

Bioenergiaterminaalin hankintaketjujen kannattavuus eri kuljetusetäisyyksillä ja -volyymeilla

Tuomas Hakonen
Seinäjoen ammattikorkeakoulu, Elintarvike ja maatalous
Kalevankatu 35, 60100 Seinäjoki
tuomas.hakonen@seamk.fi

TIIVISTELMÄ

Hakkeen käyttömäärien kasvu tarjoaa lisää työtä erityisesti maaseutualueille energiapuun korjuuseen ja kuljetukseen. Käyttömäärien kasvu myös väistämättä pidentää hankintaketjuja. Muuttuvassa tilanteessa on tarpeen tarkastella niitä raja-arvoja, joilla eri hankintaketjut ovat kannattavia.

Työssä selvitettiin kuljetusmatkan ja -volyymien vaikutusta energiapuun hankintaketjujen kannattavuuteen. Näitä tekijöitä tarkasteltiin yhtäaikaaisesti. Vertailtavana oli neljä karsitun rangan hankintaketjua. Kolme hankintaketjuista kulki bioenergiaterminaalin kautta ja näiden kustannuksia verrattiin yleisimmin käytettyyn tienvarsihaketukseen ja suoraan autokuljetukseen perustuvaan ketjuun. Ketjujen kustannuksia tarkasteltiin bioenergiaterminaalin omistajan näkökulmasta. Muut ketjun osat olivat alihankkijoiden hallussa.

Tutkimuksessa hyödynnettiin simulointimenetelmää. Kaikille neljälle vertailtavalle hankintaketjulle tehtiin oma simulointimallinsa. Simulointimalleja ajettiin erilaisilla kuljetusmatkan ja -volyymien lähtöarvoilla ja näin saatuja tuloksia verrattiin toisiinsa. Simulointimalleissa käytetyt kustannus- ja kapasiteettitekijät saatiin alan toimijoilta ja aiemmista tutkimuksista. Kustannus- ja kapasiteettitekijöiden valinnassa pyrittiin siihen, että ne edustaisivat mahdollisimman hyvin nykyisin kentällä vallitsevaa tilannetta. Tutkimuksessa vakioitiin hallintokustannukset ja voittomarginaali tietyille tasolle kokonaiskustannuksista. Näin päästiin paremmin tarkastelemaan hankintaketjujen kilpailukykyä potentiaalia.

Millään tutkimuksessa tarkastellulla kuljetusetäisyydellä ja -volyymilla terminaalin kautta kulkeva autokuljetusketju ei pärjännyt kustannustehokkuudessa tienvarsihaketukseen ja suoraan autokuljetukseen pohjautuvalle ketjulle. Rautatiekuljetukset terminaalista olivat suoraa autokuljetusta kannattavampia lyhimmillään jo 70 km etäisyydellä. Tähän vaadittiin 15000 m³/kk volyymia ja suoraa kuljetusta lämpölaitokselle. Tulokset antavat viitteitä siitä, että rautatiekuljetusten voittomarginaalit ja/tai hallintokustannusosuudet ovat osin suurempia kuin autokuljetuksissa. Toisaalta pidemmällä alkukuljetusmatkalla ja rautatiekuljetuksella, jossa loppukuljetus hoidetaan autolla, tulokset asettuvat lähellä aiempien tutkimusten 150 km kannattavuusrajaa. Rautateiden tavarakuljetusten kilpailun vapautuminen ajanee ennen pitkää myös käytännön kilpailukykyä lähemmäs tämän tutkimuksen tuloksia.

Tulokset soveltuvat yleisen tarkastelun pohjaksi, kun arvioidaan tarkastelun kohteena olleiden hankintaketjujen kannattavuutta eri kuljetusetäisyyksillä ja -volyymeilla. Koska tarkastelu on tehty terminaalin omistajan näkökulmasta, on näiden tulosten pohjalta mahdollista arvioida terminaalin perustamisen järkevyyttä. Kustannukset vaihtelevat kuitenkin eri tilanteissa ja tästä syystä on tärkeää perehtyä tämän tutkimuksen aineistona käytettyihin kustannus- ja kapasiteettitekijöihin, ennen kuin soveltaa tutkimustuloksia uuteen tilanteeseen.

Asiasanat: energiapuu, ranka, rautatiekuljetus, simulointi

Johdanto

Bioenergian käyttömääriä pyritään nostamaan kasvihuonekaasupäästöjen vähentämiseksi (Ympäristöministeriö 2008: 27 – 32). Suurin osa käytön lisäyksestä on tarkoitus kattaa metsästä peräisin olevalla energialla (Työ- ja elinkeinoministeriö 2010: 7). Kasvatavat volyymit ja pidentyvät metsäenergian kuljetusmatkat mahdollistavat ja jopa edellyttävät keskitettyjen tuotantoratkaisujen hyödyntämistä. Keskitetyn ratkaisun haketukseen ja varastointiin tarjoaa bioenergiaterminaali. Merkittäviä tekijöitä bioenergiaterminaalitoiminnan kannattavuudelle ovat kuljetusetäisyydet terminaaliin ja terminaalista sekä terminaalin läpi kulkevan bioenergian volyymit (Iikkanen & Siren 2005: 58, Laitila & Väättäinen 2011: 120 – 121, Tahvanainen & Anttila 2011: 3368).

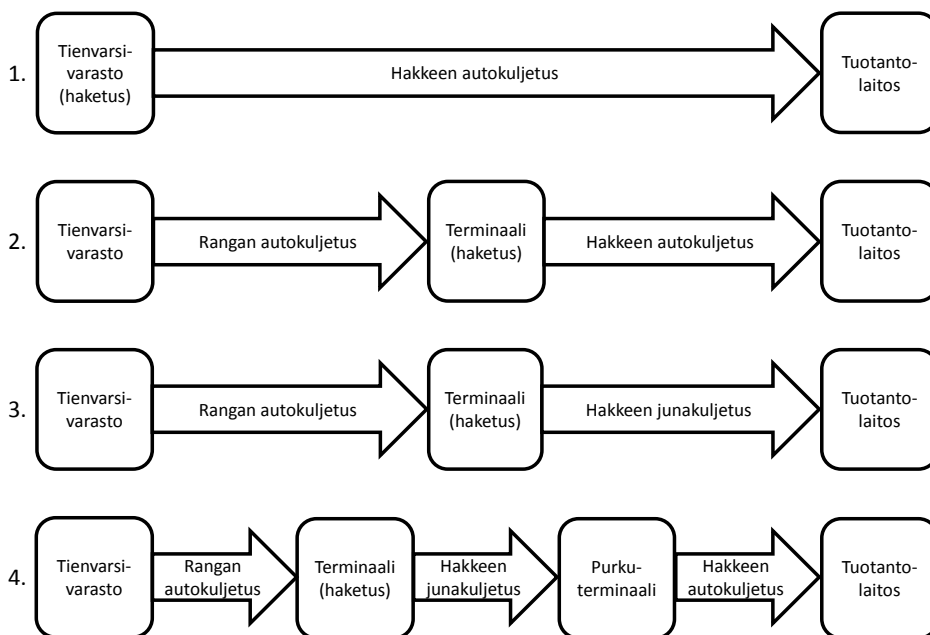
Nykyään yleisimmin käytetty metsäenergian hankintaketju perustuu metsäteiden varressa varastointiin ja haketukseen (Strandström 2012: 12). Bioenergiaterminaalin kautta kulkevien hankintaketjujen kannattavuutta arvioitaessa vertailua tulee tehdä ensisijaisesti tämän ketjun kustannuksiin.

Pidentyvät kuljetusmatkat mahdollistavat tulevaisuudessa todennäköisesti myös aiempaa laajamittaisemman rautateiden käytön bioenergian kuljetuksiin. Bioenergiaterminaalitoimintaan voidaan sujuvasti yhdistää junien kuormaus.

Tutkimuksessa verrataan neljän erilaisen energiapuun hankintaketjun kannattavuutta toisiinsa simulointimenetelmää hyödyntäen. Tavoitteena on selvittää hankintaketjujen välinen kannattavuus eri kuljetusetäisyyksillä ja -volyymeilla.

Aineisto ja menetelmät

Aineistona käytettiin tietoja energiapuun hankintaketjujen rakenteesta, toiminnasta ja kustannuksista. Energiapuun hankintaketjuja on kuvattu useissa aiemmissa tutkimuksissa (esim. Hakkila 2006 ja Ryymin ym. 2008). Tässä tutkimuksessa keskityttiin karsitun rangan hankintaketjuihin. Hankintaketjujen kustannuksia selvitettiin aiemman tutkimustiedon ja alan toimijoille tehtyjen kyselyiden avulla.



Kuva 1. Vertailtavat hankintaketjut.

Tutkimuksessa vertailtavat hankintaketjut on esitetty kuvassa 1. Ensimmäinen hankintaketju muodostettiin yleisimmin käytetyn eli tienvarsihaketuksen perustuvan rangan hankintaketjun mukaan. Toisessa hankintaketjussa ranka kuljetettiin sellaisenaan terminaaliin, jossa se haketettiin ja kuljetettiin hakeautolla suoraan käyttökohteelle. Kolmas hankintaketju oli muilta osin yhtenevä toisen hankintaketjun kanssa, mutta tässä vaihtoehdossa hake kuljetettiin terminaalista käyttökohteelle junalla. Neljäs hankintaketju poikkesi kolmannesta hankintaketjusta siten, että juna purettiin erillisessä purkuterminaalista, josta hake kuljetettiin hakeautolla käyttökohteelle. Hankintaketjujen kustannusten laskennassa käytetyt lukuarvot on esitetty taulukossa 1.

Taulukko 1. Kustannusten laskennassa käytetyt lukuarvot.

1. Työkustannukset		2.1.3 Liikennöimismaksut	
1.1 Palkat			
Ranka- ja hakeautonkuljettaja	14 €/h	Ranka- ja hakeauton liikennöimismaksut	1800 €/vuosi
Haketyöntekijä	14 €/h	Hakkurin liikennöimismaksut	1800 €/vuosi
Pyöräkuormaajankuljettaja	14 €/h	2.2 Muuttuvat kustannukset	
Veturinkuljettaja	20 €/h	2.2.1 Polttoainekustannukset	
Välilliset palkkakustannukset	+ 68 % palkkakustannuksiin	Ranka- ja hakeauton polttoaineen kulutus tyhjänäajossa	59,928*ajomatka ^{-0,0857} l/100 km
2. Kuljetuskaluston ja terminaalin kustannukset		Ranka- ja hakeauton sekä hakkurin polttoaineen kulutus kuormattuna	83,445*ajomatka ^{-0,0587} l/100km
2.1 Kiinteät kustannukset		Junan polttoaineen kulutus	3 l/1000 btkm
2.1.1 Pääomakustannukset		Ranka- ja hakeautojen pysähdysten aikainen polttoaineen kulutus	8 l/kuorma
Ranka-auton hankintahinta	330 000 €	Pyöräkuormaajan polttoaineen kulutus	18 l/käyttötunti
Hakeauton hankintahinta	300 000 €	Hakkurin polttoaineen kulutus	
Ranka- ja hakeauton pitoaika	4,5 v	- terminaali	0,4 l/i-m ³
Ranka- ja hakeauton arvonaleneminen	25 %/vuosi	- tienvarsi	0,5 l/i-m ³
Veturin hankintahinta	3,5 milj. €	Polttoöljyn hinta (alv:ton)	0,9 €/l
Veturin pitoaika	25 v	Dieselin hinta (alv:ton)	1,1 €/l
Veturin arvonaleneminen	18 %/vuosi	2.2.2 Korjaus-, huolto- ja tarvikkeekustannukset	
Hakevaunun hankintahinta	150 000 €	Ranka- ja hakeauton huolto- ja ylläpitokustannukset	0,2 €/km
Hakevaunun pitoaika	30 v	Veturin huolto- ja ylläpitokustannukset	22,5 €/käyttötunti
Hakevaunun arvonaleneminen	18 %/vuosi	Hakevaunun huolto- ja ylläpitokustannukset	3000 €/vuosi
Pyöräkuormaajan hankintahinta	210 000 €	Pyöräkuormaajan huolto- ja ylläpitokustannukset	5000 €/vuosi
Pyöräkuormaajan pitoaika	20 v	Hakkurin huolto- ja ylläpitokustannukset	
Pyöräkuormaajan arvonaleneminen	20 %/vuosi	- terminaali	0,2 €/i-m ³
Hakkurin hankintahinta		- tienvarsi	0,25 €/i-m ³
- terminaali	700 000 €	Hakkurin teräkustannukset	
- tienvarsi	500 000 €	- terminaali	0,2 €/i-m ³
Hakkurin pitoaika	5 v	- tienvarsi	0,25 €/i-m ³
Hakkurin arvonaleneminen	18 %/vuosi	Terminaalin ylläpitokustannukset	4000 €/vuosi
Rangan hinta tienvarressa	25 €/m ³	3. Kuljetusorganisaation kustannukset	
Terminaalin perustamiskustannukset	100 €/m ²	Organisaatio- ja hallintokustannukset yhteensä	4 % kokonaiskustannuksista
Terminaalirautatien rakentamiskustannukset	1,18 milj. €	4. Väyläkustannukset	
Terminaalin käyttöaika	30 v	Ratamaksut (perusmaksu+ratavero)	0,00235 €/btkm
Pääoman korko	4 %	5. Toimintaylijäämä	
Käyttötunnit		Toimintaylijäämä yhteensä	5 % kokonaiskustannuksista
- hakeauto	2600 h/vuosi		
- ranka-auto	2600 h/vuosi		
- pyöräkuormaaja	1200 h/vuosi		
- juna	2600 h/vuosi		
2.1.2 Vakuutusmaksut			
Ranka- ja hakeauton vakuutusmaksut	4500 €/vuosi		
Veturin ja vaunujen vakuutusmaksut yht.	40000 €/vuosi		
Pyöräkuormaajan vakuutusmaksut	750 €/vuosi		
Hakkurin vakuutusmaksut	10000 €/vuosi		

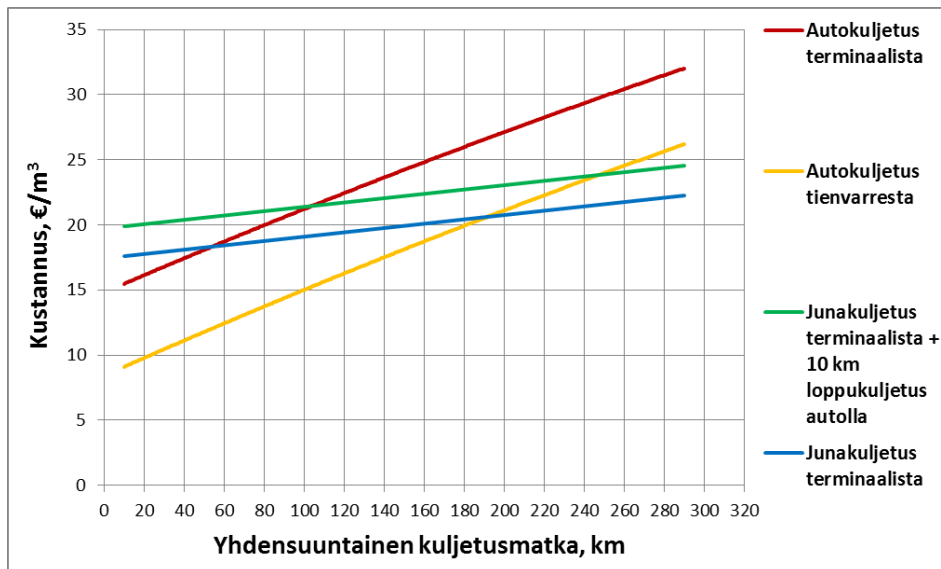
Tutkimusmenetelmänä käytettiin diskreettiä tapahtumasimulointia. Jokaiselle tutkitulle hankintaketjulle tehtiin oma simulointimallinsa. Simulointiin käytettiin Vensim PLE -ohjelmaa.

Simulointimalli jäljittelee todellista hankintaketjua aika-, kustannus- ja kapasiteettitietoineen. Simuloimalla voidaan tehokkaasti tarkastella monimutkaisten, muuttuvien ja toisiinsa kytkeytyneiden prosessien toimintaa. Simulointi myös mahdollistaa monia muita menetelmiä paremmin ajan ja ajasta johtuvien kustannustekijöiden huomioonottamisen (Harrington & Tumay 2000: 2).

Tulokset ja tarkastelu

Tuloksissa on tarkasteltu hankintaketjujen kannattavuutta eri kuljetusetäisyyksillä volyymeilla 5000 m³/kk ja 15000 m³/kk. Volyymilla tarkoitetaan hankintaketjun läpi kuukaudessa kulkevaa karsitun rangan määrää kiintokuutioina.

Kuvassa 2 on esitetty kuljetusmatkan vaikutus hankintaketjujen kustannuksiin volyymilla 5000 m³/kk alkukuljetusmatkan terminaaliin ollessa 10 km. Alkuljetusmatka lasketaan kuvassa esitetyn kuljetusmatkan päälle. Myös junakuljetuksen loppukuljetuksena tehtävä autokuljetus lasketaan esitetyn kuljetusmatkan päälle. Kuvasta havaitaan, että junakuljetus terminaalista muuttuu tienvarsihakeutukseen ja suoraan autokuljetukseen perustuvaa hankintaketjua (autokuljetus tienvarresta) kannattavammaksi noin 190 km kohdalla. Verrattaessa suoraa autokuljetusta junakuljetukseen, jossa loppukuljetus (10 km) hoidetaan autolla, on kannattavuusraja noin 250 km. Autokuljetus terminaalista ei ole millään etäisyydellä kannattavampaa kuin suora autokuljetus.

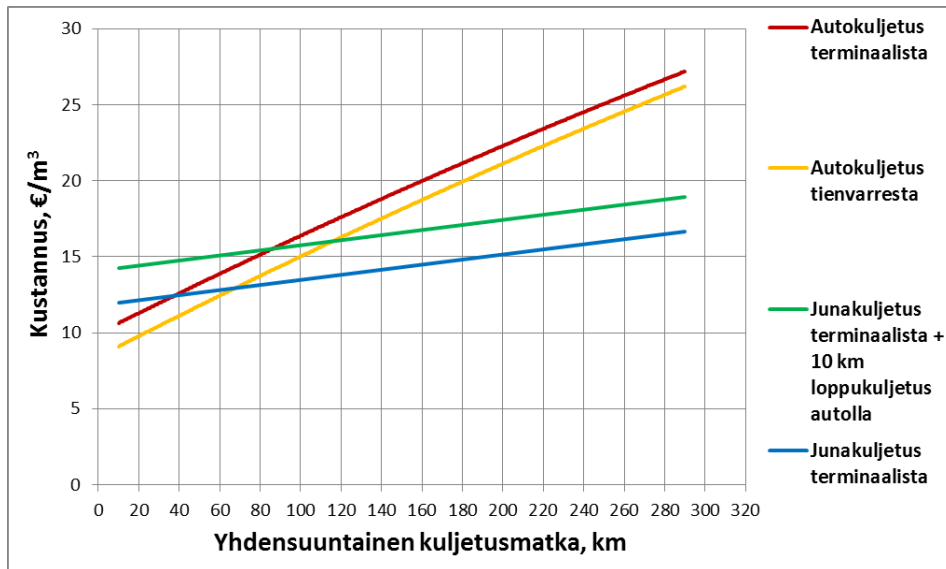


Kuva 2. Kuljetusmatkan vaikutus hankintaketjujen kustannuksiin volyymilla 5000 m³/kk ja 10 km alkukuljetusmatkalla terminaaliin (alku- ja loppukuljetusmatka lasketaan yhdensuuntaisen kuljetusmatkan päälle).

Junakuljetuksissa ei näin ollen vielä volyymilla 5000 m³/kk päästä aiemmissa tutkimuksissa (Enström 2009: 4, Pihlajamäki & Salo 2010: 41, Tahvanainen & Anttila 2011) havaittuun 150 km kannattavuusrajaan. Verrattuna Laitilan ja Väätäisen (2011: 121) saamiin tuloksiin autokuljetus terminaalista -kuvaaja on kulmakertoimeltaan jonkin verran jyrkempi eli kuljetusetäisyys vaikuttaa kustannuksiin voimakkaammin. Tähän suurin vaikuttava tekijä on todennäköisesti tässä tutkimuksessa käytetty korkeampi polttoaineen hinta ja mahdollisesti myös huolto- ja ylläpitokustannukset on tässä tutkimuksessa arvioitu korkeammiksi. Lyhyillä etäisyyksillä kustannukset ovat lähellä toisiaan, kun Laitilan ja Väätäisen (2011) tuloksista vähennetään korjuun ja metsäkuljetuksen kustannukset.

Tahvanaisen ja Anttilan (2011: 3368) tutkimuksessa junakuljetukset eivät kokopuulla reagoi yhtä voimakkaasti kuljetusetäisyyden kasvuun kuin rangalla tässä tutkimuksessa. Tätäkin selittänee tässä tutkimuksessa käytetyt korkeammat polttoaine- ja huoltokustannukset. Kustannusten taso on tässä tutkimuksessa jo lyhyillä etäisyyksillä (50 km) korkeampi kuin Tahvanaisen ja Anttilan tutkimuksessa. Tämä johtunee siitä, että kuvassa käytetty volyymi on pienempi kuin vertailututkimuksessa.

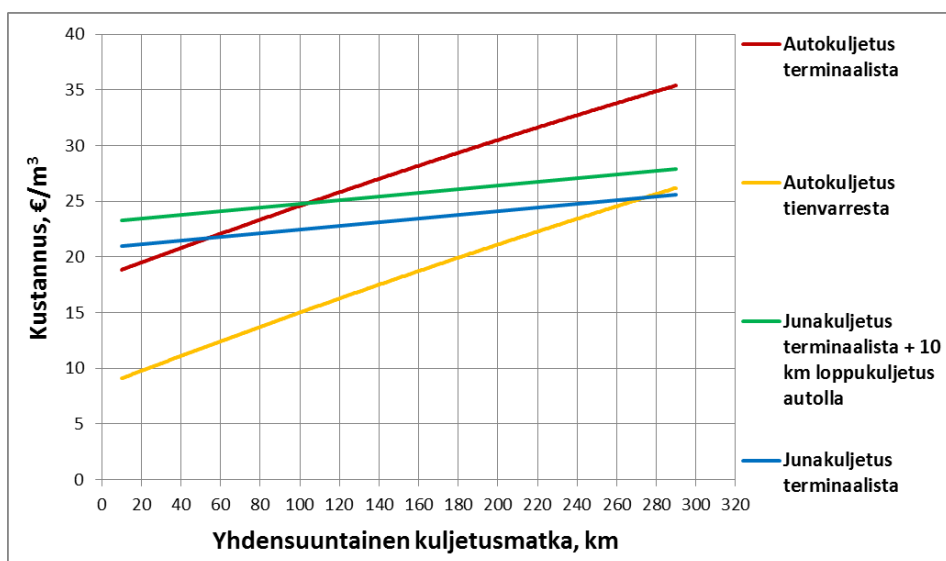
Terminaaliketjuista autokuljetus on kannattavinta 55 km asti, jonka jälkeen junakuljetus muuttuu kannattavammaksi. Autokuljetusten kuvaajien junakuljetusten kuvaajia suuremmat kulmakertoimet osoittavat autokuljetusten kustannusten voimakkaamman riippuvuuden kuljetusetäisyydestä.



Kuva 3. Kuljetusmatkan vaikutus hankintaketjujen kustannuksiin volyymilla 15000 m³/kk ja 10 km alkukuljetusmatkalla terminaaliiin (alku- ja loppukuljetusmatka lasketaan yhdensuuntaisen kuljetusmatkan päälle).

Kuvassa 3 tarkasteltava tilanne on muutoin sama kuin kuvassa 2, mutta nyt kuukaudessa terminaaliiin läpi kulkee 15000 m³ energiapuuta. Havaitaan, että yksikkökustannukset kiintokuutiota kohti laskevat merkittävästi. Keskimäärin tämä lasku on 5 €/m³ luokkaa. Junakuljetus terminaalista on suoraa autokuljetusta kannattavampaa jo noin 70 km kohdalla.

Autokuljetus terminaalista ei edelleenkään pysty kilpailemaan millään tutkituilla etäisyyksillä suoran autokuljetuksen kanssa. Tämä tulos poikkeaa Impolan ja Tiihosen (2011: 36) esittämästä 100 km etäisyydestä, jolla terminaaliiin kautta kulkevien autokuljetusketjujen pitäisi muuttua suoraa autokuljetusta kannattavammaksi. Syynä tähän ovat todennäköisesti tekijät, joita tämän tutkimuksen kustannuslaskenta ei pysty huomioimaan (esim. toimitusvarmuus, odotusajat, tienvarsihaketuksen lisäkustannukset). Terminaaliketjuista autokuljetus säilyy kannattavimpana noin 35 km asti, jonka jälkeen junakuljetuksen kustannukset jäävät pienemmiksi.



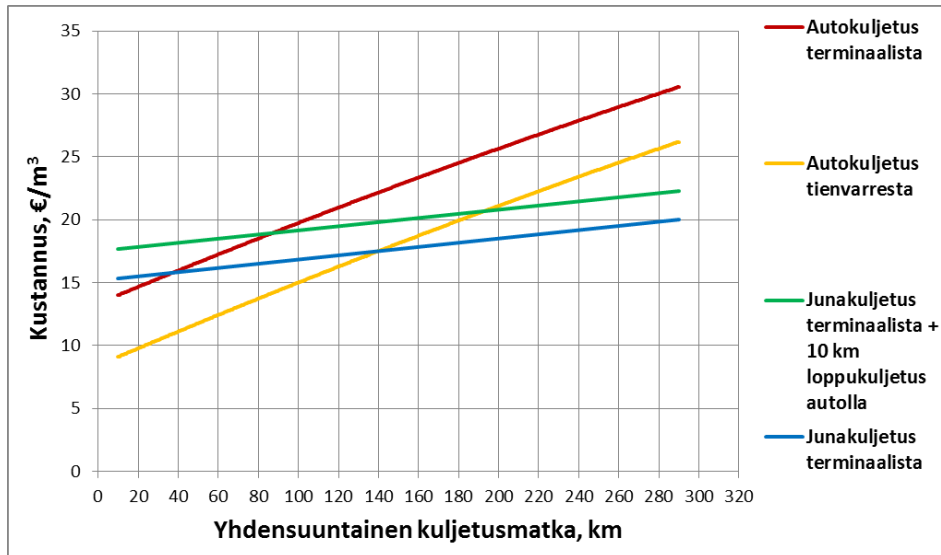
Kuva 4. Kuljetusmatkan vaikutus hankintaketjujen kustannuksiin volyymilla 5000 m³/kk ja 50 km alkukuljetusmatkalla terminaaliiin (alku- ja loppukuljetusmatka lasketaan yhdensuuntaisen kuljetusmatkan päälle).

Aiempiin metsäenergian hankintaketjujen kustannuksia selvittäneisiin tutkimuksiin verrattuna (Enström 2009: 4, Pihlajamäki & Salo 2010: 41, Tahvanainen & Anttila 2011) on rautatiekuljetusten kannattavuusraja tässä tutkimuksessa volyymilla 15000 m³/kk ja suoralla junakuljetuksella selkeästi alemmalla tasolla. Tähän vaikuttanee osaltaan tutkimuksen lähestymistapa, jossa hallintokustannukset ja voittomarginaali on vakioitu. Todellisia kuljetustaksoja tarkastellen hallinnon ja varsinkin voittomarginaalin osuus olisi rautatiekuljetuksissa todennäköisesti suurempi. Toisaalta Iikkanen ja Siren (2005) ovat omassa selvityksessään esittäneet, että rautatiekuljetukset voisivat olla maantiekuljetuksia kannattavampia jopa alle 50 km matkalla, kun päästään hyödyntämään suoria kuljetusyhteyksiä ja vahvoja tavaravirtoja.

Kuvissa 4 ja 5 alkukuljetusmatka on nostettu 10 km:sta 50 km:iin. Muilta lähtötiedoiltaan kuvat ovat yhteneviä edellä esitettyjen kuvien 2 ja 3 kanssa. Alkukuljetusmatkan pidentymisen seurauksena ketjujen yksikkökustannukset nousevat keskimäärin 3,5 €/m³. Suoralle autokuljetukselle ei volyymilla 5000 m³/kk ja 50 km alkukuljetusmatkalla pärjää kuin junakuljetus terminaalista, jos kuljetusmatka nousee yli 270 km. Verrattuna kuvaan 2 junakuljetuksen on oltava 80 km pidempi kannattaakseen.

Volyymin nostaminen parantaa terminaaliketjujen kannattavuutta myös pidemmällä alkukuljetusmatkalla. Volyymin nosto tekee pidemmällä alkukuljetusmatkalla junakuljetuksesta suoraa autokuljetusta kannattavampaa 140 km etäisyydellä. Volyymilla 15000 m³/kk ja pidemmällä alkukuljetusmatkalla ollaan näin ollen lähellä aiemmissa tutkimuksissa havaittua 150 km kannattavuusrajaa.

Yksikkökustannusten ero volyymien 5000 m³/kk ja 15000 m³/kk välillä on 50 km alkukuljetusmatkalla keskimäärin 5 €/m³ luokkaa eli samalla tasolla kuin lyhyemmälläkin alkukuljetusmatkalla.



Kuva 5. Kuljetusmatkan vaikutus hankintaketjujen kustannuksiin volyymilla 15000 m³/kk ja 50 km alkukuljetusmatkalla terminaaliiin (alku- ja loppukuljetusmatka lasketaan yhdensuuntaisen kuljetusmatkan päälle).

Johtopäätökset

Vakioituilla hallintokustannuksilla ja voittomarginaalilla tehdyt laskelmat antoivat osin aiemmasta tutkimuksesta poikkeavia tuloksia rautatie- ja maantiekuljetusten välisessä kannattavuusvertailussa. Verrattaessa suoraa autokuljetusta tienvarsivarastolta ja terminaalista suoraan käyttökohteelle etenevää rautatiekuljetusta toisiinsa, oli rautatiekuljetus tässä tutkimuksessa kannattavampi vaihtoehto alimmillaan 70 km kuljetusetäisyydellä. Tulee kuitenkin huomioida, että alin rautatiekuljetusten kannattavuusraja saavutettiin suurella volyymilla (15000 m³/kk), verrattain lyhyellä 10 km alkukuljetusmatkalla ja suoralla kuljetuksella terminaalista käyttökohteelle.

Junakuljetuksissa olisi kuitenkin selvästi potentiaalia nykykilpailutilannetta lyhyemmälläkin etäisyyksillä. Kriittisiä tekijöitä kilpailukyvyyn kannalta ovat volyymi, alkukuljetusmatka sekä kuormausten ja purkujen määrä. On mahdollista, että rautatiekuljetuksissa voittomarginaali ja hallintokustannusosuus ovat korkeampia kuin autokuljetuksissa. Tästä seuraa, että rautatiekuljetusten käytännön kilpailukyky ei ole aivan samalla tasolla tämän tutkimuksen tulosten kanssa. Kilpailutilanteesta johtuen tämä näkyy todennäköisesti eniten juuri lyhyillä kuljetusetäisyyksillä, koska kilpailu pelkästään

autokuljetuksia vastaan antaa mahdollisuuden keskittyä vain parhaiten kannattaviin kuljetuksiin ja pitää niissä hinnat juuri autokuljetuksen hintojen alapuolella.

Autokuljetukset terminaalista ovat kaikilla tarkastelluilla volyymeilla ja kuljetusetäisyyksillä kalliimpia kuin suora autokuljetus tienvarresta. Tämä tulos on odotettu, koska terminaaliketjuissa kustannuksia aiheuttavia purkuja ja kuormauksia tulee väistämättä suoraa autokuljetusta enemmän. Suorassa autokuljetuksessa kuormatilojen täyttöaste on myös korkeampi, koska tienvarresta alkaen päästään kuljettamaan haketta rangan sijaan. Järeän terminaalihakkurin tarjoama volyymietu ei pysty vielä 15000 m³/kk tasollakaan kumoamaan näitä lisäkustannuksia aiheuttavia tekijöitä. On kuitenkin korostettava, että tämä tutkimus ei huomioi toimitusvarmuutta ja odotusaikoja, millä on negatiivinen vaikutus terminaalihankintaketjujen kannattavuuteen suhteessa suoraan autokuljetukseen.

Alkukuljetusmatkalla terminaaliin oli merkittävä vaikutus ketjujen kokonaiskustannuksiin ja kilpailukykyyn. Alkukuljetusmatkan kasvu 10 km:stä 50 km:iin nosti halvimman junakuljetuksen kannattavuusrajan suoraan autokuljetukseen verrattuna 70 – 80 km. Energiapuun saanti terminaalin lähialueelta on ehdottomasti varmistettava. Lisäksi kuljetusyhteyksien on syytä olla kunnossa, jotta energiapuuta saadaan terminaaliin mahdollisimman suoraa ja hyväkuntoista ajoreittiä.

Bioenergiaterminaalitoiminnassa kannattaa hyödyntää sekä auto- että junakuljetuksia. Näin volyymit saadaan nostettua ylös ja kannattavin kuljetustapa voidaan valita tilanteen mukaan.

Rautateiden tavarankuljetusten kilpailun vapautuminen ajanee käytännön kilpailutilannetta lähemmäs tämän tutkimuksen tuloksia. Tulokset kertovat hyvin kuljetusmuotojen välisestä kilpailukykypotentiaalista ja myös käytännön kilpailukykyä, kun huomioidaan rautatiekuljetusten kustannusten lievä aliarvio lyhyillä kuljetusetäisyyksillä. Tulosten perusteella on mahdollista arvioida bioenergiaterminaalien perustamisen järkevyyttä.

Kirjallisuus

Enström, J. 2009. Terminalhantering för effektivare järnvägstransporter av skogsbränsle. Resultat 13/2009. Skogforsk, Uppsala.

Hakkila, P. 2006. Selvitys energiapuun mittauksen järjestämisestä ja kehittämisestä. Työryhmämuistio MMM 2006: 8. Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki.

Harrington, H. J. & Tumas, K. 2000. Simulation Modeling Methods. New York: McGraw-Hill.

Iikkanen, P. & Siren, J. 2005. Rautatiekuljetusten kilpailukyky Suomessa. Liikenne- ja viestintäministeriön julkaisuja 44/2005. Liikenne- ja viestintäministeriö, Helsinki.

Impola, R. & Tiihonen, I. 2011. Biopoltoaineterminaalit. Ohjeistus terminaalien perustamiselle ja käytölle. VTT, Jyväskylä.

Laitila, J. & Väättäinen, K. 2011. Kokopuun ja rangan autokuljetus ja haketustuottavuus. Metsätieteen aikakauskirja 2/2011, 107 – 126.

Pihlajamäki, P. & Salo, T. 2010. Kainuun biomassaterminaalihankkeen toteutettavuusselvitys. Pöyry Management Consulting, Kainuun Etu Oy, Vantaa.

Ryymän, R., Pohto, P., Laitila, J., Humala, I., Rajahonka, M., Kallio, J., Selosmaa, J., Anttila, P. & Lehtoranta, T. 2008. Metsäenergian hankinnan uudistaminen. Loppuraportti 12/2008. Jyväskylän Energia Oy, HSE Executive Education Oy, Metsäntutkimuslaitos, Jyväskylä.

Strandström, M. 2012. Metsähakkeen tuotantoketjut Suomessa vuonna 2011. Metsätehon tuloskalvosarja 4/2012. Metsäteho, Vantaa.

Tahvanainen, T. & Anttila, P. 2011. Supply chain cost analysis of long-distance transportation of energy wood in Finland. Biomass & Bioenergy 35, 3360 – 3375.

Työ- ja elinkeinoministeriö 2010. Uusiutuvan energian velvoitepaketti. Saatavilla: <http://www.tem.fi/files/26643/UE_lo_velvoitepaketti_Kesaranta_200410.pdf> Viitattu 31.8.2011.

Ympäristöministeriö. 2008. Pitkän aikavälin ilmasto- ja energiastrategia. Ympäristöministeriön sektoriselvitys. Ympäristöministeriön raportteja 19/2008.