

Tuotantoprosessin taloudellinen mallintaminen

Simulointi päätöksenteon tukena

Ville-Matti Asikainen

Opinnäytetyö

Koulutusala Tekniikan ja liikenteen ala	
Koulutusohjelma Tuotantotalouden koulutusohjelma	
Työn tekijä(t) Ville-Matti Asikainen	
Työn nimi Tuotantoprosessin taloudellinen mallintaminen- Simulointi päätöksenteon tukena	
Päiväys 12.6.2013	Sivumäärä/Liitteet 22/0
Ohjaaja(t) Päivi Korpivaara, Miika Uusitalo Yara Suomi Oy	
Toimeksiantaja/Yhteistyökumppani(t) Yara Suomi Oy	
<p>Tämä insinöörityö tehtiin Yara Oy:n Siilinjärven rikkihappo- ja energiayksikölle. Työn tavoitteena oli tehdä tietokonepohjainen simulointimalli, jolla voidaan analysoida fosforihappotuoannon taloudellista tuottoa. Ohjelmasta tehdään Metson automaatiojärjestelmään sivu, josta saadaan reaaliaikainen prosessitieto. Tavoitteena on tietää, paljonko tuotanto tekee rahaa.</p> <p>Työssä käydään läpi Yaran Siilinjärven fosforihappotuoantoa ja -prosessia sekä fosforihapon valmistukseen liittyviä ajotapoja voimalaitoksen näkökulmasta. Työssä käydään läpi simulointia ja simuloinnin teoriaa. Työssä analysoidaan raaka-ainemarkkinoita ja raaka-aineiden tulevaisuutta lähinnä fosforin ja sähkön kannalta.</p> <p>Työn tuloksena saatiin fosforihapon tuotantoprosessille mallinnusohjelma, jolla ajotapojen vaikutuksesta saadaan tietoa tuotannonohjausta varten.</p>	
Avainsanat Simulointi, mallinnus, prosessi, fosforihappo, rikkihappo, sähkö,	

Field of Study Technology, Communication and Transport			
Degree Programme Degree Programme in Industrial Management			
Author(s) Ville-Matti Asikainen			
Title of Thesis Economic Modeling of the Production Process			
Date	12 th June, 2013	Pages/Appendices	22/0
Supervisor(s) Päivi Korpivaara, Miika Uusitalo Yara Suomi Oy			
Client Organisation/Partners Yara Suomi Oy			
<p>This thesis was done for Yara's Oy Siilinjärvi sulphuric acid- and energy plant. The purpose of the study was to build a computer based simulation model for analysing the economic returns of phosphoric acid production economic returns. The simulation model was realized with Metso automatic software, which provides real-time process data. The objective was to know how much money production will make.</p> <p>In this thesis the production process of phosphoric acid, as well as the operating practices are explained from the power plant's point of view. The thesis examines the simulation and raw material markets and raw materials for the future, mainly phosphorus and electricity</p>			
Keywords Simulation, process, modelling, phosphoric acid, sulphuric acid, electricity			

SISÄLTÖ

1	Johdanto.....	6
1.1	Insinööriyön tavoitteet.....	6
1.2	Yara International ASA	6
2	Fosforihappotuotanto	8
2.1	Fosforihapon valmistusprosessi	8
2.2	Fosforihapon väkevöinti	8
2.3	Siilinjärven fosforihappotuotanto	9
2.4	Siilinjärven tehtaiden tuotantoprosessi.....	10
2.5	Ajotavat.....	11
3	Raaka-aineiden maailman markkinat.....	12
3.1	Raaka-aineet	12
3.2	Fosfori.....	13
3.3	Sähkö	13
4	Tuotantoprosessein simulointiohjelma	16
4.1	Simuloinnin teoriaa.....	16
4.2	Simulointiohjelmat	16
4.3	Lähtöarvojen syötön automatisointi.....	19
4.4	Simulointiohjelman toiminta.....	17
5	Simulointiohjelma tuottaa tietoa tuotannonohjauksen tueksi.....	20
	LÄHTEET	21

1 Johdanto

1.1 Insinööriyön tavoitteet

Tämä insinööriyö on tehty Yaran Siilinjärven rikkihappo- ja energiayksikölle. Työn tavoitteena oli tehdä tietokonepohjainen simulointiohjelma, jolla voidaan analysoida fosforihappotuotannon taloudellista tuottoa. Ohjelmasta tehdään Metson automaatiojärjestelmään sivu, josta saadaan reaaliaikainen prosessitieto. Tavoitteena on tietää, paljonko tuotanto tekee rahaa. (Yara Suomi Oy Siilinjärven toimipaikan kotisivut 2013)

Simulointiohjelmalla nähdään seisokin tuottama taloudellinen tappio, jos ylösajo kestää suunniteltua pidempään. Vaihtoehtoisesti taas saadaan enemmän tuottoa kaiken mennessä hyvin. Raha on kaikille tuttu ja tehokas mittari ja itsestään absoluuttinen ja mitattava. Puhuminen euroista tonnien ja kuutioiden sijaan antaa paremman kuvan tuotannosta.

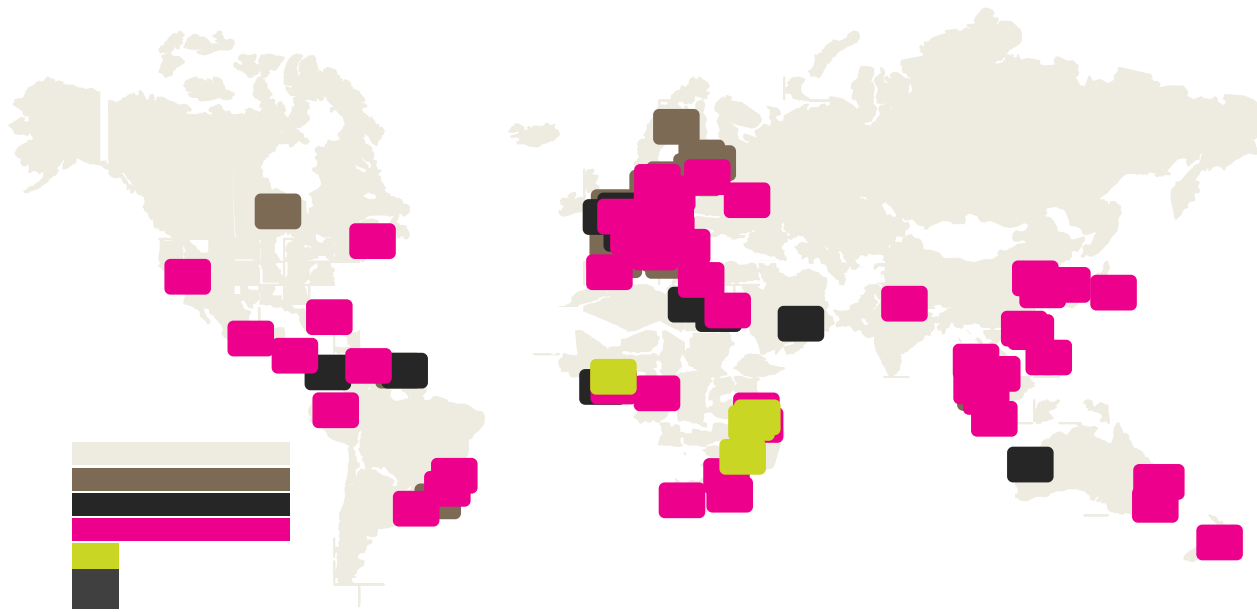
Laskentatoimen tuottamaa tietoa voidaan käyttää apuna päivittäisessä päätöksenteossa sekä operatiivisen johdon että tuotannon tekijöiden työssä. Toimintojen tuotannollisten ja taloudellisten vaikutusten selvittäminen ja talouden tarkkailu tuodaan koko henkilöstön käyttöön. Uudella järjestelmällä saadaan tuntikohtaista talousinformaatiota prosessista.

Tässä insinööriyössä käydään läpi erilaisia ajotapoja optimaalisen tuotannon tekemiseen. Työssä esitellään Yaran toiminta Siilinjärvellä sekä materiaalivirtoja fosforihapon valmistuksessa. Lisäksi pohditaan raaka-aineiden maailmanmarkkinoita ja hintojen kehitystä sekä raaka-aineissa että sähkön hinnassa.

1.2 Yara International ASA

Yara International ASA (myöhemmin Yara) on maailman laajuinen kivennäislannoitteiden toimittaja. Se on ainoa lannoiteyhtiö, joka toimii kaikkialla maailmassa. Yaralla on myyntiä 130 maahan ja sillä on konttoreita 50 maassa. Henkilöstöä Yaralla on maailmanlaajuisesti noin 8000. (Yara Suomi Oy Siilinjärven toimipaikan kotisivut 2013)

Yaran valmistamia päätuotteita ovat kivennäislannoitteet, teollisuuskemikaalit sekä ympäristönsuojeluun käytettävät tuotteet. Yhtiön liikevaihto vuonna 2008 oli noin 10 miljardia euroa. Sen pääkonttori sijaitsee Oslolla, Norjassa. Yhtiö on perustettu vuonna 1905. Yara on listattu Oslon pörssiin ja sen suurin omistaja on Norjan valtio noin 50% osuudella. (Yara Suomi Oy Siilinjärven toimipaikan kotisivut 2013)



Kuva 1. Yaran toimipisteet

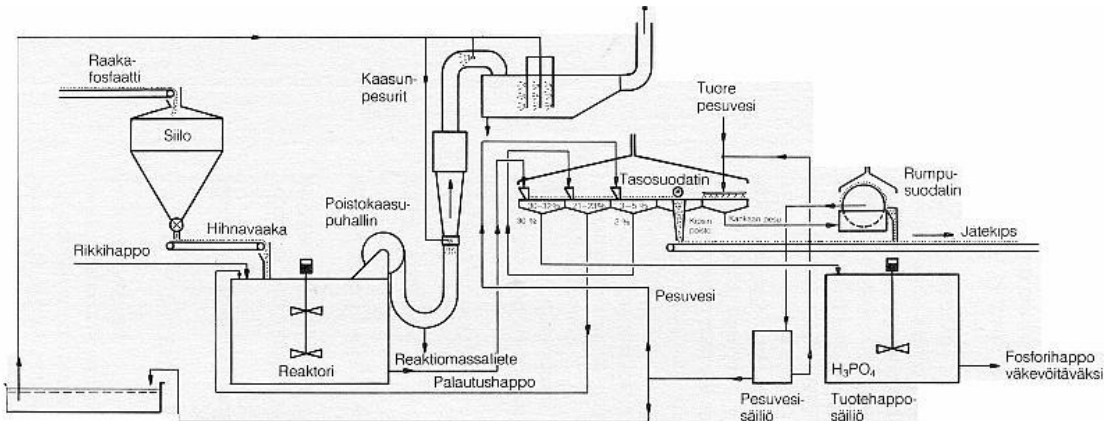
Yara on toiminut Suomessa vuodesta 2008, jolloin se osti Kemira GrowHow'n Helsingin pörssistä. Yhtiö tuottaa Suomessa lannoitteita, teollisuuskemikaaleja ja ympäristön suojeluun käytettäviä kemikaaleja. Lannoitetuotantoa on ollut Suomessa jo lähes 90 vuoden ajan. Tutkimustoimintaakin yhtiö on harjoittanut yli 40 vuoden ajan Kotkaniemen tutkimusasemalla. (Yara Suomi Oy Siilinjärven toimipaikan kotisivut 2013)

Suomessa yhtiön palveluksessa on lähes 900 henkilöä kuudella eri paikkakunnalla. Tuotantolaitoksia on neljä: Uudessakaupungissa, Harjavallassa, Siilijärvellä sekä Kokkolassa. Siilinjärvellä on lisäksi Länsi-Euroopan ainoa toimiva fosfaattikaivos. (Yara Suomi Oy Siilinjärven toimipaikan kotisivut 2013)

2 Fosforihappotuotanto

2.1 Fosforihapon valmistusprosessi

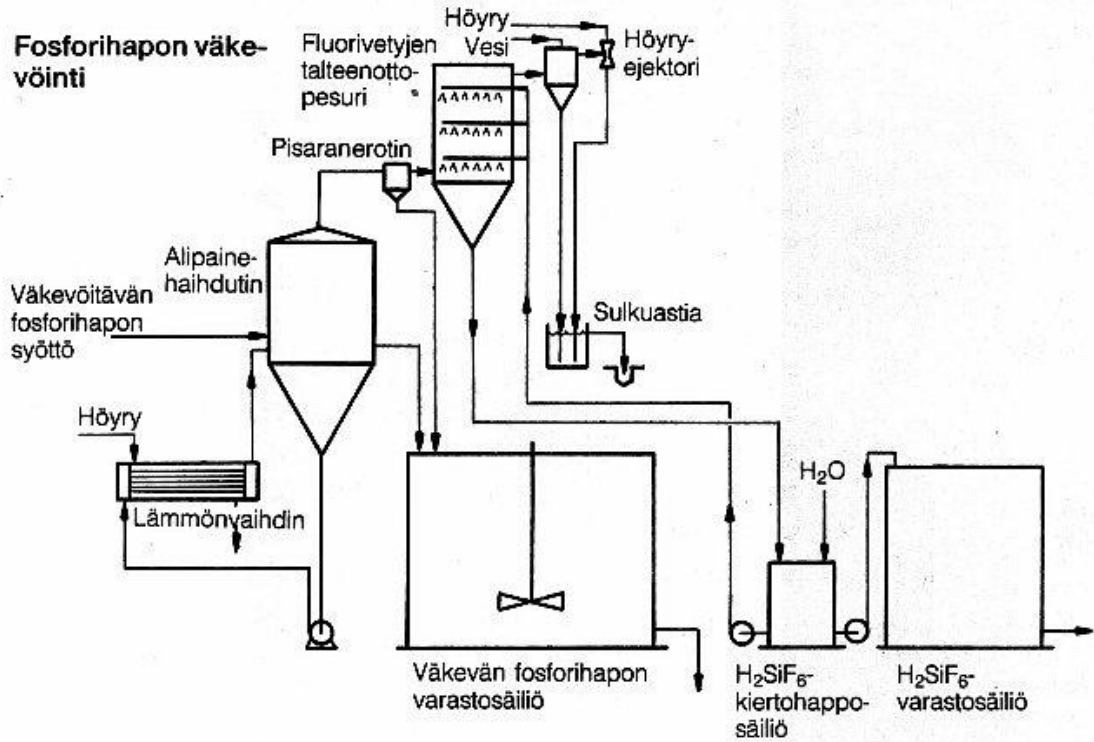
Fosforihapon valmistuksen kolme pääosaa ovat reaktiovaihe, suodatus ja väkevöinti sekä sivuprosessit jätokaasujen ja jätäkipsin käsittelylle. (Prosessiteknikka 2012)



Kuva 5. Fosforihapon valmistusprosessi (Prosessiteknikka 2012)

2.2 Fosforihapon väkevöinti

Laimea fosforihappo väkevöidään pakkokiertoalipainehaihduttimessa. Happo lämmitetään matalapainehöyryllä lämmönvaihtimessa. Tämän jälkeen happo pumpataan haihduttimeen. Alipainehaihduttimessa happo kiehuu ja samalla väkevöityy. Tuotehapon väkevyyttä säädetään laimean hapon syötöllä. Alipaine syntyy haihduttimeen tyhjöpumpulla. (Prosessiteknikka 2012)



Kuva 6. Väkevöintiprosessi (Prosessiteknikka 2012)

2.3 Siilinjärven fosforihappotuotanto

Tuotanto Siilinjärven tehtaalla alkoi vuonna 1969 Rikkihappo Oy:nä ja kaivostoiminta vuonna 1979. Siilinjärven toimipaikalla on useita eri tuotantolaitoksia: pasutto-, rikkihappo-, typpihappo- ja fosforihappotehtaat, voimalaitos, rikastamo sekä lannoitetehtas.

Siilinjärven tehtaiden päätuotteita ovat fosforihappo sekä lannoitteet. Fosforihappoa valmistetaan 300 000 tonnia/vuosi ja lannoitteita 500 000 tonnia/vuosi. Tuotteiden myyntiarvo on noin 250 miljoonaa euroa/vuosi. Omaa henkilökuntaa Siilinjärvellä työskentelee noin 350 ja verkostokumppaneita on noin 150 henkeä muun muassa erilaisissa kunnossapito-, sähkö-, teline-, maansiirto- ja kuljetustehtävissä.

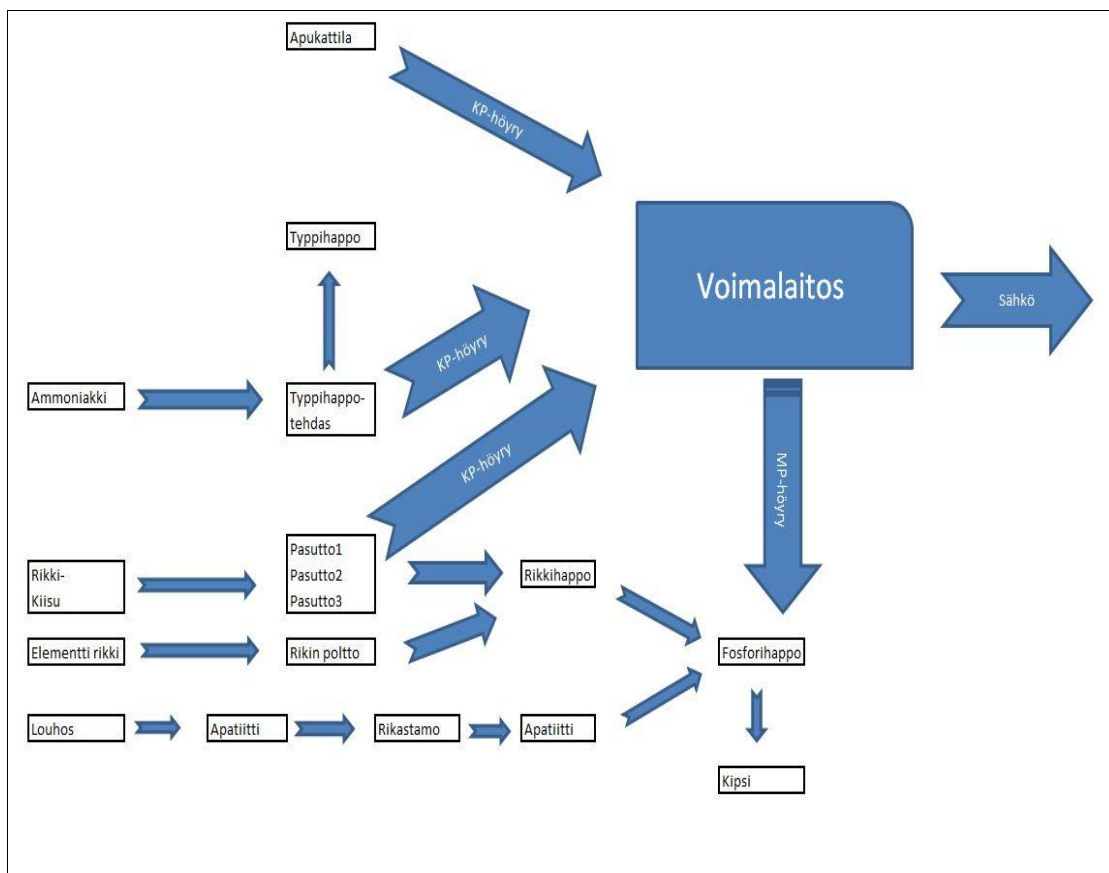
Siilinjärven tehtaan tuotantoprosessi alkaa fosfaattiesiintymästä, jota pyritään hyödyntämään taloudellisesti. Fosfaattimalmi rikastetaan rikastamalla apatiitiksi ja se toimitetaan fosforihappotehtaalle. Pasuttoja on kolme, joissa poltetaan pyriittiä. Poltossa syntyy rikkikaasuja, josta valmistetaan rikkihappoa. Rikkihappo toimitetaan fosforihappotehtaalle, jossa rikkihaposta ja apatiitista valmistetaan modernissa proses-

sisä fosforihappoa. Koska pasutoilla syntyy paljon lämpöenergiaa, toimipaikalla on myös voimalaitos. Voimalaitoksella tämä lämpöenergia hyödynnetään sähköinä ja matalapainehöyrynä sekä kaukolämpönä.

Toisen päätuotteen eli lannoitteen tuotantoon valmistetaan typpihappoa. Typpihappoa valmistetaan polttamalla ammoniakkia hapen kanssa. Ammoniakin poltossa syntyy lämpöenergiaa, joka muutetaan voimalaitoksella sähköksi. Lannoitteisiin käytetään kaikkia alueella valmistettuja tuotteita: apatiitti, kipsi, biotiitti, fosfori- ja rikkihappo.

2.4 Siilinjärven tehtaiden tuotantoprosessi

Siilinjärven tehtaiden fosforihappoketju, johon on lisätty typpihappotuotanto. Ammoniakin poltossa syntyy lämpöä, joka siirretään voimalaitokselle. Typpihappoa valmistetaan lannoitetuotannon tarpeisiin.



Kuva 2 Siilinjärven tehtaiden tuotanto

2.5 Ajotavat

Sähkö ja fosforihapon hinta voi ohjata ajotapavalintaa. Sähkön hinnan ollessa korkea voidaan valmistaa enemmän lauhdesähköä, jolloin matalapainehöyryä(1,5bar) syntyy vähemmän ja kaikki mahdollinen ajetaan sähköksi. Kun fosforihappo on määräävänä, tehdään enemmän matalapainehöyryä ja ostetaan enemmän sähköä valtakunnanverkosta. Fosforihappotuotannossa matalapainehöyryllä väkevöidään fosforihappoa.

Matalapainehöyryä pystytään valmistamaan myös korkeapainehöyrystä (60bar) redusoidulla. Redusointi tapahtuu ruiskuttamalla korkeapainehöyryn sekaan syöttövetä (90bar, 130°C). Tällöin paine (1,5bar) sekä lämpötila (145°C) putoaa.

3 Raaka-aineiden maailman markkinat

Raaka-aineiden hinnat määräytyvät yleensä kansainvälisillä markkinoilla kysynnän ja tarjonnan perusteella. Poikkeuksena tälle voidaan pitää maataloustuotteiden hintoja, jotka ovat useissa läntisissä teollisuusmaissa ainakin osittain hallinnollisesti määritellyjä. Eli valtiot tai esimerkiksi EU tukevat paikallista tuotantoa.

Raaka-aineiden markkinahinta määräytyy raaka-ainepörsseissä. Näitä ovat esimerkiksi Lontoossa, New Yorkissa ja Chicagossa. Kauppaa käydään metalleilla, jalometalleilla, polttoaineilla ja maataloustuotteilla, kuten maissilla, raakakahvilla tai viljalla. Suuri osa raaka-aineista myydään kuitenkin pitkäaikaisin sopimuksin, kuten Siilinjärvelläkin tehdään. Näin ollen hinta saattaa poiketa maailman markkinahinnasta paljonkin. Markkinahinnan kehitys kuitenkin vaikuttaa myös siihen hintatasoon, jolla pitkäaikaiset sopimukset tehdään.

Taloukasvu teollisuusmaissa ja nykyisin yhä enemmän Kiinassa, Intiassa ja muissa kehittyvissä talouksissa on perustekijä, joka ohjaa raaka-aineiden hintoja. Väestönkasvu ja elintason nousu ennen kaikkea Kiinassa ja Intiassa ovat lisänneet lihan syöntiä ja tämä on nostanut elintarvikkeiden kysyntää. Toinen merkittävä tekijä on ilmastopoliittikka, jolla tuetaan biopolttoaineiden valmistusta. Peltokasvien poltto energiaksi merkitsee viljojen kallistumista. Viljelyn lisääminen ja tehostaminen näkyy lisäksi lannoitteiden ja niiden raaka-aineiden kallistumisena.

3.1 Raaka-aineet

Fosforihapon valmistukseen tarvitaan apatiittia ja rikkihappoa sekä matalapainehöyryä. Apatiitti louhitaan Siilinjärven louhoksesta. Rikkihappo valmistetaan Siilinjärvellä. Rikkihapon valmistukseen käytetään rikkikiisua eli pyriittiä ja elementtirikkiä. Pyriitti ja elementtirikki poltetaan hapen kanssa uuneissa rikkidioksidiksi, joka prosessoidaan edelleen rikkihapoksi.

Pyriitti tulee Siilinjärvelle Pyhäsalmen kaivokselta rautateitse. Elementtirikki tulee Porvoosta ja Naantalista öljyn jalostuksen sivutuotteena Siilinjärvelle.

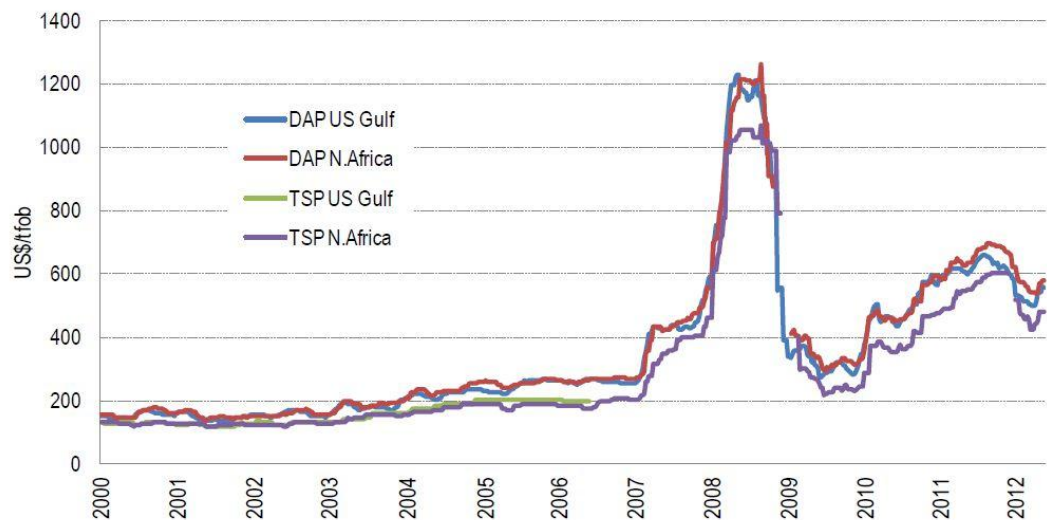
Polttoprosessissa syntyy paljon lämpöä ja siitä tuotetaan sähköä ja höyryä.

3.2 Fosfori

Fosfori hinnoitellaan diammoniumfosfaattina eli seurataan trendiä:

DAP North African Trend, fosfori DAP fob Baltia. Kymmenen vuoden trendiä seuraamalla nähdään hinnankehitys ja maailman talouden äkkijarrutus vuonna 2008. Hinnoittelu tapahtuu 100% fosforihappona. Toimitus on tonneina

DAP/TSP PRICES - 10 year series



Kuva 4. DAP hinta (Fertecon)

3.3 Sähkö

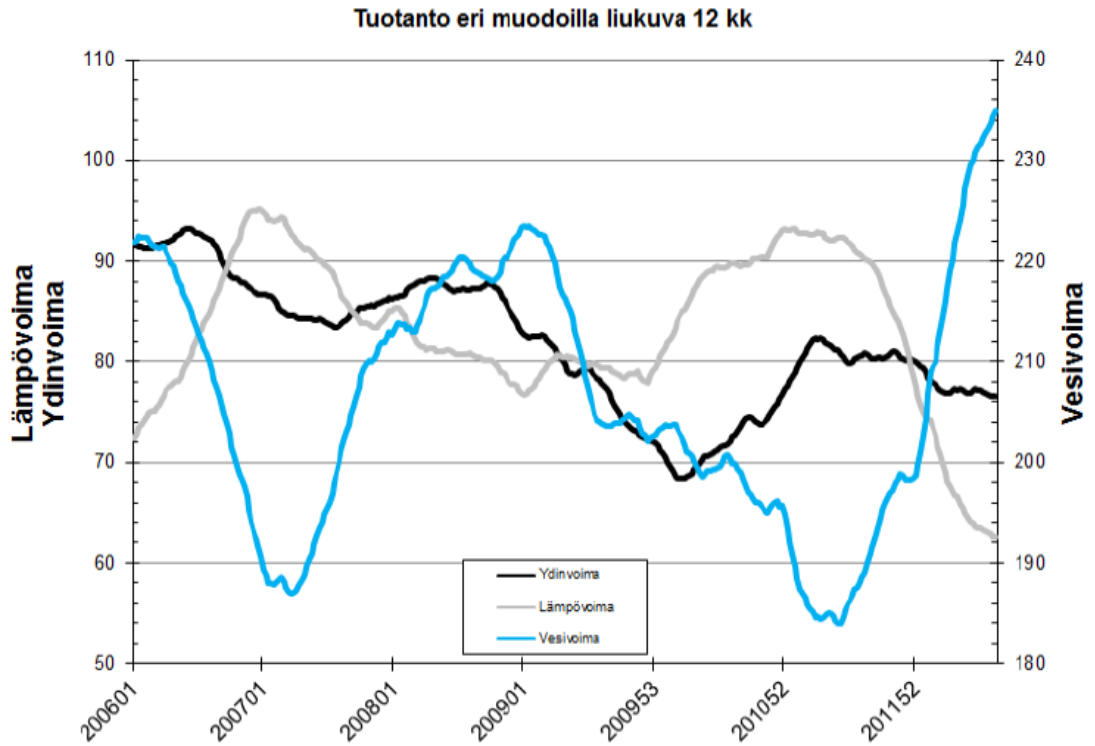
Suomessa sähkön hintaan vaikuttaa kysynnän lisäksi Olkiluoto 3 ydinvoimalan valmistuminen, sähkönsiirtokapasiteetti Suomen ja Ruotsin/Norjan/Venäjän ja Keski-Euroopan välillä. Lisäksi hintaan vaikuttaa kulloinkin harjoitettava politiikka esimerkiksi jotakin tuotantomuotoa tuetaan toisen kustannuksella ja tämä heiluttelee sähkön hintaa. Suomessa ja muissa pohjoismaissa merkittävin hinnan määrittäjä on pohjoismainen vesitilanne. Jos lähinnä Norjassa ja Ruotsissa on tarjolla vesivoimaa, niin sähkön hinta pysyy kurissa myös Suomessa. Ruotsissa ja Norjassa on toukokuun 2011 jälkeen saatu sateita lähes 50 TWh yli normaalin.



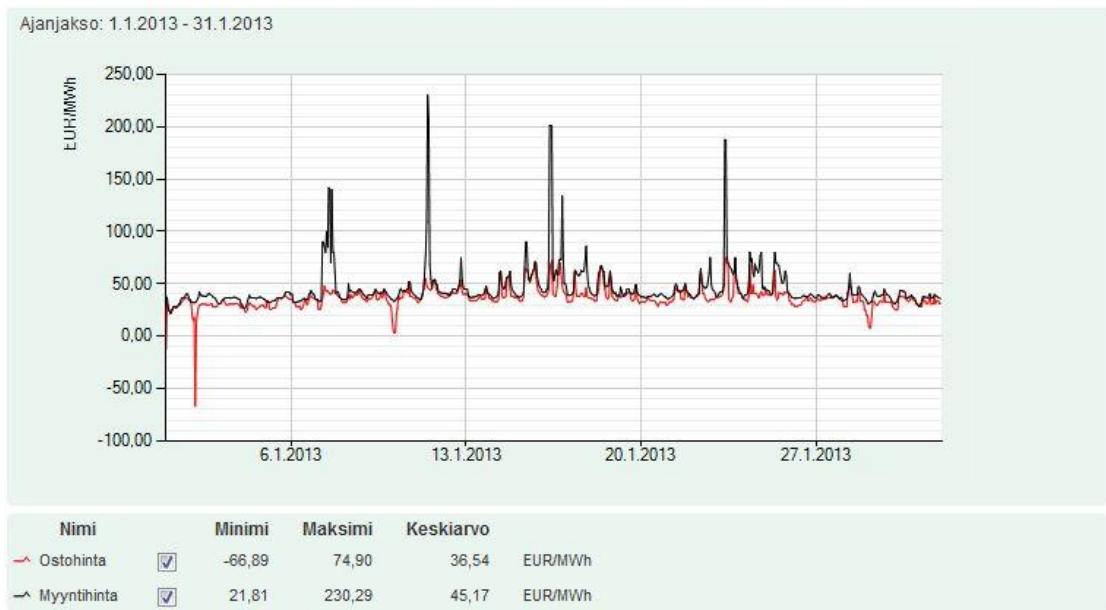
Kuva 7. Hydrobalanssi, Norja ja Ruotsi alkaen 1/2003

(Energiakolmio Oy 10.10.2012)

Sähkön hinta on pysytellyt kohtuullisella jopa alhaisella tasolla vuoden 2008 äkkijarrutuksen jälkeen. Syinä tähän voidaan pitää teollisuustuotannon alhaisempaa tasoa ja vesivarastojen korkeita tasoja sekä talouden epävarmuutta. Investoinnit teollisuuteen ovat olleet vähäisiä. Kapasiteettia ei ole lisätty, ainoastaan tuotantoja on optimoitu. Lisäksi taustalla vaikuttaa myös energiansäästötavoitteet. Sähkön hinnan odotetaan pysyvän näillä tasoilla aina vuoteen 2018 saakka. Olkiluoto 3 tuo lisäkapasiteettia ja teollisuustuotannon odotetaan pysyvän samalla tasolla tai kasvavan maltillisesti.



Kuva 8. Sähkön tuotannon kehittyminen (liukuva 52 viikkoa)



Kuva 9. Tasesähkön hinta (Fingrid)

4 Tuotantoprosessein simulointiohjelma

4.1 Simulointi

Simulointi on matemaattista ja loogista mallintamista niin, että mallin avulla voidaan systeemiä tutkia ja sillä voidaan tehdä kokeita. Tietokone simulointi on tavallisinta. Simuloinnista onkin tullut suosittu työkalu ohjelmistojen ja tietokoneiden kehittyessä. Tyypillistä simulointia on esimerkiksi pienoismallin teko. Tai suurennosmalli hyvin pienestä systeemistä, kuten atomeista.

Tyypillisesti simulointeja on käytetty teollisuudessa laitteiden ja välineiden tarpeitten sekä tehokkuuden arvioimiseen. Osien tai raaka-aineiden viipymistä eli läpimenoaika voidaan simuloinnin avulla tutkia. Hyviä esimerkkejä ovat myös osien jonot, jonojen koko, toimitusten ajoitus sekä laitteiden käyttöaste ja henkilöstön työmäärä. (Law & McComas, 1998)

Pitkän aikavälin tapahtumat on mahdollista tarkastella lyhyessä ajassa, tai todella nopeasti tapahtuvat toiminnot kaikessa rauhassa ovat simuloinnilla mahdollisia. (Kelton & Law, 2000)

Simulointi mahdollistaa monen asian, mutta voi olla kallista ja aikaa vievää. Simulointimallia ei ole yleensä mahdollista rakentaa täysin todellisuutta vastaavaksi, vaan siinä on tehtävä yksinkertaistuksia. Tästä täytyy olla tietoinen, sillä myöskään simuloinnin tulokset eivät silloin täysin vastaa todellisuutta. Mitä monimutkaisempi ja yksityiskohtaisempi mallinnus on sitä kalliimpi siitä tulee. Mallista tulee herkästi myös liian hieno ja monimutkainen. Tällöin malli jää helposti epävalidiksi. Tilaaja voi erehtyä luottamaan malliin enemmän kuin olisi aiheellista. (Kelton & Law, 2000)

4.2 Simulointiohjelmat

Simulointiohjelman tarkoitus on tukea operaattorin ajotapavalintaa. Ohjelmaan syötetään raaka-aineet, kustannukset ja lopputuotteet. Arvot ovat tonni/tunti ja hinnat euro/tunti tai euro/tonni. Tulokseksi saadaan rahallinen arvo tuotetuista tonneista. Raaka-aineiden, kaikkien kulujen ja lopputuotteiden hintoina käytetään budjetoituja hintoja.

Simulointiohjelmalla havainnoidaan, miten jokapäiväisellä toiminnalla ja ajotapavalinnoilla voidaan vaikuttaa tuotannosta saatavaan rahamäärään. Taloushallinto käyttää omilla laskelmissaan kuukausitasoisia mittareita ja tämä mittari on ensimmäinen tuntitasolle menevä mittari. Simulointiohjelmalla kaikki käyttäjät näkevät paljonko häiriötilanne tai ajotapavalinta maksaa tai tuottaa. Eli paljonko laitokset tuottavat tai menettävät rahaa. Jos häiriötilanne tai suunniteltu seisokki kestää vuorokauden pidempään, nähdään vaikutus rahassa. Raha on itsestään absoluuttinen ja mitattava arvo. Se on kaikille tuttu sekä tehokas mittari. Taloustieteen teorioissa raha ja hintamekanismi nähdään keskeisenä talouden suunnannäyttäjänä, jonka ohjaamina vapaat markkinat säätelevät tuotteiden ja palveluiden sekä myös itse rahan kysyntää ja tarjontaa. (Pekkarinen, Jukka & Sutela, Pekka: *Kansantaloustiede*.)

4.3 Simulointiohjelman toiminta

Lähtökohtaisesti pyrin tekemään mahdollisimman helppokäyttöisen ja kaikilta osin automaattisen mallinnusohjelman fosforihappotuotannon ohjaukseen rikkihappotehtaan ja voimalaitoksen lähtökohdista. Kaikki halutut komponentit pitäisi päivittyä jatkuvasti online-tyyppisesti. Pyrkimyksenä oli välttää kaikki käsin syötettävät arvot. Näyttäisi siltä, että tässä asiassa ei aivan onnistuta. Ohjelmia ja järjestelmiä on useita. Metson automaatio- ja SAP-tietojärjestelmät toimivat eri verkoissa ja eivät kykene keskustelemaan keskenään. Prosessinohjausjärjestelmä Metso dna on omana verkonaan, koska tietoturva on osana turvallisuutta. Kun käyttäjä tuntee saavansa työhönsä lisäarvoa mallinnusohjelmasta, käsinkin tulee syötettyä joitakin arvoja.

Fosforihappotuotannon kustannuksista pyritään saamaan tonnikohtainen kustannus, joka vähennetään budjetoidusta fosforihappotonnin hinnasta. Arvot simulointiohjelmaan haetaan Metson automaatiojärjestelmästä ja SAPista.

Syötettävät arvot ja positiot:

Seuraavassa on kerrottu syötettävistä prosessista kerättävistä arvoista. Arvot ja positio numerot löytyvät Metson automaatiojärjestelmästä eri sivuilta. Arvot ovat kolmelta eri tehtaalta tulevia rikkihappotehtaalta, fosforihappotehtaalta ja voimalaitokselta. Arvot ilmoitetaan konepaikkapositiona, jonka automaatiojärjestelmä näyttää.

Fosforihapon valmistus:

Apatiitti kokonaismäärä FN4020-FCZ ja FN3020-FCZ tonnia/tunnissa

Rikkihappo kokonaismäärä FN2460-4100FN t/h

Höyry(matalapaine 1,5bar) 1.väkevöinti FV8150-FN, 2.väkevöinti FV8450-FN,
3.väkevöinti FS6150-FC

Rikkihapon valmistus:

Rikkikiisu

1.uuni Pa6140-FN,

2.uuni Pa6160-FN,

3.uuni Pb1240-FN

Elementtirikki RC1130-FCI

Apukattila(öljy) VL4703-FC

Pasutot 1, 2 ja 3 sekä rikinpolttolaitokselta saadaan (100% H₂SO₄)kaasu rikkihapolle.

Energian tuotanto:

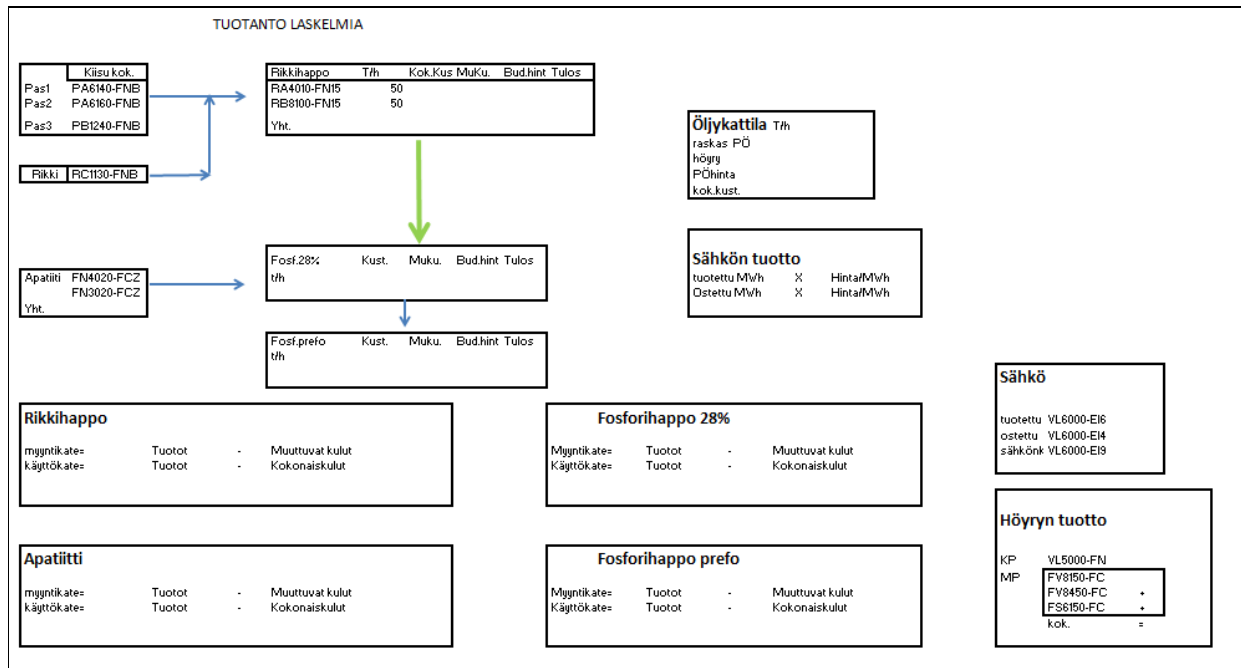
Höyry(korkeapaine 60bar) VL5100-8000 FN

Apukattilan höyry VL4702-FI

Sähkö: tuotettu VL6000-EI6

Sähkö: ostettu VL6000-EI4

Metson automaatiojärjestelmään tulee alla näkyvä kuva, josta nähdään reaaliaikainen prosessidata. Pohja on muokattavissa tarpeen mukaan.



Kuva 3. Laskenta ajoarvoille

4.4 Simulointiohjelman tuottama tieto

Insinööriyössä kaikki prosessista tulevat arvot ovat sen hetkisiä mittaustuloksia. Jos mittauksissa on jotain häiriötekijöitä tai mittausrvirheitä ne välittyvät suoraan lopputuotokseen. SAPista otetaan tiedot budjetoituina. Tämä ei ole tarkka hinta raaka-aineiden, kulujen ja lopputuotteiden hintojen suhteen. Malli ei ole absoluuttinen, eikä ole tarkoitukseen. Pitää tuntea vain tarkkuus.

Työstä voisi tehdä todella laajan, jos ottaisi mukaan enemmän raaka-aineita ja myyntikatteen sekä käyttökateen lisäksi jotain muita taloudellisia lukuja. Tästä syystä näkymä mittaussivulla tulisi täyteen ja antaisi käyttäjille liikaa informaatiota. Jatkossa tämän voisi jalostaa enemmän johdolle suunnatuksi. Lisäksi haluttuja mittauksia voisi lisätä.

5 Simulointiohjelma tuottaa tietoa tuotannonohjauksen tueksi

Fosforihappotuotannon optimoinnissa on monia muuttujia, ennusteita tehdään sekä lyhyellä että pitemmällä tähtäimellä. Lyhyellä tähtäimellä muuttujina ovat fosforihapon ja sähkön hinta. Apatiitin hinta, laatu ja saanto sekä pitkällä tähtäimellä edellä mainitun lisäksi louhintakustannukset vaikuttavat hintoihin. Louhoskustannuksiin vaikuttavat louhos tyyppi eli onko esimerkiksi avolouhos vai maanalainen louhos.

Tällä hetkellä eli vuonna 2013 sähkö on halpaa ja fosforihappo kohtalaisen hinnakasta. Voisi ajatella, että kaikki höyry kannattaisi tehdä matalapainehöyryksi ja väkevöintiin. Ostettaisiin sähkö markkinoilta. Tilanne ei kuitenkaan ole näin helppo. Fosforihappotehtaalla joudutaan pesemään väkevöintejä useamman kerran viikossa. Voisiko pesuja ohjata kalliiden tuntien aikaan?

Voimalaitoksen turbiinit ovat pieniä ja sähkön kehityskapasiteetti on 23-25 MW. Sähkön hintapiikit ovat välillä todella kalliita. Sähkön hinta vaihtelee tuntikohtaisesti 40-2000EUR/MWh. Sähkön hinnan huiput ovat yksittäisiä tunteja esimerkiksi viikonlopun jälkeen maanantai-aamut. Sähkön ostot tehdään arki-aamuisin seuraavalle vuorokaudelle ja perjantaina koko viikonlopulle. Jos ajosuunnitelma on tiedossa, voidaan sähköostot ennakoita.

Halvan sähkön aikaan olisi mahdollista korkeapainehöyrystä redusoida matalapainehöyryä. Redusoimalla saataisiin noin 30% lisää matalapainehöyryä sähkön tuotannon kustannuksella. Korkean sähkönhinnan aikaan kaikki höyry menisi turbiineille. Sekä kulutusta voitaisiin pienentämällä muun muassa rikastamalla. Tämä on kuitenkin "nappikauppaa" siihen mitä seisokkien venyminen maksaa.

Kuten huomataan, simuloinnissa on monia muuttujia pohdittavaksi. Työn tuloksena saatiin käyttökelpoinen työväline prosesseja ohjaavalle henkilöstölle auttamaan tämän monimuuttujaisen tuotantoprosessin eri vaihtoehtojen arviointia. Helppokäyttöisellä käyttöliittymäsivustolta näkee ajotapojen muutosten taloudellisen tuloksen.

LÄHTEET

Yara Suomi Oy. Siilinjärven toimipaikan kotisivut: Toiminnot fosforihappo ja lannoitetuotanto.. Yara intranet[viitattu 10.1.2013].

Yara Suomi Oy. Yrityksen kotisivut. [viitattu 10.1.2013].

saatavissa: <http://www.yara.fi/>

Prosessitekniikka. Fosforihapon valmistus[viitattu 10.1.2013].

saatavissa: <http://prosessitekniikka.kpedu.fi/doc-html/fosforihappo.html>

Energiakolmio Oy[viitattu 19.2.2013].

<http://www.kip.fi/energiatehokkuus/2012Esitykset/ToniSjoblom.pdf>

<http://www.Fingrid.fi>

Fertecon Phosphate raport 2012 [viitattu 9.2.2013].

<http://www.fertecon.agra-net.com>

Law Averill M., McComas Michael G., *Simulation of Manufacturing Systems* [verkkodokumentti] USA 1998[viitattu 27.1.2013].

Kelton, W. David, Law, Averill M. (2000) *Simulation modeling and analysis*, third edition, McGrawHill, [viitattu 27.1.2013].

Pekkarinen, Jukka & Sutela, Pekka: *Kansantaloustiede*. [viitattu 28.8.2012].