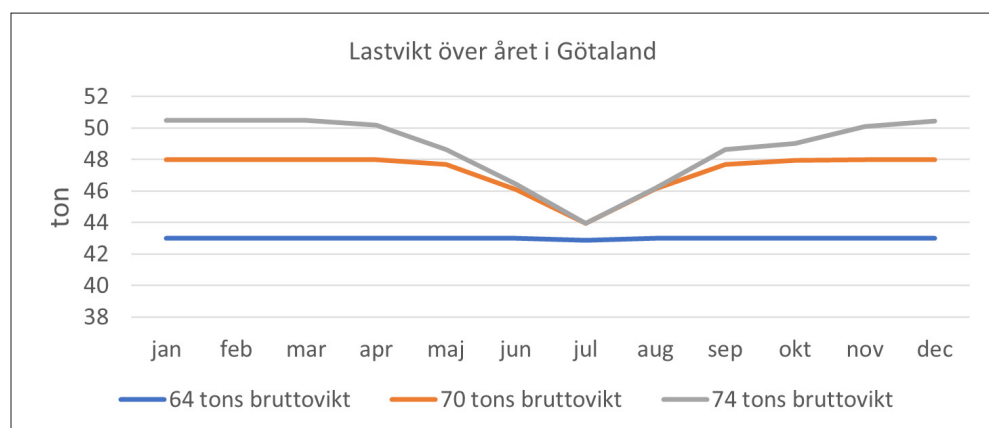
Figur 2. Energiekonomi för de olika typfordonen och bruttovikter mellan 60 och 74 ton vid 100 procent lastfyllnadsgrad.

Om råvolymviktens inverkan på lastfyllnadsgraden

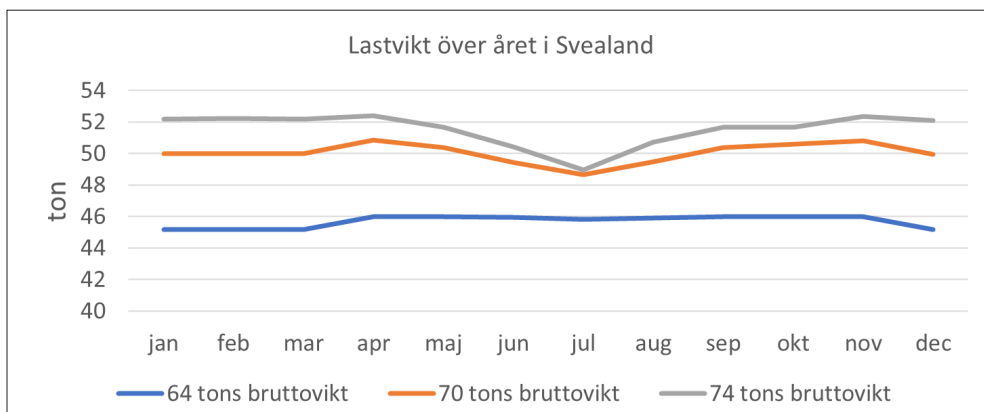
I Skogforsks rapport Rätt antal axlar på virkesfordonet ger fulla lass (Asmoarp & von Hofsten, 2019) analyseras vilka lastvikter som kan förväntas på fordonskombinationer med olika axelantal och med hänsyn till variationerna av råvolymvikterna för de vanligaste virkessortimenten. Studien konstaterar att minst 30 procent av körningarna måste kunna utföras på BK4-vägar för att det skall vara motiverat att gå från 7 till 8 axlar med hänsyn till lastvikten. Brytpunkten för när det är motiverat att använda ytterligare en axel går vid ca 50 procent för exemplen från Götaland och Svealand, och vid ca 40 procent för exemplet från Norrland. Kalkylen utgår från den genomsnittliga fördelningen mellan de fem vanligaste virkessortimenten, deras råvolymvariationer och skrymvolymer. Hänsyn togs däremot inte till möjligheterna att effektivisera genom att omfördela virket mellan fordon med olika totalvikt i en fordonsflotta.

OM LASTVIKTENS VARIATION ÖVER ÅRET

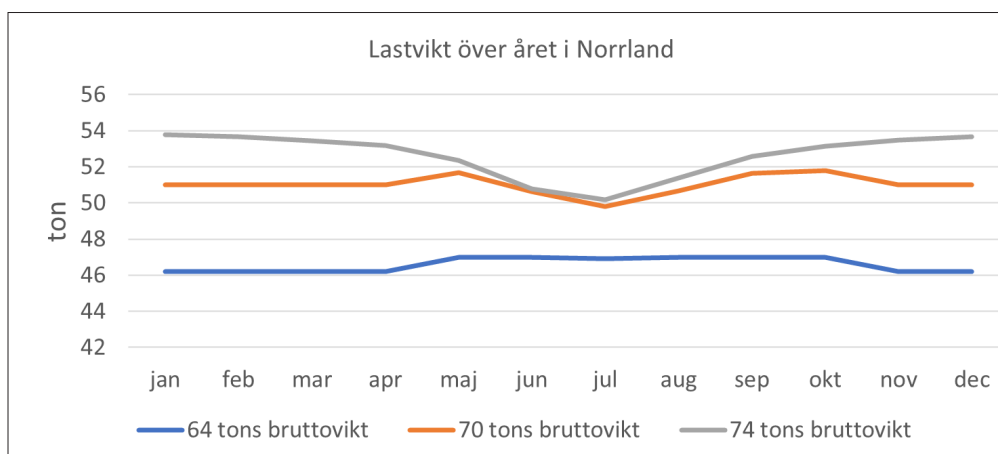
Asmoarp & von Hofsten, 2019 bygger på data från inmätta virkestransporter under fyra år och utgör underlag för beräkning av vilka lastvikter som praktiskt kan förväntas. Resultaten redovisas i Figur 3 - Figur 5.



Figur 3. Lastviktens (ton) variation över året för de tre bruttovikterna i Götaland. 64-tonsekipaget har 100 procents lastfyllnad hela året, medan de tyngre fordonen ser en minskad lastvikt under sommarhalvåret (Asmoarp & von Hofsten, 2019).



Figur 4. Lastviktens (ton) variation över året för de tre bruttovikterna i Svealand. De tyngre fordonens lastfyllnad sjunker under sommarhalvåret. För samtliga tre fordon sänks nyttolasten under vintern med nästan ett ton p.g.a. snöpåslag (Asmoarp & von Hofsten, 2019).

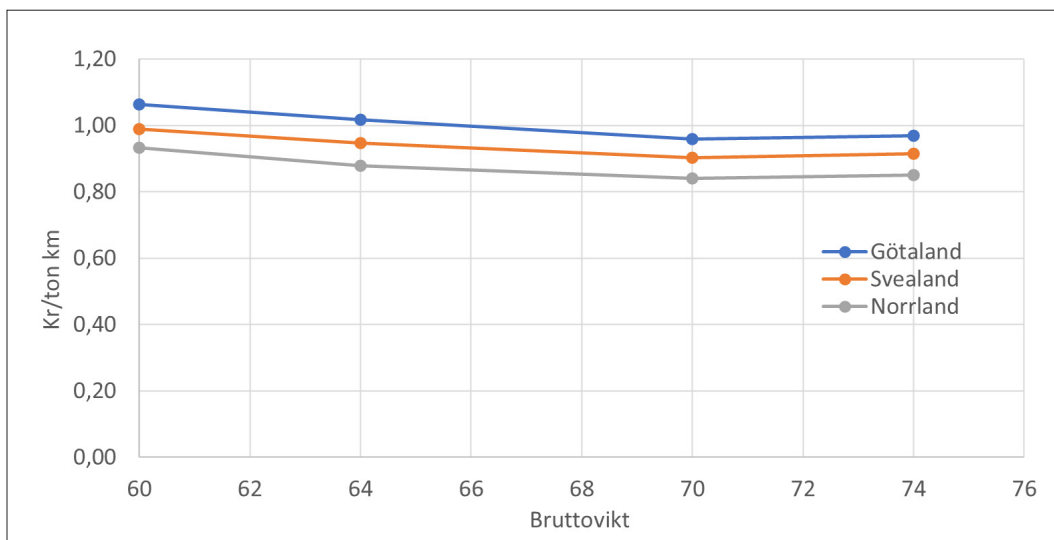


Figur 5. Lastviktens variation över året för de tre bruttovikterna i Norrland. Gruppfordonen i Norrland har lägst taravikt, och därmed störst lastpotential. Liksom i de andra landsdelarna sjunker lastvikten under sommarhalvåret. Snöpåslag under vintern minskar den tillgängliga lastvikten.

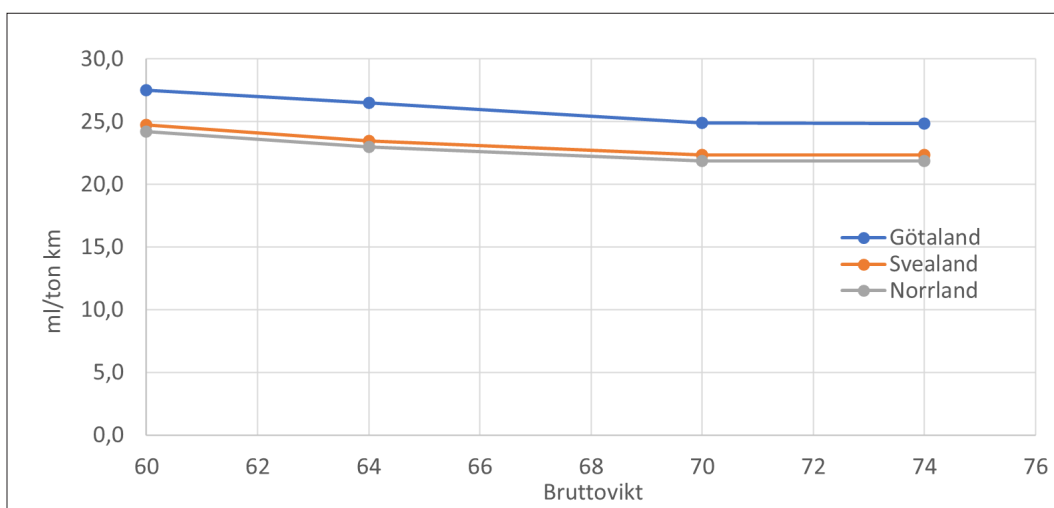
Tabell 6. Förväntad genomsnittlig lastfyllnadsgrad med hänsyn till råvolymviktens variation över året samt eventuellt snöpåslag vintertid.

Bruttovikt	64 ton	70 ton	74 ton
Typfordon	Förväntad genomsnittlig lastfyllnadsgrad, %		
Götaland	100	98,5	96,6
Svealand	100	98,0	96,3
Norrland	100	98,1	96,5

Transportkostnad och drivmedelsförbrukning på heltäckande BK4-vägnät
 Verkliga transporter är föremål för en rad variationer i faktorer som transportavstånd, vägegenskaper, väderlek och lastkörningsgrad. Alla i den här rapporten presenterade kalkyler gäller en situation med ett transportavstånd på 100 km och utan returtransporter. Uppgifter om medelhastighet, tid för lastning och lossning och i förekommande fall kranmontering har hämtats från tidsstudier gjorda av Skogforsk (Brunberg & Lundström, 2010).



Figur 6. Transportkostnad för de olika typfordonen och bruttovikter mellan 60 och 74 ton vid praktiskt förväntad lastfyllnadsgrad.

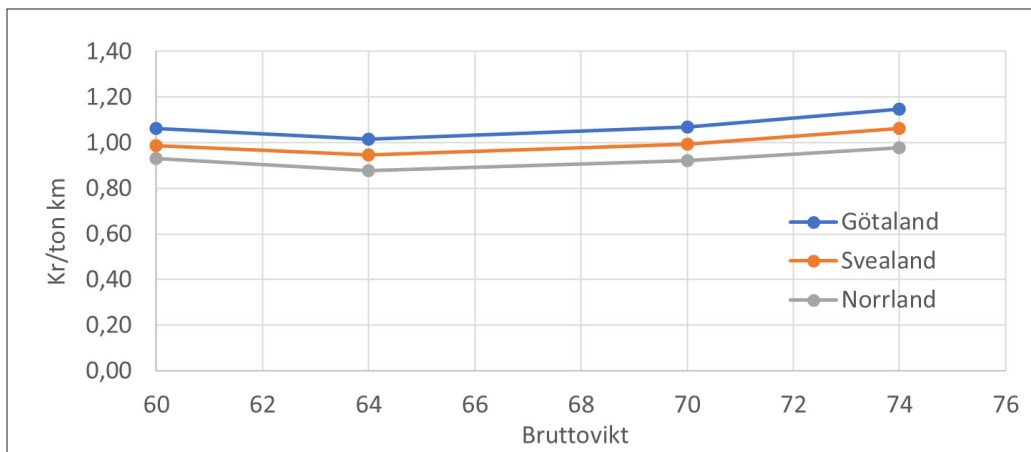


Figur 7. Energiekonomi för de olika typfordonen och bruttovikter mellan 60 och 74 ton vid praktiskt förväntad lastfyllnadsgrad.

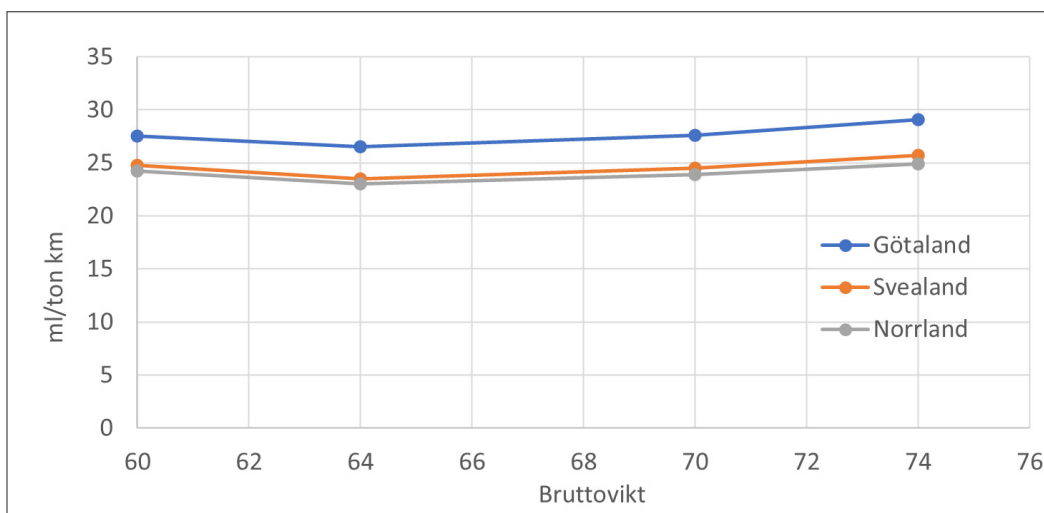
Figur 6 visar hur transportkostnaden per tonkm varierar för de olika typfordonen och bruttovikterna, under förutsättning att alla transporter kan göras på BK4-vägnät. En ökning av bruttovikten från 64 ton till 70 ton innebär ungefär samma minskning av kostnaden som övergången från 60 ton till 64 ton medförde. Däremot visar kalkylen inte på någon fortsatt lönsamhetsutveckling vid en övergång till 74 tons bruttovikt. Tvärtom kan en marginell ökning av kostnaden konstateras jämfört med 70 tons bruttovikt. Hade 100 procents lastfyllnad hypotetiskt kunnat uppnås, skulle en kostnadsminskning på mellan 0,2 och 1 procent uppnås jämfört med 70-tonsalternativen. Betraktar man energiekonomin (Figur 7) återkommer samma avplanande tendens vid ökad bruttovikt, men det kan konstateras att energianvändningen i alla fall inte tycks öka för de tyngsta kombinationerna.

TRANSPORTKOSTNAD OCH DRIVMEDELSFÖRBRUKNING PÅ PARTIELLT BK4-VÄGNÄT

Om HCT-fordonens kapacitet inte kan utnyttjas fullt ut på grund av bristande täckning av BK4-vägnätet sjunker lönsamheten drastiskt. Visserligen kan man räkna med en marginell minskning av bränsleförbrukningen vid lägre lastvikt, men det kompenserar inte för HCT-fordonens högre taravikter.



Figur 8. Transportkostnad för de olika typfordonen och bruttovikter mellan 60 och 74 ton vid transport på BK1-väg.



Figur 9. Energiekonomi för de olika typfordonen och bruttovikter mellan 60 och 74 ton vid transport på BK1-väg.

Frånvaro av BK4-nät gör att fordonen får lastas till som mest 64 ton, vilket straffas med en ganska avsevärd kostnadsökning för 70- och 74-tonskombinationerna – se Figur 8. Jämfört med 64-tonsekipagen är kostnaden per tonkilometer sålunda runt 5 procent högre för 70-tonsekipagen och 11–13 procent högre för 74-tonsekipagen. Även energi-ekonomin blir lidande, som visas i Figur 9.

Brytpunkten för när 70-tonskombinationerna skall vara mera lönsamma än 64-tonskombinationerna går, räknat i andel av transporter som måste gå på BK4-väg, vid 53 procent för norrlandsekipaget, 52 procent för svealandsekipaget och 45 procent för götalandsekipaget. Beräkningen utgår som tidigare från medeltransportavståndet 100 km, och skulle förhållanden skilja sig avsevärt från det kan brytpunkten ändras något.

Diskussion

Frågan om vilken fordonskombination som är bäst har inget allmängiltigt svar, utan måste ställas utifrån gällande förutsättningar. De viktigaste av dessa är

- Tillgång till BK4-vägnät. För att det över huvud taget skall vara intressant att investera i utrustning för tyngre transporter måste minst 50 procent av transportuppgifterna kunna utföras på BK4-vägar.
- Konstruktionsstandard. De i rapporten redovisade kalkylerna utgår från att fordonen byggs ungefär enligt ett idag vanligt mönster exempelvis med avseende på bankarnas höjd och rambalkarnas dimensioner.
- Drivmedelspriset. Totalekonomin för ett ekipage balanserar investerings-, underhålls- och drivmedelskostnader. Om någon av dessa förändras markant från dagens läge kan det påverka valet av fordonskombination. Varje investeringsbeslut bör föregås av en riskanalys innefattande ett kraftigt ökat drivmedelspris. En tumregel idag säger att åkeriets kostnader för ett fordon fördelar sig ungefär lika mellan drivmedel, fordonet och personal. Det är sannolikt att den förstnämnda av dessa faktorer i framtiden kommer att utgöra en allt större del av totalkostnaden, vilket talar för ökat fokus på energieffektivitet även om det sker till priset av högre investerings- och underhållskostnader. Dock visar kalkylen att det även energimässigt kan vara svårt att räkna hem en satsning på större bruttovikter än 70 ton.
- Tillförlitlighet hos kranvagnar. De siffror för lastfyllnad som utgör underlag för kalkylen förutsätter precisa kranvagnar så att axelbelastningarna kan utnyttjas utan risk för överlast.
- Kompetensförsörjning. Det råder idag en skriande brist på förare inom skogs-transportbranschen. För ett litet åkeri med ett fåtal fordon i sin flotta spelar en övergång till fordon med högre lastkapacitet ingen roll ur ett personalstyrkeperspektiv, men för ett större åkeri med många fordon kan ökad transportkapacitet per fordon minska förarbehovet. Kalkylen måste göras utifrån ett övervägande av vad som är den begränsande faktorn för åkeriet: möjligheten att hitta förare, finansiering av fordonsflottan eller tillgängliga uppdrag.
- Hur länge fordonet behålls i verksamheten. För ett åkeri som förnyar sin fordonsflotta ofta, exempelvis vart tredje år, är andrahandsvärdet på utrustningen en viktig faktor. Ett åkeri som använder fordonen hela deras ekonomiska livslängd är kanske mindre känsligt för andrahandsvärdet.
- Vilken typ av virke som huvudsakligen transporteras. Virkets densitet, aptering och rakhet påverkar direkt lastfyllnadsgraden. Här spelar regionala och klimatomfattiga skillnader en roll.
- Hur företagets fordonsflotta ser ut i övrigt. Olika fordonstyper kan ta uppdrag beroende på den förväntade möjligheten att nå hög lastfyllnadsgrad.
- Företagets organisation. För att en diversifierad fordonsflotta skall kunna utnyttjas ställs högre krav på informationsflöden och styrning av trafiken, så att rätt fordon kommer till avlägget.

Utifrån de begränsade möjligheter ett litet åkeri har att påverka vilket virke som körs, finns det skäl att anta att 74-tonskombinationen inte är intressant för många åkerier ur ett ekonomiskt perspektiv. Skillnaden jämfört med 70-tonskombinationen är dock relativt liten, åtminstone om ett heltäckande BK4-vägnät finns tillgängligt. Däremot är 70-tonskombinationen intressant jämfört med 64-tonsalternativet.

Ändrade virkeslängder kan potentiellt öka lastfyllnadsgraden. Genom att öka minimilängden och samtidigt minska maximilängden kan mängden ”luft” i travarna reducerats, vilket har undersökts i en tidigare studie (von Hofsten & Arlinger 2017).

En annan faktor som kan förändra bilden är om den tekniska utvecklingen genom exempelvis höghållfasta stål och strukturoptimering leder till vagnar med lägre ramar och således ökad lastvolym utan att tomvikten ökar. Om tillåten totallängd ökas så att lastfyllnaden i alla lägen är 100 procent (och vägnätet medger detta) finns sannolikt en betydande bränslebesparingspotential på långa sträckor längs allmän väg eftersom övervinnande av luftmotståndet då utgör en stor del av energianvändningen.

Referenser

- Asmoarp, V. von Hofsten H. 2019. Rätt antal axlar på virkesfordonet ger fulla lass. Skogforsk, Arbetsrapport 1031-2019.
- von Hofsten, H. Funck, J. Utveckling av HCT-fordon i Sverige. Skogforsk, Arbetsrapport 865-2015.
- Brunberg, T. von Hofsten, H. Dieselförbrukning för skogslastbilar med bruttovikt på 74 och 90 ton. Skogforsk, Arbetsrapport 978-2018.
- Johansson, F. von Hofsten, H. HCT-kalkyl – en interaktiv kalkylmodell för att jämföra lastbilsstorlekar. Skogforsk, Arbetsrapport 950-2017.
- Zhang, S., Chen, W., & Li, Y. (2009). Wear of friction material during vehicle braking (No. 2009-01-1032). SAE Technical Paper.
- Clark, S. K. (Ed.). (1981). Mechanics of pneumatic tires. US Government Printing Office, s 458.
- Gillespie, T. D. (1993). Effects of heavy-vehicle characteristics on pavement response and performance (Vol. 353). Transportation Research Board.
- Jansen, J. M. (2002). Særtransporters vejslid – klassificering af køretøjer. Rapport nr. 269. Vejdirektoratet.
- Brunberg, T. & Lundström, H. 2010. Studie av lastningstiden med vanliga gruppilar och ST-Drag hösten 2010 i Värmland. Skogforsk. Stencil 2010-11-02.
- von Hofsten, H. & Arlinger, J. 2017. Transportekonomi vid massavedstransport med olika antal travar på 74-tons virkesbil – Teoretisk analys. Skogforsk, Arbetsrapport 939-2017.

Bilaga 1: parametrar för HCT-kalkyl

GÖTALAND

Prestation		64 ton	70 ton	74 ton
Bruttovikt		64	70	74
Tjänstevikt		17	18	19
Kran (avställd)		0	0	0
Lastvikt		47,0	51,0	52,6
Medeltransportavstånd, km		100	100	100
Körhastighet, km/tim		60,6	59,4	58,6
Framkörning		5	5	5
Lastning, min		30,0	32,8	34,7
Kran av		0	0	0
Bandning		5	5	5
Mätning/vägning/lossning		15	15	15
Lossningstid, mn		4,4	4,4	4,4
Spilltid, min/lass		5	5	5
Körtid, min		198	202	205
Vändatid, min		263	269	274
Körtid, min, år		213 293	213 293	213 293
Vändor		812	791	778
Vändor , dag		3,4	3,3	3,2
Prestation, år, ton		38 164	40 350	40 907
Mil/år		16 240	15 820	15 560
Medelhastighet, km/tim		45,7	44,5	44
Lastkörning	%	50	50	50
Lassfyllnad	%	100,0	98,10	95,60
Driftprocent		90	90	90
Lastningstid, %	%	11,4	12,2	12,7
ton/tim		10,7	11,4	11,5

SVEALAND

Prestation		64 ton	70 ton	74 ton
Bruttovikt		64	70	74
Tjänstevikt		18	19	20,5
Kran (avställd)		3	3	3
Lastvikt		46,0	50,0	51,5
Medeltransportavstånd, km		100	100	100
Körhastighet, km/tim		60,6	59,4	58,6
Framkörning		5	5	5
Lastning, min		30,0	32,8	34,7
Kran av		01	10	10
Bandning		5	5	5
Mätning/vägning/lossning		15	15	15
Lossningstid, mn		4,4	4,4	4,4
Spilltid, min/lass		5	5	5
Körtid, min		198	202	205
Vändatid, min		273	279	284
Körtid, min, år		213 293	213 293	213 293
Vändor		782	763	751
Vändor , dag		3,3	3,2	3,1
Prestation, år, ton		35 972	38 135	38 692
Mil/år		15 640	15 260	15 020
Medelhastighet, km/tim		44,0	42,9	42
Lastkörning	%	50	50	50
Lassfyllnad	%	100,0	98,00	96,30
Driftprocent		90	90	90
Lastningstid, %	%	11,0	11,7	12,2
ton/tim		10,1	10,7	10,9

NORRLAND

Prestation		64 ton	70 ton	74 ton
Bruttovikt		64	70	74
Tjänstevikt		17	18	19
Kran (avställd)		0	0	0
Lastvikt		47,0	51,0	52,6
Medeltransportavstånd, km		100	100	100
Körhastighet, km/tim		60,6	59,4	58,6
Framkörning		5	5	5
Lastning, min		30,0	32,8	34,7
Kran av		0	0	0
Bandning		5	5	5
Mätning/vägning/lossning		15	15	15
Lossningstid, mn		4,400	4,400	4,4
Spilltid, min/lass		5	5	5
Körtid, min		198	202	205
Vändatid, min		263	269	274
Körtid, min, år		213 293	213 293	213 293
Vändor		812	791	778
Vändor , dag		3,4	3,3	3,2
Prestation, år, ton		38 164	40 350	40 907
Mil/år		16 240	15 820	15 560
Medelhastighet, km/tim		45,7	44,5	44
Lastkörning	%	50	50	50
Lassfyllnad	%	100,0	98,10	95,60
Driftprocent		90	90	90
Lastningstid, %	%	11,4	12,2	12,7
ton/tim		10,7	11,4	11,5

Skatt och försäkring		64 ton	70 ton	74 ton
Fordonsskatt, år		27 000	27 000	27 000
Besiktning		1 500	1 500	1 500
Försäkring		50 000	50 000	50 000
Total skatt och försäkring		78 500	78 500	78 500