



# **Raakapuumarkkinoiden kysyntään ja tarjontaan vaikuttavat tekijät Suomessa**

Leevi Patolahti

Maisterin tutkielma

Metsätieteiden laitos

Toukokuu 2018

Tiedekunta/Osasto Fakultet/Sektion – Faculty Maatalous – Metsätieteellinen tiedekunta		Laitos/Institution – Department Ympäristö – ja taloustieteen laitos	
Tekijä/Författare – Author Leevi Patolahti			
Työn nimi / Arbetets titel – Title Raakapuumarkkinoiden tarjonta ja kysyntä Suomessa			
Oppiaine /Läroämne – Subject Metsäekonomia			
Työn laji/Arbetets art – Level Pro Gradu		Aika/Datum – Month and year Kevät 2018	Sivumäärä/ Sidoantal – Number of pages 53 + liitteet
Tiivistelmä/Referat – Abstract  <p>Työn tavoitteena on mallintaa ekonometrisen analyysin avulla, kuinka kysyntä ja tarjontamallit vaikuttavat pystyhakkuiden hakkuumäärään. Tarkasteltava alue on koko Suomi, jossa mukana kaikki metsäkeskukset. Työssä esitettyjen mallien on tarkoitus kuvata Suomen raakapuumarkkinoita. Aikasarja- aineisto koostuu tukkipuun (kuusi -, mänty ja koivu), kuitupuun (kuusi, mänty ja koivu) keskimääräisistä kantohinnoista, sahatavaran vientituotteiden ja sellu – ja paperiteollisuus vientituotteiden hinnoista sekä metsäteollisuuden palkkatasosta. Tarkasteltava ajanjakso on 2003 – 2017.</p> <p>Tilastollisesti merkittävin tulos saatiin sahatavaran kysyntämallin estimoinnista, jossa melkein kaikki valitut selittävät muuttujat kuvasivat sahatavan kysyntää hyvin. Testien avulla saatujen tietojen perustella, vaikuttaisi että suurimmat vaihtelut kysynnässä ja tarjonnassa tapahtuu lyhyellä aikavälillä. Muuten tilastollisesti merkittävimmät tulokset saatiin tarjontamalleista. Vaikka tutkielma sisältää puutteita, niin tutkielman avulla saatuja estimaatteja voidaan hyödyntää raakapuumarkkinoiden jatkotutkimuksissa.</p>			
Avainsanat – Nyckelord – Keywords Puun tarjonta ja kysyntä, ekonometrisen estimointi, raakapuumarkkinat			
Säilytyspaikka – Förvaringställe – Where deposited Viikin tiedekirjasto, Metsäekonomian laitos			
Muita tietoja – Övriga uppgifter – Additional information			

1 Johdanto .....	4
2 Aikaisemmat tutkimukset.....	5
3 Raakapuumarkkinat Suomessa.....	6
3.1 Puun tarjonta Suomessa .....	8
3.3 Puutavaralajit ja niiden hinnan kehitys Suomessa.....	10
3.4 Puutavaralajien vienti .....	12
4 Teoreettinen viitekehys .....	14
4.1 Raakapuumarkkinoiden mallintaminen .....	15
4.2 Joustot.....	16
4.3 Monopsonistinen kilpailutilanne.....	18
4.4 Kysyntä ja tarjontamallit raakapuumarkkinoilla.....	19
5 Aineisto ja menetelmät .....	22
5.1 Pienimmän neliösumman menetelmä.....	23
5.2 Painotettu Pienimmän neliösumman menetelmä .....	24
5.3 Aikasarja – aineiston tulkinta .....	25
5.4 Regressioanalyysin testaaminen .....	25
6 Aineisto ja malli .....	28
6.1 Aineisto .....	28
6.2 Malli.....	29
7 Tulokset .....	31
7.1 Kysyntämalli Kuitupuulle.....	32
7.2 Tarjontamalli Kuitupuulle.....	36
7.3 Sahatavaran kysyntä (tukkipuu) .....	40
7.4 Sahatavaran tarjonta (tukkipuu) .....	45
7.5 Kuitupuun harvennuksien kysyntä ja tarjontamalli .....	47
8 Loppupäätelmät .....	51
Liitteet .....	58

## 1 Johdanto

Raakapuumarkkinat yhdistävät metsäteollisuuden sekä metsänomistajat yhteen. Tästä syystä on tärkeää, että metsätalouden sekä teollisuuden välillä toimiva raakapuumarkkinoiden toiminta. Keskeisessä roolissa häiriöttömän toiminnan varmistamisessa on yksityismetsänomistajat, jotka tuottavat yli puolet teollisuuden käyttämästä raakapuusta. Raakapuutuottajien päätökset hakata raakapuuta markkinoille ja teollisuusyritysten päätös ostaa raakapuuta tuottajilla synnyttävän raakapuumarkkinoiden kysynnän ja tarjonnan. Tämän tutkimuksen tarkoituksena on mallintaa ekonometrisen analyysin avulla Suomen raakapuumarkkinoiden kysyntä – ja tarjontamallit ja näiden pohjalta ennustaa miten kysyntä ja tarjonta kehittyvä tulevaisuudessa.

Viimeisten vuosikymmenten aikana raakapuun viennin merkitys on kasvanut suureksi. Globaaleilla markkinoilla pärjäävät parhaiten ne metsäteollisuusyritykset jotka pystyvät mukautumaan suhdanneheilahteluiden mukana. Koko metsäklusterin kilpailukykyisyys perustuu siihen, että yritykset pystyvät kehittämään kilpailukykyisiä ja asiakaslähtöisiä tuotteita loppukuluttajalle. Suurin osa viennistä on sahatavaraa ja sen ja sahateollisuusmarkkinoiden toimivuus onkin Suomen raakapuumarkkinoille erityisen tärkeä. Toinen tärkeä puutavaralaji on kuitupuu ja kuitupuun ja sahatukkien jalostuksen lisätuotteena syntyvä hake, jota käytetään pääsääntöisesti massa – ja paperiteollisuudessa. Haasteena massa – ja paperiteollisuudelle on viime vuosina ollut kysynnän heilahtelut, jotka ovat omalta osaltaan heikentäneet raakapuun kokonaiskysyntää myös Suomessa (Liljeroos 2017, 33 – 34).

Raakapuun tarjonnan ja kysynnän mallintaminen on tärkeää erityisesti puun tuottajille, metsäteollisuusyrityksille sekä metsäpolitiikasta päättävillä tahoilla. Metsäteollisuus on Suomessa edelleen suuri työllistäjä ja siellä tapahtuvat muutokset heijastuvat koko Suomen talouteen. Aihetta on tutkittu laajasti aikaisemminkin, mutta kysyntä ja tarjonta ovat jatkuvassa muutoksessa ja uusia tutkimuksia tarvitaan, jotta nykyhetkellä tehtävät päätökset johtaisivat parhaaseen mahdolliseen markkinatilanteeseen tulevaisuudessa.

## 2 Aikaisemmat tutkimukset

Aikaisempiin tutkimuksiin lukeutuu vuonna 2000 tehty julkaisu Puun hintavaihteluiden alueellisesta yhtenevyydestä Suomessa (Tilli, T., Toivonen, R. & Toppinen, A. 2000, 434-435). Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, onko Suomen raakapuumarkkinoiden pitkän linjan kehitys kehittynyt samansuuntaisesti tutkimuksessa esiintyneiden metsäkeskusten kesken. Puutavaralajia ei eroteltu, vaan tutkimuksessa huomioitiin kaikki puutavaralajit. Johtopäätöksenä tutkimuksessa oli, että eri alueiden hintojen keskinäisten vaikutussuhteiden perusteella, mikään metsäkeskus ei erottunut kaikkien puutavaralajien hintojen osalta johtajaksi. Selvimpinä vaikuttaja-alueina olivat Etelä-Savo ja Lounais - Suomi. Anne Toppinen tarkastelee tutkimuksessaan erikseen sahateollisuuden käyttämän tukkipuun ja puumassateollisuuden käyttämän kuitupuun, ja yhdessä osatutkimuksessa myös hakkeen, markkinoita. Tutkimusmenetelmät perustuvat aikasarjaekonometrian menetelmiin, joita on käytetty tasapainotilojen mallintamiseen. Lyhyellä aikavälillä kilpailevien markkinoiden malli kuvasi puumarkkinoiden toimintaa hyvin. Toppinen korostaa menneisiin jaksoihin perustuvan aikasarja-aineiston avulla muodostettujen mallien rakentaminen pohjautuu väistämättä yksinkertaistaville oletuksille ja yleistyksille. Puumarkkinoilla voidaan olettaa vallitsevan täydellinen kilpailu puun ostajien ja myyjien välillä. Tämä oletus perustuu siihen, että yksittäiset myyjät ja ostajat voivat vaikuttaa ainoastaan määrään, jonka ostavat tai myyvät. Näin ollen, että markkinoita kuvaavasta aineistosta voidaan määrittää puun kysyntä ja tarjonta. Tämän tilanteen vallitessa, tarjonnan ja kysynnän mallilla voidaan selittää puusta saatava hinta (Toppinen 1998, 577).

Anne Toppinen on tutkinut Suomen raakapuumarkkinoita ja siihen vaikuttavia eri tekijöitä useissa tutkimuksissaan. Vuonna 2006 valmistuneen Metlan työraportti tarkastelee puun tarjontaa Suomessa, aluetason ekonometrisen mallintamisen keinoin. Tarkasteluvuodet Tutkimuksessa ovat 1983 – 2004. Työssä on estimoitu tarjonnan joustoja metsäkeskuksittain, eri puutavaralajeille ja aikasarjoja on tässä tutkimuksessa analysoitu ADF – yksikköjuuritestin avulla.

Tutkimustulokset tukevat teoriaa, jonka mukaan alueellisille puun tarjontamalleille hinnan nousu lisää puun tarjontaa, kun taas hintaodotusten vahvistuminen puolestaan vähentää puun tarjontaa puutavaralajista huolimatta. Tutkimus antaa myös viitteitä

siitä, että puumarkkinoiden alueelliseen eriytymiseen vaikuttavat myös markkinoiden rakenteelliset piirteet (Hänninen & Mutanen & Toppinen 2006, 7).

Lauri Hetemäki on Riitta Hännisen ja Anne Toppisen kanssa tutkineet lyhyen aikavälin malleja puutavaran vientiin sekä sahatavaran kysyntään. Tutkimus esittelee ne mallin ja lyhyen aikavälin ennusteet siihen, miten puuntuonnin kysyntä Saksassa vaikuttaa Suomen metsäsektorin lyhyen aikavälin ennusteisiin. Lisäksi tutkitaan, että miten näiden viennin heilahtelut vaikuttavat sahatavaran ennusteisiin Suomessa.

Taloudellinen ympäristö on muuttunut merkittävästi sahateollisuudessa viimeisten vuosikymmenten aikana (Hietala, Hänninen ja Toppinen 2012). Hetemäki & Kuuluvainen & Ovaskainen on tutkinut ekonometrisen analyysiin avulla Suomen raakapuumarkkinoita. Tutkimuksessaan Kuuluvainen (etc.) pyrkivät määrittämään aggregoitua kysynnän ja tarjonnan määräytymistä kilpailullisilla yksityismetsän omistajilla (NIPF). Tutkimus tarkastelee kahta eri markkina-aluetta – sahateollisuutta sekä selluteollisuutta. Tutkimuksen tulosten perusteella havaittiin, että molemmat markkinat reagoivat kantohintoihin. Myös molempiin vaikuttaa vientihinnat, erityisesti sahatavaramarkkinoihin.

Ruotsin metsiä voidaan pitää varsin samanlaisina metsätalousalueina kuin Suomea. Runar Brännlund etc. tutkii tutkimuksessa: “An econometric Analysis of Aggregate Sawtimber and Pulpwood Supply in Sweden” ekonometrisen analyysin avulla Ruotsin sahatavara – ja sellumarkkinoita. Tutkimuksessa, sahatavaramarkkinoiden hinnan muodostuminen on mallinnettu kysynnän- ja tarjonnan perusteella, mutta sellumarkkinoita tarkastellaan siten, että markkinoiden hinta on eksogeenisesti määritelty (Brännlund & Johansson & Löfgren 1985, 595).

### **3 Raakapuumarkkinat Suomessa**

Raakapuumarkkinoiden voidaan ajatella olevan linkki metsätalouden ja metsäteollisuuden välillä. Markkinoiden toimintaan vaikuttavat niin Suomen sisällä tapahtuvat muutokset, kuin myös muutokset kansainvälisessä toimintaympäristössä. Toimivilla puumarkkinoilla on keskeinen rooli metsänomistajien saamiin

puunmyyntituloihin. Keskeinen vaikuttava tekijä puun myyntituloihin on myös se, että ovatko markkinat täydellisiä vai epätäydellisiä (Kniivilä & Tilli 2009, 3).

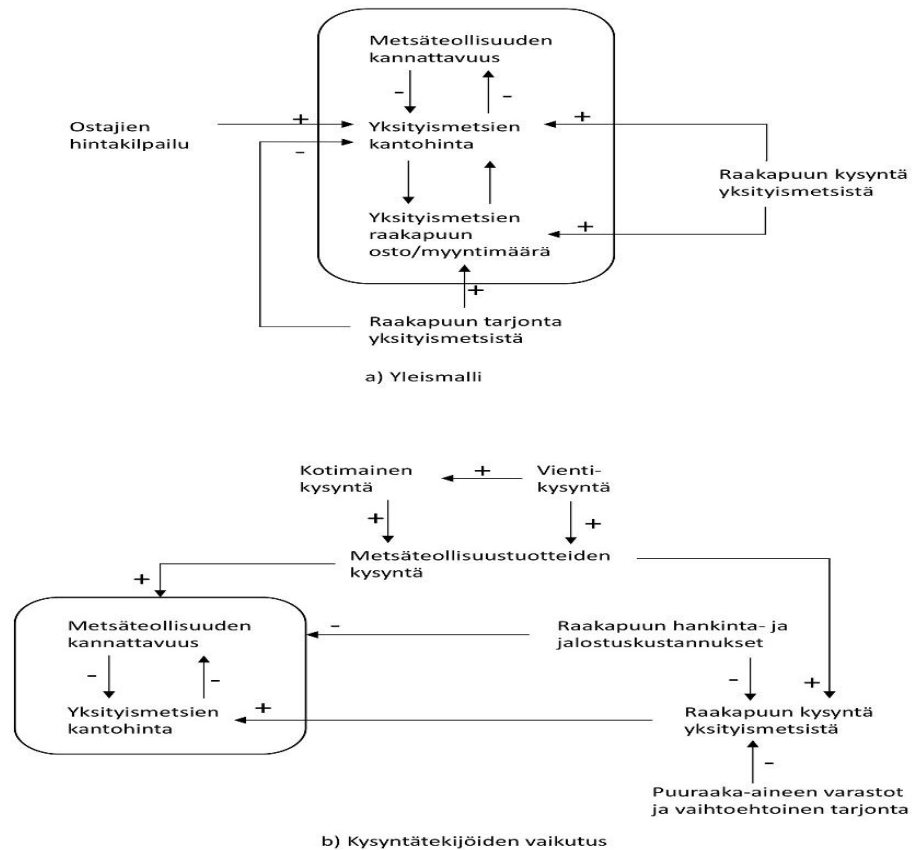
Suomen puumarkkinat on profiloitunut vientimarkkinamaaksi ja muutokset kansainvälisillä markkinoilla heijastuu hakkuumääriin ja niistä saatavaan hintaan. Suomen raakapuumarkkinoilla on useita, suhteellisen pieniä puun myyjiä (yksityismetsäomistajat) sekä muutama iso puunostaja (Toppinen & Toivonen 1997, 5). Markkinoilla tapahtuvia muutoksia on hankalaa ymmärtää ilman että ymmärtää miten raakapuutavaralajien hinnat kehittyvät. Näiden hintojen kehitys vaikuttaa mm. metsäyhtiöiden sekä puuta tarjoavien yksityismetsänomistajien investointipäätöksen tekoon, mikä puolestaan vaikuttaa markkinoiden kysyntä – tarjonta tasapainoon (Toppinen & Viitanen 2005, 88).

Kasuvat vientimäärät tuovat tuotantokapasiteetin kasvupaineita metsäteollisuudelle ja luonnonvarakeskuksen arvion mukaan metsäteollisuuden hakkuumäärä kasvaa. Tavoitteena on, että lisääntyneen vientikysynnän kasvu saadaan kasvattamalla kotimaan puun tarjontaan. Tästä johtuen, tuontipuun määrän ennustetaan laskevan 9 % tänä vuonna (Luke tilastot 2017).

Yksityismetsänomistajat (NIPF) omistavat suurimman osan metsätalousmetsästä ja tuottavat noin suurimman osan kaupallisesta raakapuusta Suomessa (Toppinen 2001, 7). Suomen raakapuumarkkinoiden myynti voidaan jakaa kahteen eri myyntitapahtumaan – hankintakauppaan tai pystykauppaan perustuvaan myyntiin.

Pystykaupassa jossa hinta määrittyy kantohinnan mukaan, ostaja maksaa nettohinnan metsänomistajalle ja maksaa itse hakkuukustannukset, kun taas hankintahintaan perustuvassa ostotapahtumassa myyjä vastaa sovitun puumäärän hakkuista ja myyntitavaran kuljetusjärjestelyistä. Hankintakauppaa käydään usein harvennusleimikoilla (Rekikoski & Kuuluvainen 2001, 1).

Pystykauppojen määrä on tasaisesti kasvanut viimeisten ja vuonna 2017 yksityismetsien pystykauppamäärät nousivat noin 10 % edellisvuoteen verrattuna. Hankintakauppojen määrä puolestaan väheni samaisella ajanjaksolla noin 15 % vuosikymmenten aikana. Yksityismetsäntaloudessa pystykaupoista saatava tulo oli vuonna 2017 1,8 miljardia euroa ja odotettavissa on, että tänä vuonna määrä kasvaa 1,9 miljardiin euroon (LUKE metsäsuhdanne katsaus 2017 – 2018). Eniten pystykauppa kasvoi Etelä – Pohjanmaalla (Pellervon taloustutkimus verkkojulkaisu).



KUVIO 1. Alueelliseen kantohintatasoon vaikuttavat tekijät lyhyellä aikavälillä (+) = positiivinen, (-) = negatiivinen korrelaatio (Palo & Lehikoinen & Nissilä & Tervo 1978, 26)

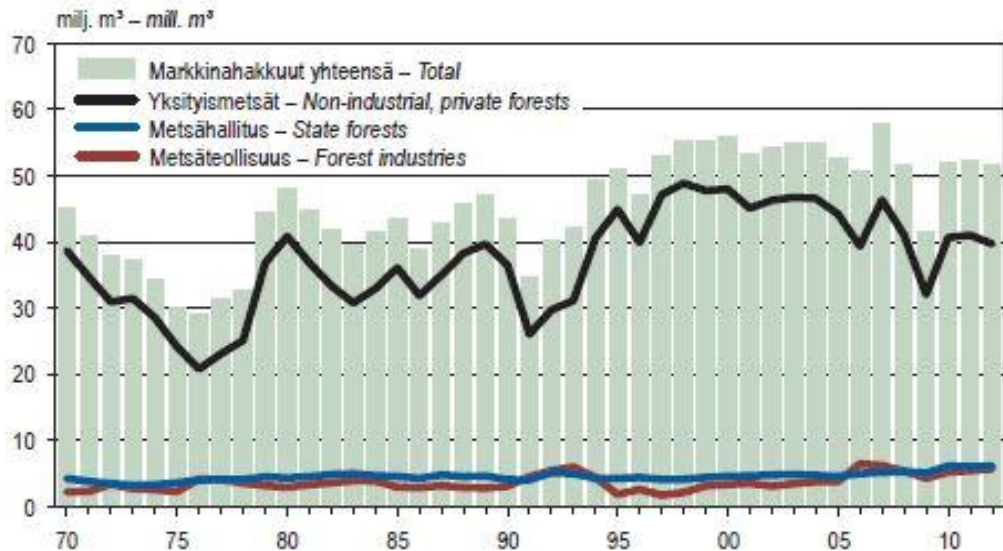
### 3.1 Puun tarjonta Suomessa

Metsäteollisuuden tuotannossa on viimeisten vuosien aikana ollut positiivinen kasvutrendi. Vuonna 2016 metsäteollisuuden ostivat yhteensä 40,2 miljoonaa kuutiota. Vuonna 2017 tuotantomäärät kasvoivat 2,8 prosenttiyksikköä, ollen yhteensä noin 41,5 miljoonaa kuutiota. Molempina vuosina, eniten ostettiin puutavaraa havusahatavaratuotantoon (noin 12 miljoonaa kuutiota) ja toiseksi eniten puuta ostettiin sellun tuotannon käyttöön, noin 8 miljoonaa kuutiota (Metsäteollisuus Tilastot palvelu).

Myös metsäteollisuuden hakkuut nousivat uusiin ennätyksiin vuonna 2017, kasvaneen raaka – aineen kysynnän johdosta. teollisuuspuiden hakkuut olivat vuonna 2017 yhteensä 63 miljoonaa kuutiota, joista yksityismetsien osuus oli 52,5 miljoonaa



kuutiota ja metsäyhtiöiden ja metsähallituksen 10,8 miljoonaa Kasvua edellisvuoteen kertyi 3 prosenttiyksikköä. Kasvuennusteiden perusta on se, että uusien tuotantolaitosten arvioidaan lisäävän merkittävästi kuitupuun kysyntää markkinoilla, erityisesti havukuitupuun. (LUKE Suhdannekatsaus 2017, 17 - 18).



KUVIO 2. Markkinahakkuut omistajaryhmittäin 1970 – 2012 (Metsätilastollinen vuosikirja 2013, 175)

Puun tarjontaan vaikuttaa oleellisesti yksityismetsänomistajien käyttäytyminen. Käyttäytymiseen vaikuttavat monet asiat kuten metsänhoidolliset kustannukset (taimikonhoito, hakkuukustannukset) sekä aika, jolloin on järkevää myydä puuta. Kuuluvaisen ym. tekemän tutkimuksen mukaan, epätäydellisen markkinatilanteen vallitessa metsänomistaja ei voi tavoitella nykyarvoa maksivoivia hakkuuita. Suurin osa yksityismetsänomistajien hakkuukäyttäytymisestä ei voida selittää (Kuuluvainen & Karppinen & Ovaskainen 1996, 300).

### 3.2 Puun kysyntä Suomessa

Keskityn tässä kappaleessa kuvaamaan raakapuun kysyntään Suomessa ajanjaksolla 2003 – 2017.

Metsäteollisuus osti raakapuuta vuonna 2013 kokonaisuudessaan 36,8 miljoonaa kuutiota yksityismetsistä. Määrästä 17,2 miljoonaa kuutiota oli tukkipuuta, 18,1 miljoonaa kuutiometriä kuitupuuta ja loppumäärä koostui pikkutukkien ja erikoispuutavaralajien yhteen lasketusta määrästä. Vertailun vuoksi, vuonna 2003 metsäteollisuus osti 32,9 miljoonaa kuutiometriä (Metsätilastollinen vuosikirja 2014, 148). Yhteensä markkinahakkuut olivat vuonna 2003 55 miljoonaa kuutiometriä (Metsätilastollinen vuosikirja 2004, 149).

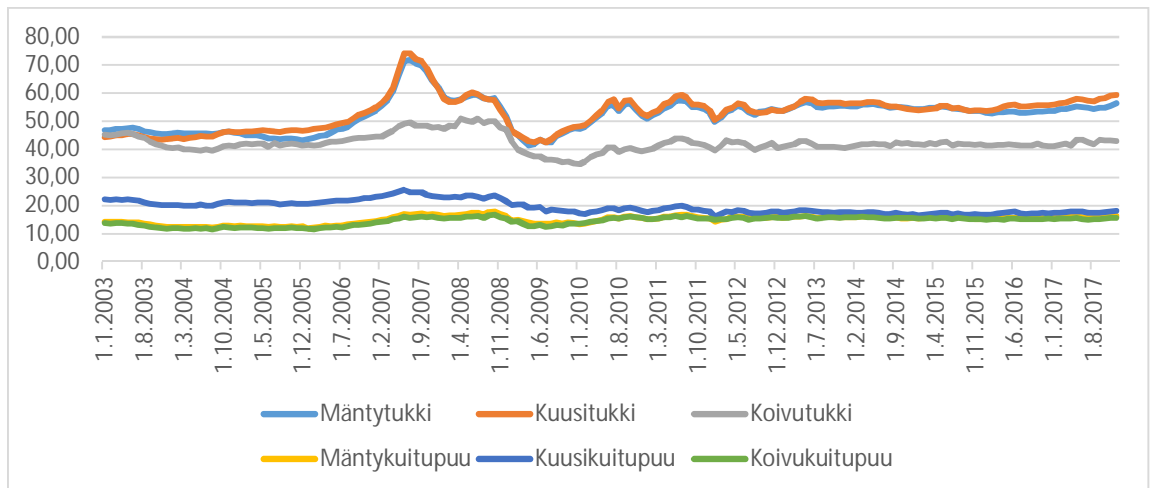
Metsäteollisuuden osuus raakapuun käytöstä oli vuonna 2015 yhteensä 64,7 miljoonaa kuutiometriä, kotimaisen käytön osuus tästä oli 56,1 miljoonaa kuutiometriä ja tuonnin osuus oli 8,5 miljoonaa kuutiometriä (Luke STAT 2015). Mäntysahatavaran ennustettiin kasvavan selluntuotantoinvestointien johdosta.

Vuonna 2017 kysynnän kasvun johdosta, Suomen kartongin tuotanto ja viennin on ennustettu kasvavan vuodesta 2016 8 prosenttiyksikkö.

Vaikka kartongin kysynnän on ennustettu kasvavankin, niin tämä kuitenkin heijastuu kartongin markkinahintaan. Markkinahintojen kehitystä hidastaa Euroopan tarjonnan kasvu (Luke suhdannekatsaus 2017 2018, 36).

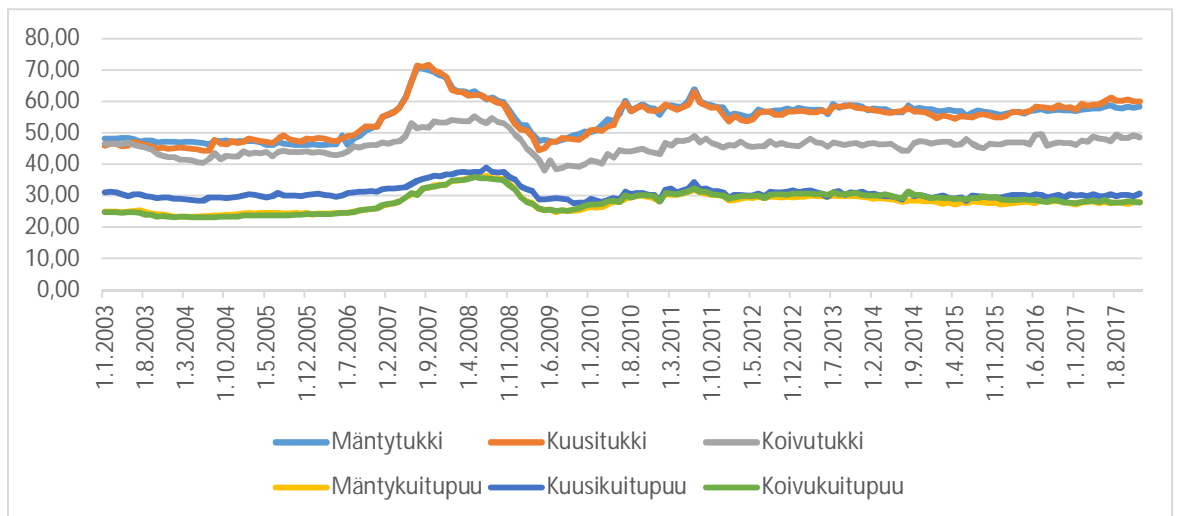
### **3.3 Puutavaralajit ja niiden hinnan kehitys Suomessa**

Kuviosta 1 (kantohinnat) on nähtävissä, että ajanjaksolla 2003 – 2006 kaikkien puutavaralajien hinnat ovat olleet melko tasaista. Vuonna 2007 hinnat lähtivät jyrkkään nousuun, erityisesti kuusitukin hinta. Laskusuhdanteen aikana vuonna 2008, juuri kuusitukin hinnat tulivat myös jyrkimmin alas ennätys hinnoista. Kuusitukin nimellishinnat laskivat tänä aikana -14 % ja mäntytukin -12 %. Tämä selittyy osittain sahatavaran vientihintojen heilahteluista (Metsätilastollinen vuosikirja 2009, 154). Vuonna 2017 Kiinasta on tullut merkittävä talousalue, Suomen puutavaralajeille. Kysynnän kasvu on suurinta massa – ja paperiteollisuuden tuotteilla, mutta viime vuosina myös sahatavarat ovat kasvattaneet markkinoita Kiinassa. Viime vuosien metsäteollisuuden positiivinen trendi on voimistanut sahatavara, sellu - ja myös mekaanisen metsäteollisuuden tuotantoa. Vuonna 2016 sahatavaranvienti kasvoi noin 10 % vuoteen 2015 verrattuna kokonaistuotannon oltua 8,5 miljoonaa kuutiometriä. Erityisesti kysyntä on kasvanut kuusisahatavaran sekä sahadakkeelle (Luke suhdannekatsaus 2017 – 2018, 51).



KUVIO 3. Raakapuun kantohinnat vuodesta 2003 – 2017 (Luke tilastot – palvelu).

Hinnat ovat kehittyneet melko tasaisesti ajanjakson aikana. Aikaan mahtuu muutama lasku, joista suurin ajanjaksolla 2008 – 2010.



KUVIO 4. Raakapuun hankintahinnat vuodesta 2003 – 2017(Luke tilastot – palvelu).

Hankintakaupan kannattavuutta vertaillessa, on metsänomistajan otettava huomioon korjuukohteen ominaisuudet, sen että korjataan leimikko omatoimisesti vai teetetäänkö korjuut ulkopuolisilla, sekä sen että mihin hintaan hankintapuu saadaan myytyä. Tukkipuun kanto - ja hankintahintojen välinen ero on varsin pieni, mistä johtuen hankintakauppaa tehdään usein harvennus – ja ensiharvennuskohteissa

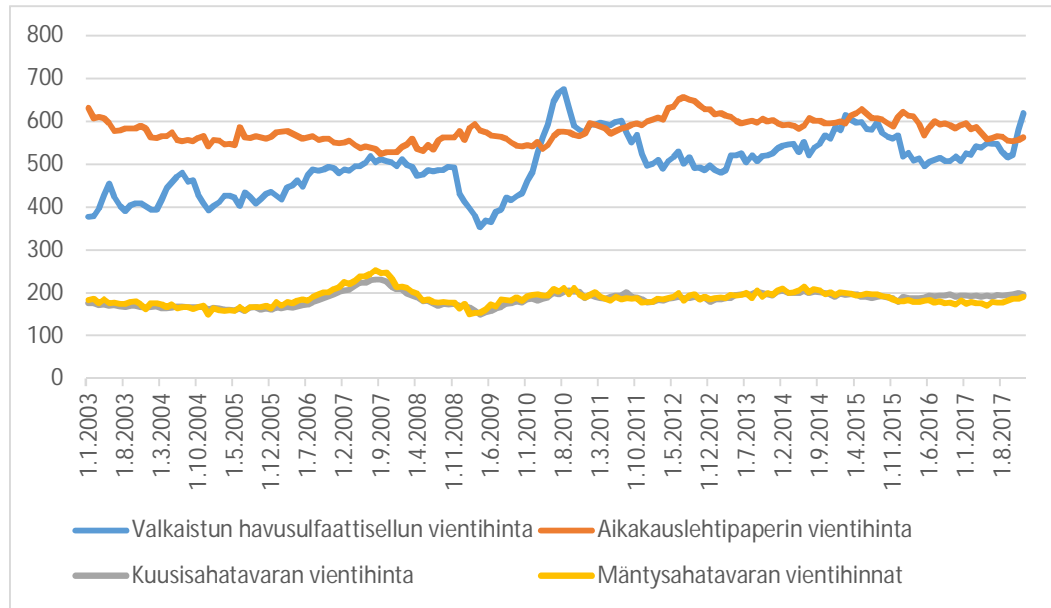
(Tapion taskukirja 2002, 471). Kuvassa \_ on esitetty puutavaralajien hankintahintoja ja huomattavimpana erona kantohintoihin näyttäisi olevan se, että kaikkien puutavaralajien osalta hintavaihtelut ovat voimakkaampia. Erityisesti kuitupuun osalta hinnoissa on suurempaa vaihtelua kuin kantohinnoissa. Hankintakaupassa kuitupuusta myös on saanut keskimäärin korkeampaa hintaa. Muissa puutavaralajeissa hinnat eivät vaihtelee yhtä voimakkaasti suhteessa kantohintoihin.

### **3.4 Puutavaralajien vienti**

Taloudellinen tilanne maailmassa on muuttunut viimeisten 20 vuoden aikana merkittävästi, maailmankauppa sekä investoinnit maasta toiseen ovat kasvaneet. Ulkomaankauppa on lisääntynyt myös maissa, joissa aikaisemmin ei juuri kauppaa ole ollut (Hetemäki ym. 2006, 28 - 29). Suomen metsäteollisuus on jo pitkään aikaa profiloitunut puutavaralajien sekä metsäteollisuustuotteiden viejämäana. Neuvostoliiton hajottua Venäjältä nousi suurin vientimarkkina Suomen raakapuuteollisuudelle. Vuonna 2004 vientiarvo oli 41 miljoonaa kuutiometriä. Venäjä ja muut kehittyvät taloudet ovat klassinen esimerkki siitä, kuinka kehittyvä talous toimittaa Suomeen raakamateriaalia (raakapuuta) ja kehittyvä talous toimittaa korkean tuotantoasteen valmisteita kehittyvään talouteen (Mutanen & Toppinen 2007, 71).

Metsäteollisuus tuotteen vienti määräytyy maailmanmarkkina tilanteen mukaisesti ja koska esimerkiksi sahatavara ei suoranaisesti ole kuluttajan lopputuote, niin vientituotteen kysyntä voidaan ajatella johtavan kustannusfunktiosta joka edustaa teollisuuden lopputuottajaa ja joka siis tuottaa raaka – aineesta lopputuotetta kuluttajille (Hietala, Hänninen ja Toppinen 2012, 380).

Vientituloista vuonna 2016 suurimman osan toi massa – ja paperiteollisuus. Kartongin osuus metsäteollisuuden viennin arvosta on noin 25 % kun taas sellun viennin osuus 14 % (Viitanen & Mutanen 2016, 27 – 28). Suomesta lähinnä viedään pitkäkuituista havusulfaattisellua (NBSK = Northern Bleached Softwood Kraft.).



KUVIO 5. Vientituotteiden hintakehitys, yksikköhintakehitys €/yksikkö (Luke tilastot – palvelu).

Heikomman 2017 vuoden jälkeen, vuonna 2018 kuusisahatavaran viennin ennuste on Pellervon taloustieteellisen tutkimuslaitoksen mukaan noin 3 % edellisvuotta korkeampi. Kokonaisuudessaan, sahatavaran ennustetaan vuonna 2018 nousevan 9 miljoonaan kuutiometriin ja Kiinasta suurin sahatavaran viennin kohdemaan (Pellervon verkkosivut, Metsäsektori 2018).

TAULUKKO 1: Sahateollisuuden tuotanto vuonna 2015 (Viitanen & Mutanen 2016).

	<i>Sahatavara 1000 m<sup>3</sup></i>	<i>Osuus tuotannosta %</i>	<i>Määrän muutos 2015/ 2014 %</i>
Tuotanto, josta	10 600	100	-3
Kotimaa*	2 719	26	-26
Vienti, josta	7 881	74	5
Eurooppa	3 160	30	-1
Aasia	2 557	24	16
Afrikka	2 125	20	2

Pohjois-			
Amerikka	9	0	41

Kuten taulukosta nähdään, Eurooppa on edelleen Suomen suurin vientimarkkina, mutta kasvua ei viime vuosina juuri ole ollut viime vuosina. Sen sijaan, Aasian markkinat ovat kasvaneet vuosittain ja erityisesti Kiinan markkinoilla on kysyntää Suomen saha – ja selluteollisuuden tuotteille. Kiinassa, suomalaista sahatavaraa käytetään pääsääntöisesti rakentamiseen ja huonekalujen valmistamiseen (Viitanen & Mutanen 2016, 19).

#### 4 Teoreettinen viitekehys

Talousteorian mukaan, taloudellisen toiminnan tarkoitus on kuluttajien ja tuottajien tarpeiden tyydyttäminen. Markkinoilla eri osapuolet pyrkivät maksimoimaan hyödykkeestä tai tuotteesta saatavaa tuottoa (Pekkarinen & Sutela 1981, 12). Tasapaino, joka muodostuu hyödykkeen ja tuotteen tarjotusta sekä kysytystä määrästä, määrittää markkinoiden tasapainohinnan. Yritykset tuottavat markkinoille tavaraa, jota kuluttajat ostavat tarpeidensa mukaisesti. Tuotantoon kuluneet kustannukset sekä raaka- aineiden rajallisuus määrittävät markkinoille syntyneen lopputuotteen hinnan. (Mankiw & Taylor, 60 - 65).

Markkinat jaetaan kansantaloustieteessä usein täydelliseen ja epätäydelliseen markkina – asetelmaan.

Täydellisessä markkinatilanteessa molemmat osapuolien hyöty on yhtä suuri, eikä hintadiskriminaatiota esiinny. Epätäydellisessä markkinatilanteessa toinen osapuoli ei saa suurinta mahdollista hyötyä tuotanto – tai työpanokselleen ja jolloin jonkin asteista hintadiskriminaatiota esiintyy. Hintadiskriminaatiota ajatellaan yleisesti olevan kolmea astetta (Varian 2006 1990, 434).

Taloustutkimusaineiston ajatellaan olevan joko deterministinen tai stokastinen. Deterministissä mallissa hinta tai jokin muu muuttuja on ennalta määritetty, eli toisin

sanoen muuttujalla ei ole satunnaisen virheen mahdollisuutta. Esimerkiksi hinta-analyysissä, liukuvan keskiarvon ajatellaan olevan deterministinen.

$$P_{t+1} = \frac{P_t + P_{t-1} + P_{t-2}}{3}$$

Missä P on hinta ja alaindeksit edustavat aikaperiodia. Ennuste hinta periodille  $P_{t+1}$  muodostuu nykyisen ja kahden tätä edellisen hinnan perusteella.

Stokastiset mallit puolestaan sisältävät virhemahdollisuuden sekä usein myös systemaattisen komponentin.

$$P_t = S_t + e_t$$

Missä P = Hinta

S = Systemaattinen komponentti

E = Satunnaismuuttuja

t = aikaulottuvuus

Hintamalleissa ennustettavaa hintaa mallinnetaan usein tasapainomallien avulla, joihin pyritään löytämään kysyntään – ja tarjontaan vaikuttavat tekijät. Tasapainomalli, joka samanaikaisesti määrittää hinnan ja määrän voidaan määrittää yhtälöillä:

$$A_t = \alpha_0 + \alpha_1 P_t \text{ (tarjonta)}$$

$$A_t = Q_t \text{ (tarjottu määrä = tarjottu kysyntä)}$$

$$P_t = \beta_0 + \beta_1 Q_t \text{ (käänteinen kysyntäfunktio)}$$

Yhtälössä t indikoi, että hintaa (P) ja määrää (Q) tarkastellaan jossakin ajanjaksossa (Tomek & Robinson 2003, 336 – 337).

#### 4.1 Raakapuumarkkinoiden mallintaminen

Kilpailullisilla raakapuumarkkinoilla puun hinnan tasapaino määrittyy puun kysynnän ja tarjonnan kokonaismäärästä. Metsäteollisuus yrityksen tuottavat kilpailullisille markkinoille eri puutavaralajeja niiden kysynnän perusteella. Yritykset tuottavat tuotetta y, hyödyntäen panoksia q (puutavara) ja x (muu panos), joihin molempiin muodostuu hinnat c ja z.

Teollisuusyritykset pyrkivät maksimoimaan voittoa, joka yhdestä myyntiyksiköstä puutavaralajista saadaan. Yrityksen voittoa maksivoima yhtälö voidaan kirjoittaa muotoon (Toppinen 1998, 15):

$$p^*(p,c,z) = \max p = pf(q,x) - cq - zx$$

Kilpailullisen raakapuumarkkinoiden voitonmaksimointiyhtälö voidaan kirjoittaa muotoon:

$$q_t^d = q(p_t, c_t, Z_t)$$

missä  $q_t^d$  on raakapuun kysyntä periodilla  $t$ ,  $p$  on lopputuotteen hinta,  $c$  on kantohinta ja  $z$  kuvaa muita tuotantopanoksia.

Pohjoismaissa metsien omistusrakenne on yksityisomistusta, joilla on useita eri omistajia. Metsähoidon, istutuksen ja taloudelliset tarpeet ovat tapauskohtaista metsänomistajien keskuudessa, kun taas metsäteollisuudelle puun myynnistä saatava tuoton jatkuvuus on perusoletus. Tästä johtuen, metsäteollisuus yritykset kohtaavat markkinoilla usein useita eri myyjiä. Raakapuumarkkinoita voidaan kutsua monopolistisiksi markkinoiksi. (Johansson & Löfgren 1986, 161). Täydellisessä markkinatilanteessa metsänomistaja maksimoi hakkuutuloja markkinoilla jossa hintainformaatio on markkinoiden ja omistajien välillä on saumatonta. Metsänomistaja voi itse päättää, paljonko puuta tarvitsee myydä nyt ja paljonko seuraavina kausina (Rekikoski & Kuuluvainen & Toppinen 2001, 5).

## 4.2 Joustot

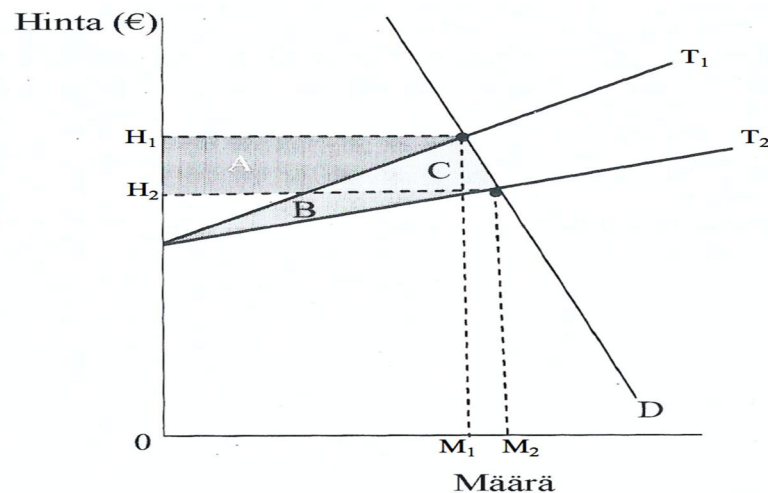
Markkinoilla hinnat muuttuvat jatkuvasti kysynnän ja tarjonnan muutosten seurauksena. Hintajoustoille pyrimme selvittämään, kuinka suuri vaikutus hinnan muutoksella on tarjontaan ja kysyntään. Tarjontajoustoja kutsutaan tarjontajoustoiksi ja kysynnän joustoja kysynnän joustoiksi (Sutela & Pekkarinen 1981, 72). Kysynnän joustolla pyritään mittaamaan, kuinka paljon kysytty määrä muuttuu, kun metsäsektorin lopputuotteen hintaa nostetaan. Kysynnän jousto pyrkii selvittämään prosentuaalista muutosta ja se voidaan kirjoittaa seuraavasti:

$$E_d \text{ (tai } E_s) = (dQ/Q) / (dP/P) = (dQ/dP) \times (P/Q)$$



Kysyntäkäyrällä on vaihtelua tasaisesti, mutta tarjontakäyrällä kysynnän vaihtelua voi ilmaantua eri kohdissa kysyntäkäyrää. Esimerkiksi sellu – ja paperiteollisuuden tarjontaan vaikuttavat myös tapahtumat sahatavarateollisuudessa.

Jos jouston suhteellinen luku, joka on johdettu edellä mainitusta kaavasta, on alle 1, niin kysynnän sanotaan olevan joustamaton. Jos luku on yli 1, niin tällöin hinnan muutoksesta seuraa joustoa ja jos luku on 0, niin tämä viittaa että kysyntä on täysin joustamaton (Zhang & Peter 2011, 105 - 106).



KUVIO 6. Suhteellinen jousto, joka syntyy tarjonnan kasvusta (Zhang & Peter 2011, 108).

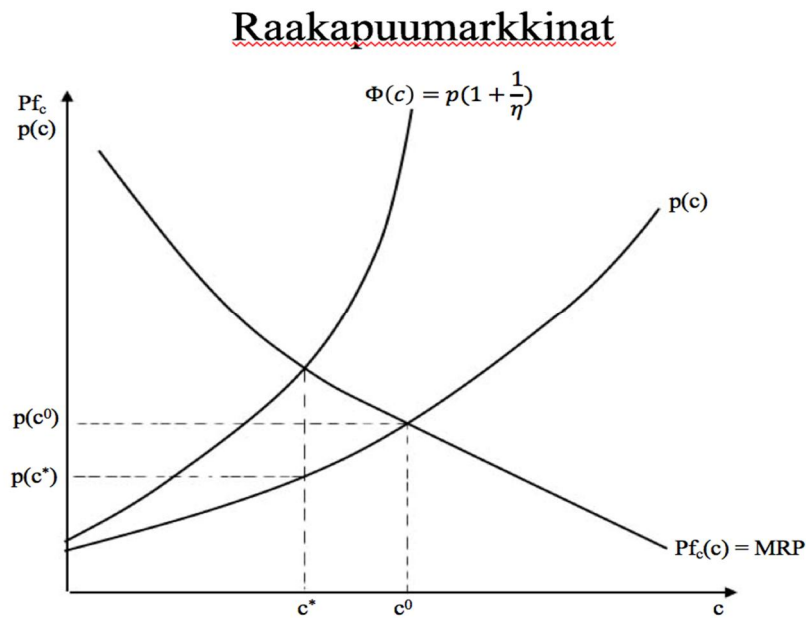
Metsänomistajien tekemä tutkimus – ja kehitys harvemmin johtaa tuotannon kasvuun raakapuumarkkinoilla, myöskään metsäteollisuuden intresseissä ei ole investoida suuria määriä kehitystyöhön. Tämä tilanne on kuvattu kuvassa 1. Kuvio 1 näyttää kuinka tarjonnan jousto on suhteessa suurempi kuin kysynnän. Tarjonnan siirtyessä kohdasta  $T_1$   $\rightarrow$   $T_2$  aiheuttaa hinnan laskun kohtaan  $H_2$  sekä laskee tuottajan ylijäämää. Muutosta tuottajan ylijäämässä kuvaa alue B – alue A. Hinnan nosto näin ollen heikentää tuottajien asemaa suhteessa metsäteollisuusyrityksiin. Tarjonta – ja kysyntäjoustot voidaan ilmaista seuraavasti (Ritson 1977, 30 -3 2, 102 - 103):

**Tarjontajousto** = Suhteellinen tarjotun määrän muutos / suhteellinen muutos tuotteen hinnassa

**Kysyntäjousto** = Prosentuaalinen muutos kysynnässä / prosentuaalinen muutos tuloissa.

### 4.3 Monopsonistinen kilpailutilanne

Markkinat, joissa on paljon myyjiä, mutta vähän ostajia kutsutaan monopolistisiksi markkinoiksi. Monopsonistinen kilpailutilanne johtaa usein resurssien heikompaan jakoon verrattuna täydelliseen kilpailutilanteeseen (Johansson & Löfgren, 161 -166 ja Sloman, J 178). Tämänkaltaisessa markkinatilanteessa hinta voi vaihdella myös samankaltaisten tuotteiden kesken ja ostaja.



KUVIO 7. Monopolistinen raakapuumarkkinoiden tasapainotila (Johanson & Löfgren 1985, 168).

Monopolistinen kilpailutilanteen haitat:

1. Myydään vähemmän korkeammalla hinnalla.
2. Yrityksen tuottavat korkeammalla hinnalla kuin täydellisessä kilpailussa.

Esimerkiksi Suomessa, useat sellutehtaat ovat paikallisesti monopsoniajia metsän myyjille jotka pääsääntöisesti ovat yksityismetsän omistajia. Oletus monopsonisessa markkinaympäristössä on, että puun ostajalle tarjontakäyrä esiintyy käänteisenä:

$$p = p(c)$$

missä  $\frac{\partial p}{\partial c} \geq 0$ ,  $p$  on raakapuun hinta ja  $c$  on yrityksen ostaman raakapuun määrä. Puun tarjontahintaan ei niinkään vaikuta puun tarjonta tällaisilla markkinoilla.

Puutaostavan yrityksen maksimointiongelma voidaan kirjoittaa yhtälön muotoon, missä voitto on  $\pi$ :

$$\pi = Pf(c) - p(c)$$

Yhtälössä  $P$  on vakio, esimerkiksi maailman markkinahinta sellulle. Ensimmäisen sääntö voiton maksimoimiseksi voidaan kirjoittaa muotoon:

$$Pfc(c) - \left( p + c \frac{\partial p}{\partial c} \right) = 0$$

missä

$$fc = \frac{\partial q}{\partial c}$$

on raakapuumarkkinoiden tuote (esimerkiksi kuitupuu). Yllä olevan kaavan optimaalinen ratkaisu löytyy, kun kuitupuun arvo on yhtä marginaalikustannusten kanssa.

#### 4.4 Kysyntä ja tarjontamallit raakapuumarkkinoilla

Raakapuumarkkinoita on tarkasteltu aikaisemmin tasapainomallin perusteella. Kysynnän ajatellaan muodostuvan, kun yritykset sahatavara ja sellu – ja paperiteollisuudessa myyvät lopputuotteita kilpailullisille ulkomaanmarkkinoille hinnalla  $p^s_t$  (sahatavara) ja  $p^k_t$  (sellu – ja paperiteollisuus). Metsäteollisuuden tuotantofunktio voidaan kirjoittaa muotoon (Hetemäki & Kuuluvainen 1988, 192):

$$Y_t = F(I_t, c_t),$$

missä  $I_t$  edustaa työvoimapanosta ja  $c_t$  edustaa tuotantopanosta (raakapuu). Jos tässä ei huomioida raakapuun inventaarikustannuksia ja lyhyen aikavälin

epävarmuustekijöitä, niin metsäteollisuusyrityksen kysynnän voitonmaksimointi voidaan kirjoittaa muotoon:

$$c_t^D = c_t^D(p_t^i, q_t^i, w_t^i)$$

missä  $c_t^D$  = Raakapuun kysyntä

$p_t^i$  = Vientihinta (lopputuote)

$q_t^i$  = Raakapuun kantohinta

$w_t^i$  = Työvoimakustannus

Hetemäen ym. tekemässä tutkimuksessa raakapuun tarjonnan ajatellaan puolestaan syntyvän pystykaupoista. Hankintakauppoja ei mallissa huomioida koska hakkuu ja kuljetuskustannusten ajatellaan vakiot ja ne voidaan jättää huomioimatta lyhyttä aikaväliä selittävissä malleissa. Kysyntä voidaan esittää seuraavasti:

$$c_t^S = c_t^S(q^s, q_t^{es}, q_t^k, m_t)$$

missä  $c_t^S$  = Raakapuun tarjonta (sahatavara – tai sellu – ja paperiteollisuus)

$q^{es}$  = Odotettavissa oleva kantohinta (pystykauppa)

$q_t^k$  = Kantohinta

$m_t$  = Tulot (ei metsästä saatava)

Kysyntä ja tarjonta on mallinnettu omilla ekonometrisillä malleillaan, joiden päämääränä on löytää markkinatasapainotila. Aikaisemmin raakapuumarkkinoita on mallintanut Löfgren ym. esittelemän tasapainomallin joka on tutkinut Ruotsin raakapuumarkkinoita, sekä Hetemäki ym. jotka ovat tutkineet Suomen raakapuumarkkinoihin. Myös tässä tutkimuksessa mallinnetaan raakapuumarkkinoiden kysyntää tarjontaa, niin sovelletuilla malleilla.

Löfgren ym. tutkimuksessa pyrkivät mallissaan selittämään kahta toisiinsa vaikuttavia metsäteollisuusmarkkinoita - saha ja selluteollisuus markkinoita. Kysynnän on ajateltu selkeästi muodostuvan kysyntäfunktiosta, joissa määrittävinä tekijöinä ovat sahatavaran yksikköhinta, puun hinta markkinahinta ja metsäteollisuuden palkkataso. Tarjonta puolestaan yksinkertaistetussa muodossa koostuu puun hinnasta, kuitupuun hinnasta sekä puuntuotannon hakkuukustannuksista. Kuitupuun hintaa tarkastellaan erikseen siitä syystä, että osa pienirunkoisen puun tuotannosta ohjautuu myös sahatteollisuuden käyttöön. Kun kuitupuusta saatava hinta nousee, myös suurempi osa

pienirunkoisen puun tuotannosta siirtyy selluteollisuuden käyttöön. Toinen vaikuttava tekijä on, että kuitupuun hinnan noustessa myös metsänharvennus on entistä kannattavampaa joka puolestaan vähentää hakkuukustannustekijää mallissa. Toisin kuin sahatavaramarkkinat, selluteollisuusmarkkinoita tulisi tarkastella erillään. Sellumarkkinoilla hinta määräytyy pitkälti ulkoisten tekijöiden vaikutuksesta. Koska teollisuudella on iso rooli, niin sellumarkkinoiden hinta voidaan ajatella syntyvän kysynnän perusteella. Toisin sanoen, sellun tekoon suuntautuvan puun hinta määräytyy massa – ja paperiteollisuuden tarpeiden mukaan.

Löfgren ym. esittävät mallissaan massan – ja paperin tuotantoon suuntautuvan puun (kuitupuun) tarjonnan hinnan funktiona, metsän hakkuukustannukset sekä sahatavaran hinnan, joka sisältää oletuksen, että osa pienrunkopuuntuotannosta kohdentuu joko saha tai massa – ja paperiteollisuuden käyttöön.

Taspainomalli on kirjoitettu muotoon:

$$C^D_t = \alpha_0 + \alpha_1 p^s_t + \alpha_2 (p^{sw} - w^s)_t + Q_{t-1}$$

$$C^S_t = \beta_0 + \beta_1 p^s_t + \beta_2 p^p_t + \beta_3 Z_t$$

$$C^D_t = C^S_t$$

missä  $C^D_t$  on sahapuun kysyntä,  $C^S_t$  on sahapuun tarjonta,  $p^s_t$  on sahapuunhintaa,  $p^p_t$  on kuitupuunhintaa,  $w^s$  on teollisuuden palkkataso,  $Z_t$  on hakkuukustannukset,  $(p^{sw} - w^s)$  kuvaa sahatavaran maksukykyä ja  $Q_{t-1}$  kuvastaa tuotannon eroa edellisvuoteen. Tarjontamallissa on vielä huomioituna ennustettu hintataso  $p^e$ . Löfgrenin ym. tarjontamalli voidaan kirjoittaa muotoon (Johansson & Löfgren, 1986, 192-194):

$$C^S_t = Y_0 + Y_1 p^s_t + Y_2 p^p_t + Y_3 Z_t + Y_5 p^p_{t-1} + Y_6 c^s_t$$

Suomen raakapuumarkkinoita on aikaisemmin tutkinut Hetemäki ym. Tutkimus pyrkii määrittämään sahapuutavaran ja kuitupuun kysynnän ja tarjonnan kokonaismäärää. Kuten Löfgren ym. myös tämä tutkimus pyrkii selvittämään ekonometrisin menetelmin markkinatasapainotilaa. Ero Löfgren ym. esittämään malliin on, että tämä malli huomio erikseen sahapuu – ja massa – ja paperiteollisuusmarkkinakysynnän.

## 5 Aineisto ja menetelmät

Tässä tutkimuksessa, tutkimusmenetelmänä on ekonometrinen analysointi. Pyrin selvittämään aikaisempien tutkimuksiin pohjautuen raakapuumarkkinoiden kysyntä – ja tarjontamallit, joita tutkin lineaarisen regression avulla. Menetelmänä pienimmän neliösumman menetelmä sekä kaksivaiheinen lineaarinen regressio, jonka avulla pyritään huomioimaan hinnat selkeämmin (Hetemäki ym. 1988, 196).

Tavoitteeni on selvittää miten hyvin mallit selittävät kysyntää ja tarjontaa kilpailullisilla sahatavara – ja sellunmarkkinoilla.

Tutkimuksessa käytettävä aineisto on kerätty Luonnonvarakeskuksen tilastopalvelusta ja Tilastokeskuksen avoimista tietolähteistä. Tilastollinen ohjelma tutkimuksessa on ollut SPSS.

Taloustieteen tilastollista tutkimista kutsutaan ekonometriaksi. Empiirisessä tutkimuksessa voidaan tutkia ja estimoida taloudellisia riippuvuussuhteita ja testata taloustieteen teorioita tilastollisin menetelmin. Talousteorian pohjalta asetettujen hypoteesien merkitsevyyttä voidaan testata tilastotieteen asettamilla merkitsevyytasoilla (Tomek & Robinson 2003, 375-377). Ekonometristen menetelmien ei ole tarkoitus tuottaa todelliseen maailmaan pohjautuvia totuuksia, vaan sitä voidaan käyttää menetelmätieteenä havaintojen tulkitsemiseen annettuun aineistoon pohjaten (Sumelius 2002, 7). Yleisimmin käytettävä menetelmä ekonometrisen mallin tulkitsemisessa on regressioanalyysi. Regressiomallissa pyritään rakentamaan malli talousteoriaan pohjautuen, joka pyrkii selittämään selittävien muuttujien vaikutusta selittävään muuttujaan.

Valituilla muuttujilla pyritään joko hylkäämään tai hyväksymään tai hylkäämään taloudellisia muuttujia kuvaava malli. Ensimmäisessä vaiheessa regressiota selvitetään nollahypoteesit ja tarkastetaan niiden merkitsevyytaso, valituilla merkittävyytasoilla. Jos malli on sopiva, tutkimusongelmasta muodostetaan malli, jota testataan lineaarisen estimoinnin keinoin (Asteriou & Hall 2006, 2).

Yhden muuttujan regressio voidaan kirjoittaa muotoon:

$$Y_t = a + \beta X_t + u_t$$

missä,  $u_t$  on virhetermi.

Klassisen lineaarisen regression olettamuksiin kuuluvat (Tomek & Robinsson 332-333):

1. Lineaarisuus. Ensimmäinen olettaus on, että selitettävä muuttuja voidaan johtaa selittävästä muuttujista. Matemaattisesti tämä voidaan johtaa:  $Y_t = a + bX_t + u_t$ , jossa  $t = 1, 2, 3, \dots, n$ .
2. Selittävien muuttujien arvot tulee olla vakioita, toistetuissa testeissä.
3. Odotusarvo virhetermeille on oltava nolla.
4. Homoskedastisuus. Tämä tarkoittaa sitä, että virhetermien varianssien on oltava vakio.
5. Selittävät muuttujat eivät saa olla keskenään korreloituneita
6. Virhetermit ovat normaalijakautuneita

### 5.1 Pienimmän neliösumman menetelmä

Useamman selittävän muuttujan tapauksessa, yleisimmin käytettävä menetelmä on pienimmän neliösumman menetelmä (eng. Ordinary Least Square). Menetelmää voidaan soveltaa helposti sekä yhden selittävän muuttujan malliin, tai sitten useamman selittävän tekijän lineaariseen malliin. Mallissa valitaan parametreille (usein  $\alpha:n$  ja  $\beta:n$ ) estimaatit joka minimoi mallissa syntyvien virhetermien neliösummaa. Tällä tavoin poistamme jäljelle jääneen merkin vaikutuksen, eli positiivinen ja negatiivinen jäännösarvo eivät voi kumota toisiaan. Pienimmän neliösumman menetelmällä suurin painoarvo kohdistuu suurimpiin jäännösarvoihin, mikä vähentää suurimpia virhetermejä (Asteriou & Hall 2006, 26).

Pienimmän neliösumman analyysin vaiheet voidaan jakaa seuraavasti (Sumelius 2002, 42):

1. Tutkimuskysymyksen määrittäminen. Tutkimuksen alusta on hyvä laatia ongelma, jota pyritään selittämään pienimmän neliösumman avulla.  
Jos tutkimuskysymyksen muotoilu on heikkoa, niin se usein johtaa heikkoon tulkintaan ja koherenssiin.
2. Oikea kirjallisuus. Aikaisemmat tutkimustulokset on hyvä ottaa mukaan tutkimukseen.

3. Tee regressiosta selkeä malli. Hyvin määritetty malli antaa tilastollista merkitsevyyttä tutkielmaan.
4. Määritä kertoimet. Mallissa käytettävät kertoimet tulee olla selkeästi määritetyt.
5. Havainnot. Mitä enemmän tutkimuksessa on havaintoja käytössä, niin sitä todennäköisemmin selittävät muuttujat selittävät selitettävää muuttujaa. Tällöin vapausasteet ovat korkeampia, mikä puolestaan on merkittävä, koska: t-jakaumasta peräisin oleva kriittinen arvo on sitä alhaisempi, mitä suurempi on havaintojen määrä.
6. Menetelmän valinta. Yleisin regressiomalli on pienimmän neliösumman menetelmä. Jos tähän liittyvät testit eivät mallinna valittua regressioyhtälö riittävän hyvin, on syytä harkita toista menetelmää.
7. Mallin muuttaminen. Jos regressioon liittyvät testit eivät anna riittävää näyttöä siitä, että regressiomalli on validi, niin on hyvä muuttaa regressiomallia.
8. Tulosten läpikäynti ja niiden analysointi. Tulokset antavat myös viitteitä siitä, onko valittu malli sopiva menetelmä käytettävän aineiston tutkimiseen.

## 5.2 Painotettu Pienimmän neliösumman menetelmä

Painotettua pienimmän neliösumman menetelmää käytetään, kun mallista halutaan poistaa heteroskedastisuutta. Heteroskedastisuutta voidaan testata White:n testillä, jossa lineaarisen estimoinnin tuloksena saadut residuaaleista suoritetaan lineaarinen regressio (Gujarati 2004, 414). Aineisten heteroskedastisuus voi johtaa siihen, että lineaarisella regressioanalyysillä estimoidut t – testin, F – testin ja P – arvoihin ei voida täysin luottaa (Sumelius 2002, 116). Menetelmällä pyritään samaan luotettavimpia tuloksia. Painotetun mallin vaiheet ovat seuraavat:

- 1) Pienimmän neliösumman testi valituille muuttujille
- 2) Testistä saadut residuaalien ennustearvot estimoidaan PNS –menetelmällä
- 3) Saadusta virhetermistä  $e^*$  otetaan lineaarinen regressio, siten että residuaalit ovat selittävänä tekijänä. Mallin selittävät tekijät pysyvät muuttumattomina.
- 4) Kolmannesta vaiheesta saatu ennuste arvo muutetaan painoarvoksi  $1/(\text{ennustearvo}^2)$  ja tällä tuloksella painotetaan alkuperäistä pienimmän neliösumman menetelmään



valittuja tekijöitä. Painotettu pienimmän neliösumman menetelmä laskettiin tässä tutkimuksessa SPSS – ohjelmalla.

### 5.3 Aikasarja – aineiston tulkinta

Usein ekonometristen tutkimusten data pohjautuu eri aikasarjoihin. Aikaan pohjautuva data koostuu aikaisemmin tapahtuneista havainnoista ja niillä pyritään selittämään nykyistä ja tulevaa tilaa. Aikasarjaan soveltuva data voi olla vuosittaista, kuukausittaista, kvartaaliin tai jopa tuntiin pohjautuvaa dataa ja sitä pääosin hyödynnetään makrotaloudellisissa tutkimuksissa.

Aikasarjoissa havaintojen ei voida ajatella olla jatkuvia suhteessa edelliseen kauteen ja tästä johtuen edelliskauden vaikutus tulisi huomioida seuraavassa kaudessa. Esimerkiksi hintaan tai määrään perustuvassa aikasarjassa tulisi huomioida edellisen kauden viive  $Y_{t-1}$ , missä  $t - 1$  kuvastaa edelliskauden hinta tai määrä yksikköä. (Asteriou & Hall 2006, 8). Myös tässä tutkimuksessa hyödynnetään aikasarjaan pohjautuvaa dataa, huomioiden edelliskausien viiveet.

Jos regressiomallin parametrit eivät ole lineaarisia valitun mallin suhteen ja haluamme huomioida joustojen osuus regressiomallissa, niin tällöin voimme hyödyntää luonnollisen logaritmin transformaatiota. Luonnollinen logaritmi yhtälö voidaan kirjoittaa regressioyhtälö muotoon:

$$\ln Y_i = \ln \beta_1 + \beta_2 \ln X_i + u_i$$

missä,  $\ln$  on luonnollinen logaritmi. Muuttujat  $Y$  ja  $X$  voidaan myös estimoida hyödyntäen pienimmän neliösumman menetelmää (Gujarati 2004,176). Jos mallit on estimoitu log – lineaarisessa muodossa, mallin antamia tuloksia voidaan tulkita kysynnän ja tarjonnan joustoina. Selittävien muuttujien kertoimet voidaan tulkita prosentuaalisina muutoksina (Johansson & Löfgren 1985, 196). Esimerkiksi jos kysytyn sellu – ja paperiteollisuuden lopputuotteen hinta kasvaa 10 % niin tällöin vientituotteen hinta kasvaisi suhteellisesti tässä mallissa ~ 0,02 %.

### 5.4 Regressioanalyysin testaaminen

Regression avulla voidaan tutkia yhden tai useamman selittävän muuttujan vaikutusta selitettävään muuttujaan. Tässä tutkimuksessa esitetään malli jossa on useampi selittävä muuttuja.

Mallissa selitysaste  $R^2$  kertoo sen kuinka hyvä lineaarinen yhteneväisyys mallin selitettävien ja selittävän muuttujan välillä on. Selitysaste  $R^2$  on yleensä varsin optimistinen estimaatti siitä, kuinka hyvin tarkasteltavana oleva regressiomalli sopii perusjoukkoon. Tästä johtuen vapausasteilla korjattu selitysaste antaa paremman kuvan mallin sopivuudesta. Vapausasteilla korjattu selitysaste voi saada arvoja 0:n ja 1:n välillä ja luvut tältä välillä kuvastavat prosentuaalista todennäköisyyttä selittävien ja selittävän muuttujan kesken. Eli vapausasteilla korjattu  $R^2 = 0,60$  kertoo meille sen, että lineaarinen malli selittää 60 % todennäköisyydellä sen, että selittävät muuttujan vaikuttavat selitettävään muuttujaan (Tomek & Robinson 2003, 330). Selitysaste ei voi saada muita arvoja kuin 0:n ja 1:n välillä, mutta vapausasteilla korjattu voi saada. Tällöin todisteita mallin toimivuudesta ei voida saada, eli regressioyhtälön joudutaan hylkäämään (Asteriou & Hall, 66).

Nollahypoteesien testaamiseen käytetään yleisesti Studentin t- testiä. Testin avulla pyritään selvittämään regressiomallin parametrien merkitsevyyttä selitettävään muuttujaan. T – testi arvio ovatko  $\beta$  – kertoimet todellisia vai eivät. Nollahypoteesi on  $H_0: \beta = \tau_i$  ja vaihtoehtoishypoteesi  $H_0: \beta \neq \tau_i$ . Hypoteesit pitää testata joko yksisuuntaisesti tai kaksisuuntaisesti (Sumelius 2002, 48).

Vaihtoehtoishypoteesin mukaan vakio kertoimilla on vaikutusta selitettävään muuttujaan, joita testataan kriittisillä arvoilla. Kriittinen arvo on luku, joka muodostuu havainnoista sekä merkitsevyydestä. Useimmin käytettävät merkitsevyyden tasot eli toisin sanoen p:n arvot ovat 0,01, 0,05 ja 0,10. Tasot kertovat meille sen, milloin nollahypoteesi on tarpeellista hylätä. Jos merkitsevyyden tason ollessa 0,01 nollahypoteesi hylätään, niin otamme yhden prosentin riskin, että päätös on tehty väärinperustein (Tomek & Robinson 2003, 375 - 377).

Regressioanalyysissä käsitellään usein muuttujia, jotka on kategorisoitu. Näitä ovat sukupuoli, ihmisryhmät tai tässä tutkimuksessa esiintyvät vuosi – ja kuukausiluokittelu. Kun pyritään huomioimaan testaamisessa kategorisia muuttujia, tulee regressiomallin lisäksi dummymuuttujia, jotka voivat vain saada arvoja 0 ja 1 lukuasteikon välillä (Sumelius 2002, 66). Dummymuuttujilla voidaan havainnoida eri

ilmiöiden, kuten taloussuhdanteet ja niiden vaikutus valittuun malliin ja niiden käyttö on olennainen osa regressiomallissa, jossa halutaan ottaa mukaan luokkiin perustuva data (Gujarati 2004, 333 ja Asteriou & Hall 2006, 183 - 184).

Virhetermit ovat usein autokorreloituneet menneeseen aikaan pohjautuvissa aineistoissa. Tämä johtuu usein tuottajien ja kuluttajien hitaasta reagoitakyvystä (Sumelius 2002, 101 - 102). Aikasarja – aineistoissa on tavanomaista, että virhetermit riippuvat toisistaan toistuvasti ja näin voivat aiheuttaa parametrien käytön tehottomuuden. Yleisimmin käytettävä menetelmä autokorrelaation vähentämiseksi aineistosta on Durbin – Watson  $d$  – testi. Jos Durbin Watson testin arvo on 2, niin tällöin autokorrelaatiota ei esiinny. Jos DW – arvo on 0 – 2, niin aineistossa esiintyy positiivista autokorrelaatiota, jos DW – arvo on 2 – 4 niin esiintyy negatiivista autokorrelaatiota. Vaikka Durbin Watson testiä käytetäänkin yleisesti autokorrelaation poistamiseen, niin se ei kuitenkaan kaikissa tapauksessa ole sopivin menetelmä autokorrelaation poistamiseksi. Durbin Watson tuo esiin autokorrelaation, mutta se ei ratkaise ongelmaa. Se ei myöskään ole sopiva menetelmä, jos regressioyhtälössä on viive muuttujia, niin testiä ei voida käyttää. Lisäksi, DW – testi ei ota huomioon korkeampia sarjakorrelaation muotoja. Jos aineisto sisältää viive arvoja, niin sopiva testi DW – testin sijaan, on tällöin Durbin  $h$  – testiä. Muita testejä autokorrelaation poistamiseksi on Breusch – Godfrey LM testi. LM testi soveltuu paremmin viivästettyjen muuttujien estimointiin (Asteriou & Hall 2002, 143 - 147).

Taloustieteellisissä tutkimuksissa käytettävä aikasarjoihin tukeutuva aineisto sisältää usein nykyisen arvon lisäksi edellisen kauden arvon (eng. ”Distributed lag variable”). Viive arvoja käytetään käytetään siitä syystä, että niillä pyritään selittämään edellisen kauden vaikutus nykyiseen kauteen (Gujarati 1985, 255 – 257). Esimerkiksi metsätaloudessa edelliskausien hakkuumäärä tai kantohinnat realisoituvat vasta seuraavassa kaudessa (Hetemäki & Kuuluvainen 1988, 195 197). Mallit joissa yksi tai useampi selittävä muuttuja sisältää viivearvoja, kutsutaan autoregressiivisiksi malleiksi (Gujarati 1985, 255 – 257). Aikasarjoihin perustuva aineisto, joissa on käytetty viive arvoja ja dummymuuttujia, on vaara että ajautuu niin kutsuttuun ”Dummy” – ansaan, jossa useamman kuin yhden muuttujan välillä on täydellinen kollineaarisuus, tai täydellinen multikollineaarisuus. Multikollineaarisuus vaikuttaa aineistoon siten, että yksi tai useampi selittävä tekijällä on täydellinen yhteneväisyys toisiinsa nähden.

Tällöin toinen selittävä voidaan jättää pois, sillä muuttuja on selitettävissä toisen muuttujan avulla. (Gujarati 2004, 302). Multikollineaarisuutta voidaan havaita Vehkalahti (2010) viittaa raportissaan aikaisempaan kirjallisuuteen jossa VIF – (VIF = Variance inflation factor) – kertoimen, jonka avulla voidaan suoraan havaita aineiston multikollineaarisuus.

## 6 Aineisto ja malli

### 6.1 Aineisto

Tämän tutkimuksen puun hinta- ja määräaineistot on kerätty Luonnonvarakeskuksen tilastot – palvelusta, tullin ulkomaankauppatilastoista sekä tilastointikeskuksen avoimista tietolähteistä. Aikasarjahavaintoja on yhteensä 180 ja ne koostuvat yhdestä alueesta – Suomen kaikki metsäkeskukset.

Puunmyyntitapa tutkimuksessa on pystykauppa ja kaikki puun myyntiä koskeva tieto liittyy pystykaupasta saataviin hintoihin. Myös hakkuutapa on ollut pystyhakkuu. Kaikki hinta ja määrää koskevat aikasarjatiedot ovat kuukausittaisia ja ajoittuvat ajanjaksolle 2003 – 2017.

- Puun hakkuumäärä ja hintatietoja koskeva data on kerätty Luonnonvarakeskuksen tilastot – palvelusta
- Palkkasummakuvaaja on kerätty tilastokeskuksen avoimesta datatiedostoista (Tilastokeskuksen STAT - palvelu)
- Vientihintatiedot on kerätty tullin ULJAS – tilastopalvelusta. Vientihintaa kuvaava data koostuu vientiin suuntautuneen myynnin arvosta ja määrästä. Tutkimukseen kerätty data on muotoa  $\hat{=}$  Myynnin arvo/ myynnin määrä.

Suomen metsäsektorilla tapahtuvien ja globaalien maailmantalouden johdosta, tällä aikakaudella on tapahtunut melko suuria muutoksia kilpailukykyyn ja lopputuotteiden maailmanmarkkinakysynnässä.

Tästä syystä, aineistoon on lisätty dummymuuttujia, joiden tarkoitus on pyrkiä havainnoimaan ajanjakson suhdannevaihteluita raakapuun kysynnässä ja tarjonnassa.

Dummymuuttujia on tässä tutkimuksessa kahdenlaisia; niitä jotka pyrkivät selittämään kuukausivaihteluiden vaikutusta ja niitä jotka pyrkivät selittämään eri jaksojen vaikutusta raakapuumarkkinoihin.

Näiden tarkoitus on pyrkiä selittämään suhdannevaihteluiden vaikutusta pidemmällä kuin kuukauden kestäväällä ajanjaksolla. D1 – muuttuja kuvastaa aikaa ennen voimakasta globaalia laskusuhdannetta, joka alkoi vuoden 2007 loppupuolella, D2 pyrkii selittämään laskusuhdannetta, joka oli pahimmillaan vuonna 2009 ja D3 pyrkii puolestaan selittämään nousukautta suuren laman jälkeen.

## 6.2 Malli

Tämän tutkimuksen malli pohjautuu Hetemäen ja Kuuluvaisen esittämään malliin Suomen raakapuumarkkinoiden toimivuudesta. Lisänä tähän malliin tuon kausivaihteluiden merkitsevyyden.

Tutkittava malli koostuu kysyntä – ja tarjontamallista ja mallia pyritään soveltamaan sahatavara – kuitupuumarkkinoille.

(1a) Kuitupuun tarjonta voidaan kirjoittaa muotoon:

$$YK^D_t = \alpha_0 + \alpha_1 q^k_t + \alpha_2 q^k_{t-1} + \alpha_3 q^s_t + \alpha_4 m_t + \alpha_5 YK^S_{t-1}$$

(1b) Kuitupuun kysyntä voidaan kirjoittaa muotoon:

$$YK^D_t = \beta_0 + \beta_1 p^k_t + \beta_2 q^k_{t-1} + \beta_4 YK_{t-1}$$

(1c)  $YK_t = YK^S_t = YK^D_t$

(2a) Sahatavarapuun tarjonta voidaan kirjoittaa muotoon:

$$YS^S_t = \alpha_0 + \alpha_1 q^k_t + \alpha_2 q^k_{t-1} + \alpha_3 q^s_t + \alpha_4 m_t + \alpha_5 YK^S_{t-1}$$

(2b) Sahatavarapuun kysyntä voidaan kirjoittaa muotoon:

$$YS^D_t = \beta_0 + \beta_1 p^k_t + \beta_2 q^k_{t-1} + \beta_4 YK_{t-1}$$

(2c)  $YS_t = YS^S_t = YS^D_t$

missä,

$YS^D_t$  Sahatukkien kysyntä

$YS^S_t$  Sahatukkien tarjonta

$YK^D_t$	Kuitupuun kysyntä
$YK^S$	Kuitupuun tarjonta
$p^i_t$	Lopputuotteen vientihinta ( $i = s, k$ )
$q^i_t$	Kantohinta ( $i = s, k$ )
$m$	Palkkasummakuvaaja (koko talous)

Kuukausi (dummymuuttujat)

$D_1$	Dummymuuttuja (Tammikuu)
$D_4$	Dymmymuuttuja (Huhtikuu)
$D_{10}$	Dymmymuuttuja (Lokakuu)
$D_{11}$	Dymmymuuttuja (Marraskuu)
$D_{12}$	Dymmymuuttuja (Joulukuu)

Jaksot (dummymuuttujat)

$D_1$	Dummymuuttuja (2003 - 2007)
$D_2$	Dummymuuttuja (2008 - 2010)
$D_3$	Dummymuuttuja (2010 – 2014)

alaindeksi (i):

$s$  = Sahatavara tai sahatavaratuote

$k$  = Kuitupuu tai sellu – ja paperiteollisuuden lopputuote

Kuukausivaihtelua pyrkii selittämään  $D_1$  (Tammikuu),  $D_4$  (Huhtikuu),  $D_{10}$  (Lokakuu),  $D_{11}$  (Marraskuu) ja  $D_{12}$  (Joulukuu).

Kuukausimuuttujissa olen pyrkinyt huomioimaan eri vuoden ajankohdat ja syy miksi en ole käyttänyt jokaista kuukautta on se, että pyrin välttämään aineiston multikollinearisuutta. Painoarvo kuukausissa on loppuvuosi. Jaksot olen jakanut kolmeen osaan:  $D_1$  (2003 - 2005),  $D_2$  (2008 - 2010) ja  $D_3$  (2010 - 2014). Kausien taustalla on pyrkimys selvittää vuonna 2008 alkaneen voimakkaan laskusuhdanteen vaikutusta raakapuumarkkinoihin. Ensimmäisen kauden on tarkoitus painottaa arvoja ennen lamaa, toisen kauden laman vaikutusta ja kolmannen kauden laman jälkeistä, hitaasti edennyttä nousukautta.

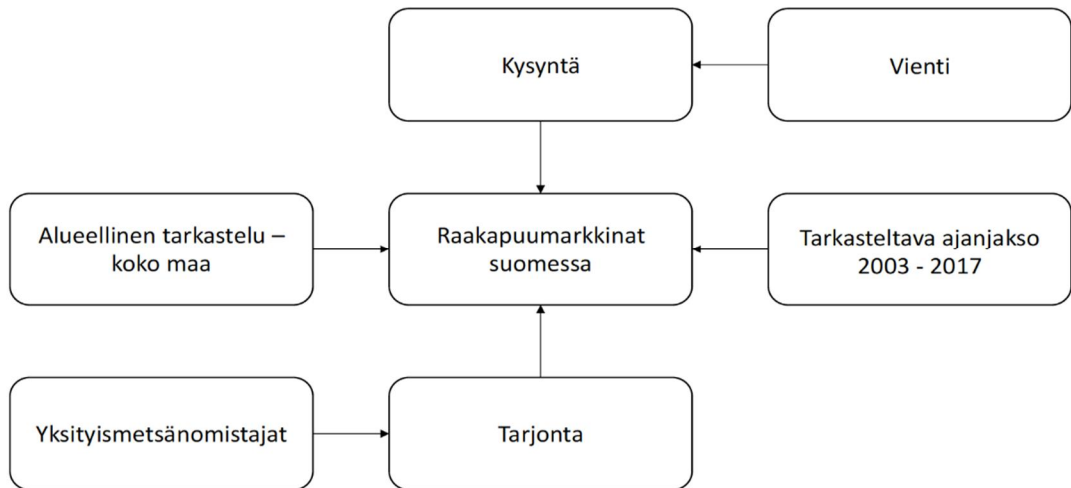
Mallien tavoitteet:

- 1) Onko kuitupuun kysyntämalliin valituilla selittävillä tekijöillä vaikutusta selittävään muuttujaan, valitulla merkitsevyystasolla.
- 2) Onko kuitupuun tarjontamalliin valituilla selittävillä tekijöillä vaikutusta selittävään muuttujaan, valitulla merkitsevyystasolla.
- 3) Onko sahatavaran kysyntämalliin valituilla selittävillä tekijöillä vaikutusta selittävään muuttujaan, valitulla merkitsevyystasolla.
- 4) Onko sahatavaran tarjontamalliin valituilla selittävillä tekijöillä vaikutusta selittävään muuttujaan, valitulla merkitsevyystasolla.

## 7 Tulokset

Raakapuun tarjontaa ja kysyntää estimoitiin malleilla, joiden tavoitteena mallintaa markkinatasapainoa raakapuumarkkinoilla. Estimoituja regressiomalleja oli yhteensä neljä; kysyntämallit sahatavaramarkkinoille sekä sellu – ja paperin markkinoita kuvaamaan sekä tarjontamallit myös molemmille edellä mainituille markkinoille. Ensimmäisessä vaiheessa selittävä muuttuja on raakapuun kokonaistarjonta (tukkipuun – ja kuitupuun hakkuut yhteensä). Toisessa vaiheessa estimoinen kysyntää ja tarjontaa mallilla, jossa selittävänä muuttujana kuitupuun kokonaishakkuumäärä.

Selittävinä muuttujina tutkimuksessa ovat: kantohinnat ( $q_t^i$ , indekstit  $k =$  kuitupuu ja  $s =$  tukkipuu), lopputuotteen vientihinta ( $p_t^i$ , indeksit  $k =$  sellu – ja paperiteollisuuden,  $s =$  sahatavateollisuuden) sekä ”ei metsästä” saatavaa tuloa kuvaa palkkasummakuvaaja (trendisarja, 2015=100). Viive muuttujia käytetään kuvaamaan edellisen kausien vaikutusta seuraavaan kauteen. Viive muuttujia käytetään tässä mallissa hakkuumäärissä ( $YS_{t-1}$ ) sekä kantohinnoissa ( $q_{t-1}^i$ , indeksit  $k =$  kuitupuu,  $s =$  sahatukki). Lisäksi kuukausi – ja kausivaihteluiden vaikutuksia kuvaan dummymuuttujilla ( $D = 1$ , tai  $D = 0$ ). Molemmissa malleissa, parametrit on muutettu luonnolliseksi logaritmiksi ja ne ovat estoitu hyödyntäen pienimmän neliösumman menetelmää sekä painotetun pienimmän neliösumman menetelmää.



KUVIO 8. Tutkimustavoitteet

### 7.1 Kysyntämalli Kuitupuulle

Kuitupuun kysyntää estimointiin mallilla:  $Y(\text{Hakkuut}) = \alpha_1 X_1(\text{Vientituotteen hinta}) + \alpha_2 X_2(\text{Kuitupuun kantohinta}) + \alpha_3 X_3(\text{viive edellisvuoden hakkuumäärään}) + D1 + D4 + D10 + D11 + D12$ . Ensimmäisessä vaiheessa mallia testattiin dummymuuttujilla (kuukausi), jonka jälkeen pyrittiin selvittämään jaksojen vaikutusta malliin. Mallit testattiin pääosin 0,05 merkitsevyystasolla, myös muita merkitsevyystasoja (0,01 ja 0,10) hyödynnettiin, mutta tuloksiin ne eivät juuri vaikuttaneet lopputulokseen. Ensimmäisessä vaiheessa kysyntää estimointiin pienimmän neliösumman menetelmällä, jonka jälkeen estimoin mallin painotetun pienimmän neliösumman menetelmällä. Käsitelin aikaisemmin tutkimuksessani pienimmän neliösumman menetelmän oletuksia. Yksi oletuksista oli, että jos pienimmän neliösumman menetelmä ei selitä lineaarista yhtälöä riittävän hyvin, on kokeilta sopivampaa menetelmää (Sumelius 2002, 28 – 29). Tutkimuksessa esitän vain painotetun pienimmän neliösumman menetelmällä saadut tulokset. Mallien korjatut tulokset löytyvät tutkimuksen liitteenä.



Kuukausimuuttujilla tehdyt tulokset olivat seuraavat:

TAULUKKO 2. Kysyntämallin tulokset kuitupuulle (kuukausimuuttujat).

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	3.28	0.81		4.05	0.00
Vientituotteen (sellu) hinta	0.04	0.08	0.02	0.49	0.63
Kantohinta (kuitupuu)	-0.19	0.17	-0.04	-1.08	0.28
lagKokonaishakkuumäärä	0.59	0.06	0.50	9.71	0.00
D1 (Tammikuu)	0.15	0.03	0.41	4.44	0.00
D4 (Huhtikuu)	-0.32	0.06	-0.22	-5.61	0.00
D10 (Lokakuu)	0.05	0.04	0.07	1.27	0.20
D11 (Marraskuu)	-0.02	0.04	-0.03	-0.56	0.58
D12 (Joulukuu)	0.07	0.04	0.09	1.76	0.08
R Square	0.81				
Adjusted R Square	0.80				
Durbin-Watson	2.39				
F-arvo	88.49				
P-arvo	0.00				

TAULUKKO 3. Kysyntämallin tulokset kuitupuulle (jaksomuuttujat).

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	3.84	2.16		1.78	0.08
Vientituotteen (sellu) hinta	0.07	0.22	0.04	0.30	0.76
Kantohinta (kuitupuu)	-0.08	0.38	-0.02	-0.21	0.83
lagKokonaishakkuumäärä	0.45	0.08	0.39	5.40	0.00
D1 (2003 - 2007)	-0.02	0.07	-0.03	-0.23	0.82

D2 (2008 - 2010)	-0.10	0.07	-0.10	-1.35	0.18
D3 (2010 - 2014)	-0.03	0.05	-0.06	-0.64	0.52
R Square	0.19				
Adjusted R Square	0.16				
Durbin-Watson	1.78				
F-arvo	6.56				
P-arvo	0.00				

Kuukausi muuttujilla suoritettujen testien vapausasteilla korjattu malli oli korkea 0,80, eli tämän mukaan 80 % havainnoista voidaan selittää mallin avulla, mikä ei ole tilastollisesti paras mahdollinen, mutta selittää kuitenkin mallia hyvin. Selittävästä muuttujista tilastollisesti merkittäviä olivat ( $P < 0,05$ ) edellisvuoden hakkuumäärä sekä tammi -, huhti – ja joulukuuta kuvaavat dummymuuttuja. Kaikki muut selittävät tekijät eivät olleet valitun merkitsevyydestason sisällä, joten tilastollisesti merkitsemättömät muuttujat voidaan jättää pois. Näitä olivat vientituotteen hinta, kantohinta sekä, loka – ja marraskuu.

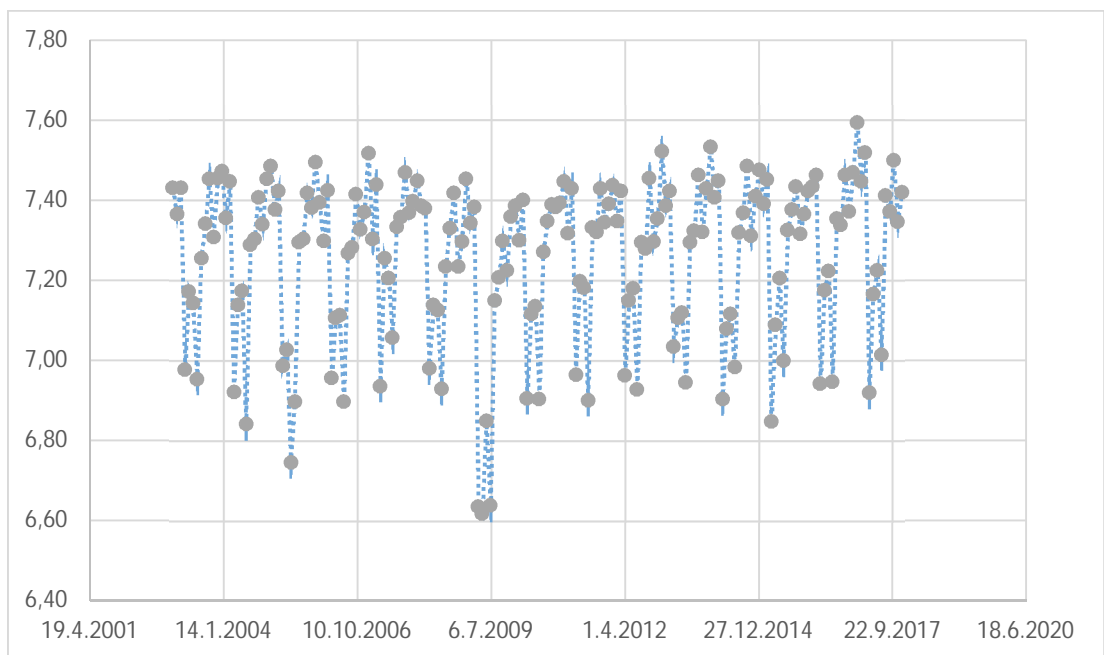
Kuitupuun kantohintaa ei mallissa voida pitää merkittävänä ( $0,05 < 0,28$ ). Tilastollisen merkitsemättömyyden johdosta mallin esittämästä  $\beta$ - kertoimesta (0,07) ei siis voida tehdä johtopäätöksiä. Tämä siitäkin huolimatta, vaikka teoreettinen tieto tukee väitettä, että kantohinta vaikuttaa kysyntään. Raakapuun kysynnän joustoa, voidaan estimoida kaavalla, jossa yhtenä selittävänä tekijänä on puutavaralajin hinta. Zhang ja Pearse esittävät kirjassan puun kysyntää estimoivan mallin:

$$E_{\log} = (E_{\text{puutavara}} * H_{\log}) / (1-\beta) H_{\text{puutavara}}$$

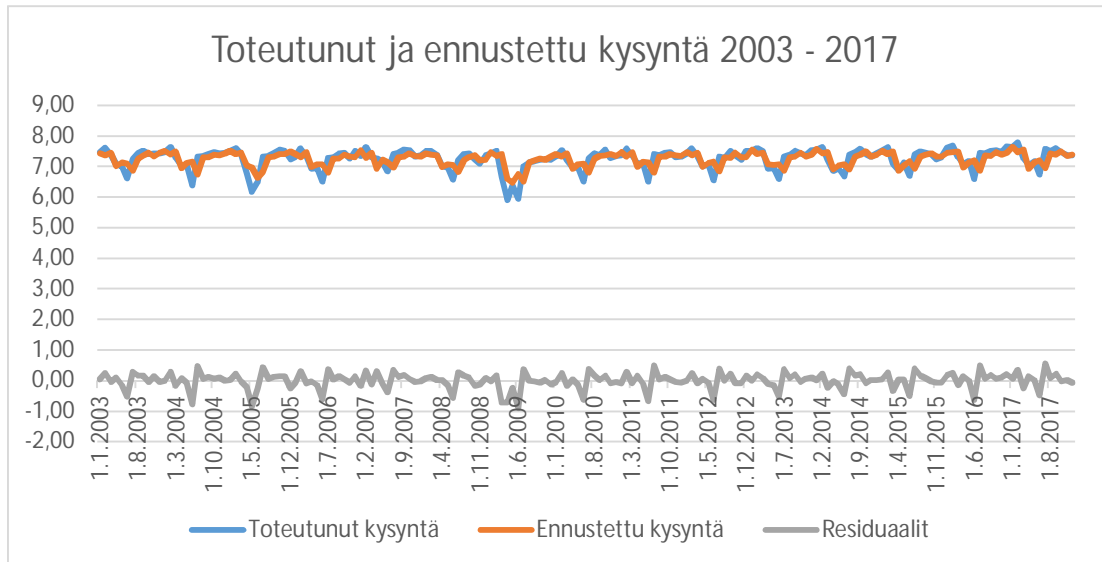
Missä,  $E_{\text{puutavara}}$  on lopputuotteen kysynnän jousto,  $H_{\text{puutavara}}$  , on lopputuotteen hinta,  $H_{\log}$  on tukkipuun hinta ja  $\beta$  kuvaa kerrointa (Zhang & Pearse 2011, 121).

Seuraavassa vaiheessa testasin mallia jaksomuuttujilla. Vapausasteilla korjattu selitysaste putosi huomattavasti, ollen tilastollisesti varsin vaatimaton 0,16. Selittävien muuttujien arvot olivat myös huonompia kuin kuukausimuuttujien kanssa, vain

edellisen vuoden hakuumäärää oli tilastollisesti merkittävä. Tämä on hieman erikoista, sillä ajanjaksoa D2 (2008 – 2010) kuvaava selittävä tekijä oli Suomen, ja koko maailmantaloudellisesti laskusuhdannetta, jolloin oletettava olisi ollut, että tämä näkyisi myös tilastollisesti. Ajanjakson kerroin  $-0,10$  viittaa siihen, että ajanjaksolla on ollut negatiivinen vaikutus raakapuun kysyntään, mutta tämä ei valitettavasti tilastollisesti merkittävä. Laskusuhdanteesta johtunutta kysynnän laskua kuvaa alla oleva kuvaaja, josta selkeästi havaittavissa kysynnän pudotus. Laskukauden jälkeistä nousukautta malli ei pysty selittämään.



KUVIO 9. Toteutunut kuitupuun kysyntä 2003 - 2017.



KUVIO 10. Kuitupuun kysyntämallin toteutuneet ja ennustettu hakkuumäärä sekä näiden väliset residuaalit.

## 7.2 Tarjontamalli Kuitupuulle

Kuitupuun tarjontamallissa selittävänä muuttujan oli myös sahatavara – ja sellu – ja paperiteollisuuden hakkuut, joiden ajatellaan tässä mallissa ennustavan markkinoille tarjotun puun hintaa. Tarjontaa testattiin ensimmäisenä pienimmän neliösumman menetelmällä. Puun tarjonnan oletetaan mallissa tulevan yksityismetsänomistajilta, joiden objektiivien oletetaan olevan niin taloudellisia kuin ei – taloudellisia arvoja. Kuuluvaisen ym. tehdyn tutkimustulosten perusteella, ne metsänomistajat joilla on useita metsähoidollisia tavoitteita tuottavat noin 3 m<sup>3</sup> enemmän kuin ne metsänomistajat joilla on vain vähän tai ei ollenkaan metsanhoidollisia tavoitteita (Kuuluvainen ym 1996, 304). Puun tarjonnan oletetaan mallissa tulevan yksityismetsänomistajilta, joiden objektiivien oletetaan olevan niin taloudellisia kuin ei – taloudellisia arvoja. Alla on esitetty tämän tutkimuksen tuloksia, painotetun pienimmän neliösumman menetelmällä saadut tulokset.

Kuukausimuuttujilla saadut tulokset:

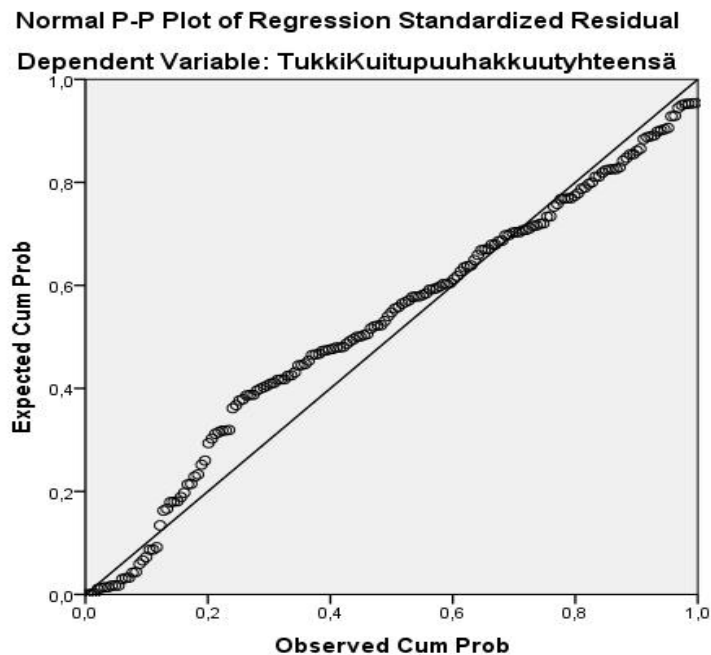
TAULUKKO 4. Tarjontamallin tulokset kuitupuulle (kuukausimuuttujat).

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	1.81	0.59		3.07	0.00
Kantohinta (kuitupuu)	1.06	0.59	0.25	1.80	0.07
lagKantohinta (kuitupuu)	-1.47	0.65	-0.34	-2.25	0.03
Kantohinta (tukkipuu)	0.57	0.03	0.14	1.89	0.06
Palkkasummakuvaaja	0.29	0.10	0.14	2.99	0.00
lagKokonaishakkuumäärä	0.42	0.06	0.37	7.14	0.00
D1 (Tammikuu)	0.30	0.03	0.46	9.17	0.00
D4 (Huhtikuu)	-0.12	0.04	-0.20	-3.10	0.00
D10 (Lokakuu)	0.04	0.04	0.04	0.95	0.34
D11 (Marraskuu)	0.28	0.03	0.57	9.42	0.00
D12 (Joulukuu)	0.11	0.03	0.20	3.47	0.00
R Square	0.89				
Adjusted R Square	0.88				
Durbin-Watson	2.20				
F-arvo	130.76				
P-arvo	0.00				

TAULUKKO 5. Tarjontamallin tulokset kuitupuulle (jaksomuuttujat).

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	3.16	1.49		2.12	0.04
Kantohinta (kuitupuu)	0.57	0.69	0.30	0.83	0.41
lagKantohinta (kuitupuu)	-2.67	0.73	-1.44	-3.65	0.00

Kantohinta (tukkipuu)	1.76	0.23	1.18	7.68	0.00
Palkkasummakuvaaja	0.09	0.24	0.05	0.37	0.71
lagKokonaishakkuumäärä	0.38	0.07	0.45	5.48	0.00
D1 (2003 - 2007)	0.05	0.08	0.10	0.68	0.50
D2 (2008 - 2010)	0.10	0.04	0.20	2.32	0.02
D3 (2010 - 2014)	-0.04	0.03	-0.14	-1.22	0.23
R Square	0.32				
Adjusted R Square	0.28				
Durbin-Watson	1.78				
F-arvo	9.6				
P-arvo	0.00				



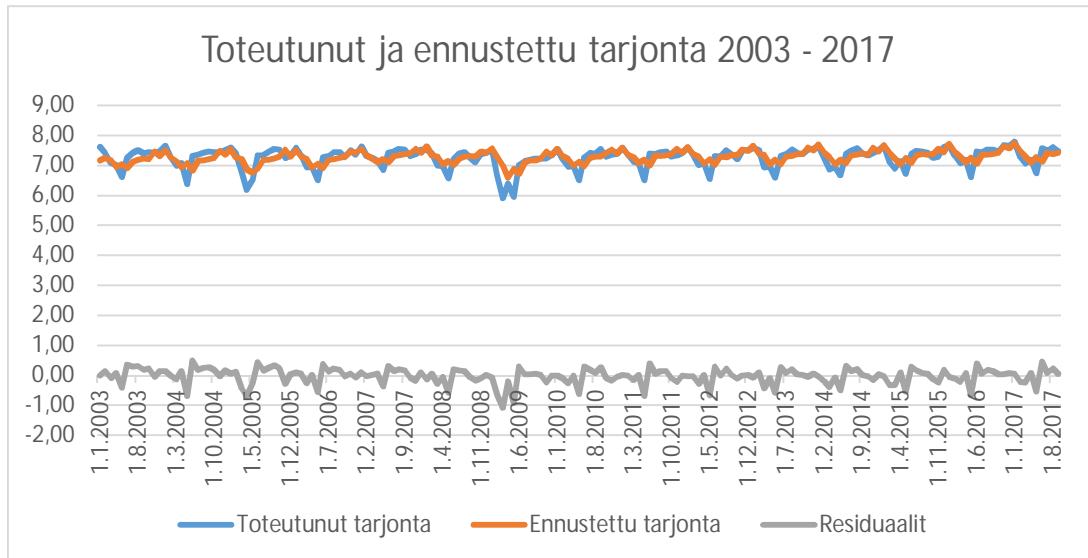
KUVIO 11. Residuaalijakauma suhteessa selittävään muuttujaan.

Virhetermit ovat jakautuneet PNS - menetelmällä tehdyissä testeissä, regressiokäyrälle varsin tasaisesti, lukuun ottamatta kohdassa 0,2 – 0,4 ("ExpectedCum Prob.") 0,1 – 0,5 ("Observed Cum Prob") esiintyvää poikkeamaa.

Ensimmäisen vaiheen selitysaste oli tilastollisesti varsin hyvä 0,89. Tarjontaa selittävät muuttujat sopivat kuitenkin tarjontamalliin paremmin kuin kysyntämallin selittävät tekijät. Kuukausimuuttujilla estimoidussa mallissa ainoastaan lokakuu ja kantohinnat (tukki ja kuitu) eivät ole tilastollisesti luotettavia, sillä molempien p – arvot ylittävät 0,05 merkitsevyystason.

Jaksomuuttujilla estimoidussa mallissa, kaikki muut jaksot paitsi 2008 – 2010 eivät olleet sopivia tähän malliin. Vaikuttaisi siis, että tarjontamallissa laskusuhdanteella on ollut vaikutusta tarjottuun määrään. Kerroin oli positiivinen, eli näyttäisi että kyseisellä ajanjaksolla on tarjottu kasvanut. Tämä tosin saattaa viitata raakapuumarkkinoiden viiveeseen. Raakapuumarkkinoiden hinnan ennustamista voidaan ajatella perustuvan edelliskausiin (Johansson ym. 194). Tämä on myös havaittavissa standardoituja virhetermejä kuvaavassa kuvaajassa. Vapausasteilla korjattu selitysaste oli 0,28, mikä on tilastollisesti vaatimaton tulos. Noin kolmannes havainnoista voidaan selittää tämän mallin avulla. Selittävästä tekijöistä tilastollisesti merkittäviä kuukausipainotetussa mallissa olivat palkkasummakuvaaja, edellisvuoden hakuumäärät sekä kuukausista tammi – ja huhtikuu. F – arvo kasvoi myös merkittävästi, ollen uudessa mallissa 127,09.

Yllättävää kyllä, kuitupuun kantohinta ei näyttäisi olevan myöskään jaksomuuttujissa merkittävä. Tukkipuun kantohinta sen sijaan näyttäisi selittävän tarjontaa jaksomallissa ( $\beta$  – kerroin 1,76). Tilastollisesti palkkojen kehitys vaikuttaisi olevan suuremmassa roolissa kuukausi muuttujissa, kuin taas enemmän pitkää aikaväliä selittävässä jaksomuuttujamallissa. P:n arvot olivat kuukausimuuttujissa 0,00 ja jaksomuuttujissa 0,71, eli tämä ei tilastollisesti merkittävä. Tarjontamallin testejä tehdessä, jakso ennen laskusuhdannetta (2003 – 2007) oli raakapuun tarjonnan kannalta varsin merkittävä. Esimerkiksi vuonna 2004 markkinahakkuut olivat 55 miljoonaa kuutiometriä joka ei riittänyt tyydyttämään kysyntää täysin. Samana vuonna raakapuuta tuotiin siihen mennessä ennätysmäärä, noin 18 miljoonaa kuutiota. Myös hakatun puun varastoja jouduttiin pienentämään (Metsätilastollinen vuosikirja 2005, 153). Nousua jatkui vuoteen 2006 jolloin markkinahakkuumäärä vähene edellisiin vuosiin verrattuna Metsätilastollinen vuosikirja 2007, 153). Tässä mallissa ajanjaksolla ei näyttäisi olleen merkitystä.



KUVIO 12. Kuitupuun tarjontamallin toteutuneet ja ennustettu hakkuumäärä sekä näiden residuaalit.

- 1) Kuukausimuuttujamallin selittävät muuttujat: LagKuitupuun kantohinta, Palkkasummakuvaaja, LagHakkuut, D1, D4, D11 ja D12
- 2) Jaksomuuttujamallin selittävät muuttujat: LagKuitupuun kantohinta, Tukkipuun kantohinta, LagHakkuumäärä ja D4.

### 7.3 Sahatavaran kysyntä (tukkipuu)

Tukkipuun kysyntää estimoitiin samalla mallilla kuin kuitupuun kysyntää. Tässä mallissa, vientituotteen hintana oli sahatavara (kuusi, mänty – ja lehtisahatavara sekä vanerin hinnat). Kantohinnat koostuvat mänty, kuusi – ja lehtitukkien keskimääräisistä kantohinnoista. Kausivaihteluita ja niiden vaikutuksia tähän malliin kuvaa samat dummymuuttujat – kuukausi ja jakso. Hetemäen ym. tehdyssä tutkimuksessa otettiin alkuperäisessä mallissa huomioon työvoimakustannukset, mutta koska näillä ei ollut tilastollista vaikutusta, jätettiin ne huomioimatta tuloksista. Tässä tutkimuksessa en ota huomioon työvoimakustannuksien vaikutuksia. Hetemäen ym. saivat sahatavaran kysyntää kuvaamassa mallissa vientihinnoille hintajoustoksi 2,8. Kantohintojen hintajousto suhteessa kysyntään oli -1,3, eli kysynnän kasvaessa 10 % kantohinnat vähenevät suhteessa 1,3 %.



Muutama vuotta aikaisemmin tehdyssä tutkimuksessa, jossa mallinnettiin Ruotsin raakapuun kysyntää ja tarjontaa, saatiin hintajoustoja Hetemäen ym. tekemän tutkimuksen kanssa. Ruotsin raakapuumarkkinoille sijoittuneessa tutkimuksessa kuitupuun kantohintojen kysyntäjousto oli -0,6. Tukkipuulle kantohintojen hintajousto oli positiivinen 0,6 (Johansson & Löfgren 1985, 197).

Seuraavalla sivulla on esitetty painotetun pienimmän neliösumman menetelmällä saadut tutkimustulokset. Ensimmäisenä testasin yksittäisten kuukausien vaikutusta sahatavaran kysyntään. Merkitsevyystaso oli 5 prosenttia (0,05).

Kuukausimuuttujien tulokset:

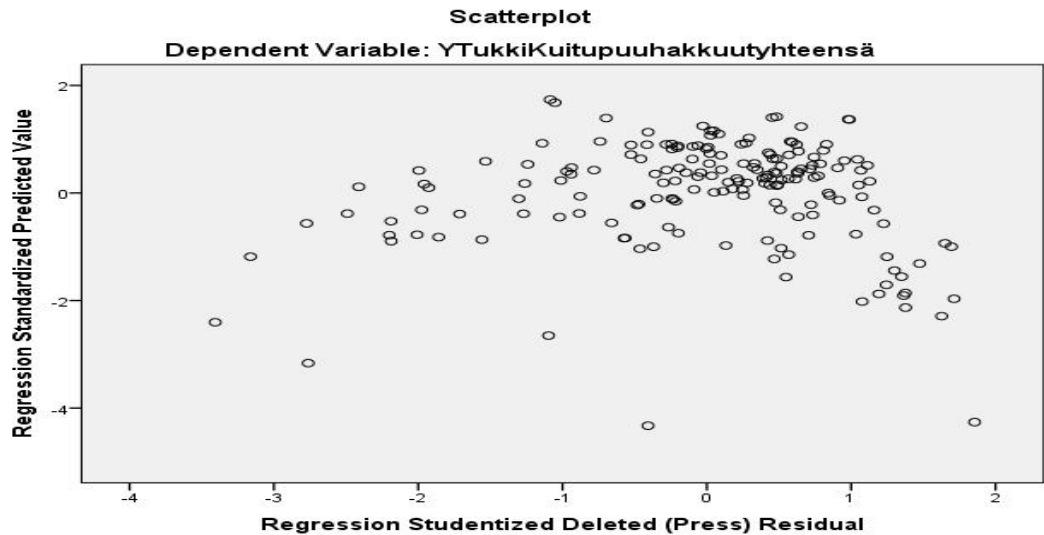
TAULUKKO 6. Kysyntämallin tulokset sahatavarapuulle (kuukausimuuttujat).

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	1.69	0.70		2.42	0.02
Vientituotteen (saharavara) hinta	-0.20	0.05	-0.14	-4.12	0.00
Kantohinta (tukkipuu)	0.30	0.14	0.08	2.15	0.03
lagKokonaishakkuumäärä	0.76	0.07	0.51	11.17	0.00
D1 (Tammikuu)	0.33	0.04	1.09	8.62	0.00
D4 (Huhtikuu)	0.09	0.06	0.06	1.57	0.12
D10 (Lokakuu)	0.07	0.04	0.14	1.93	0.06
D11 (Marraskuu)	0.18	0.05	0.13	3.41	0.00
D12 (Joulukuu)	0.18	0.04	0.57	4.65	0.00
R Square	0.87				
Adjusted R Square	0.86				
Durbin-Watson	2.22				
F-arvo	136.71				
P-arvo	0.00				

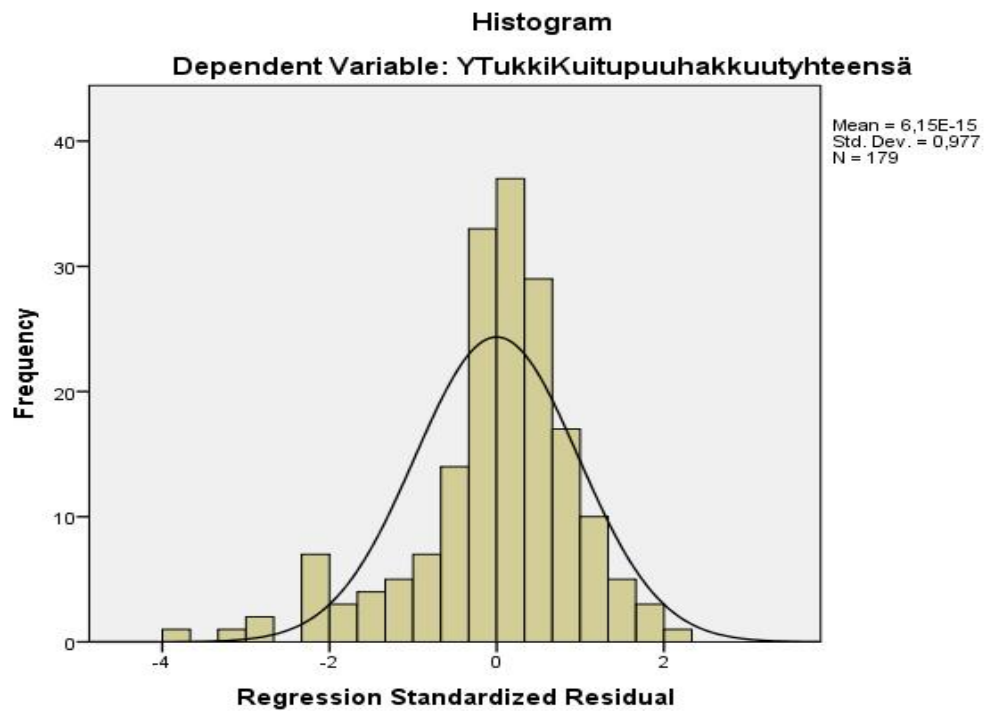
TAULUKKO 7: Kysyntämallin tulokset sahatavarapuulle (jaksomuuttujat).

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	5.71	1.55		3.70	0.00
Vientituotteen (sahatavara) hinta	0.06	0.13	0.04	0.47	0.64
Kantohinta (tukkipuu)	-0.47	0.32	-0.14	-1.49	0.14
lagKokonaishakkuumäärä	0.43	0.08	0.37	5.06	0.00
D1 (2003 - 2007)	-0.10	0.06	-0.17	-1.55	0.12
D2 (2008 - 2010)	-0.16	0.08	-0.17	-2.11	0.04
D3 (2010 - 2014)	-0.05	0.04	-0.10	-1.23	0.22
R Square	0.21				
Adjusted R Square	0.18				
Durbin-Watson	1.75				
F-arvo	7.37				
P-arvo	0.00				

Poiketen kuitupuun kysyntämallista, sahatavaran kysyntämallissa vientituotteenhinnalla oli negatiivinen arvo -0,1 ja kantohinnoilla positiivinen 0,09  $\beta$  -kerroin. Tässä mallissa kumpikin näistä selittävistä muuttujista ovat testatun merkitsevyydestä sisällä, joten näitä tuloksia ei voida pitää tilastollisesti merkittävänä. Sahatavaran kuukausimuuttujien kysyntämallissa myös muut tutkimukseen valitut selittävät muuttujat olivat merkitsevyydestä sisällä. Mallissa ainoastaan huhti – ja joulukuu eivät olleet merkitsevyydestä sisällä. Myös tässä mallissa pienimmän neliösumman menetelmä ei anna tilastollisesti luotettavia tuloksia, joten painotetun menetelmällä saatuja tuloksia voidaan pitää luotettavimpina.



KUVIO 13. Pienimmän neliösumman menetelmän residuaalien jakauma.

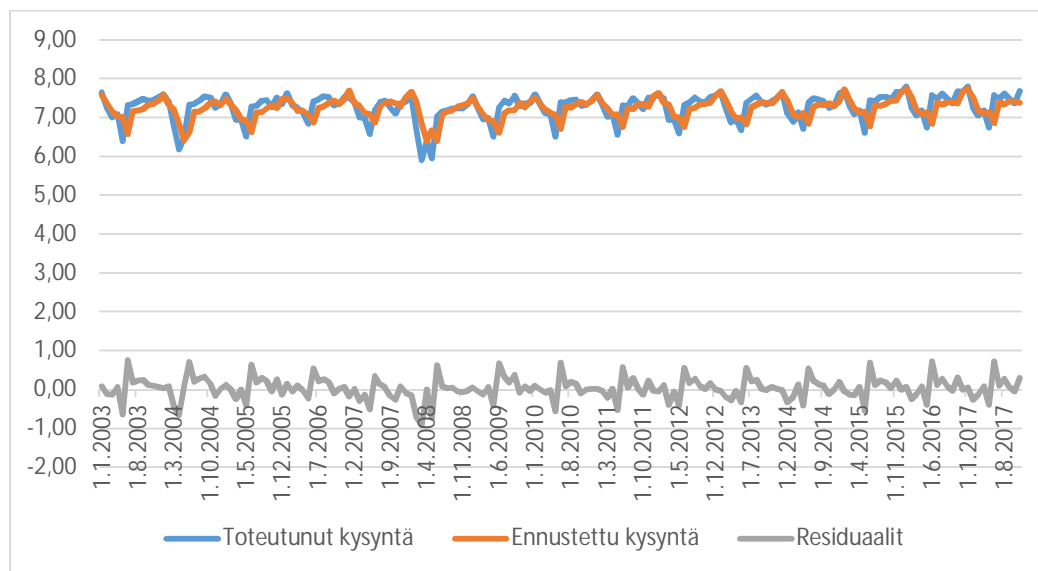


KUVIO 14. Pienimmän neliösumman menetelmällä saatu histogrammi – kuvaaja.

Heteroskedastisuus ilmenee usein poikittaistutkimuksissa, joten tästä syystä painotettu menetelmä oli myös jaksomuuttujamallissa parempi menetelmä. Selitysaste pysyi heikkona, eikä mallia voida pitää kovinkaan merkittävänä. Selitysaste

jaksomuuttujamallissa oli vain 0,18. Poiketen kuitupuun mallissa, myös tässä ajanjakso 2008 – 2010 oli tilastollisesti merkittävä tekijä.  $\beta$  - kerroin oli varsin korkea negatiivinen arvo -0,16, eli tämän mallin perusteella, laskusuhdannekaudella sahatavaran kysyntä laski tarjonnan lisääntyessä yhdellä yksiköllä. Parannellussa mallissa myös muiden selittävien tekijöiden tilastollinen merkitsevyys parani. F – testin arvo oli 7,37. Tilastollisesti merkittävät selittävät tekijät olivat vain edellisvuoden hakkuut ( $\beta$  – kerroin 0,43) ja edellä mainittu D2 – dummymuuttuja. Multikollineaarisuutta ennustava VIF – luku oli 0 – 5 lukuasteikon välillä kaikissa selittävässä muuttujissa, myös dummymuuttujissa hyvä, eikä multikollineaarisuutta esiintynyt.

Lähimmäksi Hetemäen ym. tekemän tutkimuksen tuloksia kuukausimuuttujilla tehdyissä testeissä. Kantohintojen joustoksi sain tässä mallissa 0,30. Vuonna 1988 saatu tulos oli negatiivinen. Mallissani vientihintojen hintajoustoksi sain negatiivisen tuloksen – 0,22, mikä viittaa siihen, että hakkuumäärien kasvaessa Suomessa, sahatavaran vientihinnat laskevat suhteessa hakkuumäärää, mikä talousteorian näkökulmasta looginen. Tämä myös antaa viitteitä siitä, että viennin rooli on kasvanut kolmenkymmenvuoden aikana.



KUVIO 15. Toteutuneet ja ennustettu sahatavaran kysyntä vuosina 2003 – 2017.

Korjattuun malliin hyväksytyt selittävät muuttujat:

- 1) Kuukausimuuttuja malli: Vientituotteen hinta, Kuitupuun kantohinta, LagHakkuumäärä, D1, D11, D12.
- 2) Jaksomuuttuja malli: LagHakkuut ja D2 (2008 – 2010),

#### 7.4 Sahatavaran tarjonta (tukkipuu)

Seuraavassa vaiheessa estimoin sahatavaran tarjontaa kuvaavan regressioyhtälöä. Malli koostuu samoista muuttujista kuin sellu – ja paperiteollisuuden tarjontaa ennustavassa mallissa, poikkeavana tekijänä se, että jätin tästä mallista edellisvuoden kantohintaa selittävän muuttujan pois. Tämä siksi, että se ei sopinut malliin. Myöskään sahatavaran tarjontamallin pienimmän neliösumman menetelmä ei ole sopiva. Painotetun menetelmän avulla sain tilastollisesti parempia estimaatteja tarjontaan vaikuttavista tekijöistä. Seuraavalla sivulla sahatavaran tarjontamallilla saatuja tuloksia.

Kuukausimuuttujien tulokset:

TAULUKKO 8: Tarjontamallin tulokset sahatavarapuulle (kuukausimuuttujat).

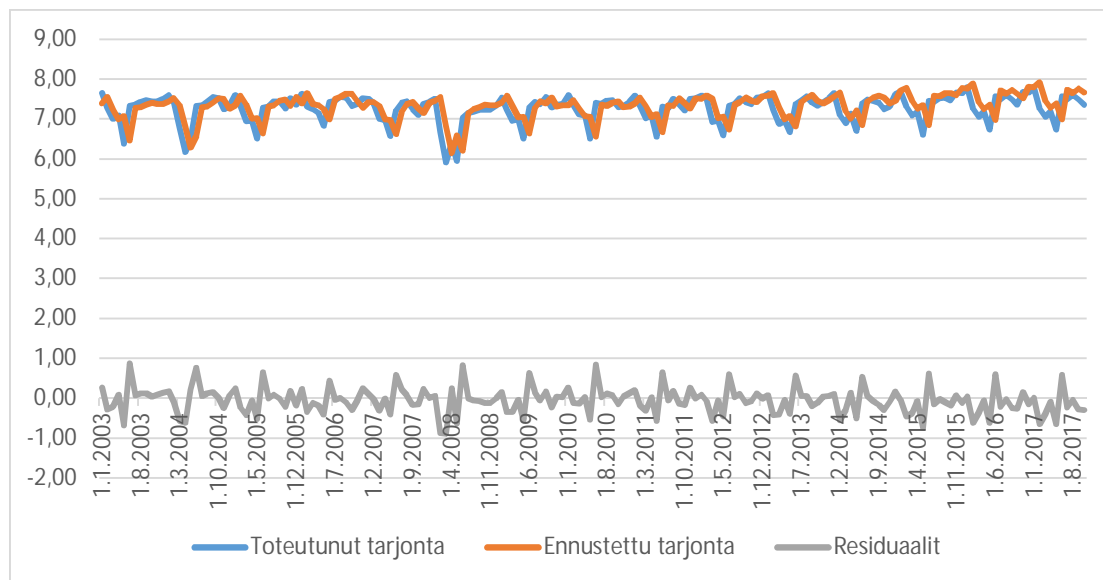
	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	3.62	0.73		4.93	0.00
Kantohinta (kuitupuu)	0.21	0.47	0.06	0.44	0.66
lagKantohinta (kuitupuu)	0.03	0.65	0.01	0.05	0.96
Kantohinta (tukkipuu)	-0.72	0.36	-0.15	-2.01	0.05
Palkkasummakuvaaja	0.35	0.10	0.18	3.58	0.00
lagKokonaishakkuumäärä	0.42	0.07	0.32	5.72	0.00
D1 (Tammikuu)	0.32	0.03	0.82	5.72	0.00
D4 (Huhtikuu)	-0.06	0.06	-0.04	-1.01	0.31
D10 (Lokakuu)	0.04	0.04	0.05	1.11	0.27

D11 (Marraskuu)	0.17	0.04	0.19	4.40	0.00
D12 (Joulukuu)	0.19	0.04	0.04	5.14	0.00
R Square	0.84				
Adjusted R Square	0.83				
Durbin-Watson	1.90				
F-arvo	88.01				
P-arvo	0.00				

TAULUKKO 9. Tarjontamallin tulokset sahatavarapuulle (jaksomuuttujat).

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kokonaishakkuumäärä (Constant)	7.44	2.30		3.23	0.00
Kantohinta (kuitupuu)	-2.69	0.79	-0.90	-3.39	0.00
lagKantohinta (kuitupuu)	3.24	1.10	1.11	2.96	0.00
Kantohinta (tukkipuu)	-1.62	0.94	-0.40	-1.72	0.09
Palkkasummakuvaaja	-0.19	0.36	-0.09	-0.51	0.61
lagKokonaishakkuumäärä	0.4	0.08	0.38	5.37	0.00
D1 (2003 - 2007)	-0.13	0.11	-0.22	-1.19	0.24
D2 (2008 - 2010)	-0.09	0.10	-0.11	-0.99	0.32
D3 (2010 - 2014)	-0.03	0.05	-0.06	-0.68	0.50
R Square	0.27				
Adjusted R Square	0.24				
Durbin-Watson	1.89				
F-arvo	7.79				
P-arvo	0.00				

Vapausasteilla korjatut tulokset olivat molemmissa – kuukausimuuttujilla sekä jaksomuuttujilla tilastollisesti hyvät.



KUVIO 16. Sahatavaran toteutuneet ja ennustettu tarjonta vuosina 2003 – 2017.

Korjattuun malliin hyväksytyt selittävät muuttujat:

- 1) Kuukausimuuttuja malli: Tukkipuunkantohinta, Palkkasummakuvaaja, LagHakkuumäärä, D1, D11 ja D12.
- 2) Jaksomuuttuja malli: Kuitupuun kantohinta, LagKuitupuun kantohinta ja Lag Hakkuumäärä.

### 7.5 Kuitupuun harvennuksien kysyntä ja tarjontamalli

Viimeisessä testivaiheessa testasin miten tarjonta ja kysyntä mallit selittävät kysyntää ja tarjontaa kuitupuun markkinoilla. Selittävä muuttujana viimeisessä vaiheessa on kuitupuun kokonaishakkuumäärä, joka saadaan kuitupuun harvennuksista sekä tukkipuun hakkuiden jälkituotteena. Tukkipuun hakkuissa syntyy myös sivutuotantona kuitupuuta. Sivutuotteena syntynyt kuitupuun ei voida ajatella reagoivan kuitupuun hintoihin samalla tavalla kuin kuitupuun, joka on tuotettu kuitupuun hakkuissa. Jos sellu – ja paperiteollisuus ostaa suurimman osan

käyttämästään kuitupuusta sahateollisuuden hakkuissa syntyneistä kuitupuusta, niin tällöin kuitupuumetsälöt toimivat sellu – ja paperiteollisuus yritysten jälkimarkkinoina (Hetemäki & Kuuluvainen 1988, 199).

Tässä mallissa kuitupuun kokonaishakkuiden oletetaan sisältävän kuitupuun, joka syntyy kuitupuun hakkuista, sekä kuitupuusta joka syntyy sahateollisuus hakkuiden sivutuotteena. Tähän tutkimukseen en löytänyt aineistoa kuitupuumääriin, joka syntyy tukkipuuhakkuiden sivutuotteena. Oletus tässä mallissa on, että 10 % sahatavaran tuotannosta menee sellu – ja paperiteollisuuden käyttöön.

Tavoitteeni on kuitupuun mallissa selvittää miten kysyntä – ja tarjonta kohdentuvat kuitupuumarkkinoilla. Tämä malli ei sisällä kuukausi tai jakso dummymuuttujia, sillä tarkoitus tässä mallissa on pyrkiä selvittämään, kuinka sellu – ja paperiteollisuuden kysyntä ja tarjonta määräytyvät markkinoilla.

Ennustettu kuitupuun määrä markkinoilla estimoitin kaavalla:  $Y^K = 0,55 + (-) 0,054 * \text{Vientituotteen hinta} + 0,01 * \text{Kantohinta (kuitupuu)} + 0,99 * \text{Lag kokonaishakkuumäärä}$

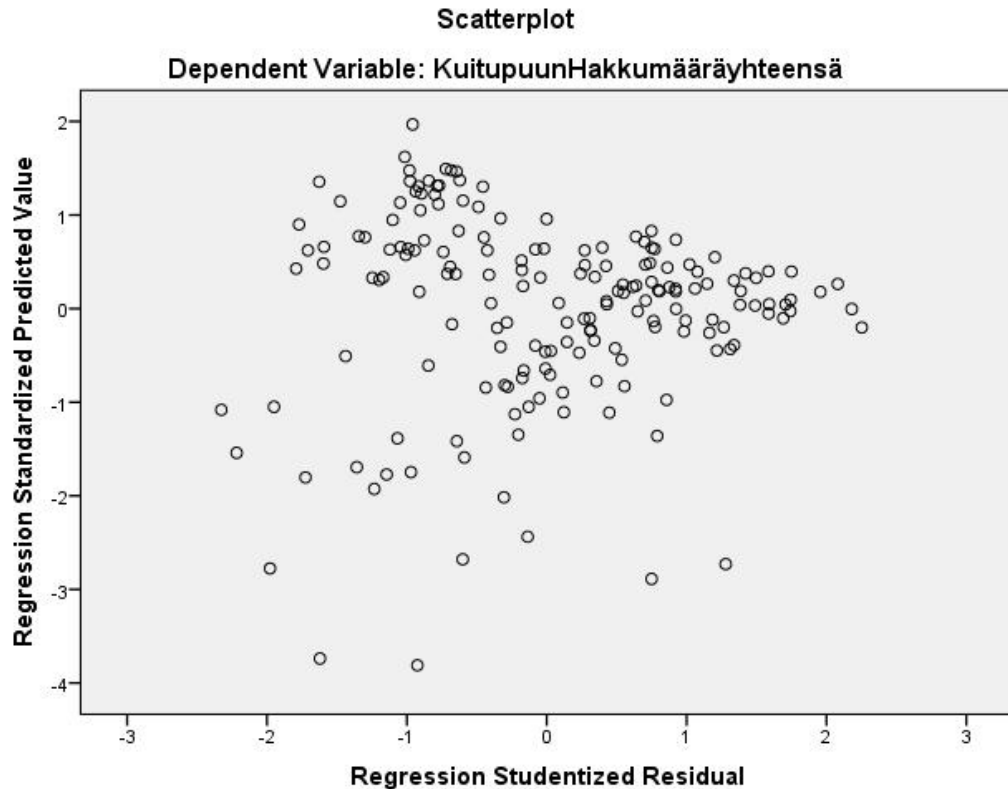
Tein testit hyödyntäen molempia aikaisemmin käyttämiäni menetelmiä. Tulokset eivät poikenneet menetelmien kesken, joten tässä tutkimuksessa esittelen pienimmän neliösumman menetelmän avulla saadut tulokset.

TAULUKKO 10. Kysyntämallin tulokset.

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Kuitupuun kokonaishakkuut (Constant)	0,55	0,106		5,23	0,00
Vientituotteen hinta	-0,054	0,01	-0,02	-4,50	0,00
Kantohinta (kuitupuu)	0,01	0,03	0,00	0,18	0,86
LagKuitupuun kokonaishakkuut	0,99	0,01	0,10	193,00	0,00
R Square	0,99				
Adjusted R Square	0,99				



Durbin-Watson	0,78
F - testi	12524,13
P -arvo	0,00



KUVIO 17. Residuaalien hajonta.

Vapausasteilla korjatun selitysaste on lähellä 100 %, eli sen perusteella mallin kaikki selittävät tekijät (jotka tilastollisesti luotettavia) selittävät lähes täydellisesti kuitupuun tarjontaa. Kuitenkin F – testin todella korkea luku antaa viitteitä siitä, että nollassa hypoteesi ei päde tässä testissä. Oletus tässä testissä oli, että 10 % tukkipuutuotannosta menee sellu – ja paperiteollisuuden käyttöön. Tämä ei päde tässä tutkimuksessa. Vaikuttaisi siltä, että tutkittava aineisto ei sovi tämän mallin estimoimiseen. Tein testit uudelleen painotetun pienimmän neliösumman menetelmällä, mutta tällä kerralla selittävänä muuttujana oli pelkästään kuitupuun hakkumäärä. Uusi selitysaste löytyi ja se oli huomattavasti pienempi ollen vain 0,26. Myös F – testin arvo (22) oli pienempi. Multikollineaarisuutta ei näytä tässä esiintyvän VIF – luku oli noin yksi kaikissa selittävissä muuttujissa. Selittävistä muuttujista

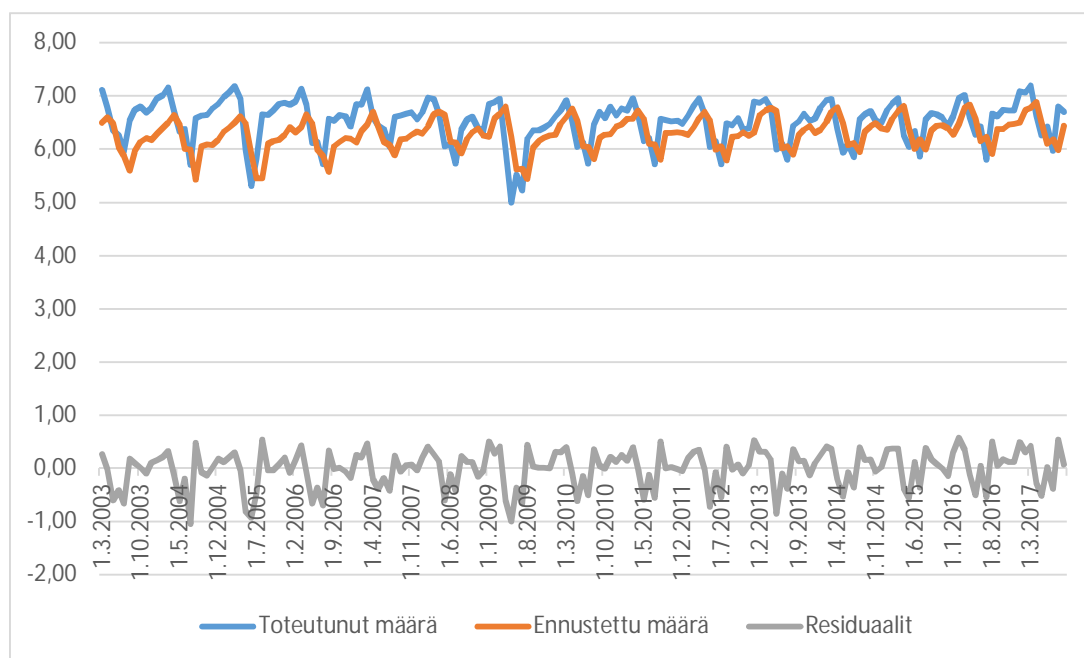
uuden mallin mukaan näyttäisi vaikuttavan vain edelliskauden hakkuumäärä ( $0,00 < 0,05$ ).

Seuraavassa esitetty kuitupuun tarjonnalle suoritettut testi ja jotta välttyisin kysynnän ennustamisessa ilmenneistä selittävien tekijöiden ongelmista, päätin käyttää tarjonta mallissa hieman eri aineistoa. Aikaisemmin olen käyttänyt puutavaralajien hintoina keskimääräisiä kantohintoja, niin päätin viimeisessä vaiheessa testata, onko puutavaralajien kesken eroavaisuuksia, Tilan säästämiseksi esitän tässä tutkimuksessa vain sen puutavaralajin tulokset, josta sain tilastollisesti merkittävimmät tulokset. Selittävänä muuttujina tarjonta mallissa olivat havu ja lehtikuidun hakkuumäärät selittävinä muuttujina havu – ja lehtipuun kantohinnat. Alla olevassa kuvassa on esitetty tilastollisesti merkittävimmät tulokset, jotka sain. Nämä sain havukuitupuun tarjontamallista.

TAULUKKO 11. Tarjontamallin tulokset.

	<i>B</i>	<i>Std. Error</i>	<i>Beta</i>	<i>t</i>	<i>Sig.</i>
Havukuidun Hakkuut (Constant)	1,88	1,20		1,60	0,11
Kantohinta (kuusikuitu)	-0,14	0,99	-0,13	-0,15	0,90
LagKantohinta (kuusikuitu)	2,14	1,08		1,99	0,05
Kantohinta (kuusitukki)	-1,77	0,49	0,01	-3,60	0,00
Palkkasummakuvaaja	0,66	0,18	-0,15	3,55	0,00
Lag Havukuidun Hakkuut	0,44	0,08	0,54	5,4	0,00
R Square	0,21				
Adjusted R Square	0,19				
Durbin-Watson	1,72				
F -arvo	9,18				
P -arvo	0,00				

Tarjontamallikaan ei valitettavasti anna kovin hyvää tilastollista. Heikko tilastollinen merkitsevyys näkyy myös alla olevasta kuviosta. Toteutuneiden ja ennustetun mallin välinen ero on varsin suuri, eikä ennustemalliin voi kovin hyvin luottaa.



KUVIO 18. Kuitupuun tarjonnan estimoiminen: Toteutuneet hakkuut, ennustetut hakkuut ja residuaalit.

## 8 Loppupäätelmät

Yksi haastavimmista ongelmista Suomen raakapuumarkkinoiden mallintamisessa on se, että hakkuumenetelmät ja ajoitus vaihteleva metsänomistajien kesken. Metsän omistajat kohtaavat myös monenlaisia taloudellisia haasteita ja kun suurin osa tarjonnasta syntyy yksityismetsänomistajista, niin se väistämättä vaikuttaa raakapuumarkkinoiden kokonaistarjontaan. Tämän tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kuinka tarjonta ja kysyntä määräytyvät Suomen raakapuumarkkinoilla. Tässä tutkimuksessa oletuksena oli se, että raakapuumarkkinat ovat täydelliset. Tutkittavana alueena oli koko Suomi ja hakkuutapana oli käytetty pystyhakkuuta. Tutkimusta varten keräsin aineistoa Luke – tilastot palvelusta sekä tullin ja tilastokeskuksen avoimista tietolähteistä.

Aikaisemmissa tutkimuksissa oli käytetty kysyntämalleissa yhtenä selittävänä muuttujana metsäteollisuuden työvoimakustannuksia. Tästä tutkimuksesta tämä selittävä tekijä jätettiin pois, koska aikaisemman tutkimustuloksen perusteella, tällä ei ollut tilastollista vaikutusta kysyntään (Hetemäki ym. 1988, 198).

Empiirinen lähestymistapa aineistoon ei kuvannut tarjontaa ja kysyntää kovin hyvin. Parhaimmat tulokset sain sahatavaran kysyntämallissa, jossa lähes jokainen valitulla selittävällä muuttujalla oli tilastollisesti merkittäviä. Tuloksista oli myös havaittavissa, että jokaisessa kysyntä – ja tarjontamallin tuloksista, kuukausimuuttujat olivat tilastollisesti luotettavimpia. Kaikissa jaksomuuttujissa, selitysasteet jäivät varsin pieniksi, eikä niihin valitut selittävät muuttujat sopineet valittuun merkitsevyystasoon, joka oli 0,05. Tuloksien perusteella oli havaittavissa, että kuukausimuuttujilla tehdyt testit tarjonta – ja kysyntämalleista oli luotettavimpia. Heikkojen selitysasteiden sekä selittävien muuttujien tilastollisen merkitsevyuden puuttuminen johdosta, näitä testejä ei voida pitää luotettavina. Näiden kohdalla mallit eivät anna selittäviä tekijöitä kysynnän ja tarjonnan hakkuumääriin raakapuumarkkinoilla. Saamani tulokset poikkeavat myös Hetemäen ym. tekemästä tutkimuksesta vuonna 1988. Heidän saamien tulosten mukaan, molemmat – kysyntä ja tarjontamallit reagoivat kantohintojen muutoksiin (Hetemäki ym. 1988, 200). Tämän tutkimuksen malleissa kantohinta ei monessakaan testissä ollut merkittävä tekijä, kuin myös ei vientihintakaan ollut kaikissa malleissa. Hetemäen ym. tutkimuksessa vientihintojen muutokset reagoivat myös vahvasti muutoksiin. Tässä tutkimuksessa tilastollisesti parhaassa sahatavaran kysyntämallissa, vientihinnan  $\beta$  – kerroin oli -0,20.

### **Menetelmän sopivuus ja jatkotutkimusaiheet**

Ensin käyttämäni menetelmä – pienimmän neliösumman menetelmä ei sopinut tähän aineistoon. Tästä johtuen valitsin toisen menetelmän, jolla pyritään poistamaan heteroskedastisuutta mallista. Tämä menetelmä oli painotetun pienimmän neliösumman menetelmä, jolla sain tutkimuksessa esitetyt tulokset.

Menetelmä ei kuitenkaan huomio autokorrelaatio eikä multikollinearisuutta. Tämän tutkimuksen autokorrelaatiota estimoiva Durbin Watson testiarvot viittaisivat että autokorrelaatiota ei kovin isosti esiinny, mutta koska mallissa on viivästettyjä muuttujia, niin emme voi pitää DW – testituloksia luotettavina. Tähän tarkoitukseen sopiva testi olisi Durbin – h testi jota ei tässä tutkimuksessa esitetty. Osassa malleissa oli ongelmia autokorrelaation kanssa. Jatkotutkimukseen aiheesta on syytä hyödyntää Cochrane ja Orcutt kehittämää menetelmää – Cochrane – Orcutt menetelmä (Asteriou & Hall 2006, 152). Myös toista estimointimenetelmää on syytä harkita. Myös aiemmin tehdyissä tutkimuksissa on käytetty pienimmän neliösumman

menetelmän lisäksi kaksi (2SLS) – ja kolmivaiheista (3SLS) lineaarista menetelmää (Hetemäki ym. 1988 ja Johansson & Löfgren 1985). Jatkotutkimuksissa olisi hyvä myös pohtia aineiston havaintoväliä. Tässä tutkielmassa on käytetty kuukausikohtaista aineistoa, joka tuotti ongelmia testauksessa, aineiston laajuuden vuoksi.

Verkkolähteet:

Horne P., Haltia E., Valonen M. ym. Pellervon taloustutkimus – Metsäsektori 2018. Verkkojulkaisu, viitattu 25.4.2018 <http://www.ptt.fi/ennusteet/metsaala.html>

Viitanen J. Mutanen A. Finnish Forest Sector Economic Outlook 2017-2018. Verkkojulkaisu, viitattu 1.5.2018 [http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540727/1/uke-luobio\\_71\\_2017.pdf?sequence=1](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/540727/1/uke-luobio_71_2017.pdf?sequence=1)

Metsätellisuuden verrosivut: Tilastopalvelu – Tuotanto <https://www.metsateollisuus.fi/tilastot/metsateollisuus/> (viitattu 5.5.2018). Tulostettu 1.5.2018.

Metsäteollisuuden puunkäyttö 2015. Tulostettu 20.4.2018.

[http://stat.luke.fi/mets%C3%A4teollisuuden-puunk%C3%A4ytt%C3%B6-2015\\_fi](http://stat.luke.fi/mets%C3%A4teollisuuden-puunk%C3%A4ytt%C3%B6-2015_fi) (viitattu 11.5.2018).

Metsäteollisuuden puunkäyttö 2016. Tulostettu 20.4.2018.

[http://stat.luke.fi/teollisuuspuun-hakkuut-alueittain-2016\\_fi](http://stat.luke.fi/teollisuuspuun-hakkuut-alueittain-2016_fi) (Teollisuuspuun hakkuut alueittain 2016, päivitetty 19.6.2017). Viitattu 1.5.2018.

Metsätilastollinen vuosikirja 2013. Tulostettu 14.5.2018.

<http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2013/index.html> (viitattu 6.5.2018)

Metsätilastollinen vuosikirja 2005. Tulostettu 14.5.2018.

[http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2005/vsk05\\_04.pdf](http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2005/vsk05_04.pdf) (viitattu 9.5.2018)

Metsätilastollinen vuosikirja 2007. Tulostettu 10.5.2018.

[http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2007/vsk07\\_04.pdf](http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2007/vsk07_04.pdf) (viitattu 6.5.2018)

Metsätilastollinen vuosikirja 2009. Tulostettu 11.5.2018.

[http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2009/vsk09\\_04.pdf](http://www.metla.fi/metinfo/tilasto/julkaisut/vsk/2009/vsk09_04.pdf) (viitattu 11.5.2018)

Viitanen J. Mutanen A. Metsäsektorin suhdannekatsaus 2016-2017. Verkkojulkaisu, viitattu 20.4.2018 [http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/537306/luke-luobio\\_49\\_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://jukuri.luke.fi/bitstream/handle/10024/537306/luke-luobio_49_2016.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

Luonnonvarakeskuksen verkkosivut. Tulostettu 11.5.2018.

<https://www.luke.fi/uutiset/tuontipuun-kaytto-vaheni-vuonna-2015/>  
11.5.2018)

(viitattu

### **Kirjallisuus:**

Brännlund R., Johansson P - O., Löfgren K – G. An Econometric Analysis of Aggregate Sawtimber and Pulpwood Supply in Sweden.

Forest Sci. Vol 31, No. 3, s. 595 – 606. 1985.

Forest Science 42(3) 1996, Landowner Objectives and Nonindustrial Private Timber Supply; Kuuluvainen J; Karppinen H; Ovaskainen, V)

Gujarati D. Basic Econometrics. International Student Edition.

McGraw-Hill Book Co – Singapore 1985.

Gujarati D. Basic Econometrics. International Student Edition.

United States Military Academy, West Point 2004.

Hetemäki L., Hänninen R., Toppinen A. Short-Term Forecasting Models for the Finnish Forestry Sector: Lumber Exports and sawlog Demand. For. SCI. 50(4): 461-472.

Hetemäki L., Harstela P., Hynynen J., Ilvesniemi J., Uusivuori H. ja J. Suomen metsiin perustuva hyvinvointi 2015. Metlan työraportteja 26. 2006. Metsäntutkimuslaitos, Unioninkatu 40 A, 00170 Helsinki.

Hietala J., Hänninen, R.H., Toppinen A. Finnish and Swedish Sawnwood Exports to the UK Market in the European Monetary Union Regime. *Forest Science* 59(4) 2013.

Hietala, J., Hänninen, R. & Toppinen, A. 2013. European monetary union and pricing of sawnwood exports. *Forest Science*. 59(4): 379-389.

Kuuluvainen J., Karppinen H., Ovaskainen V. Landowner Objectives and Nonindustrial Private Timber Supply; *Forest Science* 42 (3) 1996

Kniivilä M., Tilli T. Suomen raakapuumarkkinoiden toimivuus vuosina 1986-2005. Helsinki. Pellervon taloudellinen tutkimuslaitos PTT 2009.

Mutanen A., Toppinen A. Price dynamics in the Russian-Finnish Roundwood trade. *Scandinavian Journal of Forest Research* 2007, 22: s. 71-80)

Pekkarinen J. Sutela P. Yhteiskuntatalouden perusteet 2. Porvoo, WSOY:n graafiset laitokset 1982.

Rekikoski J., Kuuluvainen J., Toppinen A. Stumpage and Delivery Trade in the Finnish Pulpwood Market ja Export Price and exchange rate effects 2001. Tutkimusraportteja – Reports 17. Helsingin yliopisto, metsäekonomian laitos.

Ritson C. *Agricultural Economics; Principles and Policy*. Crosby Lockwood Staples 1977.

Sumelius J. *Ekonometrian johdantokurssi*.

Helsingin yliopisto, Taloustieteen laitos, Monistesarja nro 17, 2. Uudistettu painos. Maatalouden liiketaloustiede, Helsinki 2002.

Tilli T., Toivonen R., Toppinen A. Puun hintavaihteluiden alueellinen yhtenevyys Suomessa. 2000. *Metsätieteen aikakauskirja* 3/2000: 433 – 441.

Toppinen A., Viitanen J., Leskinen P., Toivonen R. Dynamics of Roundwood Prices in Estonia, Finland and Lithuania. *Baltic Forestry* 2005, Vol 11, No 1 (20).



Toppinen A., Toivonen R. COINTEGRATION IN TESTING MARKET INTEGRATION 1997. An Empirical Analysis of Finnish Roundwood Markets. Pellervo Economic Research Institute Working Papers No 1 (1997). 22 s.

Toppinen A. Econometric models on the Finnish roundwood market. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 701, 1998.

Toppinen A. Kuinka mallintaa Suomen puumarkkinoiden toimintaa 1998. Metsätieteen aikakauskirja 4/1998.

Tapion Taskukirja. 2002. Hyvämäki T.

Jyväskylä: Cummerus Kirjapaino Oy, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Palo M., Lehikoinen T., Nissilä O., Tervo M. Raakapuun markkinasysteemin toiminta. Tutkimusprojektin loppuraportti 1978.

Varian H.R. 1990. Intermediate Microeconomics, a modern approach 5<sup>th</sup> Edition. New York: w.W. Norton & Company, Inc

Vehkalahti K. Lineaaristen mallien soveltuvuus.

Helsingin yliopisto 2010. [Viittaa raportissaan Puntanen S, 373 - 377. Regressioanalyysi II 1999b. Matematiikan, tilastotieteen ja filosofian laitos, Tampereen yliopisto, B49].

Liljeroos H. 2017. Metsäsijoittajan kirja.

Tallinna: Metsäkustannus Oy

Viitanen J., Mutanen A. Metsäsektorin suhdannekatsaus 2016 – 2017.

Helsinki 2016. Luonnonvara – ja biotalouden tutkimus 49/2016.

Zhang D., Pearse P.H. Forest Economics

Vancouver, BC V6T 1Z2. UBC Press. The University of British Columbia.

## Liitteet

### Kuitupuun kysyntämalli korjatuilla muuttujilla:

#### Model Summary<sup>b,c</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,747 <sup>a</sup>	,558	,550	1,428089738

a. Predictors: (Constant), D4,

X3lagedellisvuodenhakkuumäärään, D1

b. Dependent Variable: YTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä

c. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

#### ANOVA<sup>a,b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	452,770	3	150,923	74,002	,000 <sup>c</sup>
	Residual	358,941	176	2,039		
	Total	811,712	179			

a. Dependent Variable: YTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

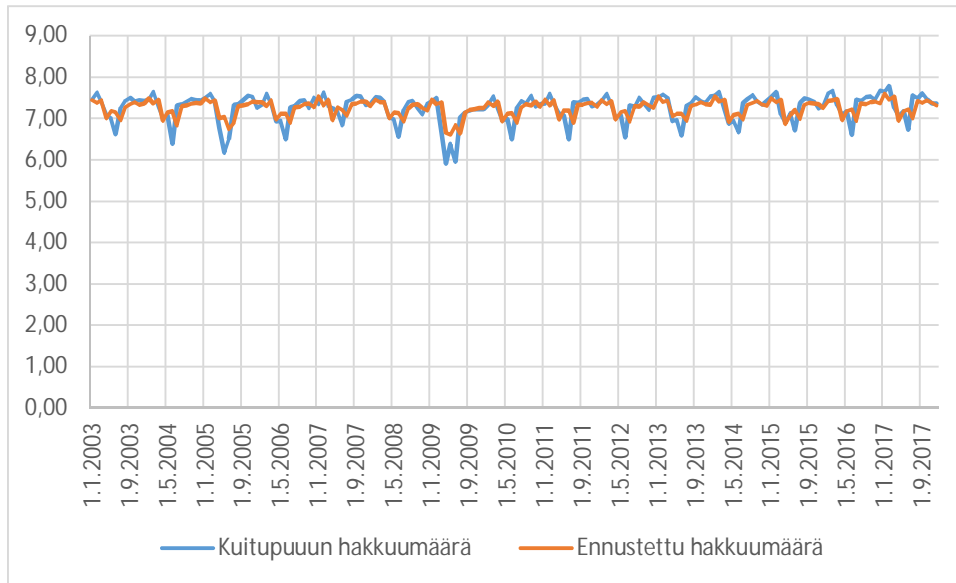
c. Predictors: (Constant), D4, X3lagedellisvuodenhakkuumäärään, D1

#### Coefficients<sup>a,b</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,721	,503		7,404	,000
	X3lagedellisvuodenhakkuumäärään	,489	,067	,387	7,253	,000
	D1	,135	,024	,312	5,724	,000
	D4	-,331	,052	-,338	-6,380	,000

a. Dependent Variable: YTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight



Kuva: Kysyntämallin toteutunut ja ennustettu hakkuumäärä 2003 – 2017.

### Kuitupuun tarjonta korjatuilla muuttujilla:

#### Model Summary<sup>b,c</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,979 <sup>a</sup>	,959	,957	1,634513135

a. Predictors: (Constant), D12, D11, D4, Kantohintakuitupuu, Palkkasummakuvaaja2015100, lagTukkiKuitupuuhakkuuyhteensä, D1

b. Dependent Variable: TukkiKuitupuuhakkuuyhteensä

c. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

#### ANOVA<sup>a,b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	10408,697	7	1486,957	556,572	,000 <sup>c</sup>
	Residual	448,834	168	2,672		
	Total	10857,532	175			

a. Dependent Variable: TukkiKuitupuuhakkuuyhteensä

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

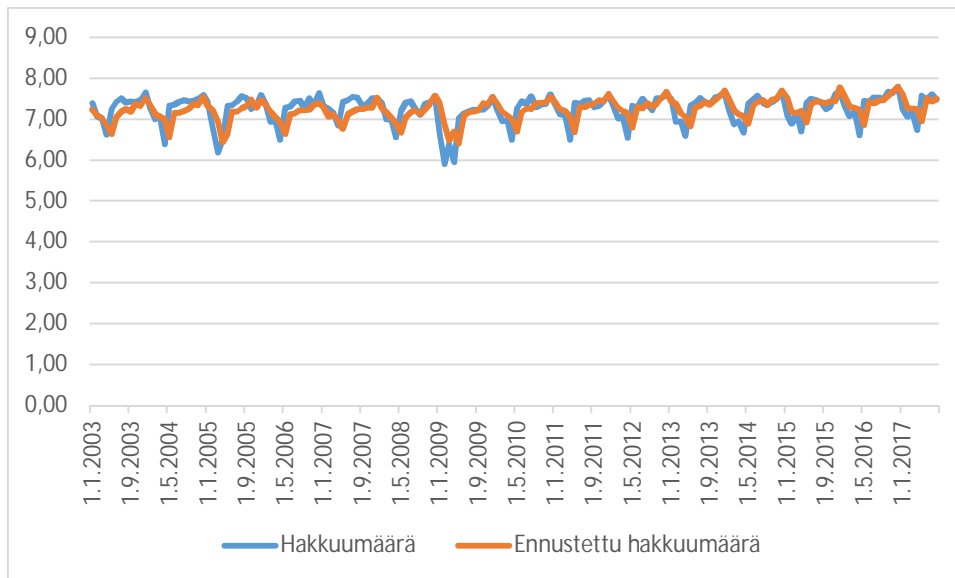
c. Predictors: (Constant), D12, D11, D4, Kantohintakuitupuu, Palkkasummakuvaaja2015100, lagTukkiKuitupuuhakkuuyhteensä, D1

Coefficients<sup>a,b</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	1,539	,663		2,320	,022
	Kantohintakuitupuu	-,688	,104	-,176	-6,629	,000
	Palkkasummakuvaaja2015100	,643	,073	,306	8,775	,000
	lagTukkiKuitupuuhakuuyhteensä	,645	,070	,345	9,276	,000
	D1	,268	,033	,537	8,220	,000
	D4	,119	,039	,104	3,082	,002
	D11	,152	,042	,084	3,618	,000
	D12	,121	,033	,204	3,725	,000

a. Dependent Variable: TukkiKuitupuuhakuuyhteensä

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight



Kuva: Tarjontamallin toteutunut ja ennustettu hakuumäärä 2003 – 2017.

## Sahatavaran kysyntämalli korjatuilla muuttujilla.

### Model Summary<sup>b,c</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,928 <sup>a</sup>	,861	,856	1,688690118

a. Predictors: (Constant), D12, D11, X2Kantohintatukkipuu, X3LagTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä, X1Sahatavaranvientihinta\_ValueqyKiina, D1

b. Dependent Variable: YTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä

c. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

### ANOVA<sup>a,b</sup>

Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	3029,273	6	504,879	177,046	,000 <sup>c</sup>
	Residual	490,488	172	2,852		
	Total	3519,761	178			

a. Dependent Variable: YTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

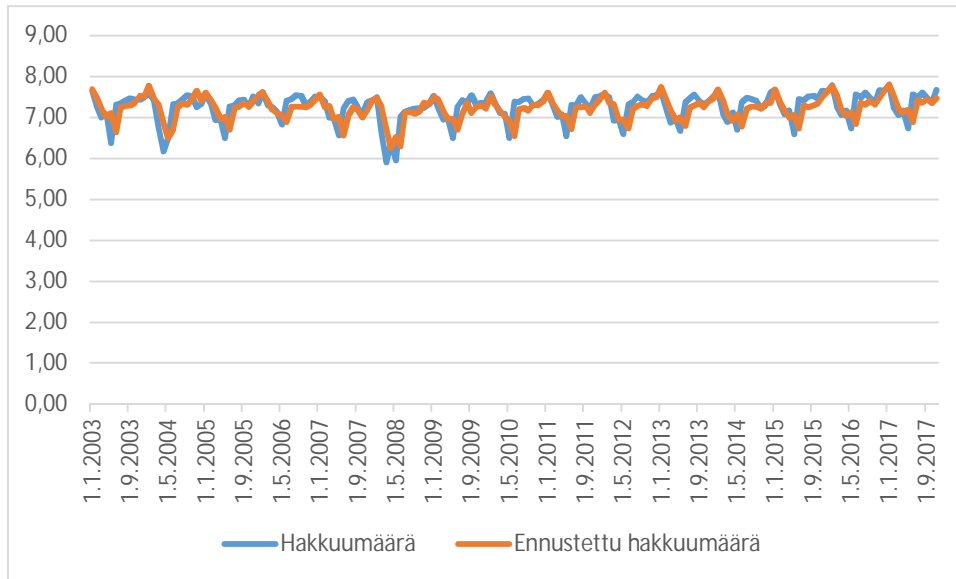
c. Predictors: (Constant), D12, D11, X2Kantohintatukkipuu, X3LagTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä, X1Sahatavaranvientihinta\_ValueqyKiina, D1

### Coefficients<sup>a,b</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	3,931	,782		5,029	,000
	X1Sahatavaranvientihinta_ValueqyKiina	-,370	,040	-,355	-9,199	,000
	X2Kantohintatukkipuu	,217	,176	,039	1,231	,220
	X3LagTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä	,639	,073	,368	8,804	,000
	D1	,358	,031	2,309	11,450	,000
	D11	,202	,054	,125	3,758	,000
	D12	,205	,032	1,333	6,481	,000

a. Dependent Variable: YTukkiKuitupuuhakkuutyhteensä

b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight



Kuva: Kysyntämallin toteutunut ja ennustettu hakkuumäärä 2003 – 2017.

## Sahatavaran tarjontamalli korjatuilla muuttujilla.

### Model Summary<sup>b,c</sup>

Model	R	R Square	Adjusted R Square	Std. Error of the Estimate
1	,988 <sup>a</sup>	,976	,975	1,503543669

- a. Predictors: (Constant), D12, D11, X4Palkkasummakuvaaja, X1Tukkipuunkanthohinnat, lagHakkuut, D1
- b. Dependent Variable: YHakkuut
- c. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight

### ANOVA<sup>a,b</sup>

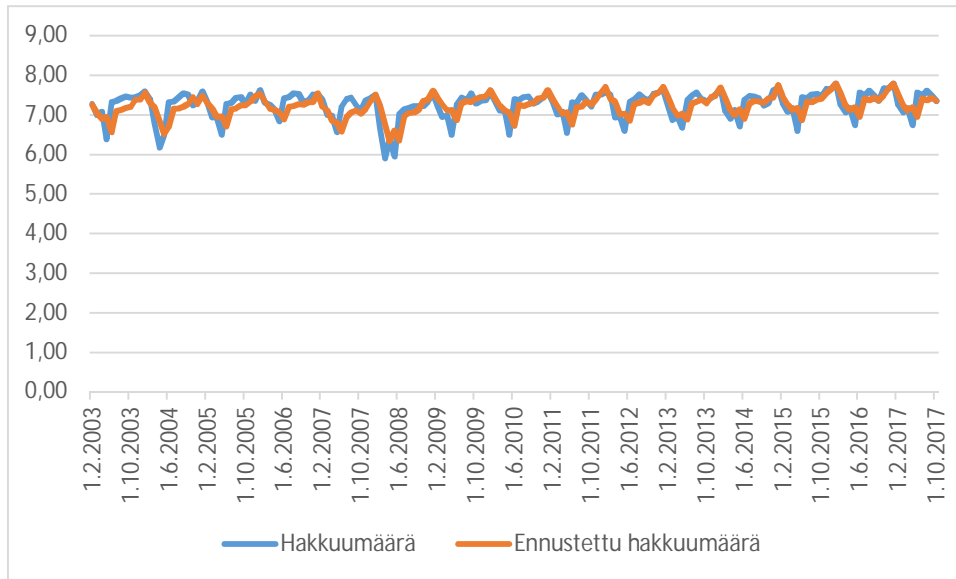
Model		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
1	Regression	15783,679	6	2630,613	1163,657	,000 <sup>c</sup>
	Residual	384,309	170	2,261		
	Total	16167,989	176			

- a. Dependent Variable: YHakkuut
- b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight
- c. Predictors: (Constant), D12, D11, X4Palkkasummakuvaaja, X1Tukkipuunkanthohinnat, lagHakkuut, D1

### Coefficients<sup>a,b</sup>

Model		Unstandardized Coefficients		Standardized Coefficients	t	Sig.
		B	Std. Error	Beta		
1	(Constant)	2,603	,561		4,643	,000
	X1Tukkipuunkanthohinnat	-,599	,137	-,092	-4,383	,000
	X4Palkkasummakuvaaja	,629	,112	,117	5,633	,000
	lagHakkuut	,562	,072	,179	7,761	,000
	D1	,327	,028	2,250	11,511	,000
	D11	,192	,045	,060	4,218	,000
	D12	,174	,029	1,196	5,977	,000

- a. Dependent Variable: YHakkuut
- b. Weighted Least Squares Regression - Weighted by weight



Kuva: Tarjontamallin toteutunut ja ennustettu hakkuumäärä 2003 – 2017.