

# Energieffektivisering genom utvecklad ersättningsmodell för transportaffärer

Daniel Noreland, Lovisa Engberg Sundström, Oskar Gustavsson, Thomas Parklund



Systemeffektiv logistikplanering kan innefatta perioder av stillestånd, vilket är en utmaning för enskilda åkeriers lönsamhet.

Foto: Daniel Noreland

## Innehåll

<b>Förord</b> .....	<b>3</b>
<b>Sammanfattning</b> .....	<b>4</b>
<b>Summary</b> .....	<b>5</b>
<b>Bakgrund</b> .....	<b>6</b>
Dagens transportaffärer och transportplanering .....	6
Logistikplanerarens dilemma .....	7
Hinder för systemeffektiv transportplanering .....	8
<b>Syfte</b> .....	<b>9</b>
<b>Avgränsningar</b> .....	<b>9</b>
<b>En metod för hantering av planeringsstörande skillnader mellan åkerier</b> .....	<b>10</b>
Två typer av orättvisa .....	10
Utvecklad ersättningsmodell i transportörsledet.....	11
Det företagsekonomiska perspektivet.....	12
Nominell kostnadsberäkning .....	12
<b>Fallstudie av en veckas transporter</b> .....	<b>13</b>
Traditionell och systemeffektiv transportplan .....	13
Planeringsberoende orättvisa i nyckeltal.....	14
Försök med utvecklad ersättningsmodell.....	16
Samtal om förutsättningar för införande .....	18
<b>Diskussion</b> .....	<b>19</b>
<b>Slutsatser</b> .....	<b>20</b>
<b>Referenser</b> .....	<b>20</b>



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

---

Kvalitetsgranskning (Intern peer review) har genomförts den 23 mars 2023 av Maria Iwarsson Wide, Programchef Värdekedjor. Därefter har Magnus Thor, Forskningschef, granskat och godkänt publikationen för publicering den 17 april 2023.

Redaktör: Charlotte Hessulf, charlotte.hessulf@skogforsk.se  
©Skogforsk 2023 ISSN 1404-305X

# Förord

Den här rapporten knyter ihop säcken innehållande arbetspaketen i projektet ”Energieffektivisering genom utvecklad modell för transportaffärer”. Projektet inleddes 2019 och har nu efter många hinder på vägen till slut nått i mål. Leveransförseningar, pandemin, personalomsättning och ett par trafikolyckor är bara några exempel på svårigheter som drabbat projektet – men de har inte hindrat projektmålen från att uppfyllas. Delar av resultaten är i skrivande stund under utrullning i branschen, vilket har gått fortare än vad vi vågade hoppas på när projektet startade. Dessutom har kunskaper och delresultat genererats på vägen, som har visat sig ovärderliga för andra avslutade, pågående och planerade projekt.

Vi vill rikta vårt tack till alla som bidragit till detta projekt med kunskap och utrustning. Biometria, Sveriges Åkeriföretag, Billerud, Västra Svealands Virkesfrakt (VSV), Stora Enso och DalaFrakt har alla bidragit stort till arbetet som presenteras i den här rapporten. Slutligen vill vi tacka Energimyndigheten som finansierat lejonparten av projektet och Mistra Digital Forest som bidragit till finansieringen av rapportskrivandet.

Uppsala, mars 2023

Daniel Noreland

# Sammanfattning

Optimerad användning av fordonsflottan är ett av de viktigaste verktygen för energieffektiva transporter. Ett hinder för verkställande av systemeffektiv ruttplanering i en flotta med flera transportörer är de orättvisor som kan uppstå mellan åkerierna. Denna rapport behandlar hur hinder av detta slag kan undanröjas inom skogsbrukssektorn. Orättvisor av två olika typer har identifierats. Orättvisor som beror på rutter beror på topografiska eller andra fysiska skillnader mellan rutter. Planeringsberoende orättvisor är resultatet av ojämnt kapacitetsutnyttjande. Vi föreslår en affärsmodell där transportersättningen baseras på en prismodell som innehåller faktorer som är relaterade till ruttens egenskaper samt avstånd och lastvikt. Dessutom håller logistikföretaget inne en del av ersättningen och fördelar den mellan transportörerna för att kompensera för planeringsberoende orättvisor. Den föreslagna modellen har testats mot ett verkligt transportfall där 27 lastbilar transporterade 25 000 ton timmer under en vecka. Den uppskattade vinsten för var och en av lastbilarna beräknades och jämfördes med en situation där samma mängd virke levererades men med hjälp av ett verktyg för ruttplanering (RuttOpt). Tillämpning av den föreslagna affärsmodellen ledde till minskade variationer i vinsten mellan transportörerna jämfört med en situation där en traditionell ersättningsmodell tillämpades, vilket gör en annars svårhanterlig systemeffektiv planering genomförbar. Fallet har utvärderats av representanter för två av Sveriges största rundvirkestransportörer och mottogs positivt.

# Summary

Optimised vehicle fleet allocation is one of the most important tools for energy efficient transportation. A hindrance to implementing system-efficient routing in a fleet with multiple hauliers is the inequalities that may appear on vehicle level. This report considers how obstacles of this kind can be circumvented in the forestry sector. The inequalities between different transport missions are identified to be of two kinds, depending on their nature. Route-dependent inequalities relate to the topographical or otherwise physical differences between routes. Planning-dependent inequalities are the result of unequal utilisation of capacity. We propose a business model where transportation remuneration is based on a pricing model that includes factors related to the route characteristics, as well as distance and cargo weight. In addition, a fraction of the remuneration is withheld by the logistics company and redistributed between the hauliers to compensate for planning-dependent inequalities. The proposed model has been evaluated by application on a real roundwood transportation case where, in one week, 27 trucks moved 25 000 tons of timber. The estimated profit for each of the trucks was calculated and compared to a situation where the same amount of wood was transported but where a tool for optimal fleet allocation (RuttOpt) was used. Applying the suggested business model led to reduced variability in profit between the hauliers compared to a situation where a traditional remuneration model was applied, making viable otherwise intractable system-efficient planning. The case has been evaluated by representatives for two of Sweden's largest roundwood transporters, and was received positively.

# Bakgrund

Vägtransporter står för en stor del av skogsbrukets koldioxidutsläpp. Genom effektiv logistik (Malladi & Sowlati 2017) går det att minska antalet fordonskilometer. Nedan ges en detaljerad bild av hur virkestransportaffärer arrangeras idag, och vilka begränsningar detta innebär för en energi- och kostnadseffektiv transportplanering.

## Dagens transportaffärer och transportplanering

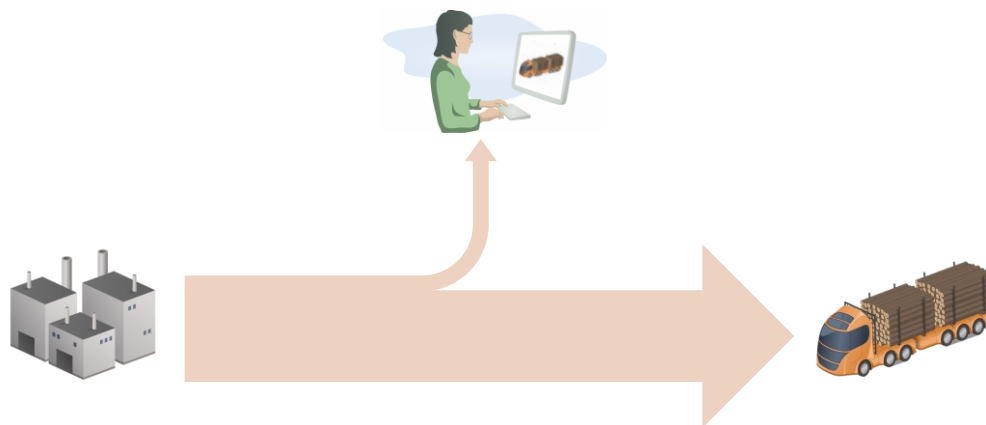
Virkesförsörjningen till svensk skogsindustri står för en åttondel av landets godstransporter på väg (Davidsson m.fl. 2023). Samtidigt utgör den i många avseenden en mer komplex logistisk utmaning än vad många andra branscher möter. De omkring 700 (2021) mottagningsplatserna står för ett i någon mening förutsägbart råvarubehov, men de över 250 000 unika avläggs punkterna varje år representerar en ständigt föränderlig del av systemet. Dessutom varierar transportförutsättningarna med årstiderna och väderleken. Utöver det stora flödet av virke från skog till industri ger de första förädlingsstegen vid industrin upphov till flöden av en mängd biprodukter, framför allt i form av flis. Även om båda dessa typer av flöden är förutsägbara på lång sikt (virke ska från skog till industri, flis ska från industri till industri) är det en svår uppgift att transportplanera så att tillgänglig transportkapacitet används rationellt och mängden tomkörning minimeras.

Normalt arrangeras virkestransporten genom att virkesköparen – oftast ett skogsbolag eller en skogsägarförening – i samband med virkesaffären gentemot en markägare även kontrakterar ett logistikföretag. Logistikföretaget verkar i en begränsad region och har ett antal åkerier anslutna till sig. Tidigare var det vanligt att logistikföretaget hade kontrakt med en unik befraktare, men numera har det ofta flera kunder parallellt. Kontrakten mellan befraktaren och logistikföretaget är vanligtvis formulerade i kvoter som skall uppfyllas månadsvis. På så vis har logistikplaneraren en relativt stor frihet att planera transporter mot bakgrund av tillgängligt virkesutbud (väglager) i skogen, industrins behov och inte minst vägnätets tillgänglighet. Av olika skäl görs mycket av den operativa planeringen ytterst av åkerierna själva, i synnerhet vad gäller rundvirkestransporter.

Logistikföretaget kan vara organiserat på olika sätt. Vanligast är som aktiebolag med anslutna åkerier som underleverantörer eller som medlemsägda företag (kooperativ eller aktiebolag). DalaFrakt AB är ett exempel på det förra, medan VSV Frakt AB är exempel på det senare. Ett fåtal åkerier är så stora att de även fungerar som sitt eget logistikföretag. Exempel på detta är Eklunds Åkeri Moskosel AB med ett femtontal bilar. En organisatorisk ytterlighet utgörs av Södra skogsägarna, som på samma gång är befraktare, logistikföretag och fordonsägare.

Traditionellt används en tariff som prismodell för virkestransporter, som per ton gods består av en fast del och en avståndsberoende del. Till det kommer ofta ett antal avdrag eller tillägg beroende på olika typer av svårighetsfaktorer. Avdragen kan bero på möjlighet att ta returlaster, och typiska svårighetstillägg är kopplade till kuperade geografier eller stor mängd körning på enskild väg. Tidigare uppstod ofta diskussioner om vilket det betalningsgrundande avståndet borde vara, men numera används för de flesta rundvirkestransporter vägvalstjänsten *Krönt Vägval*, som beräknar bästa rutten ur ett flerdisciplinärt perspektiv. Som regel råder transparens i betalningen mellan de två leden befraktare/logistikföretag och logistikföretag/åkeri, i själva verket till den grad att samma modell används av logistikföretaget för både prissättning gentemot befraktare och

ersättning gentemot åkeri. Vanligast är att logistikföretaget fakturerar befraktaren, för att därefter skapa en självfaktura åt åkeriet, som får samma ersättning med avdrag för provision. Detta illustreras i Figur 1.



Figur 1. Den rådande prismodellen för virkestransporter i ledet befraktare/logistikföretag utgör även ersättningsmodell i ledet logistikföretag/åkeri, så när som på ett procentuellt avdrag för provision.

## Logistikplanerarens dilemma

Logistikplaneraren har i praktiken två delvis motstridiga mål att balansera mot varandra.

För det första ska produktionsmålet naturligtvis uppfyllas, och detta bör ske systemeffektivt. I praktiken innebär det en strävan att åstadkomma så liten andel tomkörning som möjligt, men det bör nämnas att målet för systemeffektivitet bottnar i ett mål för ekonomisk lönsamhet. Så länge inte låga utsläpp eller energianvändning i sig själva är del av kunderbudandet (genom att exempelvis erbjuda fossilfria transporter) måste man räkna med att styrningen väsentligen sker utifrån ekonomiska överväganden, och att eventuella miljömässiga effekter snarast kommer som en bonus. I takt med att drivmedelskostnaderna ökar och upptar en allt större del av transportörens kostnads massa minskar dock konflikten mellan kostnadsminskning och energieffektivisering. Att minimera tomkörningen är därmed ofta effektivt ur både energi- och kostnadssynpunkt.

För det andra måste logistikföretaget väga åkeriernas respektive intressen mot varandra. Det enskilda åkeriet vill maximera sin lönsamhet, och den påverkas av faktorer som styrs av logistikplaneraren – beläggning och enskilda transportuppdrags beskaffenhet är de viktigaste av dessa. Den mest systemeffektiva planeringen leder dock inte givet till en jämn beläggning mellan de olika bilarna, vilket kan leda till lönsamhetsmässig orättvisa mellan åkerierna. Företeelser som logistikplaneraren ofta försöker att undvika är stilleståndstid och skev fördelning mellan vad som uppfattas som ”bra” och ”dåliga” transportuppdrag. Exempel på det senare är transporter på vägar av låg standard eller i kuperade geografier, alltså transportuppdrag med hög utförandekostnad. De tidigare nämnda svårighetstilläggen är tänkta att ta hänsyn till sådana variationer mellan uppdragen, men tilläggen är schablonmässiga och har låg träffsäkerhet på ruttnivå. Dessutom är hanteringen av dem arbetskrävande, inte minst vid förhandlingsbordet.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att logistikplaneraren har en svår uppgift att lösa tekniskt och socialt. Planeringen blir en kompromiss mellan systemeffektivitet och

jämlikhet mellan åkerierna, eftersom det är svårt att få acceptans för systemeffektiva planeringar som ger väldigt olika ekonomiskt utfall mellan åkerierna. I stället måste logistikplaneraren göra avkall på den ekonomiska och energimässiga systemeffektiviteten för acceptansens skull. Till det kommer svårigheten att jämföra olika körningar med varandra utifrån bara avstånd och generella geografiska förhållanden.

## Hinder för systemeffektiv transportplanering

Systemeffektiv transportplanering förutsätter någon form av centraliserad styrning som kan minimera den totala tomkörningen. Med centraliserad styrning menas att de transportuppdrag som är aktuella för en planeringsperiod fördelas mellan fordonen och ges en specifik turordning (rutt). Givet transportbehovet och den fordonsflotta som logistikföretaget har till sitt förfogande är detta ett klassiskt resursallokeringsproblem, som behandlas inom den del av matematiken som kallas optimeringslära. Det finns numera stöd för systemeffektiv transportplanering av skogstransporter – exempelvis verktyget *RuttOpt* (Andersson m.fl. 2008) – men dessa har inte fått allmän spridning trots effektiviseringspotentialer i flera avseenden. Störst tycks potentialen vara i södra Sverige där mottagande industrier är fördelade både längs kuster och inland, vilket ger upphov till komplexa råvaruflöden.

Att varken *RuttOpt* eller motsvarande verktyg för systemeffektiv transportplanering slagit igenom brett sedan de lanserades har flera förklaringar.

För det första föreligger rent tekniska hinder som drabbar logistikplanerande organisationer. Även om resursallokeringsproblemen är komplexa är utvecklingen av de matematiska lösningsmetoderna en tämligen mogen bransch. Det som är svårt är att skogsbrukets försörjningskedjor är ständigt föränderliga, till skillnad från många andra av industrins leveranskedjor. Avlägg, transportvägar och sågverkens efterfrågan ändras på veckobasis, vilket gör det svårt att mata in aktuella och tillräckligt korrekta data till de matematiska modellerna bakom centraliserad styrning. Digitaliseringens framsteg de senaste åren har resulterat i nya verktyg för datainsamling, men fortfarande finns utrymme för utveckling av användargränssnitt till *RuttOpt*. Det bör nämnas att det förmodligen är fel att tänka sig att logistikplaneraren inom en snar framtid helt kan ersättas av en robot. Man bör i stället se verktyg för centraliserad planering som ett stöd i ett interaktivt arbete där man hela tiden måste anpassa sig till förändrade förutsättningar i form av maskinhaverier, stopp vid industri, och så vidare. Målet är att avlasta logistikplaneraren och i längden ge effektivare planering än vad som annars vore möjligt. Som vid införande av de flesta nya system räcker det inte med att verktygen i sig är ändamålsenliga, utan de måste oftast infogas i existerande IT-system och etablerade arbetssätt. Drivkrafterna för centraliserad planering bör dock förstärkas i takt med att energikostnaderna, och därmed behovet av systemeffektiv transportplanering, stiger.

För det andra måste systemeffektiv transportplanering få acceptans hos åkerierna. Bara om de ser en vinst för egen del och uppfattar fördelningen av transportuppdrag som rättvis kan man räkna med att det sker. Det förutsätter i sin tur att effektiviseringsvinsterna på något sätt fördelas utifrån de kostnadsförskjutningar planeringen innebär i form av olika transportförutsättningar mellan uppdrag och stilleståndstid för vissa fordon.

Tanken att affärs- och prismodeller har bäring på transportsektorns miljöpåverkan är inte ny (Demir m.fl. 2015). Det mesta av litteraturen behandlar dock problematiken på ett generellt plan, och väldigt lite fokuserar på operativt applicerbara verktyg. När det gäller skogsbrukets transporter, som genom sina tunga lastvikter av ekonomiskt lågvärdigt gods



skiljer ut sig från exempelvis styckegodstransporter, finns knappast något skrivet. Den här rapporten ska förhoppningsvis fylla den kunskapsluckan.

## Syfte

Projektets syfte är att ta fram och utvärdera förslag på en utvecklad ersättningsmodell i transportörsledet, som undanröjer några av de rättviserelaterade hinder som föreligger för att följa en systemeffektiv transportplanering. Ersättningsmodellen inbegriper ett sätt att fördela de effektiviseringsvinster som uppstår. Effektiviseringsvinsterna är ur de inblandade parternas perspektiv ekonomiska, men eftersom den största vinsten med systemeffektiv transportplanering är minskad tomkörning medför det omedelbart en väsentlig energieffektiviseringspotential.

## Avgränsningar

De konkreta resultaten i det här projektet baseras på kalkylmodeller som dels skapats utifrån vedertagna företagsekonomiska principer, dels från storskalig datainhämtning från timmerfordon i drift. Utvärderingen av resultaten görs gentemot en fallstudie; kvantitativt genom jämförelse med utförda transporter och kvalitativt genom intervjuer med representanter från två stora logistikföretag.

Ramen för transportsystemet som det behandlas i detta arbete utgörs av logistikföretaget med sina anslutna fordon. Det antas att logistikföretaget verkar i en region i möjlig konkurrens med andra företag med samma funktion. Fordonsflottan tillhandahålls av ett antal åkerier i en huvudsakligen fast konstellation (men det kan i vissa situationer av låg beläggning finnas utrymme för enskilda bilar att ta externa transportuppdrag). Storleksmässigt innefattar fordonsflottan typiskt från ett dussin upp till ett trettiotal bilar. Logistikföretagets kunder (befraktarna) beställer transporttjänsten månadsvis i form av målkvoter för inkörning till industri. En förteckning över aktuellt väglager finns många gånger tillgängligt i företagens egna system och uppdateras löpande i takt med att gamla väglager töms eller nya uppstår.

Projektets syfte är att skapa ekonomiska incitament till att följa systemeffektiv transportplanering. Sett ur logistikföretagets perspektiv handlar det på en operativ nivå om att utnyttja maskinresurserna optimalt genom lämplig destinerings av fordon (exempelvis så att fordon med CTI används på vägar som är för svaga för andra fordon) men framför allt att planera rutter så att lastkörningsgraden maximeras. På en strategisk nivå ingår till att börja med optimering av själva fordonsflottan (Etezadi & Beasley 1983). Hur många fordon och av vilka slag ska ingå? Med så öppna förutsättningar skapas ett spelteoretiskt problem där stabilitet hos åkerikonstellationen blir central. Alla ingående åkerier måste bidra till effektiviteten, och inget åkeri skulle tjäna på att lämna samarbetet. Utgående från en existerande fordonsflotta skulle det alltså kunna hända att systemeffektiviteten tjänar på att utesluta ett eller flera åkerier ur konstellationen. I det här arbetet ingår inte frågan om flottoptimering. För det första måste varje logistikföretag redan idag hantera den här typen av frågeställningar. För det andra är det inte självklart vilken målfunktion som bör användas. Maximalt resursutnyttjande står i strid med

systemets robusthet, och en viss överkapacitet kan i själva verket behövas för att transportuppdraget ska kunna lösas vid oförutsedda händelser. Det råder av olika skäl en viss tröghet i förändringar av åkarkonstellationen. Det är därför motiverat att – vilket utgör avgränsningen i detta projekt – betrakta fordonsflottan som en relativt oföränderlig faktor.

## En metod för hantering av planeringsstörande skillnader mellan åkerier

I detta avsnitt ges en konceptuell beskrivning av den utvecklade ersättningsmodell som tagits fram för att uppfylla projektets syfte: att undanröja rättviserelaterade hinder för systemeffektiv transportplanering. Den utvecklade ersättningsmodellen ges ett sammanhang, och bland annat sätts den i en företagsekonomisk kontext.

### Två typer av orättvisa

Som beskrivits i rapportens bakgrund råder idag ett 1:1-förhållande mellan logistikföretagets prismodell gentemot befraktaren och ersättningsmodell mot åkerierna; de skiljer sig i princip bara åt genom ett procentuellt avdrag. Med denna statiska och tonkilometerbaserade modell som grund ger systemeffektiv transportplanering upphov till två typer av orättvisa. (Figur 2)

För det första finns en bristande förmåga hos den rådande modellen att fånga till synes liknande transportuppdrags varierande utförandekostnad, härstammande från exempelvis olika andelar körsträcka på vägar av låg standard eller i kuperade geografier. Detta leder till vad som i denna rapport benämns som *ruttberoende orättvisa*. Vid traditionell transportplanering parerar logistikplaneraren den ruttberoende orättvisan genom att se till att ”bra” och ”dåliga” transportuppdrag fördelas jämnt mellan fordonen. Genom införande av en prismodell som bättre tar hänsyn till transportförutsättningarna än den traditionella tonkilometerbaserade modellen skulle logistikplanerarens möjligheter till energieffektiv planering ökas, eftersom mindre hänsyn behöver tas till ruttberoende orättvisa. Ett förslag på en sådan modell har tagits fram i arbetspaketet ”Ersättning efter motstånd” (Rönnqvist m.fl. 2023). Att införa denna eller motsvarande prismodell ligger troligtvis inte långt borta.

En prismodell med bättre överensstämmelse med enskilda transportuppdrags utförandekostnad löser dock inte rättviseproblem relaterade till ojämnt fordonsutnyttjande, vilket här benämns som *planeringsberoende orättvisa*. Som tidigare beskrivits är sådan problematik vanlig vid optimal resursallokering, där maximal systemeffektivitet utgör planeringsmålet. En förutsättning för att kunna ta hänsyn till planeringsberoende orättvisa är att införa separata modeller för pris och ersättning i de två leden befraktare/logistikföretag och logistikföretag/åkeri. En sådan tvådelning syns i princip inte i affären befraktare/logistikföretag, men kan i ledet logistikföretag/åkeri bli mer kontroversiellt. Det är också här som fokus i denna rapport ligger.

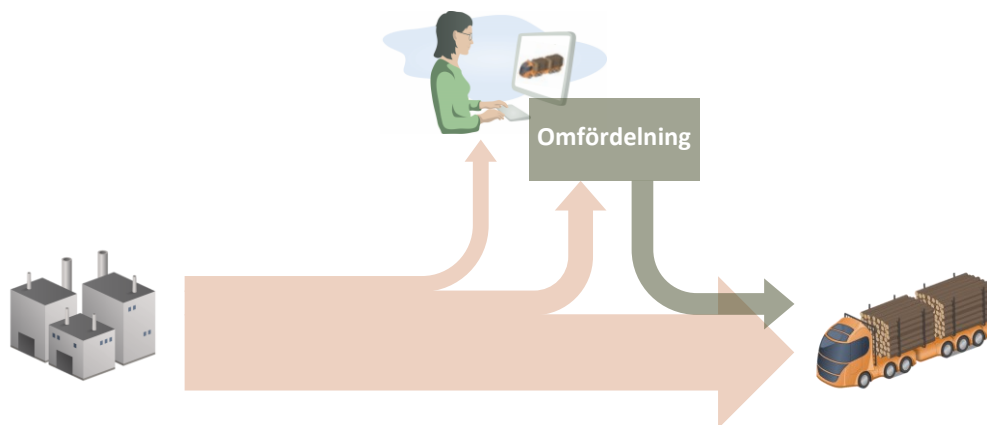


Figur 2. Med rådande modell för transportaffärer ger systemeffektiv transportplanering upphov till två typer av orättvisa. *Ruttberoende orättvisa* uppstår i ledet befraktare/logistikföretag: den tonkilometerbaserade tariffen har en bristande förmåga att fånga skillnader i utförandekostnad mellan enskilda transportuppdrag. *Planeringsberoende orättvisa* uppstår i ledet logistikföretag/åkeri när den systemeffektiva planeringen görs utan särskild hänsyn till jämnt fordonsutnyttjande.

### Utvecklad ersättningsmodell i transportörsledet

Systemeffektiv transportplanering innebär att lösa transportuppdraget så effektivt som möjligt på systemnivå. De effektiviseringsvinster som uppstår bör sedan fördelas på de ingående parterna enligt någon princip som uppfattas som rättvis och kompenserar för de fall planeringen leder till ojämn beläggning (planeringsberoende orättvisa).

I korthet har det inom projektet undersökts olika varianter av en princip där åkerierna i ett första steg *till del* ersätts per transport enligt rådande prismodell i ledet befraktare/logistikföretag. Därutöver sker en fördelning av återstoden av den intäkt som konstellationen genererat för att kompensera för planeringsberoende orättvisa. Denna fördelning gör att transportaffären i praktiken sker i två led med separata pris- och ersättningsmodeller. En illustration ges i Figur 3. Fördelningen görs utifrån skillnad i utvalda nyckeltal som beskriver den planeringsberoende orättvisan. Här är en viktig aspekt att fördelningsnycklarna är meningsfulla och okomplicerade, så att beroenden i ersättningsmodellen som vore svåra att verifiera undviks.



Figur 3. Princip för den utvecklade ersättningsmodellen som undersökts inom projektet. Den utvecklade ersättningsmodellen innefattar en princip för omfördelning av en del av intäkten, med syftet att kompensera för planeringsberoende orättvisa som uppstått i ledet logistikföretag/åkeri.

## Det företagsekonomiska perspektivet

Logistikföretagets relation till åkerierna kan liknas vid ett större företag med avdelningar där internprissättning tillämpas vid företagsinterna transaktioner. Skillnaden är att åkerierna faktiskt utgör separata företag. Det finns olika modeller för internprissättning. *Marknadsprissättning* bygger på att avdelningarna ses som fristående företag verkande i konkurrens med andra aktörer på marknaden. Även om denna syn stämmer med åkeriernas ställning som separata företag skulle marknadsprissättning av enskilda virkestransporter inte fungera i praktiken eftersom transporterna är så många och sker så tätt. En annan princip är att tillämpa *tvåstegspris*, där levererande enhet debiterar ett fast pris för tillhandahållande av sin produktionskapacitet samt ett rörligt pris för faktiskt utförda uppdrag. I det sammanhanget är det väsentligt hur de två priserna beräknas.

Den utvecklade ersättningsmodellen som undersökts inom projektet kan sägas utgöra en blandning av tvåstegspris och en tredje princip för internprissättning: *kostnadsbaserad prissättning*. Den senare använder sig av nominella (förkalkylerade) kostnader, vilket är nödvändigt för att bibehålla åkeriernas incitament till effektivitet i form av ekonomisk körning, val av lämplig fordonsutrustning osv. Varje effektiviseringsvinst ett åkeri gör tillfaller därmed det egna företaget.

## Nominell kostnadsberäkning

En stor del av arbetet i det här projektet har ägnats åt metoder för att beräkna nominella kostnader för skogstransporter, och har utmynnat i två modeller som beskriver den rörliga kostnaden. Indata för kostnadsberäkningen är den aktuella rutten med företeelser längs vägen, som påverkar körtid och drivmedelsåtgång. Företeelserna i fråga är fartbegränsning, gradient, slitlager och så vidare. Dessa hämtas från Nationella vägdatatabasen (NVDB). Modellerna för körtid och drivmedelsåtgång baseras på ett års statistik från 20-talet rundvirkesfordon över hela landet. Utöver vägens egenskaper spelar även fordonen roll. I stort är de fordon som förekommer i Sverige ganska lika varandra, men de punkter där de skiljer sig åt – bruttovikt och förekomst av kran – har en viss inverkan på framför allt drivmedelsekonomin. Som tidigare nämnts bör den nominella kostnaden utgå från den för ändamålet mest lämpliga fordonskonfigurationen. Maximal bruttovikt och antal axlar, bestämda av vägnätets bärighet (tillgång till BK4-vägar) i regionen, är de främsta faktorerna härvidlag. Det kan även vara aktuellt med speciell utrustning i form av exempelvis CTI för vissa, men inte nödvändigtvis alla, fordon i flottan. Motorers cylindervolym och effekt spelar viss roll för förbrukningen, men beroendet går inte minst via förarbeteendet på så vis att hög motoreffekt möjliggör aggressivare körning. De fasta kostnaderna beräknas enligt en modell beskriven i rapporten HCT-kalkyl (Johansson & von Hofsten 2017).

I ett medlemskooperativ måste man komma överens om den lämpligaste maskinella utrustningsnivån. Det kan inledningsvis se ut som en hopplös uppgift, men systemet har i viss mån självreglerande mekanismer. Förespråkar ett åkeri överdrivet höga nominella kostnader (för att exempelvis kunna finansiera exklusiv utrustning – ett delvis rationellt argument för detta kan vara att det krävs för att attrahera bra förare) kommer ju även resten av kollektivet att ersättas enligt denna höga nivå. Omvänt leder underskattade kostnader till lägre ersättning för en själv. Både över- och underskattning utjämnas i den följande vinstfördelningen. Självregleringen motverkas om ett åkeri förutser att det kommer att ha särpräglade transportförutsättningar och propagerar därefter. Exempelvis kan åkeriet ha relativt sett mycket stilleståndstid, i vilket fall det skulle kunna tjäna på hög nominell kapitalkostnad.

Om logistikföretaget är ett vanligt företag kan det i princip diktera vilka nominella kostnader som ska användas. Alternativt kan kostnaderna vara föremål för upphandling gentemot varje åkeri, men då uppstår problem med förutsägbarhet av den fördelbara vinsten.

Avslutningsvis bör understrykas vikten av att den nominella kostnads kalkylatorn har förtroende hos de berörda företagen. Vid en introduktion är det viktigt att klargöra möjligheterna, men också begränsningarna hos en modell grundad på uppskattningar av tid- och drivmedelsåtgång. De senare fångar ett förväntat värde, varifrån variationer ska förväntas även om samma förare skulle köra samma rutt under liknande förutsättningar. Samtidigt bör det finnas ett system för återkoppling och kontinuerlig förbättring. Det bör även finnas en mekanism för att i efterhand ta hänsyn till större oförutsedda händelser utanför transportörens kontroll, exempelvis vägvästängningar eller köer vållade av olyckor.

## Fallstudie av en veckas transporter

En fallstudie har genomförts för att belysa de planeringsberoende rättviseproblem som framträder vid systemeffektiv transportplanering, och för att kunna experimentera med den utvecklade ersättningsmodellen. För att bedöma relevansen för den utvecklade modellen har samtal hållits med branschföreträdare. I detta avsnitt beskrivs fallstudiens och samtalens upplägg och resultat.

### Traditionell och systemeffektiv transportplan

Fallstudien omfattade en veckas transporter utförda av 27 timmerbilar anslutna till logistikföretaget VSV Frakt AB. Transporterna hade utförts i april år 2021. Data över de utförda transporterna inhämtades från Biometria, och verifierades med hjälp av timmerbilförarnas dagboksanteckningar. Data över det väglager som fanns tillgängligt under perioden inhämtades från logistikföretaget. Sammantaget gav detta information om bland annat tillgängliga transportresurser (såsom fordonens lastkapacitet, skiftgång och hemvist), avläggs punkter (såsom volym- och sortimentsinformation) och mottagarpunkter (såsom leveranskrav) under den studerade veckan. Datats omfattning sammanfattas i Tabell 1.

Tabell 1. Insamlat transportdata motsvarande transportbehov och tillgängliga transportresurser under en arbetsvecka.

Antal lastbilar	27
Antal avlägg	286
Antal mottagare	38
Total mängd vid avlägg	111 762 ton
Total efterfrågad mängd	25 000 ton

De faktiskt utförda transporterna är ett resultat av traditionell transportplanering utförd av logistikföretagets transportledare. Utöver att på effektivt sätt uppfylla

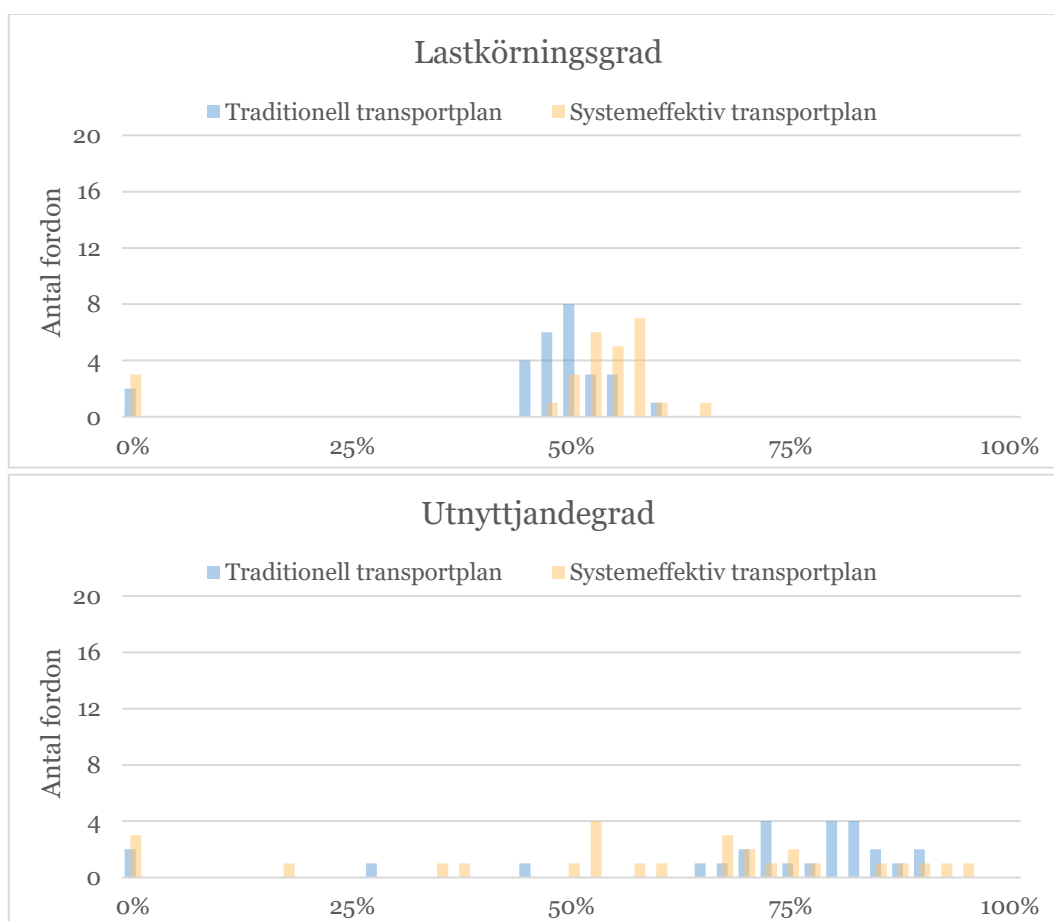
transportåtagandet gentemot befraktaren, var ett av planeringsmålen sannolikt att skapa en transportplan som accepteras av åkarna genom att parera såväl den rutt- som planeringsberoende orättvisa som rådande prismodell kan ge upphov till.

I denna fallstudie konstruerades en systemeffektiv transportplan under i möjligaste mån samma förutsättningar som de som rådde vid den traditionella transportplaneringen. Detta gjordes genom att bearbeta och importera delar av insamlat data till RuttOpt. Som målfunktion i RuttOpt tillika mått på transportplanens systemeffektivitet valdes det totala transportavståndet (tomkörda sträckor inräknade; samtliga avstånd enligt Krönt Vägval). Som utdata gav RuttOpt detaljerad information om den systemeffektiva transportplan som skapades, däribland last- och tomkörd sträcka och uppskattad tidsåtgång för varje enskilt transportuppdrag. För att automatiskt generera motsvarande detaljer om den traditionellt framtagna transportplanen gjordes ytterligare en RuttOpt-körning med fixerade variabler, så att just de faktiskt utförda transporterna återskapades.

### Planeringsberoende orättvisa i nyckeltal

Ett grundläggande påstående i denna fallstudie är att mindre variation mellan åkeriernas uppskattade ekonomiska resultat i förhållande till kostnad (här benämnt *relativa resultat*) innebär en mer rättvis transportplan. Därför är det intressant att observera spridningen av relativa resultat mellan åkerier, och framför allt att studera hur spridningen förändras mellan traditionell och systemeffektiv transportplanering. Därutöver är det intressant att undersöka om spridningen i relativa resultat går att förklara utifrån nyckeltal med en mer direkt koppling till fordonens planerade beläggning, för att därigenom kunna avgöra om dessa nyckeltal vore meningsfulla att använda i den utvecklade ersättningsmodellen.

Ur den detaljerade informationen från RuttOpt extraherades två nyckeltal för att beskriva den planerade beläggningen av varje enskilt fordon: uppskattad andel utnyttjad tid av fordonets tillgängliga arbetstid ("utnyttjandegrad") och uppskattad andel lastkörd sträcka av fordonets totala körsträcka ("lastkörningsgrad"). Variationen i dessa nyckeltal ökade till viss del vid systemeffektiv transportplanering, vilket framgår i Figur 4 där antalet förekomster av olika nyckeltalsvärden illustreras med histogram. I figuren syns en något större spridning i både lastkörningsgrad och utnyttjandegrad för den systemeffektiva transportplanen.



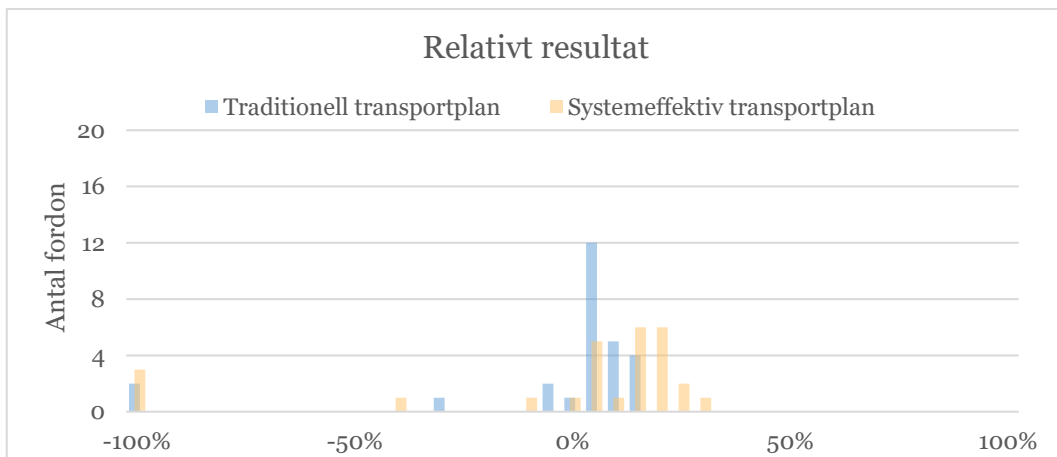
Figur 4. Histogram över lastkörningsgrad och utnyttjandegrad uppskattade för den traditionellt framtagna respektive den systemeffektiva transportplanen.

Utnyttjandegraden kan förefalla väldigt låg för vissa av fordonen. Detta kan förklaras av att fallstudien gäller en specifik vecka, och att det är troligt att en annan vecka hade givit ett annan fördelning av utnyttjandegraden mellan fordonen. En annan tolkning skulle kunna vara att fordonsflottan egentligen är överdimensionerad, men frågan om sammansättning av fordonsflottan behandlas som tidigare nämnts inte i detta projekt. Ur ett praktiskt perspektiv kan man anta att de mycket lågutnyttjade fordonen i verkligheten utförde andra transporter utanför den aktuella konstellationen i stället för att stå oanvända.

Vidare kunde det i en andra analys konstateras att den systemeffektiva transportplaneringen ledde till ökad variation mellan åkeriernas relativa resultat givet den rådande modellen för pris och ersättning. För varje enskild transport beräknades åkeriernas intäkter enligt den rådande modellen, och nominella kostnader på det sätt som beskrivits i avsnittet "Nominell kostnadsberäkning". Därefter beräknades de 27 fordonens respektive relativa resultat sett över fordonens alla transporter under den studerade veckan enligt sambandet

$$\text{Relativt resultat} = \frac{\sum \text{Intäkt} - \sum \text{Kostnad}}{\sum \text{Kostnad}}$$

Utfallet av beräkningarna illustreras i histogrammen i Figur 5, där en större spridning av relativa resultat kan observeras för den systemeffektiva transportplanen. Här bör nämnas att de mycket låga relativa resultaten ofta sammanfaller med en låg utnyttjandegrad (se Figur 4). Den resulterande låga intäkten leder nämligen till att den fasta delen av kostnaden får särskilt stor negativ inverkan på det relativa resultatet.



Figur 5. Histogram över relativa resultat uppskattade för den traditionellt framtagna respektive den systemeffektiva transportplanen.

En slutsats som kunde dras av dessa initiala resultat var att fordonens lastkörningsgrad och utnyttjandegrad vore meningsfulla att använda som fördelningsnycklar i den utvecklade ersättningsmodellen. Detta eftersom en ökad spridning i dessa nyckeltal sammanföll med en ökad spridning i relativa resultat i jämförelsen mellan traditionell och systemeffektiv transportplanering.

## Försök med utvecklad ersättningsmodell

I fallstudiens experimentella del användes den systemeffektiva transportplanens nyckeltal, intäkter och nominella kostnader till att konkretisera varianter av den utvecklade ersättningsmodellen och påvisa en potential att med hjälp av denna överkomma planeringsberoende orättvisa. Här redovisas resultatet från en (1) variant. På motsvarande sätt som i föregående avsnitt är det här intressant att jämföra spridningen mellan åkeriernas relativa resultat. I detta avsnitt är det dock den rådande respektive den utvecklade ersättningsmodellen som utgör de två skilda förutsättningarna i jämförelsen.

Den utvecklade ersättningsmodellen beskrivs övergripande i avsnittet "Utvecklad ersättningsmodell i transportörsledet". Grundtanken bakom den variant som här redovisas, bestod i att skapa kompensationspotter genom att avsätta procentuella delar av den beräknade intäkten i ledet befraftare/logistikföretag (efter provision till logistikföretaget). Kompensationspottorna användes därefter i ledet logistikföretag/åkeri för att utjämna ekonomiska effekter av ojämn beläggning.

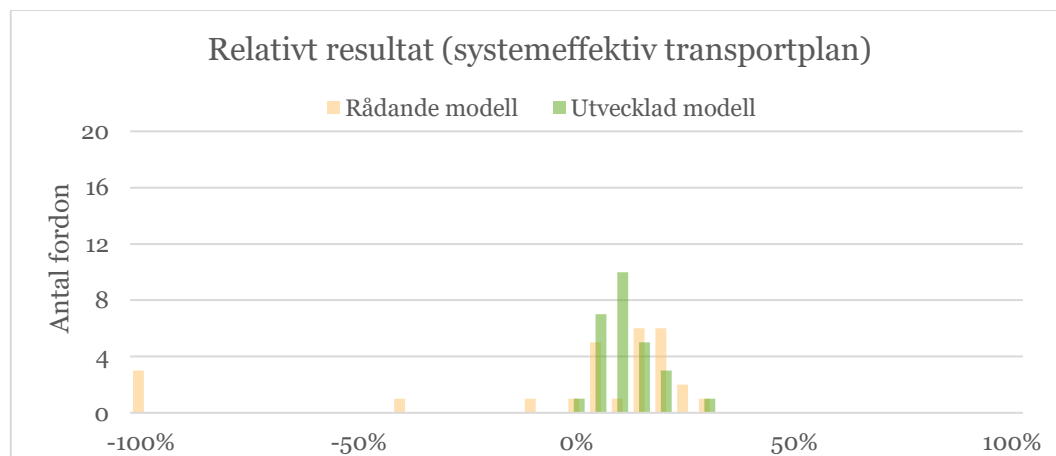


Med stöd i slutsatsen gällande meningsfulla fördelningsnycklar som presenteras i föregående avsnitt skapades två kompensationspottar. Den första avsåg ersättning för ojämn utnyttjandegrad och fördelades på fordonen efter deras respektive andel av den sammanlagda utnyttjade arbetstiden. Den andra avsåg ersättning för ojämn lastkörningsgrad och fördelades efter fordonens respektive andel av den sammanlagda tomkörda sträckan. En relativt stor utnyttjad arbetstid eller lång tomkörd sträcka (relativt övriga fordon) skulle därmed medge en större del av respektive kompensationspott.

Enligt den utvecklade ersättningsmodellen gavs ersättningen till varje åkeri av sambandet

$$\text{Ersättning} = (100 - X_1 - X_2)\% \text{ av Intäkt} + \frac{\text{Outnyttjad tid}}{\sum \text{Outnyttjad tid}} P_1 + \frac{\text{Tomkörd sträcka}}{\sum \text{Tomkörd sträcka}} P_2$$

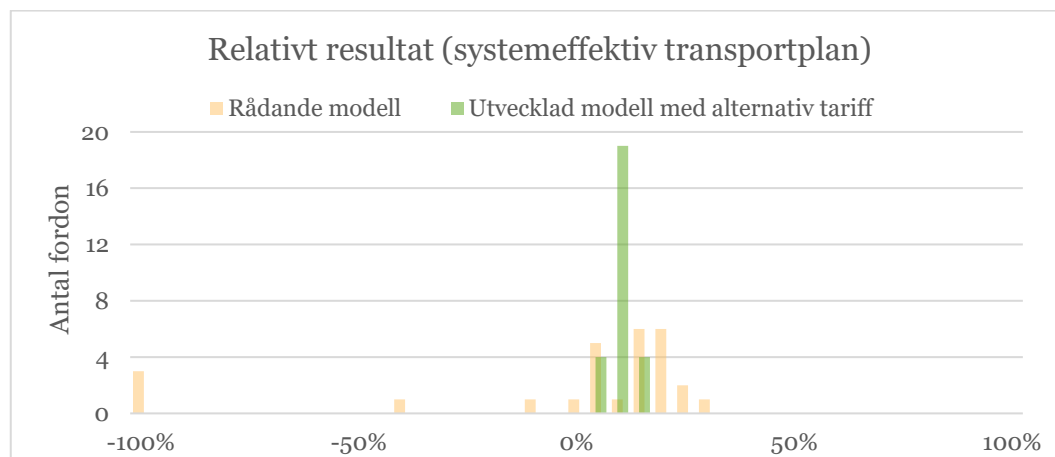
där  $P_1$  och  $P_2$  är de två kompensationspottarna med tillhörande procentuella ”skattesatser”  $X_1$  och  $X_2$ . Ersättningarna enligt denna modell beräknades för de 27 fordonen. Därefter jämfördes variationen i fordonens relativa resultat med den som föll ut från den rådande prismodellen, och det kunde konstateras att spridningen minskade märkbart redan för relativt små skattesatser. I Figur 6 illustreras de relativa resultaten med skattesatser på 8 och 5 %.



Figur 6. Histogram över relativa resultat uppskattade baserat på rådande respektive utvecklad modell för transportaffärer. Med den utvecklade modellen ersattes fordonen för lågt fordonsutnyttjande ur gemensamma kompensationspottar. I det redovisade fallet avsattes totalt 13 % av intäkten till kompensationspottarna.

I en än mer experimentell anda byttes den tariff som ligger till grund för intäktsberäkningen i ledet befraktare/logistikföretag. Syftet var att undersöka helhetseffekten av att komma åt även den ruttberoende orättvisan som den rådande tonkilometerbaserade tariffen anses orsaka. Här skapades inte någon formel, utan de alternativa intäkterna beräknades för de 27 fordonen genom att simulera en tariff där olika transportförutsättningar fångas i en tid- och bränsleåtgångskomponent såsom föreslagits i arbetspaketet ”Ersättning efter motstånd”. Intäkterna normerades så att fordonsflottans totala intäkt sammanföll med den som rådande tariff gav. Genom att återigen göra en jämförelse av relativa resultat kunde det konstateras att variationen

mellan fordon minskade ytterligare (Figur 7) när den utvecklade ersättningsmodellen kombinerades med en tid- och bränsleberoende tariff som grund för intäktsberäkningen.



Figur 7. Histogram över relativa resultat uppskattade baserat på rådande modell respektive utvecklad modell med tid- och bränsleberoende tariff för intäktsberäkning i ledet befraftare/logistikföretag.

## Samtal om förutsättningar för införande

Under projektets gång har frågan om hur en utvecklad ersättningsmodell kan tas emot varit en ständig följeslagare. Därför har ämnet diskuterats i alla kontakter med branschföreträdare (bland annat logistikföretag, befraftare och enskilda åkerier). I dessa samtal framgick att de förändringar av ersättningsmodellen i ledet logistikföretag/åkeri som undersökts i projektet är tänkbare åtgärder för att kompensera för ojämnt fordonsutnyttjande. För flistransporter används i själva verket redan enklare metoder för att omfördela resultat vid oacceptabelt stora variationer i beläggning eller transportförutsättningar. Här snarast välkomnar branschföreträdarna ett mer strukturellt och transparent hanteringssätt så som föreslagits i denna rapport.

Med goda förutsättningar för införande av den utvecklade ersättningsmodellen är planeringsberoende orättvisa inte längre ett hinder för införande av systemeffektiv transportplanering. Däremot kvarstår ett förändrings- och implementeringsarbete för att övergå till den centraliserade styrning (optimal resursallokering) som krävs för att uppnå de högre nivåerna av systemeffektivitet. För flistransporter, som redan idag styrs på ett centraliserat sätt, skulle det sannolikt redan från start finnas en stor acceptans för systemeffektiv transportplanering. Befintliga arbetssätt kan användas och det som behöver utvecklas vore i huvudsak metoder och funktioner för omfördelningen av intäkter.

En större utmaning kan väntas för rundvirkestransporter, där en stor del av planeringsansvaret idag ligger på de enskilda åkerierna och chaufförerna. Så är fallet både för att rundvirkesflödet är mer komplext och för att informationen kring transportererna oftare och i högre grad är opålitlig – dagens planeringssystem anses inte medge tillräckligt tillförlitliga transportplaner. Utöver ett omfattande implementeringsarbete för att ändra arbetssätt, skulle det därför även krävas utveckling av de tillgängliga planeringssystemen för att öka deras trovärdighet.

# Diskussion

Den här rapporten är en syntes av delpaketet i huvudprojektet *Energieffektivisering genom utvecklad modell för transportaffärer*. Projektet utgick från antagandet att systemeffektiv transportplanering – vars effektiviseringspotential tidigare visats – går att genomföra, men att den centraliserade planen innebär så stora olägenheter för de utförande åkerierna att det är svårt att få gehör för planen. Hinder i form av orättvisa av två typer har observerats: ruttberoende och planeringsberoende, varav den senare har behandlats i denna rapport och här föreslagits åtgärdas genom införande av en utvecklad ersättningsmodell i ledet logistikföretag/åkeri. Den ruttberoende orättvisan kan hanteras i ledet logistikföretag/åkeri, men det ligger nära till hands att redan i befрактарledet introducera en prismodell av typen ”Ersättning efter motstånd”. Det antogs inledningsvis att den planeringsberoende orättvisan och en hantering av den via ett omfördelningssystem mellan åkerierna skulle vara den mest kontroversiella delen. Det visade sig dock att ett embryo till ett sådant system redan idag används för flistransporter i ett par medlemsägda logistikföretag. Det borgar för att utsikterna att på kort sikt få acceptans för det omfördelningssystem som föreslås i detta arbete är goda, åtminstone i det aktuella åkarkollektivet.

Vid bedömning av resultatet från fallstudien ska man ha i åtanke att den representerar en begränsad tidsperiod, och att det beroende på hur RuttOpt är konstruerat inte är identiskt samma transportuppdrag som utförs. Det är en naturlig konsekvens av hur indata ges i form av väglagar, kvoter och målet att minimera tomkörning. Önskvärt hade varit att göra studien över en längre tid för att jämma ut ändefferter, men arbetet med att ställa upp optimeringsproblemet visade sig för tidsödande. Resultatet representerar alltså inte nödvändigtvis en genomsnittsbild, men det var heller inte nödvändigt för att kunna utvärdera resultatet efter presentation för logistikföretagen; syftet var ju att fånga upp reaktioner på någon relativt ”skev” planering och tillhörande ersättningsnivåer. Däremot är det relevant att diskutera hur representativ en bild baserad på två logistikföretag är. Även om varje företag representerades av flera personer kan de tänkas påverka varandras reaktioner genom företagskultur, varandras närvaro under mötena, och så vidare.

En grundläggande egenskap hos systemeffektiv transportplanering med stora inslag av returtransporter och potentiellt med ett flertal kunder, är att den tomkörning som nödvändigtvis sker inte naturligt kan hänföras till specifika transporter. Detta är en av anledningarna till att införa ett system med en kompensationspott för omkostnader. Samma typ av problem uppstår vid miljöredovisning av transporter. Det är i princip lätt att säga hur många liter drivmedel som går åt för att transportera virket från A till B, men en relevant miljöredovisning kräver även fördelning av utsläpp orsakade av tomkörning. En modell för hur detta görs skulle kunna baseras på de verktyg och idéer som presenterats i detta projekt.

Villkoren för systemeffektiv logistikplanering skiljer sig mellan de olika organisationsformerna. I de fall logistikcentralen äger sina fordon finns inte kravet på jämlik lönsamhet mellan dem. För ett bolag med anslutna åkerier finns i princip ingen intressekonflikt i styrningen i och med att åkeriägarna måste rätta sig efter uppdragsgivarens direktiv. På sikt finns dock risken att åkerier som känner sig missgynnade lämnar konstellationen, varför rättviseaspekten mellan åkerierna i praktiken ändå kommer in som ett bivillkor i logistikplaneringen. Medlemsägda företag, slutligen, har en inbyggd motsättning genom att logistikföretagets lönsamhetskrav i viss mån ställs mot medlemmens (åkeriets) egna lönsamhetskrav (Jensen & Meckling 1976).

# Slutsatser

Fallstudien visar att man med hjälp av en prismodell av typen "Ersättning efter motstånd" samt en kompensationspott på drygt 10 procent av bruttot från befraktaren, markant kunde minska variationer i lönsamhet mellan de ingående åkerierna. Detta avser lönsamhetsskillnader som ligger utanför åkeriernas egen kontroll.

Erfarenheterna från fallstudien med optimeringen enligt RuttOpt och branschens reaktioner talar starkt för att det största hindret för systemeffektiv planering av rundvirkestransporter inte längre är affärsmodellerna, utan de tekniska svårigheterna att samla in data och ta fram en systemeffektiv transportplan. Rundvirkestransporterna görs utifrån en flyktig och ständigt föränderlig bild, vilket gör det svårt att behålla aktualitet i planen. För flistransporter är läget ett annat. Här ser branschen goda möjligheter till systemeffektiv planering. Inför framtiden bör ansträngningar läggas på att hitta praktiska lösningar för centraliserad planering av rundvirkestransporter. Den digitala transformationen bidrar till ökade möjligheter till lösning av detta angelägna problem.

# Referenser

Andersson, G., Flisberg, P., Lidén, B. & Rönnqvist, M. 2008. RuttOpt - A decision support system for routing of logging trucks. *Canadian Journal of Forest Research* 38(7): 1784-1796.

Davidsson, A., Gustavsson, O. & Parklund, T. 2023. Skogsbrukets vägtransporter 2020. Arbetsrapport 1142-2023, Skogforsk. 37 sid.

Demir, E., Huang, Y., Scholts, S. & van Woensel, T. 2015. A selected review on the negative externalities of the freight transportation: Modeling and pricing. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review* 77: 95-114.

Etezadi, T. & Beasley, J.E. 1983. Vehicle fleet composition. *Journal of the Operational Research Society* 34(1): 87-91.

Jensen, M.C. & Meckling, W.H. 1976. Theory of the firm: Managerial behavior, agency costs and ownership structure. *Journal of Financial Economics* 3(4): 305-360.

Johansson, F. & von Hofsten, H. 2017. HCT-kalkyl - en interaktiv kalkylmodell för att jämföra lastbilsstorlekar. Arbetsrapport 950-2017, Skogforsk. 30 sid.

Malladi, K.T. & Sowlati, T. 2017. Optimization of operational level transportation planning in forestry: a review. *International Journal of Forest Engineering* 28(3): 198-210.

Rönnqvist, M., Flisberg, P., Svenson, G. & Noreland, D. 2023. An enhanced price model for truck transportation - a case study in Swedish forestry. Manuskript.