

Aalto-yliopisto
Perustieteiden korkeakoulu
Matematiikan ja operaatiotutkimuksen maisteriohjelma

Joona Kanerva

Sellun markkinahinnan ennustemalli

Työn tämän version saa tallentaa ja julkistaa Aalto-yliopiston avoimilla verkkosivuilla.
Muilta osin kaikki oikeudet pidätetään.

Diplomityö
Espoo, 30. marraskuuta 2016

Valvoja: Professori Ahti Salo
Ohjaaja: VTM Sauli Järvenpää

| | | | |
|--|---|-------------------|-----------|
| Tekijä: | Joonas Kanerva | | |
| Työn nimi: | Sellun markkinahinnan ennustemalli | | |
| Päiväys: | 30. marraskuuta 2016 | Sivumäärä: | viii + 68 |
| Pääaine: | Systeemi- ja operaatiotutkimus | Koodi: | SCI3055 |
| Valvoja: | Professori Ahti Salo | | |
| Ohjaaja: | VTM Sauli Järvenpää | | |
| <p>Sellu on muuttunut metsäteollisuudessa paperin raaka-aineesta myytäväksi välituotteeksi, kun sellu- ja paperiteollisuus ovat eriytyneet maantieteellisesti. Sellun hinta määräytyy kuukausittain myyjien ja ostajien välillä käytävissä hintaneuvotteluissa. Sen markkinahinnat vaikuttavat metsäteollisuusyritysten ja näiden investointien kannattavuuteen. Sellukaupan osapuolet tarvitsevatkin hintaennusteita toimintansa keskipitkän ja pitkän aikavälin suunnitteluun. Sellumarkkinasta on saatavilla vähän julkaistua tutkimusta, ja alalla käytetäänkin tyypillisesti asiantuntijaennusteita.</p> <p>Tämän diplomityön tavoitteena on parantaa ymmärrystä sellun markkinahinnan muodostumisesta tarkastelemalla aiemmassa tutkimuksessa ja asiantuntijaennusteissa mainittujen mahdollisten selittäjien vaikutusta sellun markkinahintaan sekä luomalla läpinäkyvä ennustemalli sellun markkinahinnalle.</p> <p>Työssä testataan mahdollisten markkinahinnan selittäjien ennustevoimaa. Selittäjistä valitulle osajoukolle estimoidaan rajoitettu vektoriautoregressiomalli, jolla sellun markkinahintaa ennustetaan 24 kuukautta eteenpäin. Estimoitu malli sisältää sellun hinnan lisäksi tuottajavarastot, toimitus-kapasiteetti -suhteet, valuuttakursseja sekä kuluttajakysyntää indikoivan yleistalousindikaattorin.</p> <p>Estimoitua mallia arvioidaan vertaamalla mallin sisäisiä vaikutussuhteita asiantuntijoiden näkemyksiin sekä vertaamalla mallin tuottamia ennusteita toteumiin ja vertailuennusteisiin. Arvioinnin valossa ennustemalli toimii paremmin kuin vertailuennusteet tai toimeksiantajan aiemmat ennusteet. Malli voidaan ottaa käyttöön yhtenä lähtötietona toimeksiantajan asiantuntijaennusteen laadintaan. Malli mahdollistaa myös ennusteiden laskemisen erilaisille valuuttakurssi- ja talousskenaarioille.</p> | | | |
| Asiasanat: | Sellu, markkinahinta, ennustaminen, vektoriautoregressiomalli | | |
| Kieli: | suomi | | |

| | | |
|---|--|-------------------------|
| Author: | Joonas Kanerva | |
| Title: | Pulp market price forecast model | |
| Date: | November 30, 2016 | Pages: viii + 68 |
| Major: | Systems and Operations Research | Code: SCI3055 |
| Supervisor: | Professor Ahti Salo | |
| Advisor: | Sauli Järvenpää M.Soc.Sc. | |
| <p>Pulp has evolved from a raw material for papermaking to an intermediate market product as pulp and paper industries have diverged geographically. The price of pulp is negotiated monthly between buyers and sellers. The profitability of forest industry companies and their investments is affected by the market price of pulp. These companies need price forecasts for their medium and long term planning. There exists little published research on pulp price formation, and expert forecasts are typically utilized in the industry.</p> <p>The goal of this thesis is to enhance understanding of pulp market price formation by reviewing potential price drivers in previous research and expert forecasts as well as by creating a transparent forecast model for the market price.</p> <p>In this thesis, potential price drivers are assessed and their forecast power tested. A prospective subset of price drivers is chosen and used to estimate a restricted vector autoregressive model. This model is used to create 24 month forecasts of the pulp market price. In addition to the market price the estimated model includes producer inventories, shipment to capacity ratios, exchange rates and an economic indicator as a proxy for consumer demand.</p> <p>The estimated model is evaluated by comparing the forecasts with realizations and simple benchmark forecasts. Sanity checks are performed by comparing model dynamics with expert beliefs. Based on these checks the forecast model outperforms the benchmarks as well as the previous forecasts used by the case company. The implemented forecast model can be utilized immediately as an input in expert forecasting. The model can also be used for forecasting in alternate exchange rate and economic scenarios.</p> | | |
| Keywords: | Pulp, market price, forecasting, vector autoregressive model | |
| Language: | Finnish | |

Esipuhe

Tämä diplomityö on tehty yhteistyössä UPM-Kymmene Oyj:n selluliiketoiminnan kanssa. Haluan kiittää UPM:ää mielenkiintoisesta tutkimusongelmasta, miellyttävästä työympäristöstä ja mahdollisuudesta tutustua metsäteollisuuteen omaa tutkimusaihetta laajemminkin. Erityisesti haluan kiittää ohjaajaani Sauli Järvenpäättä tuesta ja palautteesta. Saulin selluteollisuuden ja tilastotieteen asiantuntemus auttoivat työn alkuun ja haasteiden yli lopulliseen muotoonsa.

Kiitos valvojalleni Ahti Salolle arvokkaista kommentteista ja tarkoista korjauksista. Kiitos myös Matematiikan ja systeemianalyysin laitokselle mielenkiintoisista ja haastavista kursseista.

Kiitos perheelle ja ystäville sekä erityisesti Saaralle tuesta ja kannustuksesta diplomityöprojektissa sekä välittämisestä opintojen ulkopuolisessa elämässä.

Helsingissä, 30. marraskuuta 2016

Joona Kanerva

Lyhenteet

| | |
|------|--|
| AIC | Akaiken informaatiokriteeri (Akaike Information Criterion) |
| BHKP | Valkaistu lyhytkuituinen kraft-sellu (Bleached Hardwood Kraft Pulp) |
| BIC | Bayesilainen informaatiokriteeri (Bayesian Information Criterion), sama kuin SC |
| BSKP | Valkaistu pitkäkuituinen kraft-sellu (Bleached Softwood Kraft Pulp) |
| CLI | Ennakoiva yhdistelmäindikaattori (Composite Leading Indicator) |
| CPI | Kuluttajahintaindeksi (Consumer Price Index) |
| FOEX | FOEX Indexes Ltd. |
| FPE | Akaiken ennustevirhemitta (Final Prediction Error) |
| HW | Lehtipuu, lehtipuusellu (Hardwood) |
| IMF | Kansainvälinen valuuttarahasto (International Monetary Fund) |
| MA | Liukuva keskiarvo (Moving Average) |
| MAE | Keskimääräinen absoluuttinen virhe (Mean Absolute Error) |
| MAPE | Keskimääräinen prosentuaalinen virhe (Mean Absolute Percentage Error) |
| MASE | Keskimääräinen suhteellinen virhe (Mean Absolute Scaled Error) |
| MSE | Keskimääräinen neliöllinen virhe (Mean Squared Error) |
| OECD | Taloudellisen kehityksen ja yhteistyön järjestö (Organisation for Economic Co-operation and Development) |

| | |
|---------|---|
| OLS | Pienimmän neliösumman menetelmä (Ordinary Least Squares) |
| PMI | Ostopäällikköindeksi (Purchasing Manager Index) |
| PPPC | Pulp and Paper Producers Council |
| R | Tilastollisen laskennan ohjelmisto |
| SC | Schwarzin kriteeri (Schwarz Criterion), sama kuin BIC |
| SW | Havupuu, havupuusellu (Softwood) |
| UPM | UPM-Kymmene Oyj |
| UTIPULP | Euroopan markkinasellun käyttäjäjärjestö (Group of European Market Wood Pulp Users) |
| VAR | Vektoriautoregressio (Vector Autoregression) |

Sisältö

| | |
|--|-----------|
| Lyhenteet | v |
| 1 Johdanto | 1 |
| 1.1 Tutkimuskysymys | 3 |
| 1.2 Työn rakenne | 3 |
| 2 Sellu tuotteena | 4 |
| 2.1 Hinnan määräytyminen | 10 |
| 2.1.1 Kysyntä ja tarjonta | 10 |
| 2.1.2 Valuuttakurssit | 13 |
| 2.1.3 Korot | 13 |
| 2.1.4 Hintaneuvottelut ja sopimukset | 14 |
| 3 Menetelmät | 15 |
| 3.1 Ennustemalli | 15 |
| 3.1.1 VAR-malli | 17 |
| 3.2 Mallin rakentamismenetelmät | 20 |
| 3.2.1 Mallinvalintakriteerit | 20 |
| 3.2.2 Granger-kausalityyppi | 22 |
| 3.2.3 Virheet | 23 |
| 3.2.4 Vertailuennusteet | 24 |
| 3.2.5 Ohjelmistot | 25 |

| | | |
|----------|---|-----------|
| 4 | Aineisto | 26 |
| 4.1 | Sellun markkinahinnat | 26 |
| 4.2 | Tuottajatilastot | 28 |
| 4.3 | Asiakasvarastot | 31 |
| 4.4 | Vienti- ja tuontitilastot | 32 |
| 4.5 | Uusi tuotantokapasiteetti | 32 |
| 4.6 | Lopputuotteiden hinnat | 33 |
| 4.7 | Valuuttakurssit | 33 |
| 4.8 | Yleistaloudelliset indikaattorit | 35 |
| 4.9 | Vaihtoehtoisten tuotteiden hinnat | 38 |
| 4.10 | Hyödykehinnat | 39 |
| 4.11 | Korot | 40 |
| 5 | Ennustemalli | 41 |
| 5.1 | Muuttujien valinta | 41 |
| 5.2 | Mallin estimointi | 45 |
| 5.2.1 | Viipeiden valinta | 46 |
| 5.2.2 | Rajoitevalinnat | 46 |
| 5.3 | Estimoitu malli | 48 |
| 5.3.1 | Ennusteen arviointi | 54 |
| 6 | Johtopäätökset | 61 |

Luku 1

Johdanto

Metsäteollisuus on murrosvaiheessa. Hienopaperin kysyntä laskee länsimaissa digitalisaation myötä. Pehmopaperin ja pakkausmateriaalien kysyntä on maailmanlaajuisesti kasvussa väestön kasvaessa ja muuttaessa kaupunkeihin sekä elintason noustessa. Voimakkaimmin kulutus kasvaa Kiinassa. Paperin tuotanto on siirtynyt lähemmäs kasvavaa kulutusta. (Hänninen, Katila ja Västilä 2013)

Aasian kasvavien markkinoiden läheisyydessä ei kuitenkaan ole saatavilla hyvälaatuista kuitupuuta, vaan maailman talousmetsävarannot sijaitsevat enimmäkseen pohjoisissa maissa. Selluntuotannossa hyödynnetään erityisesti Suomen, Ruotsin, Venäjän, Kanadan ja Yhdysvaltojen talousmetsiä sekä Etelä-Amerikan ja Indonesian puuviljelmiä. Kuivattu sellu vaatii merkittävästi pienemmän kuljetuskapasiteetin kuin sen tuottamiseksi tarvittava puuaines, joten selluntuotanto on sijoittunut metsävarantojen läheisyyteen. Paperin ja sellun tuotantojen maantieteellinen eriytyminen on purkanut paperiteollisuuden perinteisiä integraatiota eli sellun syöttämistä suoraan sellutehtaasta paperitehtaaseen. Sellu onkin muuttunut paperin raaka-aineesta

myytäväksi välituotteeksi, jolloin sellun hinnan ja sen vaihteluiden merkitys metsäteollisuusyrityksille on kasvanut. (Hänninen, Katila ja Västilä 2013; Pöyry 2013)

Suomessa metsäteollisuus on yksi tärkeimmistä teollisuudenaloista. 2010-luvulla sen osuus viennistä on ollut noin 20 % (Tulli 2015). Metsäteollisuuden murros on johtanut Suomessa useiden paperitehtaiden sulkemiseen. Myös pieniä ja paperituotantoon integroituja sellutehtaita on suljettu, mutta suurimpia yksiköitä on kasvatettu investoinneilla, ja uusia tehtaita ollaan rakentamassa ja suunnittelemassa esimerkiksi Äänekoskelle. Sellusta saatava hinta vaikuttaa merkittävästi suomalaisten metsäyhtiöiden ja näiden tekemien investointien kannattavuuteen. Yritykset käyttävät päätöksentekonsa tukena ennusteita sellun hintakehityksestä. (Metsä Fibre Oy 2016; UPM-Kymmene Oyj. 2016)

Sellun hinnan vaihtelun uskotaan pohjimmiltaan johtuvan kysynnän ja tarjonnan epätasapainosta sekä varastotasospekulaatiosta (Diesen 2007). Hinnan muutoksiin reagoidaan tyypillisesti varastotasoja säätämällä, mikä voi voimistaa hinnan vaihtelua entisestään. Useista hyödykkeistä käydään pörssi-kauppaa, mutta sellun hinnat neuvotellaan ostajien ja myyjien välillä kuukausittain. Hinnoista julkaistaan markkinaosapuolten ilmoituksiin perustuvaa indeksiä erikseen lyhyt- ja pitkäkuitusellulle sekä eri markkina-alueille. Kattavan futuurimarkkinan puuttuessa hintaodotuksista ei ole saatavissa avointa ja yhteistä käsitystä. Sellun hinnan määräytymisestä ja etenkin ennustamisesta on vain vähän julkaistua tutkimusta. Saatavilla on lähinnä alan konsultti-toimistojen kaupallisia ennusteita. Näiden taustalla olevat menetelmät eivät kuitenkaan ole avoimesti tarkasteltavissa, mutta todennäköisesti ennusteet muodostetaan tilastollisen mallinnuksen ja asiantuntija-arvioiden yhdistelminä. Tällöin pelkän tilastodatan lisäksi myös alalla vallitsevat uskomukset

ja huhut sisältyvät näihin ennusteisiin.

Työn toimeksiantaja, UPM-Kymmene Oyj (UPM), on yksi Suomen ja maailman suurimmista metsäteollisuusyrityksistä noin 10 miljardin euron liikevaihdollaan. Sillä on kolme sellutehdasta Suomessa ja yksi Uruguayssa. Sellun hinta vaikuttaa merkittävästi myös UPM:n liiketoiminnan kannattavuuteen. UPM pyrkii ymmärtämään sellun hintadynamiikka entistä paremmin. Tämä diplomityö on yksi askel kohti tätä tavoitetta.

1.1 Tutkimuskysymys

Työn tavoitteena on löytää sellun hintaan mahdollisesti vaikuttavien muuttujien joukosta parhaat selittäjät ja rakentaa näistä sellun markkinahinnalle ennustemalli. Lisäksi mallin tavoitteena on hintaennusteen epävarmuuden lähteiden nykyistä parempi tunnistaminen sekä erilaisten skenaarioiden tarkastelun mahdollistaminen. Toimeksiantaja tavoittelee ensisijaisesti hinnan epävarmuuden parempaa ymmärtämistä eikä ennustemallin odoteta välttämättä päihittävän markkinalla jo olevia ennusteita.

1.2 Työn rakenne

Luku 2 esittelee sellumarkkinan toimintaa ja alalla vallitsevia käsityksiä hinnan määräytymisestä. Luku 3 käy läpi työssä käytettyjen tilastollisen analyysin menetelmien sekä ennustemallien teoriaa. Luvussa 4 esitellään ja analysoidaan työssä tutkittuja aikasarjoja. Luvussa 5 estimoidaan ja esitellään ennustemalli sekä arvioidaan mallin suoriutumista. Luku 6 kiteyttää työn tulokset ja kuvaa niistä tehtyjä johtopäätöksiä.