

# **Lyhyen aikavälin hankinnan suunnittelu**

**EME järjestelmän kannalta**

Veikko Kekkonen



TESLA-raportti nro 23/2000

Lyhyen aikavälin hankinnan suunnittelu  
EME järjestelmän kannalta

Veikko Kekkonen

VTT Energia

PL 1606, 02044 VTT

puh. (09)4561, telefax (09)456 6538

Espoo, 6.3.2000

<p><b>Suorittajaorganisaatio ja osoite</b> VTT Energia</p> <p>PL 1606</p> <p><b>Projektipäällikkö</b> Göran Koreneff</p> <p><b>Diaarinumero</b></p>	<p><b>Tilaaaja</b> TEKES</p> <p><b>Tilaaajan yhdyshenkilö</b></p> <p><b>Tilaus- tai viitenumero</b></p>
<p><b>Projektin nimi ja suoritettunus</b> Sähkökaupan tietojärjestelmien kehittäminen 63DEM-2</p>	<p><b>Raportin numero ja sivumäärä</b>    <b>Päiväys</b> 17.2.2000</p> <p>Tesla-raportti nro 23/2000</p>
<p><b>Raportin nimi ja tekijät</b> Lyhyen aikavalin hankinnan suunnittelu EME järjestelmän kannalta</p> <p>Veikko Kekkonen</p>	
<p><b>Tiivistelmä</b></p> <p>Sähkön hankinnan suunnittelutehtävä on tässä määritelty ikäänkuin käänteisenä taselaskenta-tehtävänä, taselaskennassa tunnetaan yhteenlaskettavat, mutta ei tunneta summaa, hankinnan suunnittelussa tunnetaan tarve, mutta ei tiedetä, miten se rakentuu. Julkaisussa on esitetty hankintataseen muodostaminen ja sen graafinen esittäminen, taseen rakennusaineen, aikasarjan, luonnetta on pohdittu, samoin kuin myyntikomponenttien eroja ostokomponentteihin verrattuna. Itse suunnittelutehtävän ratkaiseminen on käyty läpi havainnollisen heuristisen menetelmän kautta. Lopuksi perussuunnittelutehtävää on käytetty laajemman suunnittelutehtävän, optimaalisen Elspot kaupankäynnin, osaratkaisuna. Julkaisu on tarkoitettu yhtä lailla energian hankinnan suunnittelutehtävissä toimiville kuin ehj-järjestelmien kehittäjille.</p> <p>tesla_hank_suun.doc</p>	
<p><b>Raportin päävastuullinen laatija</b></p> <p>Veikko Kekkonen</p> <p><b>Hyväksynyt</b></p> <p>Ritva Hirvonen</p>	<p><b>Tarkastanut</b></p> <p>Matti Lehtonen</p> <p><b>Julkisuus</b> Julkinen</p>

**Avainsanat** Energian hallinta, Optimointi, Sähkökauppa

## Tiivistelmä

Sähkön hankinnan suunnittelutehtävä on tässä määritelty ikäänkuin käänteisenä tase-laskentatehtävänä, taselaskennassa tunnetaan yhteenlaskettavat, mutta ei tunneta summaa, hankinnan suunnittelussa tunnetaan tarve, mutta ei tiedetä, miten se rakentuu. Julkaisussa on esitetty hankintataseen muodostaminen ja sen graafinen esittäminen, taseen rakennusaineen, aikasarjan, luonnetta on pohdiskeltu, samoin kuin myynti-komponenttien eroja ostokomponentteihin verrattuna. Itse suunnittelutehtävän ratkaisu-minen on käyty läpi havainnollisen heuristisen menetelmän kautta. Lopuksi perus-suunnittelutehtävää on käytetty laajemman suunnittelutehtävän, optimaalisen Elspot kaupankäynnin, osaratkaisuna. Julkaisu on tarkoitettu yhtä lailla energian hankinnan suunnittelutehtävissä toimiville kuin ehj-järjestelmien kehittäjille.

**Keywords** Energy management, Optimization, Electricity trade

## **Abstract**

The planning of electricity purchase and production is defined somehow like a reverse balance calculation process; in an electricity balance task the addends are known and the sum is unknown, but in planning of electricity purchase and production the demand is known and usage of resources is unknown. The construction of balance of electricity purchase and production is indicated, same as its graphical illustration. The character of basic data material, time series, is discussed. Differences between a sale component and other components are thought over. The solving process of resource planning problem is briefed as an example for certain heuristic method. This process has been used as a subfunction in a larger problem, which is to solve the optimal trade level in the Elbas spot market place. This report is intended to both users and developers of energy management systems.

# Alkusanat

VTT Energiassa on usean vuosikymmenen ajan tutkittu energian hankinnan optimointiin liittyviä kysymyksiä osana energiajärjestelmätutkimusta. Ajoittain tutkimustoiminnan tulokset ovat jalostuneet myös yleiskäyttöisten tietokone-ohjelmistojen muotoon ja saaneet lukuisia tutkimuslaitosten ulkopuolisia käyttäjiä. 90-luvun alkupuolella VTT toimitti energialaitoksille COPLA -hankinnan suunnittelu-järjestelmän, joka oli itsenäinen suunnitteluympäristö lähinnä budjetointiin ja muuhun pidemmän aikavälin suunnitteluun.

90-luvun puolenvälin jälkeen kävi tarpeelliseksi tuoda hankinnansuunnittelumenetelmiä mukaan reaaliaikaisiin valvomosovelluksiin. Tuolloin uusien sovellusten käyttöönottoa vauhditti vapautuneisiin sähkömarkkinoihin liittyvä tarve valtakunnalliseen tase-laskentaan hajautettuna jakeluverkkotasolle asti. VTT osallistui kehitystyöhön tuottamalla EDISON tutkimusohjelmassa jakeluverkon energianhallintasovelluksen DEM. Siinä oli mukana jo aiemmin kehitetty optimoiva hankinnansuunnittelu-järjestelmä.

Tietokonepohjaisten hankinnansuunnittelumenetelmien kehittämistä on sittemmin VTT:ssa jatkettu TESLA tutkimusohjelman osana, jolloin pyrkimyksenä on saattaa uusia menetelmiä eri tuotteistajien toimesta markkinoille kaikkien niitä tarvitsevien käytettäväksi. EME-ohjelmistoympäristö muodostui luontevasti DEM-energianhallinta-ohjelmiston ja sen tietokantaratkaisujen ympärille. Tämä raportti on syntynyt TESLA tutkimusohjelman osaprojektissa ”Sähkökaupan tietojärjestelmien kehittäminen”, tavoitteena valottaa muutamia hankinnan suunnitteluun liittyviä yleisiä periaatteita ja osaltaan helpottaa sekä entisiä että tulevia järjestelmien loppukäyttäjiä saamaan järjestelmistään enemmän irti.

Vaikka allekirjoittanut on merkitty raportin tekijäksi ja yksin vastaa siinä esitetyistä kannanotoista, ovat esille tuodut tulokset kuitenkin syntyneet laajan tutkijaryhmän ja lukuisten aktiivisten käyttäjien toimesta. Esitän parhaimmat kiitokseni kaikille yhteistyöhön osallistuneille.

Espoossa 4.2.2000

Veikko Kekkonen

# Sisällysluettelo

Tiivistelmä	1
Abstract	2
Alkusanat	3
Sisällysluettelo	4
Määritelmiä ja lyhenteitä	5
1. Johdanto .....	7
2. Hankintataseet .....	11
2.1 Yleisiä periaatteita .....	11
2.2 Aikasarjat .....	14
2.2.1 Aidot aikasarjat .....	14
2.2.2 Hinta-aikasarjat .....	15
2.2.3 Käytettävyyasaikasarjat .....	18
2.2.4 Aikasarjayhdistelmät.....	19
2.3 Hankinnan taselaskenta.....	20
2.4 Tasepiirros .....	21
3. Hankinnan jako .....	27
3.1 Yleistä .....	27
3.2 Mallin hallinta EME tietokannassa.....	29
3.3 Heuristinen ratkaisumenetelmä.....	30
3.4 LP-menetelmä.....	36
3.5 Käteismyynti.....	37
4. Käteiskauppojen optimointi .....	39
4.1 Elbas kaupat.....	39
4.2 Elspot kaupat .....	39
5. Yhteenveto .....	44
Loppusanat	45
Lähdeluettelo	46

# Määritelmiä ja lyhenteitä

Seuraavaan luetteloon on kerätty muutamia määrittelyjä lähinnä niistä käsitteistä, joita tässä raportissa on käytetty ehkä tavallisesta poikkeavalla tavalla, tai niiden on muuten katsottu kaipaavan selvennystä.

- APL Vanha tulkettava ohjelmointikieli, joka on osoittautunut erinomaiseksi välineeksi ohjelmistoprototyyppien valmistamiseen, ja sopii näinollen hyvin myös tutkimuskäyttöön. Ohjelmointiympäristö sisältää myös hyvät välineet karkeaan käyttöliittymäkehitykseen. Käytetty EME-järjestelmän kehitystyökaluna.[DyadicSystems 1998]
- COPLA COgeneration PLAnning, energian hankinnan suunnittelu-järjestelmä, jossa on mukana VTT:n kehittämä DLP-pohjainen optimointimenetelmä.
- DEM Distribution Energy Management, VTT:n kehittämä energianhallintajärjestelmä. Kuuluu EME ympäristöön.
- DLP Dynamic Linear Programming, dynaaminen lineaarinen optimointimenetelmä, joka on käytössä mm. DEM energianhallintajärjestelmässä.
- EHJ Energianhallintajärjestelmä, tietokoneohjelmisto energian käytön ja hankinnan seuraamista ja suunnittelua varten.
- EME Energy Management Environment, VTT:n tutkimuskäyttöön kehittämä energian hallintaympäristö, johon kuuluu useita energianhallinta- ennuste-sopimushallinta ja riskienhallintaohjelmistoja, joita voidaan joustavasti käyttää yhdessä toistensa kanssa.
- EHJ Energianhallintajärjestelmä, tietokoneohjelmisto energian käytön ja hankinnan seuraamista ja suunnittelua varten.
- LP Linear Programming, lineaarisista yhtälöistä rakennetun optimointimallin ratkaisuun kehitetty optimointimenetelmä.
- Null Puuttuvan tiedon esitysmuoto, jota käytetään mm. relaatiotietokannoissa. Vastaa tilannetta, jossa tietojärjestelmään on varattu paikka tiedolle, mutta paikkaan ei ole sijoitettu mitään arvoa. Puuttuvan tiedon merkintä vaihtelee eri tietojärjestelmissä. Puuttuvan numeerisen tiedon ominaisuus on, että sillä ei voi



tehdä laskutoimituksia. Silloin tietojärjestelmässä on toteutettava poikkeusmenettely.

RAIN Eräs grafiikkakirjasto, joka soveltuu hyvin APL-ympäristöön [Smith 1996]

Resurssi Teholähde, josta sähköenergia hankitaan, esimerkiksi voimalaitos tai sähkösopimus. Sen synonyymeinä on tässä raportissa käytetty mm. sanoja hankintalähde tai hankintakomponentti.

Spotpositio Kaikkien käteiskauppojen aritmeettinen summa.

Tase Nollasumman tuottava, lähinnä yhteen- ja vähennyslaskuun perustuva laskutoimitus.

Teho Energianhallinnan yhteydessä tuntikeskienergia, dimensiona  $MWh/h = MW$ .

# 1. Johdanto

Tarkastellaan sähköä, joka fyysisesti tuotetaan voimalaitoksessa ja siirretään yleistä sähköverkkoa pitkin tuotantopaikasta käyttöpaikkaan, jossa se käytetään loppukulutukseen. Sähköliiketoiminta kattaa koko tämän alueen niin kaupallisesti kuin fyysisestikin. Sähköliiketoiminnan piirissä kulkeva sähkö on kauppatavaraa, jota ostetaan ja myydään usean eri toimijan kautta koko toimitusketjussa aina tuotannosta loppukulutukseen.

Useimmissa loppukulutus- ja tuotantopaikoissa sekä lukuisissa siirtoketjun välipisteissä mitataan pisteen kautta kulkeva sähkömäärä. Mittauksen sijasta voidaan myös arvioida pisteen läpi kulkevan sähkön määrä. Näistä mittaus- ja arviotiedoista lasketaan taseet, jotka muodostavat lyhytaikaisen sähkökaupan perustan. Näin sekä fyysinen että kaupallinen sähköjärjestelmä pyrkivät vastaamaan riittävässä määrin toisiaan. Taselaskenta on lakisääteisesti ohjattu valtakunnallinen toiminto, ja se on laajennettu kattamaan myös valtakuntien tai niiden osien välistä sähkökauppaa. Suomen taseselvitysjärjestelmää on kuvattu hyvin lähteessä [Fingrid System Oy 2000]

Sähkön hankinnan suunnittelua tarkastellaan tässä sähkön vähittäismyyjän näkökulmasta. Myynti muodostuu tässä loppukulutukseen tai jälleenmyyntiin toimitettavista sähkömääristä, joita käsitellään valtakunnallisen taseselvitysjärjestelmän puitteissa. Tarkan rajan vetäminen tukku- tai vähittäismyyntin välille on hankalaa, ja tässä yhteydessä vähittäismyyjältä edellytetäänkin vain, että pääosa myynnistä kohdistuu toimitusketjun loppupäähän, jakeluverkkotasolla mitattuun toimitukseen loppukulutukseen.

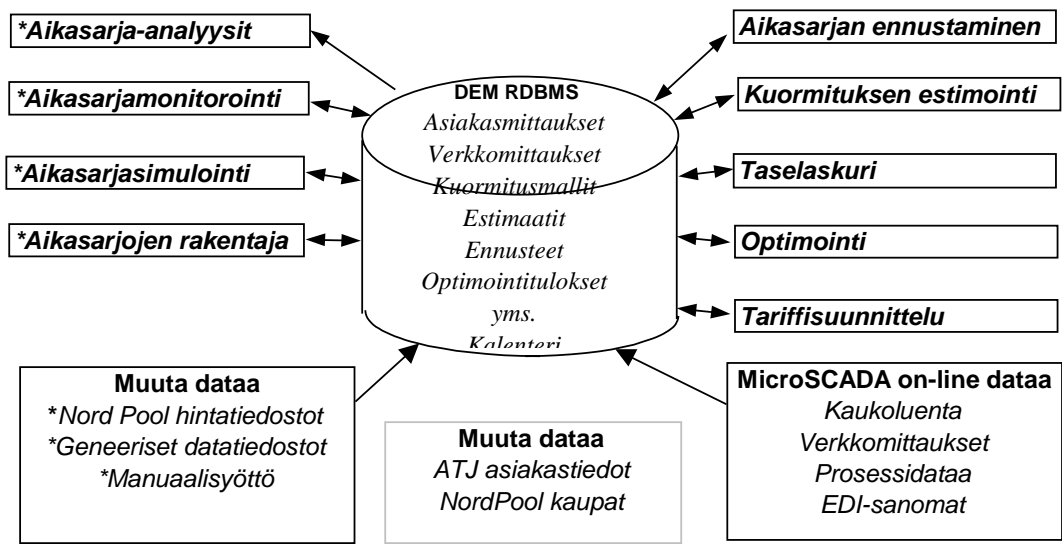
Jotta sähköä voisi myydä, tulee myyjällä olla joka hetki (käytännössä tunti) käytettävissään myyntiä vastaava määrä sähköä, joko itse tuotettuna tai muualta hankittuna. Tätä myytävissä olevien erien kirjanpitoa kutsutaan tässä sähkön hankinnaksi.

Hankinnan suunnittelun aikavälinä tarkastellaan lyhyttä aikaväliä. Suunnittelun aika-askeleena käytetään tuntia, mikä on sama kuin taseselvitysjärjestelmän käyttämä. Tuntia lyhemmän aikavälin toimintojen katsotaan tässä yhteydessä olevan ”säättöä”, eikä siihen nyt puututa, vaikkakin esitetyt periaatteet ovat useimmiten sovellettavissa aina n. 10 min aika-askelisiin asti. Tarkkaa ylärajaa lyhyelle aikavälille ei ole. Käytännössä suunnitteluhorisontti on viikon tai kaksi eteenpäin nykyhetkestä. Esitetyt menetelmät tarkastelevat tuntiaskeleittain etenevää suunnittelua, joka laskentakapasiteetista riippuen on usein mahdollista tehdä esim. yhtä kalenterivuotta koskevana, mutta ennusteiden tarkkuus ei yleensä riitä niin pitkälle. Luotettavan ennustehorisontin pituus asettaakin käytännön ylärajan lyhyen aikavälin suunnittelulle. Kun myynti-, hinta- tai

sääennusteiden tarkkuus ei enää riitä eksaktiin laskentaan, korvataan ennusteet todennäköisyysjakautumin, ja siirrytään riskien hallintaan perustuviin suunnittelu-menetelmiin, mutta tämä aihepiiri ei enää kuulu tämän selvityksen piiriin. Niin ikään ennusteen muodostamista ei aiheen laajuuden vuoksi käsitellä lainkaan tässä julkaisussa. Yhteenvedo EME järjestelmän ennustemenetelmästä on lähteessä [Koreneff 28.6.1999].

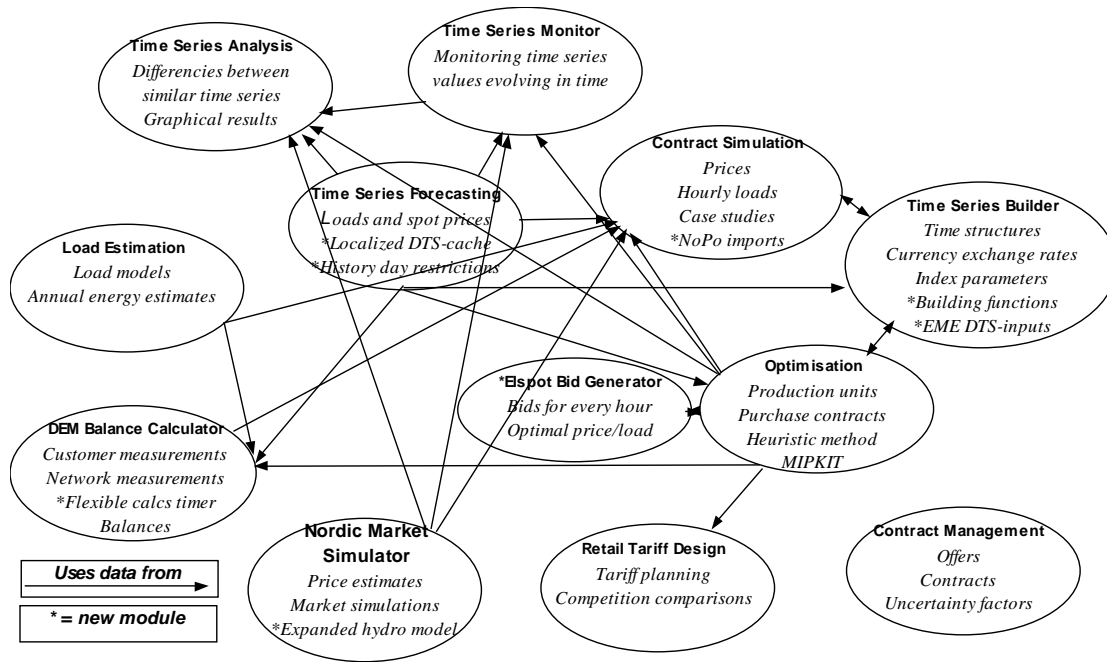
Hankinnan suunnittelun lopputulos on hankintasuunnitelma tarkasteltavalle aikavälille. Suunnittelu tapahtuu käytännössä energianhallintajärjestelmän (EHJ) alaisuudessa. Tässä esitetyt menetelmät on toteutettu VTT Energian kehittämässä DEM (Distribution Energy Management) energianhallintajärjestelmässä [Seppälä et al. 1998], joka on osa laajempaa VTT:n tutkimukseen käytettyä tietokoneohjelmistokokonaisuutta EME (Energy Management Environment) [Koreneff & Kekkonen, Jakobsson 26.2.1998].

EME-järjestelmä on vähitellen rakentunut tietokantaratkaisun ympärille. Tietokannan keskeinen osa on aikasarjojen hallinta, ja samalla se tarjoaa palvelut kalenteritiedon käsittelemiseen. Näiden avulla päästään käsiksi sähköyhtiöiden taselaskentaan, ja myös energianhallintaan liittyvät toiminnot rakentuvat helposti samaan järjestelmään. Avoin tietokantajärjestelmä voi saada mittaus-, sanoma- ym. tietoa vapaasti hyvin monesta eri lähteestä. On line sovelluksissa EME on kytketty SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) järjestelmän hallinnoimaan mittaustietojärjestelmään. Kuvassa 1-1 on esitetty tietokannan keskeinen asema eri sovellusten yhteen kytkennässä.



Kuva 1-1. EME tietokantaratkaisu palvelee lukuisia eri sovelluksia.

EME:een on sittemmin liitetty tai suunniteltu liitettäväksi ennustemenetelmiä, aikasarja-analyysiä, kuorman estimointia, sähkömarkkinasimulointia, sopimushallintaa, tariffisuunnittelua, riskien hallintaa ja kaupankäyntijärjestelmiä. Rajoja EME järjestelmän mahdollisuuksille ei ole. Kuvassa 1-2 on esitelty EME sovelluksia.



Kuva 1-2. EME sovelluksia.

Tämän raportin tavoitteena on kuvata EME -ympäristössä DEM-järjestelmällä tehtävää hankinnan suunnittelua yleisemmällä tasolla kuin DEM-järjestelmän teknisessä dokumentaatiossa on esitetty. Hankinnan suunnitteluperiaatteiden voidaan olettaa olevan samankaltaiset miltei kaikissa muissakin energianhallintajärjestelmissä. Niinikään esitettyjä periaatteita käytetään yleisesti myös koko energiakaupan hankinnan suunnittelussa, etenkin kaukolämmön yhteydessä. Sähkön ja lämmön yhteistuotannossa niin kaupunkien energialaitoksissa kuin prosessiteollisuudessa onkin tarkoituksenmukaista käsitellä molempien energialajien hankintaa yhteisellä suunnittelujärjestelmällä.

Käsittelytapa on laskentakeskeinen. Muutamiin käyttöliittymän piirteisiin, kuten taseiden havainnollistamiseen ja aikasarjojen hallintaan puututaan pinnallisesti.

## 2. Hankintataseet

### 2.1 Yleisiä periaatteita

Toimijan, tässä tapauksessa vähittäismyyjän fyysinen hankintatase muodostuu siten, että hankinta asetetaan yhtäsuureksi kuin myynti:

$$hankinta = myynti \quad (1)$$

tai jos myynnin etumerkki vaihdetaan negatiiviseksi:

$$myynti + hankinta = 0 \quad (2)$$

Voidaan myös käyttää käsitettä ”tarve”:

$$\begin{aligned} hankinta &= \text{tarve}, \\ &\text{missä} \\ \text{tarve} &= \text{myynti} \end{aligned} \quad (3)$$

Myynnillä tarkoitetaan tässä valtakunnallisessa taseselvitysjärjestelmässä selvitettävää mitattavaa sähköntoimitusta loppukulutukseen. Taseselvitysjärjestelmän tuottama myyntitieto ei ole 100%:n varmaa, vaan siihen sisältyy käsittelyjärjestelmästä aiheutuvaa virhettä. Taselaskenta vahvistetaan 3:n kuukauden kuluessa käyttövuorokaudesta, ja silloin mahdollisesti vielä jäljellä oleva virhe jää pysyväksi. Toimijan omassa tietojärjestelmässä myynnistä on aluksi olemassa ennusteeseen perustuva arvio, joka käyttötunnin jälkeen vähitellen tarkentuu kohti lopullista arvoaan. Hankintataseen lopullinen selvitys voidaan vahvistaa vasta kun myyntitase on ensin vahvistettu.

Vähittäismyynti perustuu fyysiseen sähkönkulutukseen ja mitattuun sähköntoimitukseen, ja se voi tapahtua vain yhteen suuntaan, myyjältä asiakkaalle. Myynnin

etumerkki ei siis yleensä vaihdu vähittäismyyjän omassa taseessa. Vasta lokakuussa 1999 sovittiin, että myynnit käsitellään valtakunnallisessa taseselvitysjärjestelmässä negatiivisina lukuina, jolloin edellä mainittu nollasummaa esittävä taseyhtälö (2) toteutuu. Laskentajärjestelmän kannalta on melko samantekevää, miten myyntien etumerkki sisäisesti esitetään, virhemahdollisuudet ovat tässä pieniä. Suurempi ongelma on myyntitiedon puuttuminen valtakunnallisessa selvitysjärjestelmässä esiintyvien virheiden vuoksi. EME-järjestelmässä puuttuva tuntiaikasarjajaelementti saa arvon Null, jos siinä ei esiinny tietoa. Null:n ominaisuus on, että se estää taseen laskemisen. Myyntiä koskevaa Null tietoa ei saa korvata esim. nolllalla. Se voidaan korvata estimoidulla tiedolla, jos estimoituun ja varmaan tietoon perustuvat tulokset voidaan selvästi erottaa toisistaan.

Merkkisääntönä voidaan sopia, että hankintaenergia on positiivista, jos se tuo energiaa toimijan omaan hankintataseeseen. Suurin osa hankinnoista on tällaisia, esim. oma tuotanto, ostot ja voimalaitososuudet. Poikkeuksena ovat hankinnan tilapäiskaupat eli käteiskaupat, jotka voivat olla joko ostoa tai myyntiä, ja tilapäismyynti näkyy siis toimijan omassa taseessa negatiivisena. Esimerkiksi jos tarve on 100 ilman tilapäismyyntiä, ja jos sitten tehdään tilapäismyyntikauppa suuruudeltaan 10, niin hankinta pienenee arvoon 90. Jotta taseyhtälö toteutuisi, pitää perushankintaa kasvattaa 10:llä.

Häviöt käsitellään valtakunnallisessa taselaskennassa myyntinä eli kulutuksena. Kantaverkon häviöt eivät näy myyjän tasolla lainkaan. Jakeluverkon häviöt ja kulutusmittausvirheet käsitellään toimitusvelvoitemyyntinä.

Oma tuotanto mitataan generaattorin navoissa bruttotuotantona. Omakäyttömittauksen kautta otettu ”omakäyttöteho” käsitellään myyntinä eli kulutuksena, se voi olla joko osa toimitusvelvoitemyyntiä tai tuntimitattua. Bruttotuotanto voi olla vain positiivista tai nolla.

Voimalaitososuuksien käyttö selvitetään käyttötunnin jälkeen, ja niistä tyypillisesti ilmoitetaan toimijakohtaiset nettotehot.

Myyjän hankinta koostuu resursseista, joita on mm. oma tuotanto, voimalaitososuudet, ostosopimukset ja käteiskaupat. Tarve pyritään kattamaan resursseilla siten, että hankintakustannukset ovat mahdollisimman alhaiset, tai että hankintasopimukseen liittyvät kirjausehdot toteutuvat. Edellä mainitusta häviöiden käsittelytavasta seuraa, että hankinnat ovat aina positiivisia, paitsi käteiserät, jotka voivat joko lisätä tai vähentää hankintatasetta. Näin ollen hankinnan taseyhtälölle on käytännöllistä antaa seuraava muoto:

$$\begin{aligned} \text{perushankinta} + \text{käteiserät} &= \text{tarve} & (4) \\ \text{missä käteiserät} &= \text{käteisliisäykset} - \text{käteisvähennykset} \end{aligned}$$

Yhtälön (4) jaottelu on puhtaasti laskennallinen. Perushankintaan sisällytetään einegatiiviset erät ja käteiseriin sellaiset, jotka voivat saada myös negatiivisia arvoja, kuten tyypillisesti käteiskaupat, pumppuvoimalaitokset, sähkökattilat ja oman tuotannon omakäyttö silloin, kun se ylittää bruttotuotannon. Vaikka taseen kannalta käteiskaupan erittely ostoon ja myyntiin on turhaa, niin koska samanaikaisesti voidaan tehdä sekä käteisostoja että –myyntejä, menetettäisiin taustainformaatiota, ellei eriä pidettäisi toisistaan erillään. Käteiskauppojen summasta käytetään usein nimitystä spotpositio.

Sähkömarkkinalain mukaan jokaisella toimijalla on oltava avoin toimittaja, joka tasapainottaa sähkötaseen. Oma tuotanto kirjautuu lopulliseen hankintataseeseen mittausten perusteella, ja muu hankinta, kuten ostosopimukset, osuudet ja käteiskaupat käsitellään kirjattavina, valtakunnalliseen taseselvitysjärjestelmään ilmoitettavina osuuksina, joten jäljelle jää taseen tasapainottava avoin toimitus. Avoin toimitus voi olla joko positiivista tai negatiivista, joten hankintatase voidaan jakaa osakokonaisuuksiin näinkin:

$$\text{oma tuotanto} + \text{kirjattavat osuudet} \pm \text{avoin toimitus} = \text{tarve} \quad (5)$$

Koska osa käteiskaupan ja kirjausten tiedoista saadaan ulkoisista järjestelmistä, pitää niiden suhteen varautua myös puuttuviin tietoihin. Toisin kuin myynnin taselaskennassa, hankinnan tiedot ovat oletusarvoisesti nolliä, kunnes niihin kirjautuu jotain muuta.

Hankinnan taseselvitysjärjestelmän tarkoitus on kirjanpidollinen. Siksi jokaista tehosuureissa esitettävää hankinnan komponenttia kohti pitää tietojärjestelmässä esittää vastaava yksikköhinta.

Myynnin ja hankinnan lisäksi tarvitaan finanssikauppoja käsittelevä laskenta. Se palvelee lähinnä pitemmän aikavälin suunnittelua ja riskienhallintaa. Finanssikauppoina käsitellään toistaiseksi futuureita, forwardeja ja optioita (osto- ja myynti-, put ja call, eurooppalaiset ja aasialaiset optiot).



## 2.2 Aikasarjat

### 2.2.1 Aidot aikasarjat

Taselaskenta ja hankinnan suunnittelu operoivat aikasarjoilla, joita laajassa EHI-järjestelmässä voi olla valtava määrä. Myynnin taselaskenta käsittelee mittaustietoja, joita tarvitaan ainakin kulutuspisteittäin, ryhmittäin, verkoittain ja myyjittäin. Jakeluverkon aikasarjoja kertyy eri mittauspisteistä ja mittausten yhdistelmästä. Osapuolten välinen sanomaliikenne on pääosin aikasarjamuotoista. Hankinnan taselaskenta sisältää komponenttikohtaista teho- ja hintatietoa aikasarjoina. Kaikista aikasarjoista on lisäksi eri versioita kuten ennustettuja, estimoituja, suunniteltuja, mitattuja, vahvistettuja, budjetoituja, tavoitearvoja jne.

Aidolla aikasarjalla tarkoitetaan tietorakennetta, jossa jokaisella aikasarjan elementillä, tässä tunti-arvolla, voi olla oma lukuarvo. EME-järjestelmässä aidot aikasarjat esitetään tietokantaobjekteina, joiden ominaisuuksia ovat:

- Yksikäsitteinen nimiavain
- Nimiluokka
- Yksilöivä nimi
- Aikasarjan alkuperä
- Aikasarjan tyyppi
- Aikasarjan luokka
- Mittayksikkö
- Aikasarjan versio
- Tuntiarvo ja tuntiaikaleima

Tietokantaoperaatioina tarvitaan useimmiten vain tuntiarvojen hakua ja talletusta, jolloin tietokantaviittaus sisältää 1) aikasarjan yksilöinnin, 2) aikavälin yksilöinnin ja 3) version. Aikasarjan yksilöinti tapahtuu joko yksikäsitteisen nimiavaimen tai nimiluokan ja yksilöivän nimen kautta. Aikasarjojen luokittelua varten on käytettävissä kolme ominaisuutta, aikasarjan alkuperä, tyyppi ja luokka. Aikasarjojen luokittelu helpottaa

käyttäjän ylläpitotyötä. Hankinnan suunnittelua varten tarvittavia aikasarjoja ovat mm. myyntiaikasarjat, hankinnan aikasarjat, käteiskaupan aikasarjat ja finanssiaikasarjat.

Laskennassa aikasarja on useimmiten vektorimuodossa, siis tarvittava määrä peräkkäisiä tunti-arvoja. Aikaleimatietoa käsitellään monasti erillään itse aikasarjavektorista. Aikaleimatiedon ylläpito ei ole aivan ongelmaton, kun tarvitaan kalenteritoimintoja, kesä/talviaikasiirroksia ja aikavyöhykesiirroksia, mutta tässä yhteydessä ei siihen puututa.

Aito aikasarja on turhan ”raskas” tietorakenne silloin kun arvo muuttuu harvoin tai se muuttuu suhteellisen harvoin noudattaen tiettyä sääntöä. Tämän vuoksi EME-järjestelmässä on myös esitysmuotoja jaksollisia aikasarjoja varten. Hankinnan suunnittelussa esiintyy mm. viikonpäivästä ja kellonajasta riippuvia tariffihintarakenteita ja aika-ajoin muuttuvia tilatietoja. Näitä tietorakenteita käsitellään lyhyesti seuraavassa.

### **2.2.2 Hinta-aikasarjat**

Hintatieto on tyypillinen jokaista hankintalähdettä koskeva lähtötieto. Aika-askeleittain tapahtuvassa laskennassa hinta, kuten muutkin lähtötiedot, ovat loogisesti aikasarjoja. Aidon aikasarjan tallettaminen tietokantaan tai muuhun tietolähteeseen edellyttää yleensä jokaisen aika-askeleen arvon tallettamista. Tällainen aikasarjaobjekti on luonnollisesti rajattu alku- ja loppuhetkirajauksin, koska talletuskapasiteetti on rajallinen. Aidon aikasarjan ylläpito on hankalaa myös käyttöliittymässä.

Hinnoista lähinnä spotmarkkinoiden tuntihinta on luonteeltaan aito aikasarja, jossa tyypillisesti jokaiselle tunnille voi olla erilainen arvo. Muut hinnat, kuten tariffihinnat vaihtelevat yleensä selvemmin säännönmukaisesti, eikä niiden tallettaminen aidossa aikasarjamuodossa ole monestikaan perusteltua. Useat muut tehonjakolaskennan lähtötiedot ovat selkeästi joko aitoja aikasarjoja (esimerkiksi kokonaishankinta) tai vakioita (esimerkiksi maksimiteho). Vakiolle on helppo löytää sellainen esitysmuoto, jossa sitä voidaan aikariippuvasti päivittää (esimerkiksi laskentajakso 1.1.1998 - 31.12.1998, jossa maksimiteho on 10 MW 1.1.1998 - 30.4.1998 ja 12 MW siitä eteenpäin)

Seuraavassa hahmotellaan jaksollista aikasarjaa jäljittelevä esitysmuoto, joka poistaa osan aitoihin aikasarjoihin liittyvistä käsittelyvaikeuksista, mutta antaa lähes aitoja aikasarjoja vastaavan yleisyyden. Menettely on laadittu erityisesti sähkömarkkinahintoja silmällä pitäen, mutta sitä voidaan soveltaa muihinkin aikasarjatyyppeihin, mutta jaksollisesti vaihtuviin arvoihin.

Energiakaupan tariffihinnoissa on vuorokauden kellonajasta, viikonpäivätyypistä, vuodenajasta ja yleisestä ajan kulusta (esimerkiksi uusi hinnasto astuu voimaan hetkellä t) riippuvia säännönmukaisuuksia. Jos nämä kaikki riippuvuudet pyritään parametroimaan yleisesti relaatiotietokannassa, seurauksena on erittäin monimutkainen sovellus, jota on vaikea tehdä helposti ylläpidettäväksi. Rakennetta voidaan kuitenkin yksinkertaistaa tinkimällä yleisyydestä:

1. Pyritään parametroimaan yksi hinnastotieto yhdelle tietokantariville. Pääavain riville on hintaobjektin tunnus. Sillä tarkoitetaan yhtä tiettyä nimettyä hintaa (esim. sopimuksen N pohjasähkön energiahinta)
2. Määritellään hinnastoriville alkamishetki, josta eteenpäin hinnasto on voimassa. Se on siis voimassa aina siihen asti kunnes mahdollisesti uusi hinnaston voimaantuloaika sen korvaa. Alkamishetki on hintaparametririvin toinen avain. Kaikki viikkotasoa pitemmät riippuvuudet esitetään voimaantuloaikatasolla. Esimerkiksi kuukausittain vaihtuvat hinnat eivät silloin valitettavasti sovi hyvin tähän muottiin, mutta vuodenajat kylläkin, koska datan ylläpidossa voidaan vanhoja arvoja käyttää uusien pohjana, eikä muutenkaan ole realistista olettaa, että esim. tämän kesän hinnat pätisivät vielä seuraavanakin kesänä.
3. Käytetään maskausrakennetta, jossa esitetään rajallinen määrä hintoja aikarakenteineen. Myöhemmin rivillä esitetyt rakenteet korvaavat edellä esitettyjä.

On olennaista, että hinnastorivillä on pakko olla (Not Null<sup>1</sup>) yksi perushinta, joka jää voimaan, ellei sen päälle ei ole maskattu muuta.

Maskaus suoritetaan kellonajan (1-24) mukaan ja viikonpäivän (1-7) mukaan. Erikoispäivät voidaan liittää määrättyihin viikonpäiviin (1-7), jos sovelluksen ajanlaskenta nämä tunnistaa. Tyypillisesti erikoishinnoitellut päivät ovat arkipyhiä, jolloin noudatetaan sunnuntain hintaa. Jotta rakennetta voitaisiin käyttää muuhunkin kuin hinnan esittämiseen, pitäisi erikoispäivämuunnoksiakin voida asetella. Minimivaatimuksena on, että arkipyhämuunnos joko tehdään tai ei tehdä kyseiselle hintaobjektille tai hintariville.

---

<sup>1</sup> Null on esitysmuoto sille, että kyseisellä tiedolla ei ole arvoa. Not Null tarkoittaa sitä, että tiedolle on aina pakko asettaa arvo.

Esimerkki tietorakenteesta:

Hintaobjektin tunnus = Sopimuksen N pohjakomponentin hinta

Voimassaolo alkaa = 1.11.1998

Perushinta = 200

Hinta 1 = 300, klo 07:00 - 22:00      1 1 1 1 1 0 0 (ma-pe)

Hinta 2 = 400, klo 08:00 - 12:00      1 0 0 0 0 0 0 (ma)

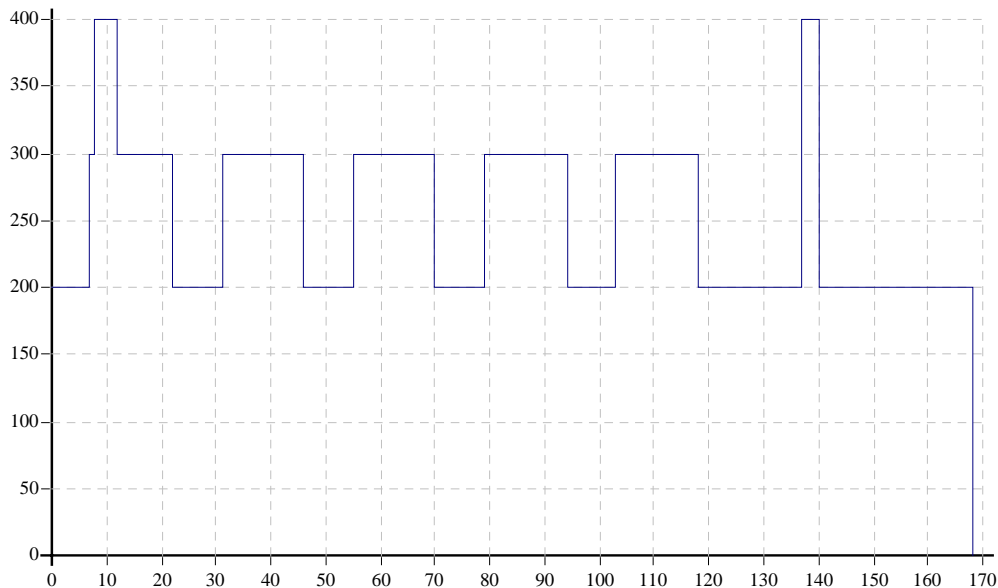
Hinta 3 = 400, klo 17:00 - 20:00      0 0 0 0 0 1 0 (la)

Erikoispäivämuunnos = Mahdollinen arkipyhä käsitellään kuten su

Käytännössä riittänee avaimien ja perushinnan lisäksi n. 5 erikoishintaa, jolloin rivillä on esitettävä n. 23 parametria, hieman riippuen koodaustavasta. Maskaus suoritetaan parametririvillä vasemmalta oikealle, eli viimeisin Null:sta poikkeava arvon omaava hinta pyyhkii aina sen alla olevan pois.

Viikonpäiväkoodaus on selkeintä esittää vakiomittaisena merkkijonona, jossa on nollia tai ykkösiä erikseen jokaiselle päivälle. Vaikka esimerkiksi yhdistelmä ma, ke, to olisi tehokkainta tallettaa binäärikoodattuna yhteen tavuun arvoltaan  $B_{\text{HEX}}$ , eli  $11_{\text{DEC}}$  (=  $1101_{\text{BIN}}$ ), on pitempi talletusmuoto ”1011000” kuitenkin ehkä havainnollisempi.

Käyttöliittymässä hinnan päivittäminen tietokantaan edellyttää vain yksinkertaisen syöttötietolomakkeen. Jos parametroitu viikkoprofiili esitetään graafisesti, mahdolliset syöttötietovirheet on helppo havaita. Esimerkki viikkoprofiilista on kuvassa 2-1.



Kuva 2-1. Hinta-aikasarjan lähtötiedot on helppo tarkistaa viikkopiirroksesta.

### 2.2.3 Käytettävyyssaisajat

Hankintalähteiden käytettävyytila on tärkeä resurssijaon lähtötieto. Historiallisista syistä käytettävyydelle on EME:ssä määritelty viisi vaihtoehtoista tilaa:

1. Hankintalähde on normaalisti käytettävissä.
2. Hankintalähde ei ole käytettävissä, mutta sen tilalle voidaan hankkia korvaavaa tehoa (esim. korvaussähköä).
3. Hankintalähde on huollossa, jolloin se ei ole käytettävissä, mutta sen tilalle voidaan hankkia tiettyä korvaavaa tehoa (esim. huoltosähköä).
4. Hankintalähde on vaurioitunut, jolloin se ei ole käytettävissä, mutta sen tilalle voidaan hankkia tiettyä korvaavaa tehoa (esim. varasähköä).
5. Hankintalähde ei ole käytettävissä.

Karkeassa mallinnuksessa käytettävyytilalle on tyypillistä, että tila on voimassa suhteellisen pitkän aikaa kerrallaan, kunnes se porrasmaisesti muuttuu toiseen tilaan.

EME-järjestelmässä käytettävyyssajakasjarjalla tarkoitetaan sellaista aikasarjaa, joka sisältää tilatietoa. Käytettävyyssajakasjarja talletetaan sarjana vakioita, joille kullekin määritellään voimassaoloajan alkuhetki. Arvo on voimassa toistaiseksi niin kauan, kunnes mahdollisesti seuraava alkuhetki sen vaihtaa, mutta mikäli uutta alkuhetkeä ei määritellä, viimeinen arvo on voimassa äärettömän kauan. Hakurutiinin lisäominaisuutena on, että jos pyydetään arvoa niin varhaiselta aikaväliltä, jota ei ole määritelty, niin palautetaan kuitenkin ensimmäistä arvoa. Käyttäjän on siis syytä ottaa selvä kanta sen suhteen, miten laskennan halutaan käyttäytyvän tunnetun aikavälin ulkopuolella. Menetelmä poikkeaa yleisesti käytetystä menettelystä, jossa tiedolle määritellään voimassaolon alku- ja loppuhetki. Käytännössä tällaisia aikasarjoja on vaikea saada täysin aukottomiksi, ja ainakin tunnetun jakson ulkopuoliset arvot jäävät täysin määrittelemättä. Kokemus on osoittanut, että tietojärjestelmä joutuu vaikeuksiin käsitellessään aikasarjoja, joissa on aukkoja, esim. EME järjestelmässä Null:ejä.

Käytettävyyssajakasjarjaa yksinkertaisempi esitysmuoto EME järjestelmässä on vakio, joka on aina voimassa. Jos aikasarjan hakurutiinilla haetaan vakio-objektia, rutiini palauttaa annetun aikavälin pituisen vakiota sisältävän aikasarjan.

#### 2.2.4 Aikasarjayhdistelmät

Energiajärjestelmän mallinnuksessa ei käyttäjän tarvitse ottaa kantaa siihen, mikä on aikasarjan sisäinen esitysmuoto tietokannassa. Kun mallin ratkaisua varten haetaan lähtötieto tietokannasta, riittää, että on olemassa **hakufunktio**, joka palauttaa halutun pituisen nimetyn aikasarjavektorin. Vektori on helppo muodostaa niin vakioista, jaksollisesta aikasarjasta kuin aidosta aikasarjastakin. EME järjestelmässä aikasarjan hakua helpottaa se, että inputdataan viitataan aina hakutaulun avulla, ja tässä taulussa kerrotaan talletusmuodon tyyppi.

Hankinnanjaon tulosten suhteen tilanne on ongelmallisempi. Dataa analysoimalla voidaan kyllä selvittää, onko tulosaikasarja mahdollisesti jaksollinen tai peräti vakio, mutta EME-järjestelmässä tulokset sijoitetaan kuitenkin aina kaikissa tapauksissa aidoksi aikasarjaobjektiksi. Yleisempi ratkaisumalli olisi sellainen, jossa dataobjekti ei ole rajattu johonkin määrättyyn talletusmuotoon, vaan laskentatulosten talletus tapahtuu data-analyysin perusteella. Toistaiseksi ei ole selvää käsitystä siitä, kuinka paljon tällainen yleistys vaikuttaisi järjestelmän suorituskykyyn.

Mallissa esitetty lähtötietoviittaus ei myöskään välttämättä aina viittaa suoraan tiettyyn talletettuun dataobjektiin. Dataobjekti määritellään ensisijaisesti sen mukaan, mistä se tulee järjestelmään, esimerkkinä NordPool Systemihinta, joka on perusteltua tallettaa sellaisenaan, koska sitä tarvittaneen hyvin monessa eri käyttötarkoituksessa. Lähtötieto

puolestaan määritellään sen mukaan, mihin sitä käytetään, esimerkiksi näin: myyntihinta = NordPool Systemihinta + 5 FIM. Dataa on helpompi hallita, jos sallitaan hakuvaiheen laskutoimitukset, jolloin lisätietona esimerkissämme tarvitsee tallettaa vain vakio 5 FIM, ja hakuoperaatio suorittaisi tarvittavat laskutoimitukset: systeemihinta muunnetaan NOK:sta FIM:ksi, siirretään aikasarja Ruotsin ajasta Suomen aikaan ja lopuksi lisätään 5 FIM.

EME-järjestelmässä asia on ratkaistu niin, että lähtötietodataobjekti voi tarvittaessa viitata toisiin lähtötietodataobjekteihin joiden suhteen suoritetaan määrätty laskutoimitus:

$$data = AB + C \quad (6)$$

eli haettava tieto voidaan yhdistellä enintään kolmesta eri lähtötiedosta, jota voivat olla mitä perustyyppiä tahansa, siis aitoja aikasarjoja, jaksollisia aikasarjoja tai vakioita, mutta niitä käsitellään aina aikasarjoina ja laskutoimituksen tulos on aina aikasarja. Mikä hyvänsä tiedoista A, B tai C voi myös puuttua, eli hakufunktio automaattisesti täyttää puuttuvalle paikalle joko 1:n tai 0:n paikasta riippuen. Rakenne on rekursiivinen, haettava data voi koostua kolmesta komponentista, ja komponentti puolestaan kolmesta jne. Mutta edellisen kappaleen esimerkissämme mainittua aikavyöhykemuunnosta ei valitettavasti ole mahdollista toteuttaa funktiolla (6), vaan se on huomioitava mallissa jollakin muulla tavalla. Samoin kahden aikasarjatiedon jakolasku on hoidettavissa toisella, A/B muotoisella funktiolla.

## 2.3 Hankinnan taselaskenta

Taselaskentatehtävä koostuu nimettyjen input-aikasarjojen välisistä yhteen-, vähennys-, kerto- ja jakolaskuoperaatioista, joiden väli- ja lopputulokset voidaan antaa nimettyjen output-aikasarjojen arvoiksi. Taselaskentatehtävät suoritetaan annetulle aikavälille tehtäväjärjestyksessä, joten edeltävien tehtävien tuloksia voidaan käyttää myöhempien tehtävien lähtötietoina.

Hankintataseen laskenta voidaan aloittaa, kun tunnetaan myyjän myyntitase eli hankinnan tarve. Taseselvitysjärjestelmän viiveistä johtuen vahvistettu myynti saadaan vasta muutaman kuukauden kuluttua käyttötunnista, mutta sitä ennen voidaan käyttää ennustettuja tai estimoituja arvioita.

Aputaseita voidaan laatia omasta tuotannosta, voimalaitososuuksista ja muista kirjattavista ostoista ja käteiskaupoista. Käteiskaupat koostuvat fyysisistä

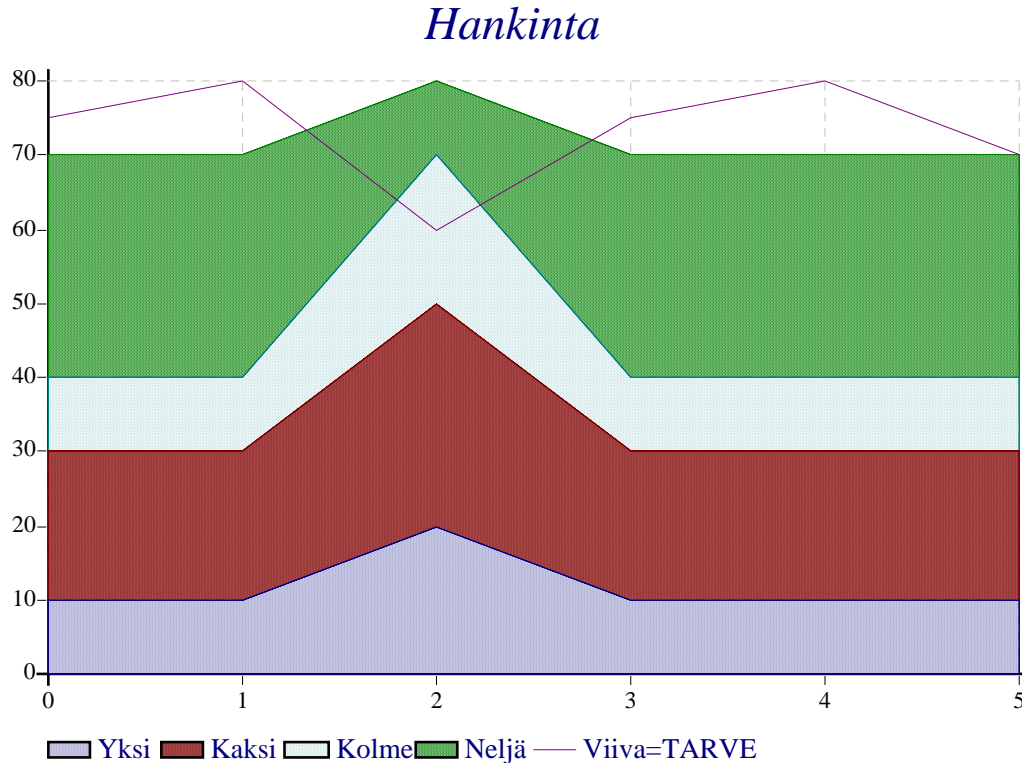
pörssikaupoista ja fyysisistä OTC-kaupoista. Tämän jälkeen taselaskentatehtävä voidaan muotoilla yhtälöiden (4) ja (5) mukaan esim. avoimen toimituksen laskennaksi:

- + Tarve
- Oma tuotanto
- Kirjattavat sopimuskaupat
- Käteiskauppa
- = Avoin toimitus

## 2.4 Tasepiirros

Hankintatase on havainnollista esittää hankintakomponenteittain kumuloituvina pintoina. Tase voi sisältää myös negatiivisia komponentteja, kuten käteismyyntejä ja taseen ylijäämää pienentäviä avoimia tasesähkötoimituksia. Negatiivisten kumuloituvien pintojen piirtämisen suhteen eri grafiikkaohjelmistot poikkeavat toisistaan, esimerkiksi Exel-grafiikka tuo negatiivisen pinnan aikaisemmin piirrettyjen pintojen päälle, mutta RAIN-grafiikka häivyttää sen muiden pintojen alle. Kuvan luettavuuden takia kumuloituvien negatiivisten pintojen piirtämistä pitäisi välttää.





Kuva 2-2. Hankinnan jaon esittäminen, kun mukana on tasan yksi spotpositio.

Kuvassa 2-2 esitetään *Tarve* eli kokonaismyynti viivalla ja *Perushankinta* muodostuu automaattisesti hankintakomponenttien kumulatiivisesta summasta.

Jos käteiskaupat esitetään yhtenä komponenttina, spotpositiona, kuten kuvassa 2-2, käteiskaupakomponenttia ei tarvitse erikseen piirtää kuvaan. Jos käteiskauppatase on positiivinen, eli spotkauppojen netto jää oston puolelle, jää kuvaan valkoinen alue spotoston merkiksi. Jos spotpositio olisi suurempi kuin tarve, perushankinta jäisi negatiiviseksi, mikä olisi määritelmän vastaista.

Jos käteiskauppatase on negatiivinen, eli spotkauppojen netto jää myynnin puolelle, hankinnan summan rajaviiva menee tarveviivan yläpuolelle. Jos samalla käteiskauppaan kuuluu samanaikaisesti sekä ostoa että myyntiä, ei eri komponentteja edes voi erotella pääkuvatasolla muuten kuin nimeämällä osto omaksi kuvakomponenttikseen. Spotkauppojen selvityksestä onkin syytä aina esittää myös oma erillinen detaljikuva.

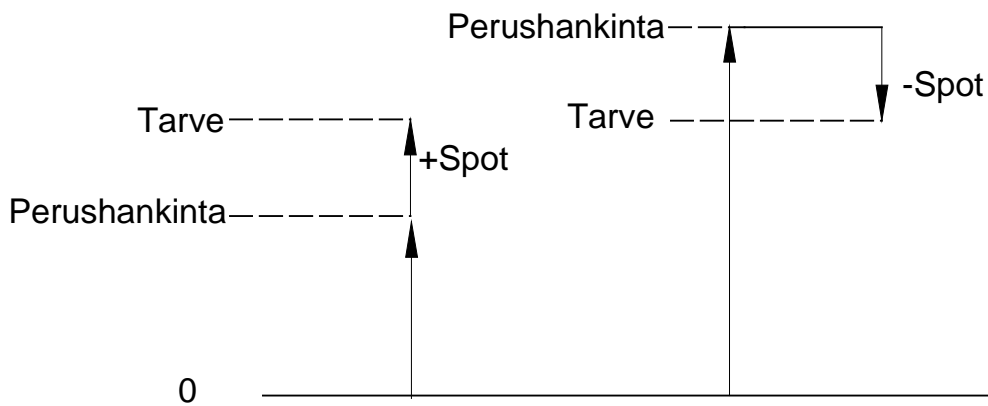
Taselaskennan laskema perushankinta voidaan lisäksi korostaa viivalla, jolloin sellaisessa piirroksessa, jossa on lueteltu vähemmän perushankintalähteitä, kuin mitä

todellisuudessa on ollut, puuttuva hankinta erottuu kuvassa ylimääräisenä valkeana alueena perushankintaviivan alapuolella.

Käteiskauppakomponentti voidaan mahdollisesti myös haluta piirtää samaan kuvaan, esimerkiksi siksi, että jos tarve on muuttunut tarkentuneen myyntitaseen vuoksi, ei aiemmin jaettu hankinta enää täsmää, ja poikkeaman näkee välittömästi. Kun hankinnan jako uusitaan, ”virhe” poistuu päivitetystä kuvasta. Negatiivinen käteiskauppa, eli myynti ei sotke kuvaa RAIN-grafiikassa, koska se jää piiloon edellisen pinnan ”alle”. Kumuloitavaan pintapiirroksen ei tosin tällöin voi enää lisätä uutta pintaa.

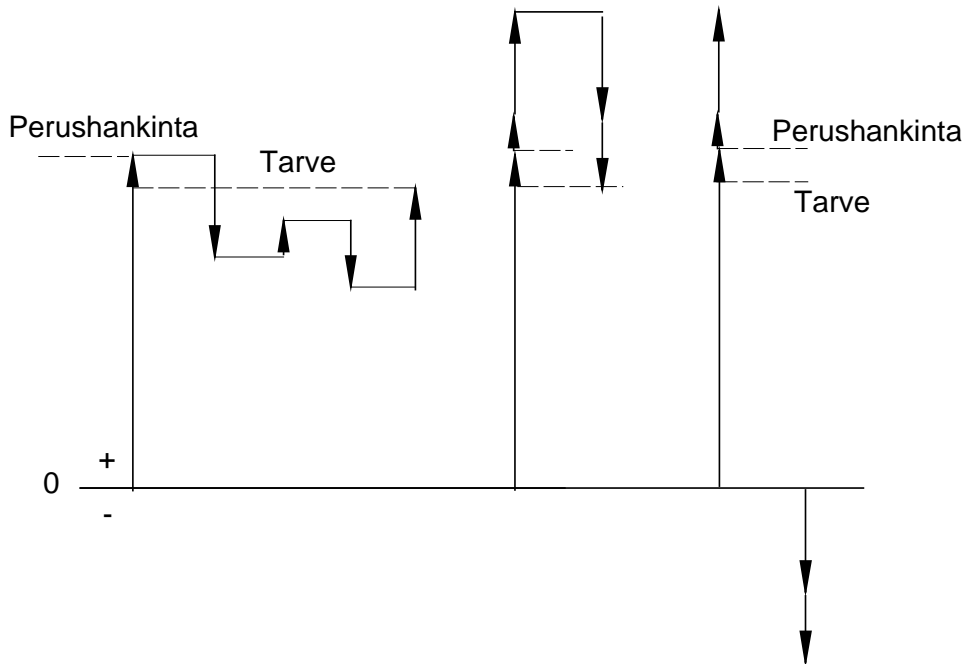
Tasevastaavan tasetoteutuman valvonta edellyttää useiden eri spotkomponenttien samanaikaista seuraamista. Tällöin tasekuvasta pitää ilmetä kaikkien komponenttien tila, ja spotkauppojen osalta ostot ja myynnit pitää voida näyttää samassa piirroksessa.

Kuvissa 2-3 ja 2-4 havainnollistetaan verktoerein eri pintojen kumulointia ikäänkuin kuvan sivulta katsottuna. Kuva 2-3 esittää tapauksia, joissa sama tarve katetaan perushankinnalla ja joko positiivisella tai negatiivisella spotpositiolla.



Kuva 2-3. Tarpeen kattaminen perushankinnalla ja spotpositiolla. Spotpositio voi olla joko positiivinen tai negatiivinen.

Kuvan 2-4 vasemmassa osassa spotpositio sisältää lukuisia erimerkkisiä käteiskauppoja. Keskimmäisessä osakuvassa erimerkkiset kaupat on eroteltu toisistaan ja oikealla on lopputilanne, jossa negatiiviset kaupat on siirretty negatiiviselle pystyakselille.

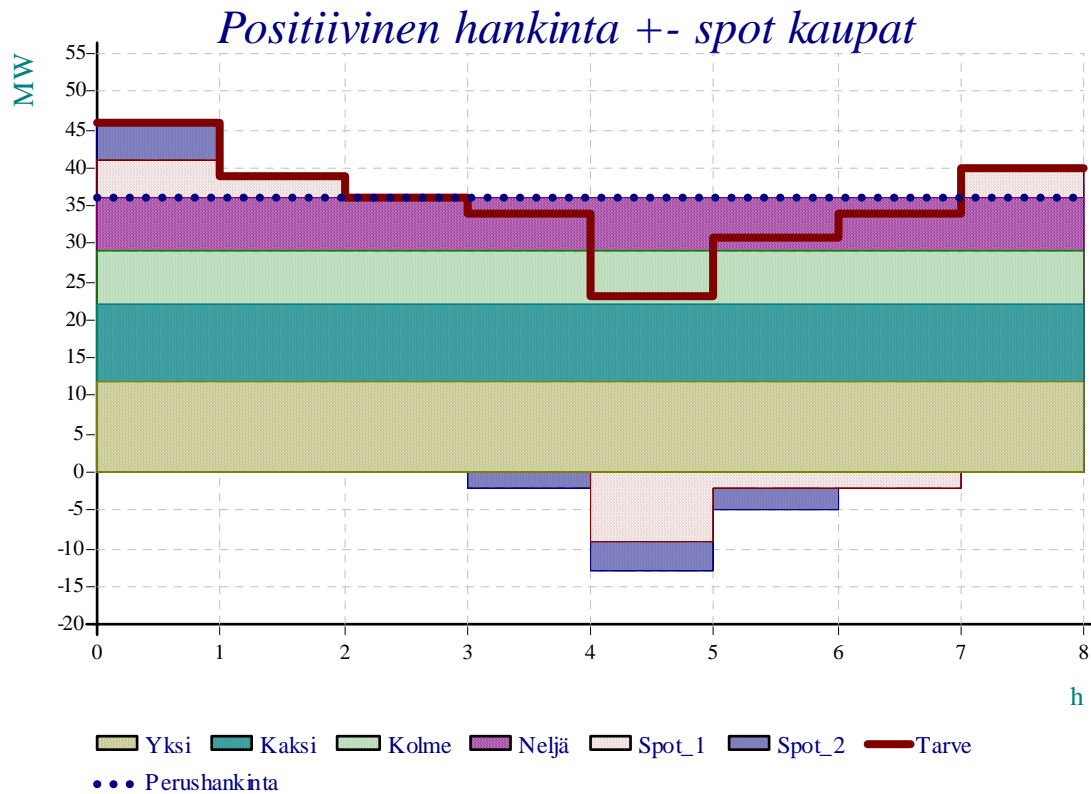


Kuva 2-4. Useiden erimerkkisten käteiskauppojen (vasemmalla) erottelu tasepiirroksessa. Oikealla on lopullinen esitysmuoto.

Kuvadata on tyypillisesti matriisi, jossa tunnin arvot ovat rivillä ja sarakkeet edustavat eri hankintakomponentteja. Kuvan piirto tapahtuu kolmessa vaiheessa, ensin kumuloidaan positiiviset osat, sitten kumuloidaan negatiiviset osat nolasta alken negatiiviselle pystyakselille, ja lopuksi piirretään *tarvetta* ja *perushankintaa* kuvaavat viivat.

Ilmaisuvoimaisella APL-kielellä matriisin alkioden erottelu etumerkin mukaan on yksi ainoa operaatio. ”Väärän” merkkiset alkiod saavat arvon 0, jolloin ne eivät muodosta näkyvää pintaa kumuloituvassa piirroksessa.

Kuva 2-5 esittää hankintatasetta, joka on piirretty edellä kuvatulla tekniikalla. Siinä perushankinta muodostuu neljän ensimmäisen komponentin summasta. Spot-komponentteja voi olla mielivaltaisen määrä. Niiden järjestys ja värit säilyvät sekä positiivisella että negatiivisella alueella.



Kuva 2-5. Hankintapiirros, jossa spotkaupat on eroteltu toisistaan.

Koska kuvadata on leikattu kahteen osaan, syntyisi "jatkuvasa" piirroksessa (kuva 2-2 on esimerkki "jatkuvasa" piirroksesta) häiritsevää näennäisvirhettä tuntipisteiden välisissä kuvan osissa. Virhe saadaan poistumaan, kun jatkuvan viivan asemesta tuntiarvot esitetään porraskäyrinä (kuva 2-5 on esimerkki porraskäyrinä). Jos kuvan 2-5 oletetaan esittävän tasevastaavan tase seuranta, kuvan "Spot 2" komponentti edustaa avointa toimitusta, ns. tasesähköä. Tasesähkön käyttö voidaan minimoida ennakoivilla spotkaupoilla, fyysisellä tuotannolla tai kulutuksen hallinnalla.

Tasepiirroksen aikaskaala on liukuva, noin vuorokaudesta aina useisiin vuosiin. Pitkät aikaskaalat vaativat tuntitasoisen kuvadatan esikäsittelyä, jotta kuva olisi selkeästi luettavissa. Aikahorisontti voidaan jakaa tulevaisuuteen ja historiaan. EME:ssä käytäntönä on indikoida aikaskaalaan mahdollisesti sattuva nykyhetki pystyviivalla. Koska historiatiedot ja tulevaisuustiedot voivat olla peräisin eri lähteistä, myös kuvaan

voidaan poimia data eri aikasarjajoukoista kuvan vasemmalle ja oikealle puolelle nykyhetken suhteen.

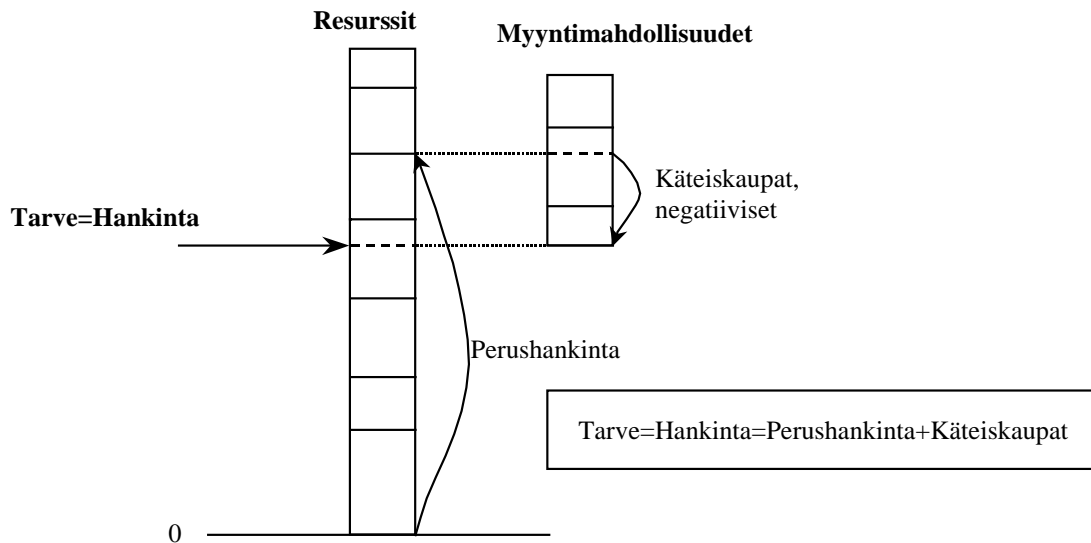
## 3. Hankinnan jako

### 3.1 Yleistä

Hankintaa varten tulee olla käytettävissä joukko resursseja, hankintalähteitä. Hankinnan jaolla eli resurssijaolla tarkoitetaan laskutoimitusta, jolla resursseista otetaan käyttöön tarvetta vastaava määrä yhtälön (3) mukaisesti. EHI:ssä resurssit jaetaan tunneittain. Jakoa varten resursseista on tunnettava ainakin tehorajat ja kustannus tehon funktiona. Kuva 3-1 havainnollistaa, miten tarvetta vastaava määrä resursseja otetaan kaikkien käytettävissä olevien resurssien joukosta. Käteisostot voivat sisältyä kokonais-hankintaan omina resursseinaan.

Myyntimahdollisuudet ovat loogisesti myös hankinnan resursseja, mutta niiden käsittely poikkeaa muusta hankinnasta, ja esitetään soveltuvin osin tuonnempana. Kuva 3-1 havainnollistaa tilannetta, jossa kaikkien myyntiresurssien joukosta valitaan osa, ja katetaan lisähankinnalla.

Kuvan 3-1 osoittama yhden tuntitehon jako on hankinnan jaon staattinen perustehtävä. Sitä suoritettaessa ei oteta huomioon muiden aika-askelten tehonjakoa, eikä mitään rajoitusehtoja, jotka vaikuttavat epäsuorasti laskettavan tunnin tehonjakoon. Käytännössä optimaalinen tehonjako, joka tähtää hankintakustannusten minimointiin, on määritelty pitemmälle ajanjaksolle, jolloin siihen usein sisältyy dynaamisia rajoitusehtoja, kuten esimerkiksi vesivaraston hyväksikäyttöä tai energiarajoitteisia hankintasopimuksia. Tehtävän ratkaiseminen edellyttää silloin dynaamista, koko jaksoa käsittelevää optimointimenetelmää.



Kuva 3-1. Hankinnan jaon periaate.

Energianhallintajärjestelmän pitää voida ratkaista useita eri tehonjakotehtäviä, joten tarvitaan resurssinjakofunktio, jolla parametroidaan annettu tehonjakotehtävä:

$$tehonjako = \text{Resurssijakofunktio}(\text{malli}, \text{menetelmä}, \text{alkuhetki}, \text{jakson\_pituus}, \dots) \quad (7)$$

Resurssijakofunktion suorittaminen tuottaa *tehonjaon*, joka yksinkertaisimmillaan on matriisi, jossa luetellaan resurssikomponenttien käyttö aika-askelittain. *Malli* on argumentti, joka määrittelee osan laskentatehtävästä, nimittäin resurssit ja tarpeen, ja jos nämä kootaan nimetyiksi malleiksi, järjestelmän ylläpito helpottuu. *Menetelmä*-argumentilla voidaan tehtävä ohjata ratkaistavaksi halutulla ratkaisumenetelmällä, jos järjestelmässä on useita vaihtoehtoisia menetelmiä käytettävissä. Argumentit *alkuhetki* ja *jakson\_pituus* määrittelevät aikavälin, jonka tehonjako ratkaistaan. Muita argumentteja voidaan lisäksi tarvita, esim. DEM järjestelmän resurssijakofunktio ei palauta kutsuvaan ohjelmaan mitään, vaan ottaa kaikki tarvitsemansa lähtötiedot tietokannasta ja palauttaa tulokset tietokantaan, joten tietokantatoimintojen parametointi on tuotu funktiokutsuun.

DEM järjestelmässä käytetään heuristista ratkaisumenetelmää ja LP-malliin perustuvaa ratkaisumenetelmää.

## 3.2 Mallin hallinta EME tietokannassa

Yhtä tehonjakotehtävää vastaa yksi malli.

Resurssit ovat mallin rakennuspalikoita.

Malliin liitetään haluttu määrä resursseja. Luetteloa, jossa on mallin hankintalähteet, nimitetään mallikohtaiseksi masterlistaksi. Masterlistassa resurssille annetaan sen tyyppi, joka kuvaa, miten resurssi mallissa käyttäytyy. Tyyppi vaatii tietyt lähtötiedot ja tuottaa tietyt tulokset. Yksi masterlistan komponenteista kuvaa energian tarvetta, muut hankintaresursseja. Olennainen piirre on se, että resurssi sinänsä ei vielä ole objekti, jolla on tiettyjä ominaisuuksia. Resurssi on vain nimi resurssilistassa, jolla se voidaan tunnistaa. Vasta kun mallin masterlistassa resurssille annetaan tyyppi, se muuttuu tyyppin mukaiseksi objektiksi, jolla on ominaisuuksia kuten maksimiteho, hinta ja esimerkiksi voimalaitoksella pari tusinaa muita laskennassa käytettäviä ominaisuuksia. Yhdellä resurssilla voi siis olla useita eri ilmentymiä sen mukaan, miten sitä on käytetty eri malleissa.

Kun resurssijako lähtee muodostamaan masterlistan perusteella numeerista mallia, se etsii resurssin tyyppin perusteella oikeat datat tietokannasta. Datojen hallinta tapahtuu datalistan perusteella, datalistassa on esitetty olemassa oleva data kahden hakuavaimen perusteella, resurssin oikean nimen ja dataviitteen perusteella. Lisäksi datalistassa on tieto datan esitysmuodosta, jonka perusteella se lopullisesti on haettavissa tietokannasta. Samaan dataan voi mallissa olla useita eri nimisiä viittauksia. Datahallinnan kannalta näitä tilanteita varten on menetelmä tietojen linkittämiseksi varsinaista dataa sisältävään tietoalkioon.

Taseselvityslaskennasta poiketen optimoinnille on tärkeää, että mahdollinen aikasarjatyyppisen datan puuttuminen ei estä laskemista, vaan aina saadaan edes jonkinlainen lopputulos. Siksi tarvitaan menettely, jolla aikasarjan puuttuvat aukot korvataan jollakin vakiolla, esimerkiksi nolllalla. Taseselvityksessä puolestaan aikasarja-aukon esiintyminen käynnistää puuttuvan tiedon etsintämenettelyn. Optimaalisen lopputulokseen pyrkimistä edistää myös tiedon haku aikasarjan maksimiversiosta, joka edustaa luotettavinta olemassa olevaa tietoa. Jos tarkkaa mitattua tietoa ei ole käytettävissä, se voidaan korvata tiedon estimaatilla tai ennusteella.

Sekä LP-pohjaisissa että heuristisissa menetelmissä voidaan käyttää osittain samoja hankintalähteitä. Heuristisessa menetelmässä kuitenkin jokainen teho-osuus on selkeästi yksi hankintalähde, eikä esimerkiksi tariffiostotyyppinen yhdistelmä lähde ei ole mahdollinen.



### 3.3 Heuristinen ratkaisumenetelmä

Tarkastellaan aluksi selventävää esimerkkiä.

Yksinkertaisimmillaan voidaan energianhankinnan tuntitehonjakotehtävä määritellä seuraavasti:

Oletetaan, että käytettävissä on  $n$  kpl ( $n > 0$ ) teholähteitä eli resursseja, joiden minimituntiteho = 0 ja maksimituntitehot ovat vakioita  $P_{\max i}$  ( $i=1, 2, \dots, n$ ), ( $P_{\max} \geq 0$ ), ja energianhinnat ovat vakioita  $H_i$ . Tehtävänä on löytää energian hankkijalle edullisin tuntitehonjako annetulle tuntitehontarpeelle  $P$  ( $P \geq 0$ ).

Tehtävä voidaan helposti ratkaista seuraavalla ”heuristisella” menettelyllä:

1. Jos  $P > P_{\max i}$ , niin tehtävällä ei ole yhtään käypää ratkaisua, lopetetaan.
2. Lajitellaan kaikki teholähteet hinnan  $H$  mukaan nousevaan järjestykseen.
3. Annetaan alkuarvot vektorille  $PJ[i] = 0$  ja skalaarille  $S = 0$ .  $PJ[i]$  on tehonjakovektori, jonka indeksi  $i$  viittaa teholähteeseen edellä lasketussa hintajärjestyksessä.  $S$  on apusuure, joka kuvaa jo jaettua tuntitehosummaa.
4. Käydään läpi yksi tai useampia teholähteitä  $i$  ( $i = 1 \dots n$ ) edellä lasketussa hintajärjestyksessä ja otetaan  $PJ[i]$  seuraavasti:

$$\text{Jos } P > S + P_{\max i}$$

$$PJ[i] = P_{\max i}$$

$$S_{\text{uusi}} = S_{\text{vanha}} + P_{\max i},$$

muuten

$$PJ[i] = P - S$$

$$IND = I,$$

tehtävä on loppuun suoritettu, lopetetaan.

Jos tehtävällä on käypiä ratkaisuja, ratkaisuna saadaan siis tehonjakovektori  $PJ$  ja ”viimeisen” teholähteen indeksi  $IND$ . Ratkaisu toteuttaa ehdot

$$PJ[i]H_i = \text{minimi}$$

$$PJ[i] = P$$

$$P[i] \leq P_{\max i}$$

Lisäksi voidaan sopia, että H[IND] on tarvetta P vastaava hankinnan rajakustannus.

Tehonjakotehtävä on harvoin käytännössä näin yksinkertainen rajoituksiltaan. Edellä kuvattu esimerkki on luonteeltaan staattinen, yhteen jaksoon kohdistuva, eikä ota huomioon pitemmän aikavälin ilmiöitä. Yksinkertaisen tehtävän etuna on sen helppo ratkaiseminen, se voidaan tehdä miltei millä ohjelmoitavalla järjestelmällä tahansa. Etuna on myös menetelmän vapaa ohjelmoitavuus toisin kuin LP-malliin perustuvassa optimoinnissa, jossa menetelmä tarkoin sanelee, mitä piirteitä malli voi sisältää. Ohjelmoinnin keinoin menetelmää voi helposti täydentää eteen tulevissa ongelmatilanteissa, joissa hankintalähteisiin liittyy sopimuksissa esitettyjä rajoituksia, joiden tutkiminen on tehtävissä mallin ratkaisun aikana. Siksi menettelyä nimitetäänkin ”heuristiseksi menetelmäksi”. Näin päästään erittäin käytännölliseen menetelmään, mutta ratkaisun optimaalisuudesta ei luonnollisestikaan ole takeita.

DEM järjestelmässä tehonjako ratkaistaan tavallisesti LP malliin perustuvana optimointitehtävänä, mutta sen rinnalle on katsottu tarpeelliseksi kehittää yksinkertaisempi, helpommin ohjelmoitava menettely siten, että molemmat järjestelmät voivat rakentua samoille lähtötiedoille. Jossakin erikoistapauksessa voidaan täsmälleen sama tehtävä valita ratkaistavaksi joko LP- tai jakomenetelmää käyttäen ja päätyä täsmälleen samaan lopputulokseen.

LP-tehtävä on laskentajakson sisällä dynaaminen, kun taas heuristinen menetelmä ratkaisee peräkkäin kaikki laskentajakson aika-askeleet

EME/DEM-järjestelmään sopivaksi heuristinen menettely saadaan lisäämällä siihen muutamia lisäpiirteitä, jotka vielä ovat toteutettavissa muutaman rivin ohjelmakoodilla. Menetelmä on lisätty DEM-hankinnansuunnittelun menetelmälistaan nimellä HEUR1. Osa heuristisista piirteistä liittyy hankintakomponentin tyyppiin, osa on toteutettu muilla tavoin. Menetelmään sisältyy seuraavia ominaisuuksia:

#### Ajojärjestys

Jos käyttäjä haluaa poiketa hintajärjestyksessä tapahtuvasta tehonjaosta, voidaan lähtötietona antaa hankintalähdekohtainen ajojärjestys. Tunneittaisessa laskennassa ajojärjestys voisi periaatteessa olla tuntikohtainen aikasarja, mutta sen ylläpito manuaalisesti muodostuisi liian työlääksi. Siksi kompromissina on päädytty vuodenaikakohtaiseen ajojärjestykseen. Myös päivä/yö/viikonloppu tyyppisiä rakenteita on harkittu.

Ajojärjestys toteutetaan lajittelemalla hankintalähteet ensin ajojärjestyksen mukaiseen järjestykseen ja sen jälkeen hintajärjestykseen (ks. edellä esitetty esimerkki)

### Minimiteho ja minimitehoporras

Hankintalähteellä voi olla 0:sta poikkeava minimiteho tai hankintalähteen minimiteho on 0, mutta sillä on välillä 0...porrasteho kielletty tehoalue, eli minimitehoporras.

Minimitehot jaetaan ennen esimerkin vaihetta 4. Jos porrastettu teho ei mahdu hankintaan, otetaan sen asemesta nolla. Minimitehojen käyttö mallissa aiheuttaa potentiaalisen eikäyppysvaaran. Tässä suhteessa algoritmi ei pysty käsittelemään kaikkia porrastettuja tehoja oikein.

### Korvausteho

Korvausteho on sellainen hankintalähdetyyppi, joka on sidottu johonkin toiseen varsinaiseen hankintalähteeseen. Korvaustehon ja varsinaisen hankintalähteen yhteenlaskettu teho ei saa ylittää varsinaisen hankintalähteen maksimitehoa.

### Pakkoajo

Pakkoajolla tarkoitetaan sellaista hankintalähdetyyppiä, jossa tehoa ei voi poiketa annetusta arvosta. Jälkilaskennassa pakkoajona annetaan tyypillisesti voimalaitoksen mitattu teho. Jos hankintalähteeseen on liitetty korvausteho, sitä on käytettävissä pakkoajotehosta enintään alkuperäiseen maksimitehoon saakka. Tulevaisuuslaskennassa ei voimalaitoksen tehoa haluta välttämättä sitoa. Tällöin on käytettävä kokonaan eri hankintalähdemallia kuin jälkilaskennassa, jotta voimalaitoksen koko tehoalue tulee käytettäväksi.

### Porrastettu tuotanto

Porrastettu tuotanto on mallinnettu samalla tekniikalla kuin korvausteho, eli kaksi hankintalähdettä sidotaan toisiinsa. Jos pakkoajo ylittää hankintalähteen maksimitehon, yli menevä teho-osuus jaetaan sidotulle hankintalähteelle. Tämä mahdollistaa yksinkertaisen vastapaine-lauhdelaite mallin. Jälkilaskennassa voimalaitoksen mitattu sähköteho voidaan antaa yhtenä lukuna, joka laskennassa jakautuu pakkoajona vastapaine- ja lauhdutustuotannon kesken.

Porrastetulla tuotannolla voidaan myös kuvata karkeasti vapaasti optimoituvaa väliottolauhduuslaitosta. Siinä ensimmäisen, vastapaineosan käyttö tai korvaus kuluttaa toisen osan, lauhdeosan kapasiteettia. Jos ensimmäinen osa rajataan pois, toinen osa on kokonaisuudessaan käytettävissä.

## Kiintiösähkö

Kiintiösähkö on hankintalähdetyyppi. Kiintiösähkölle on tyypillistä, että sillä on minimi- ja maksimitehon lisäksi rajattu energiamäärä. Kun kiintiöenergia on kulutettu loppuun, voidaan sopia korvaavasta hankintalähteestä, joka muuttuu siitä hetkestä eteenpäin käytettäväksi. Yksinkertaistettuun tehonjakomenettelyyn ei sisälly minkäänlaista aika-askelten välistä dynamiikkaa, joten myös kiintiön käyttötila (jäljellä oleva energiasisältö) on saatava valmiina annettuna. Laskenta ainoastaan pitää kirjata laskentajakson aikana kuluva energia, ja jos jollakin aika-askeleella kiintiö on saavutettu, siitä eteenpäin maksimiteho korvataan nolalla. Yläpuolisen tietojärjestelmän tehtävä on päivittää todellista kiintiösähkön kulutusta.

Vähimmäisostoenergia on eräs kiintiösähkönimike. Sen tarkka käytön optimointi on pidemmän aikavälin optimointiongelma. Heuristinen menetelmä voi käyttää yläpuolisen järjestelmän tuottamaa kiintiötietoa lähtötietonaan. LP-menetelmässä puolestaan voidaan joustavasti ratkaista kiintiösähkön käyttö sekä pitkälle että lyhyelle aikavälille samalla mallilla.

## Osuussähkö

Osuussähkö on hankintalähdetyyppi. Osuussähköllä tarkoitetaan osuusvoimalaitoksesta saatavaa osuutta laitoksen kokonaistuotannosta. Lähtötiedoksi tarvitaan siis voimalaitoksen kokonaistuotanto-aikasarja ja käytettävissä oleva teho-osuus, näiden tulo on hankintalähteen maksimiteho.

## Ylityssähkö

Ylityssähkö on hankintalähdetyyppi. Konsernin osakas voi saada käyttöönsä ylityskomponentin, jonka hinta riippuu siitä, onko konsernin kokonaistasolla ylitystilanne vai ei. Lähtötiedoksi tarvitaan siis tieto konsernin ylitystilanteesta. Ohjelma valitsee sen perusteella, kumpaa hintaa käytetään.

## Vuorokausivesivoima

Vuorokausivesivoima on hankintalähdetyyppi. Se on kompromissi LP-mallissa käytettävien täysin dynaamisten ja heuristisen menetelmän täysin staattisten mallien

välillä. Vuorokausivesivoima optimoituu dynaamisesti 24 h. vuorokausijakson aikana, mutta erillisillä vuorokausilla ei ole mitään dynaamista sidosta toisiinsa. Ohjelmateknisesti tämä on toteutettu siten, että jos mallista löytyy vuorokausivesivoimakomponentti, ratkaisu tehdään niputetulle 24 h jaksolle kerrallaan. Nipun sisällä jakso joudutaan tuntitasolla iteroimaan 3:n peräkkäisen jakson avulla. Tyypikohtainen lähtötieto on vuorokausienergia. Menetelmä tunnistaa erikoistapaukset, kuten ohijuoksutukset ja pakkojuoksutukset mm. minimi- ja maksimitehojen perusteella. Mitään takeita jaon optimaalisuudesta ei kuitenkaan ole. Iterointijaksot ovat:

Jakso 1: Otetaan vesivoimasta minimiteho ja saadaan siihen liittyvä kokonaihankinnan rajakustannusaikasarja.

Jakso 2: Otetaan vesivoimasta maksimiteho ja saadaan siihen liittyvä kokonaihankinnan rajakustannusaikasarja.

Jakso 3: Muodostetaan marginaalikustannusaikasarjojen erotus. Lasketaan, montako täyttä maksimitehotuntia voidaan ottaa vuorokausienergiasta. Otetaan maksimitehot niille tunneille, joissa marginaalikustannuseroaikasarjassa on suurimmat arvot. Seuraavaksi edullisimmalle tunnille voi vielä jäädä yksi vajaateho.

## Tarve

Mallissa on aina mukana yksi hankintalähde tyypiltään ”yleisosa”. Sen tehtävänä on välittää heuristiselle menetelmälle lähtötiedoksi tarveaikasarja. Yleisluonteiset tulokset, kuten hankinnan kokonaiskustannus ja rajakustannus voidaan kätevimmin palauttaa tähän objektiin.

Hankinnan jako suoritetaan jakofunktiossa, jota kutsutaan jokaiselle aika-askelelle erikseen. Funktio noudattaa tämän luvun 3.3 alussa esitettyä rakennetta. Lähtötiedot tuodaan jakofunktiolle hankintalähdekohtaisessa taulukossa. Perusrakenteen mukaisessa pelkistetyssä menettelyssä tarvitaan jokaisesta hankintalähteestä vain maksimiteho ja tuntitehon yksikköhinta. Jotta edellä kuvatut lisäpiirteet voidaan ottaa huomioon, lähtötietotaulukossa esitetään jokaisesta hankintalähteestä

- Nimi
- Tyyppi
- Käytettävyyystila

- Hinta
- Minimiteho
- Porrasteho
- Pakkoajoteho
- Maksimiteho
- Sidonta toiseen hankintalähteeseen
- Ajojärjestys

Kaikki lähtötiedot ovat aikasarjamuotoisia, ja niistä viedään jakofunktioon yhtä aika-askelta koskeva otos. Lähtötietoja voidaan tarvittaessa muuttaa ennen funktion kutsua ja myös sen suorituksen aikana.

Ohjelmallisen käsittelyn etuna on, että laskennan aikana voidaan tehdä tarvittavia lähtötietotarkistuksia, ja mahdollisista virheistä voidaan laatia selväkielisiä virheilmoituksia, toisin kuin LP-menetelmissä, joissa lähtötietovirheen jäljitys saattaa joskus olla hankalaa.

Käyttökelpoisimmaksi heuristinen menetelmä on osoittautunut jälkikirjaustehtävissä, joissa kaikki avoimet erät on jo tiedossa, ja jäljellä on enää niiden jakaminen osakomponentteihinsa. Tehtävä on silloin vaikeusasteeltaan taseselvitystä muistuttava.

Kun EME järjestelmään päätettiin lisätä heuristinen optimointimenetelmä, tavoitteena oli laatia ”yksinkertainen”, hyvin dokumentoitu rutiinimenetelmä sähkökaupan tyypillisimmistä komponenteista. Tavoitetta ei täysin saavutettu. Hankalasti hallittavia tilanteita syntyi etenkin korvauskaupan, rajoitettujen kiintiö-osuuksien ja vesivoimakomponenttien osalta. Niihin liittyvien sääntöjen ohjelmoiminen osoittautui vaikeaksi ja vaikeaa on myös niiden käyttö loppukäyttäjän näkökulmasta. LP-pohjaisissa menetelmissä myös nämä samat komponentit ovat osoittautuneet hankaliksi siksi, että niihin liittyvät rajoitukset on vaikea pukea lineaariseen esitysmuotoon.

Mihin suuntaan tukkusähkökauppa kehittyy? On selvää, että sähkökaupan osapuolet pyrkivät hankkimaan liiketaloudellista etua myös sopimusteknisin keinoin. Olisi silti toivottavaa, että liian monimutkaiset sopimusehdot ja –rakenteet karsiutuisivat pois siksi, että niiden soveltaminen käytännössä muodostuu liian hankalaksi.

Lyhytaikaisessa, toimitushetkeä lähellä olevassa kaupankäynnissä rakenteet varmaankin yksinkertaistuvat ja pääpaino asettuu valmiudelle myydä ja ostaa nopeasti tarjolla olevia markkinaeriä. Pitkäaikaiset sopimukset ovat ongelmallisempia niihin sisältyvän riskin vuoksi. On vaikeaa löytää sellaisia sopimusrakenteita, jotka samanaikaisesti turvaisivat sekä kapasiteetin rakentajan pitkän aikavälin tavoitteet että sähkön vähittäismyyjän lyhyemmän aikavälin tavoitteet. Pitkäaikaisia sopimusrakenteita kyllä tarvitaan täydentämään pörssijohdannaisia.

### 3.4 LP-menetelmä

LP-tehtävänä hankinnan resurssijakomallin ratkaiseminen voidaan esittää yksinkertaisimmillaan :

$$\min_x \sum_t \sum_i c_i(t)x_i(t) \quad (8)$$

$$\text{kun } A_{ij}(t)x_i(t) \leq b_j(t)$$

missä

$A_{ij}(t)$  on ajasta  $t$  riippuva mallin rajoitusmatriisi

$b_j(t)$  on ajasta  $t$  riippuva rajoitusehdon  $j$  vakioarvo

$c_i(t)$  on ajasta  $t$  riippuva päätösmuuttujan  $i$  yksikkökustannus

$i$  on päätösmuuttujan indeksi

$j$  on rajoitusehdon indeksi

$t$  on aika - askel

$x_i(t)$  on ajasta  $t$  riippuva päätösmuuttuja  $i$ . Hankintakomponenttien

käyttö on päätösmuuttujien  $x(t)_i$  osajoukko.

LP-ratkaisuun ollaan päädytty lähinnä vain siksi, että siihen on saatavissa riittävän tehokkaita ratkaisimia. Tehtävän linearisoinnin seurauksena malli ei voi tarkoin kuvata kaikkia hankintaan liittyviä piirteitä, esim. voimalaitosten osalta.

LP-tehtävälle, kuten matemaattisille optimointitehtäville yleensä, on tyypillistä, että ratkaisuaika kasvaa voimakkaasti tehtävän dimensioiden kasvaessa. Tehtävässä (8) aika-askelten lukumäärä on kriittinen, varsinkin, jos hankintalähteillä on aidosti dynaamisia piirteitä (esim. energiavarastot). Tyypillisiä keinoja laskenta-ajan

kohtuullistamisessa ovat pitäytyminen lyhyissä aikaväleissä (pari viikkoa) tai muiden dimensoiden pienentäminen mallia yksinkertaistamalla.

DEM:n pääoptimointimenetelmä DLP käyttää tehokasta dynaamista dekompositiota iteratiivisesti [Tamminen 1979]. Näin päästään kohtuulliseen ratkaisuaikaan suurillakin hankintakoneistoilla jopa parin vuoden tehtävissä tuntitasolla. Asiakaskohtainen mallintamistyö on saatu DEM:ssä kohtuulliseksi käyttämällä hyväksi jo COPLA-järjestelmässä [Nuorkivi et al. 1991] , [Kekkonen & Tamminen, Wistbacka 3.3.1994] kehitettyä LP-mallirakennekirjastoa. Kirjastossa on komponentit kaikille tunnetuille voimalaitos- ja hankintasopimustyypeille.

Lineaarinen mallinnus on vaativaa, koska mallinnettava prosessi harvoin on luonteeltaan lineaarinen. Lineaarisiin yhtälöihin voidaan kuitenkin usein jäljitellä epälineaarisia ilmiöitä mielivaltaisella tarkkuudella. Mallintajan on löydettävä sopiva kompromissi laskentatarkkuuden ja mallin monimutkaisuuden välillä.

Verrattuna edellä kuvattuun heuristiseen menetelmään lineaarimalli on vapaasti koostettavissa tehtävän vaatimusten mukaiseksi, kun taas heuristisen menetelmän ”älykkäät” piirteet on kovakoodattu ohjelmaan, ja siksi rajalliset. EME järjestelmän modulaarisessa mallissa yleisosalle voidaan helposti antaa lisää mallia koordinoivia piirteitä, kuten energijärjestelmän sisäisiä taseita, joita ovat eri sähköverkot, eri kaukolämpöverkot, eri polttoaineet, käteiskaupat ym. Mallin komponentit voidaan vapaasti liittää eri taseisiin. Näin on helppo mallintaa esimerkiksi sähkön, kaukolämmön ja maakaasun yhteishankintajärjestelmä. Esimerkiksi sähkön käteiskaupat, yhteistuotantovoimalaitos ja kaukolämpövarasto yhdessä muodostavat mielenkiintoisen kokonaisuuden, jonka optimaalinen käyttö tuottaa selvää lisäetua.

### **3.5 Käteismyynti**

Myyjän velvollisuus on toimittaa asiakkaittensa tarvitsema sähkö. Edellä tätä myyntisummaa on kuvattu tarve- tai myyntiaikasarjalla. Tämä on tärkein lähtötieto hankinnan jako-ohjelmistolle, mallit tulee laatia siten, että tarve on pakko kattaa hankinnalla. Siksi hankinnan malleista puuttuukin yleensä myynnin erittely. Jos hankintakustannusten minimoinnin asemesta optimoitaisiin katteen maksimointi-tehtävää, mallissa pitäisi eritellä jokainen sellainen myyntierä, jolla on eri hinta minä hyvänsä tuntina. Tämä lisäisi valtavasti tarvittavan datan määrää.



Hankintakustannusten minimointiin liittyy kuitenkin mahdollisuus vähentää kustannuksia myymällä kannattavia eriä käteiskauppoina. Tällaiset erät tulee sisällyttää malliin. Myyntierää koskevat tyypillisimmät lähtötiedot ovat hinta ja maksimiteho. Näiden tietojen avulla käteismyynti voidaan optimoida varsinaisen myynnin päälle. Tällainen lisämyynti tulee luonnollisesti kattaa lisähankinnalla.

LP-menetelmässä myyntikomponentti ei mitenkään poikkea hankintakomponentista, vain etumerkit sekä tehotaseessa että kustannusfunktiossa ovat vaihtuneet, mutta tämä on menetelmän sisäinen asia. LP-menetelmässä myyntikandidaatteja voi olla mielivaltaisen määrä, ja niistä aktivoituu automaattisesti optimaalinen valikoima.

LP-notaatio auttaa myös ymmärtämään, miten lähtötiedot tulee asettaa myynnin osalta. Onhan loogista, että kustannusfunktion kerroin, siis hinta, on myynnin osalta negatiivinen luku. Tällöin myyntitehon tulee olla positiivinen luku, jotta vaikutus olisi toivottu, kustannuksia alentava. Tästä puolestaan seuraa, että myynti viedään hankintataseeseen erimerkkisenä kuin osto. Kun tulostiedot kirjoitetaan tietokantaan, tulee taas toimia tietokannan määritysten mukaisesti, mikä vaatinee tehotiedon merkinvaihtoa. Tämä tuntuu itsestään selvältä, mutta kokemus on osoittanut, että käytännön mallinnustyössä sattuu etumerkkivirheitä hyvin helposti juuri käteiskauppojen osalta.

Heuristisessa menetelmässä käsitellään ensin pakkomyynnit ja minimitehot lisäämällä ne suoraan tarpeeseen. Sitten suoritetaan varsinainen hankinnan jako päivitettyyn tarpeeseen asti. Varsinainen käteismyyntien jako tapahtuu viimeisenä vaiheena. Siinä ensin vapaat myyntikomponentit lajitellaan laskevaan hintajärjestykseen, eli parhaan katteen antavat myynnit toteutetaan ensin. Tarkastelu suoritetaan yksitellen myyntikomponentteittain, niin kauan, kunnes myyntihinta ylittää hankintakandidaatin hinnan. Toteutettavan myynnin määrä on joko hankinta- tai myyntikomponentin maksimitehon rajaama. Myyntimahdollisuuksien realisoituminen on myös esitetty kuvassa 3-1.

Heuristisen menetelmän rajoituksena on, että sama käteiskaupan hankintalähde, esimerkiksi Elbas-kauppa on mallinnettava kahtena eri hankintalähteenä, toinen ostoa ja toinen myyntiä varten. Tällöin tulee menetelmässä erikseen varmistaa, että loogisesti samaan hankintalähteeseen ei samanaikaisesti kerry sekä ostoa että myyntiä. Sidontamenettelyn avulla myyntilähde sidotaan ostolähteeseen, ja jos ostoa on jo tapahtunut, myynti ei voi enää aktivoitua samanaikaisesti.

## 4. Käteiskauppojen optimointi

### 4.1 Elbas kaupat

Fyysisten spot-kauppojen optimointia on edellä selostettu hankinnan jaon yhteydessä. Nord Poolin Elbas on markkinapaikka, jossa käytävästä kaupasta toimija voi tehdä hankintamallin komponentin, ja tämän hankintakomponentin käyttöä voidaan optimoida, kunhan tunnetaan oman tarpeen ennuste riittävän hyvin, ja käytettävissä on spothintaennuste. Elbas:in kaupankäyntivolyymi on Suomen alueella jäänyt toistaiseksi melko pieneksi.

Elbas markkinapaikalla kauppaa voidaan käydä aina kahta tuntia ennen toimitusta. Kaupankäynnin kohteena on vähintään 7 ja enintään 31 kappaletta yksittäisiä tuntisarjoja, joiden kohde-etuutena on 1 MWh:n kiinteä sähkön toimitus maakohtaiselle markkina-alueelle. [EL-EX Sähköpörssi 1999].

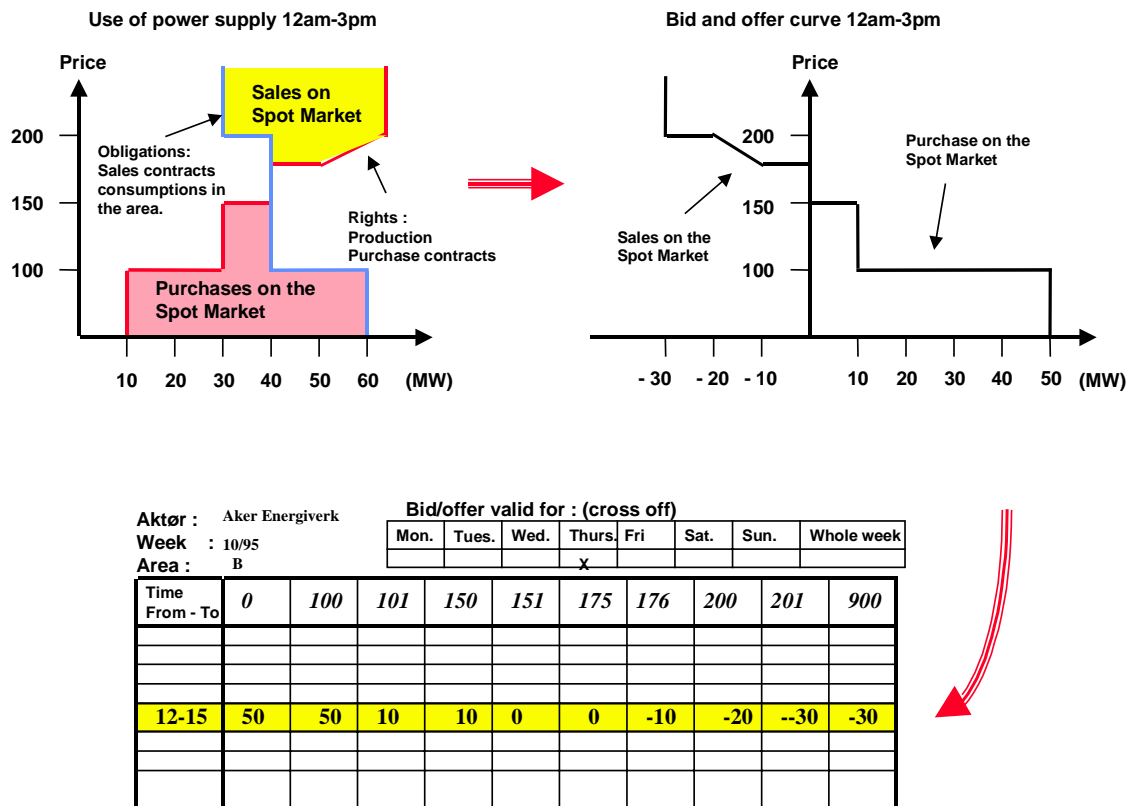
### 4.2 Elspot kaupat

Nord Poolin Elspot järjestelmästä on kehittynyt tärkeä fyysisen päivittäissähkön kauppapaikka pohjoismaisilla sähkömarkkinoilla. [Nord Pool 1998] Se soveltuu erittäin hyvin osapuolten tarpeisiin, koska tarjousmekanismi mahdollistaa toimijan kannalta joustavan tavan varautua kaikkiin mahdollisiin hintamuutoksiin. Tarjousmekanismin periaatteena on, että tarjous käsittää toimijan koko tehoskaalan maksimiostosta maksimimyyntiin hintavälillä 0 – 5000 NOK/MWh, joten tarjousvaiheessa ei tarvitse ”pelätä” yllättäviä hintamuutoksia. Tarjous on sarja yhden tunnin tarjouksia, jossa annetaan kaupankäyntivolyymi (tuntikeskiteho) hinnan funktiona. Funktio on lineaarinen murtoviiva, jossa tarvitsee esittää kulmapisteet. Jos hinta asettuu tarjottujen pisteiden väliin, teho ratkaistaan interpoloimalla.

Systeemihinta, muodostetaan yhdistämällä kaikki tarjoukset ja laskemalla niille kysynnän ja tarjonnan tasapainopiste; mekanismihan varmistaa sen, että käyrien on pakko leikata jossain pisteessä. Tämän jälkeen muodostetaan alueellinen systeemihinta, jolla hinta-alueen kaupat toteutuvat, tasapainottamalla eri alueiden väliset mahdolliset siirtorajoitukset. Sen jälkeen voidaan laskea yksittäisen tarjouksen tunneittainen toteutumateho. Mekanismi varmistaa sen, että osapuoli käy kauppaa juuri sillä määrällä, mikä on osapuolelle edullisinta vallitsevalla hinnalla. Koska osapuolelle ei jää riskiä

joko ostaa liikaa korkealla hinnalla tai myydä liikaa halvalla, Elspot tarjoukseen sanotaan olevan hintadifferentoitunut.

Oheinen kuva 4-1 [Nord Poolin www-sivut, 2000] esittää, miten toimijan tarjous muodostuu toimijan hankinta- ja myyntisopimussalkun määrämällä tavalla.



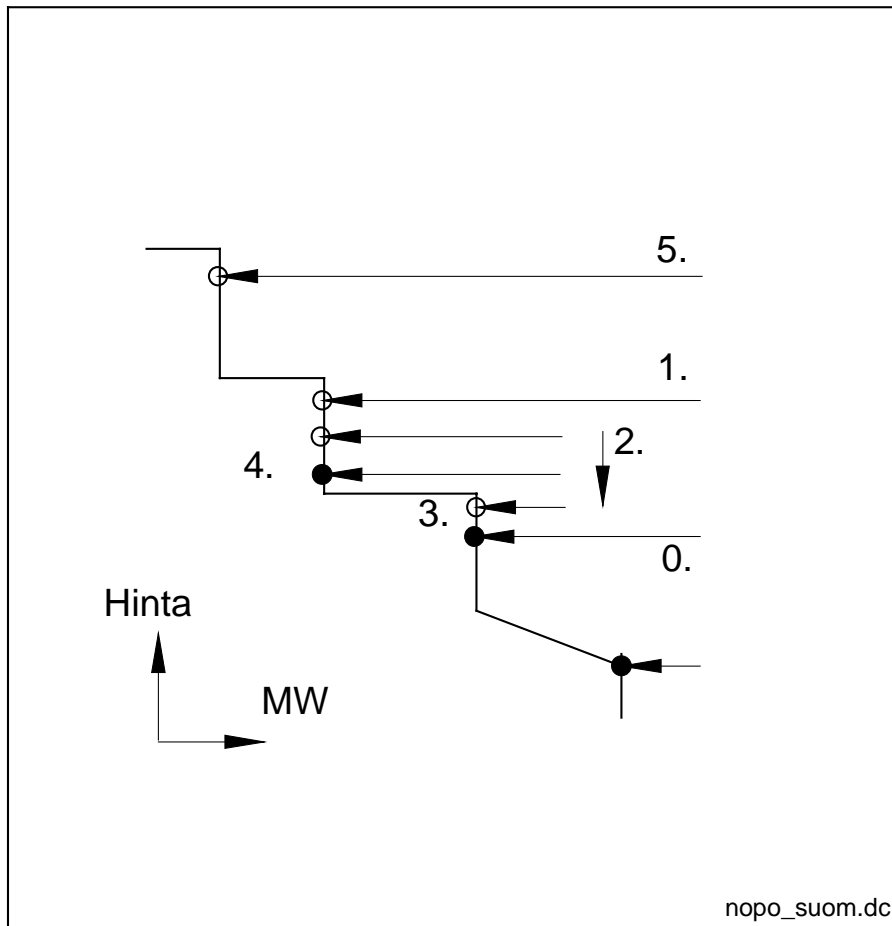
Kuva 4-1. Nord Poolin Elspot tarjouksen muodostaminen. Lähde: Nord Pool ASA www-sivut, <http://193.69.80.130/marketinfo/index.html> (20.1.2000)

Tarjouksen laadinta johtaa suunnittelutehtävään, jossa ratkaistaan hankinnan optimointitehtävä jokaiselle päivän tunnille käyttäen jokaista mahdollista systeemihintaa, jolloin optimointi ehdottaa jokaiselle tunnille edullisimman hintaa vastaavan käteis-kauppatehon. Kaikista mahdollisista hinnoista (0 ... 3500 FIM/MWh) luonnollisesti tarvitsee tutkia vain teho-hintakäyrän muutospiisteet. EME-järjestelmässä on kuitenkin oletettu, että käyttäjän ei tarvitse tuntea teho-hintakäyrää, vaan sovellusohjelma selvittää käyrän kulun. Yksinkertaisessa tapauksessa käyrä on helposti saatavissa, mutta jos hankintajärjestelmään kuuluu varastoitavaa vesivoimaa, yhteistuotantoa, lämpövarastoja

ja monimutkaisia hankintasopimuksia, teho-hintakäyrä todellakin on tuntematon. Tuhansien hintapisteiden laskenta on jo liian raskas tehtävä hankinnansuunnittelu-järjestelmille, joten pisteiden lukumäärää pitää tuntuvasti vähentää.

EME järjestelmässä käytetty tarjouksenlaadintamenettely on toteutettavissa miltei missä hyvänsä EHJ-järjestelmässä, edellytyksenä on vain, että hankinnan optimointitehtävä voidaan toteuttaa tietokoneohjelman tai komentoproseduurin osana funktiona, kuten yhtälössä (7) on aiemmin esitetty. Optimointitehtävä voidaan silloin käynnistää funktiokutsuna, kaikki Elspot tehtävään erityisesti liittyvä data voidaan asettaa yksilöllisesti ja tulokset voidaan ottaa talteen funktiokutsujen välillä. Silloin tarvitaan vain pieni koodinpätkä, jolla tuntematon teho-kustannuskäyrä voidaan selvittää, ja perusteet tarjoukselle ovat valmiit.

Kuva 4-2 esittää, miten käyrän kulku voidaan likimääräisesti selvittää. Menetelmän oletuksena on, että käyrä koostuu porrasmaisista osista, mutta jotkut välit voivat koostua yhdestä vinosta janasta käyttämällä harvaa hintavektoria. Menetelmä käyttää harvaa hintavektoria, jolla saadaan tietää muutamia hintoja vastaavat tehot. Kun piste (0.) on jo selvitetty, seuraavaksi yritetään kalliimpaa hintapistettä (1.), ja päädytään tehoon, joka ei ole yhtäsuuri kuin (0.). Nyt otetaan käyttöön tiheämpi hintaseula, ja aletaan tutkia käyrää alaspäin (vaihe 2.). Kun lopulta päädytään tehoon (3.), joka ei ole sama kuin edellä, vaan on sama kuin jo tunnettu tapaus (0.), voidaan päätellä, että edellinen piste (4.) oli haetun nurkkapisteen välitön naapuripiste. Etsintä jatkuu harvemmallalla hintaseulalla hinnalla (5.). Koska Elspot tarjouslomake sisältää kaikki 24:n tunnin tehoarvot samalle hintapisteelle, onnistuneen tehölöydöksen tulee täsmätä kaikkien 24:n arvон osalta, toisin kuin yksinkertaistetussa kuvassa 4-2 on voitu esittää.



Kuva 4-2. Heuristinen menetelmä tuntemattoman teho-hintakäyrän selvittämiseksi.

Tämä heuristinen hakumenetelmä, joka käyttää kahta harvaa hintavektoria kahteen suuntaan, on valittu vain siksi, että tarkoituksena on ainoastaan löytää käyrän nurkkapisteet, eikä esimerkiksi puolitushaku ole tässä tehokas. Tämä karkea menetelmä kuitenkin havaitsee myös nurkkien väliin jäävät vinot osuudet, tosin sillä riskillä, että sieltä saattaakin paljastua hienompi porrask rakenne. Tällöin käyttäjän tulee tihentää seulaa tuntemattomalta alueelta, jos katsoo sen tarpeelliseksi. Tarjouslaskentaa voidaan ohjata määrittelemällä ne hinta-alueet, joilla laskentatarkkuutta tarvitaan.

Jos systeemihintaennuste on käytettävissä, menetelmällä voidaan helposti laskea tarjouksen toteutuma, ja verrata siihen liittyviä hankinnan kokonaiskustannuksia tapaukseen, jossa Elspot tarjousta ei ole lainkaan jätetty. Jos hankinnan-optimointijärjestelmä tuottaa aidosti optimaalisen hankinnanjaon, tuloksena on

einegatiivinen hyötyaikasarja. Riippumatta siitä, ovatko pörssihinnat alhaalla tai korkealla, osapuoli voi aina hyötyä näin laaditusta Elspot tarjouksesta.

Tarve-ennusteen tarkkuus on kriittinen tarjouslaskennassa. Jos oma myynti arvioidaan liian suureksi ja ostetaan Elspotista kaikki viimeiseen avoimeen positioon sijoittuva teho, seurauksena on taseyljäämä, josta olisi pikaisesti päästävä eroon. Liian pieni myyntiarvio vastaavasti johtaa epäoptimaaliseen Elspot kauppaan.

## 5. Yhteenveto

Lyhyen aikavälin hankinnan suunnittelu on itse asiassa käänteinen taselaskentatehtävä. Esimerkiksi myyjän taselaskenta on laskutoimitus, jossa summataan yhteen myynnit verkoittain. Taselaskennassa tunnetaan siis komponentit, mutta ei tiedetä niiden summaa. Hankinnan jaossa puolestaan tunnetaan summa, se on ennustettu tarve, mutta ei tiedetä, miten se jakautuu eri hankintakomponentteihin.

Hankinnan suunnittelun runko syntyykin taselaskentatehtävästä. On tarkoin harkittava, mitä hankinnalla katetaan, ja mitä komponentteja hankintaan otetaan mukaan. Luvussa 2 on pohdittu hankintataseen muodostamista ja sen graafista esittämistä, ja luvussa 3 on lähdetty liikkeelle taselaskentatehtävästä, jota kautta hankinnanjakotehtävä määräytyy.

Niin taselaskennassa kuin hankinnan jaossakin laskennan materiaali koostuu aikasarjoista. Taselaskentatehtävä tarvitsee lukuisia aikasarjoja, joista tuloksena syntyy yksi tai muutama aikasarja. Hankinnan jako niinkään tarvitsee lähtötiedoikseen monia aikasarjoja, ja muodostaa niistä vielä enemmän tulosajasarjoja. Hankinnan jaon lähtötiedot ovat kuitenkin rakenteeltaan monipuolisempia kuin aidot mittausajasarjat. Luvussa 2 on tarkasteltu jaksottaisesti tai harvoin ajan mukana muuttuvien tietojen esittämistä tietokannassa ikäänkuin ne olisivat aitoja aikasarjoja.

Teknisesti taselaskenta on pääasiassa yhteen- ja vähennyslaskua. Hankinnan jaon tekninen suorittaminen puolestaan on käsitelty esimerkinomaisesti luvussa 3. Aiheen käsittely on koottu ns. heuristisen ratkaisumenetelmän ympärille, koska näin on havainnollisesti voitu paneutua moniin vaikeampiin yksityiskohtiin, kuten korvauskauppaan ja vesivoiman optimointiin. Ymmärtämällä heuristiseen hankinnan jakoon sisältyviä välivaiheita voidaan luontevammin siirtyä käyttämään sofistikoitumpia menetelmiä, kuten LP-tekniikoita. Eivät nekään mitään automaatteja ole, jotka itsestään antaisivat oikeita tuloksia. Itse asiassa LP-mallin tulosten selittäminen voi olla työläämpää, kuin tuloksen rekonstruointi kynällä ja paperilla. Luvun 4 lopussa on hieman käsitelty hankinnan yhteydessä tapahtuvaa tukkumyyntiä hankinnan jaon komponenttina, jolla on omat erityispiirteensä.

Luvussa 5 sovelletaan hankinnan jaon perustehtävää niinkään esimerkinomaisesti erään toisen optimointitehtävän osaratkaisuna. Esimerkkitapaukseksi on valittu fyysisen päivittäissähkön markkinapaikka Elspot.

# Loppusanat

Tietokoneavusteinen sähkön hankinnan suunnittelu on luonteva osa energianhallintajärjestelmää. Perusjärjestelmä tietokantoinen ja tietoliikenneyhteyksineen on välttämätön hankinnan suunnitteluun tarvittavan suuren tietomäärän keräämiseksi ja hallinnoimiseksi. Hankinnan suunnittelu ei kuitenkaan ole mikään rutiininomainen taustatehtävä, joka voitaisiin pitkäksi ajaksi jättää pelkästään koneen huolehdittavaksi. Suunnitteluun tarvitaan myös ihmisen ohjaavaa vaikutusta. Käyttäjä itse tuomalla oman näkemyksensä saa suunnitelmasta eniten irti.

Lyhyen aikavälin hankinnan suunnittelua tietokoneavusteisella suunnittelujärjestelmällä on tässä julkaisussa valotettu järjestelmän sisältä päin. Esimerkkinä on käytetty VTT:n EME järjestelmää, mutta aiheet on valittu itse suunnittelutehtävän näkökulmasta. Voidaan olettaa, että samat kysymykset esiintyvät jossain muodossa kaikissa muissakin energianhallintajärjestelmissä.

On ollut virkistävä kokemus kirjoittaa yleisemmällä tasolla niistä teknisistä kysymyksistä, joita järjestelmäkehittäjänä on ylen määrin joutunut pukemaan kuivien tietojärjestelmädokumenttien ja käyttöoppaiden muotoon. Mutta paljon mielenkiintoisia aiheryhmiä on nyt jätetty tästä pois, kuten matemaattiset optimointimenetelmät, hankinnan mallikomponentit, pitkän aikavälin suunnittelu, finanssikaupat, riskienhallinta...

Toivottavasti niihin voidaan palata myöhemmin.



# Lähdeluettelo

DyadicSystems, Limited. 1998. Dyalog APL for Windows, Language Reference. Hampshire: Dyadic Systems Limited. 465 s. <http://www.dyadic.com>

EL\_EX Sähköpörssi, Oy. 1999. EL-EX: Elbas, esite.

Fingrid System Oy. 2000. Tasesähkösovimus.  
[http://www.fingrid.fi/fin/palvelut/palvelut\\_vaakajako.html](http://www.fingrid.fi/fin/palvelut/palvelut_vaakajako.html)

Kekkonen, V. (Tamminen, E., Wistbacka, M.). 3.3.1994. Production and capacity optimization for heat and power generation systems. Teoksessa: Nordic Council of Ministers. Conference on Simulation and Operational Optimization of District Heating Systems. Lyngby, Denmark: 11 s.

Koreneff, G. (Kekkonen, V., Jakobsson, S.). 26.2.1998. Energy Management Environment (EME). Teoksessa: Matti Lehtonen (editointi). TESLA - Information technology and electric power systems. Technology programme 1998 - 2002. Interim report 1998. Espoo: VTT. (TESLA-report nr 12/99.)

Koreneff, G. 28.6.1999. DEM ennusteet. Julkaisematon TESLA työraportti. VTT Energia.

Nord Pool, ASA. 14.9.1998. Spotmarknaden, Version Beta.  
<http://193.69.80.130/marketinfo/index.html>

Nuorkivi, A. (, Kekkonen, V., Sipilä, J., Tamminen, E.) . 1991. Planning System for Combined Heat and Power Supply. Teoksessa: UNICHAL. 25. UNICHAL Congress 4. - 6.6.1991, Budapest. 12 s.

Seppälä, A. (, Kekkonen, V., Koreneff G., Lehtonen, M.). 1998. DEM - Distribution Energy Management. Teoksessa: Matti Lehtonen, (editointi). EDISON - Research programme on electric distribution automation 1993 - 1997 Final report 1997. Espoo: VTT. 238 p. + app. 7 p. s. (VTT Tiedotteita 1885.) ISBN 951-38-5186-9

Smith, A. 1996. Rain, publication graphics for APL, User's Manual. Malton: Causeway Graphical Systems Ltd. 52 s. [www.causeway.co.uk](http://www.causeway.co.uk)

Tamminen, E. 1979. Optimal control problems with discrete time, linear dynamics, and convex state-control constraints. Espoo: VTT. 42 p. + app. s. (Electrical and Nuclear Technology, Publication 26.) ISBN 951-38-0797-5

Tekijä(t) Veikko Kekkonen			
Nimeke			
Tiivistelmä Sähkön hankinnan suunnittelutehtävä on tässä määritelty ikäänkuin käänteisenä taselaskenta-tehtävänä, taselaskennassa tunnetaan yhteenlaskettavat, mutta ei tunneta summaa, hankinnan suunnittelussa tunnetaan tarve, mutta ei tiedetä, miten se rakentuu. Julkaisussa on esitetty hankintataseen muodostaminen ja sen graafinen esittäminen, taseen rakennusaineen, aikasarjan, luonnetta on pohdiskeltu, samoin kuin myyntikomponenttien eroja ostokomponentteihin verrattuna. Itse suunnittelutehtävän ratkaiseminen on käyty läpi havainnollisen heuristisen menetelmän kautta. Lopuksi perussuunnittelutehtävää on käytetty laajemman suunnittelutehtävän, optimaalisen Elspot kaupankäynnin, osaratkaisuna. Julkaisu on tarkoitettu yhtä lailla energian hankinnan suunnittelu-tehtävissä toimiville kuin ehj-järjestelmien kehittäjille.			
Avainsanat Energian hallinta, Optimointi, Sähkökauppa			
Toimintayksikkö VTT Energia			
ISBN 951-38-		Projektinnumero 63DEM-2	
Julkaisuaika 2000	Kieli Suomi	Sivuja 46	Hinta
Projektin nimi Sähkökaupan tietojärjestelmien kehittäminen		Toimeksiantaja(t) TEKES	
Avainnimeke ja ISSN VTT Tiedotteita – Meddelanden – Research Notes 1235-0605 (nid.) 1455-0865 (URL: <a href="http://www.inf.vtt.fi/pdf/">http://www.inf.vtt.fi/pdf/</a> )		Myynti: VTT Tietopalvelu PL 2000, 02044 VTT Puh. (09) 456 4404 Faksi (09) 456 4374	

## JULKAISUN ESITTELYTEKSTI

Sarjanimeke TESLA raportti	Sarjanumero 23/2000	Vuosi 2000
Tekijät Veikko Kekkonen		
Julkaisun nimi Lyhyen aikavälin hankinnan suunnittelu EME järjestelmän kannalta		
Sivuja 46	Liitesivuja	ISBN
Esittelyteksti <p>Tietokoneavusteinen sähkön hankinnan suunnittelu on luonteva osa energianhallintajärjestelmää. Perusjärjestelmä tietokantoinen ja tietoliikenneyhteyksineen on välttämätön hankinnan suunnitteluun tarvittavan suuren tietomäärän keräämiseksi ja hallinnoimiseksi. Hankinnan suunnittelu ei kuitenkaan ole mikään rutiininomainen taustatehtävä, joka voitaisiin pitkäksi ajaksi jättää pelkästään koneen huolehdittavaksi. Suunnitteluun tarvitaan myös ihmisen ohjaavaa vaikutusta. Käyttäjä itse tuomalla oman näkemyksensä saa suunnitelmasta eniten irti.</p> <p>Lyhyen aikavälin hankinnan suunnittelua tietokoneavusteisella suunnittelujärjestelmällä on tässä julkaisussa valotettu järjestelmän sisältä päin. Esimerkkinä on käytetty VTT:n EME järjestelmää, mutta aiheet on valittu itse suunnittelutehtävän näkökulmasta. Voidaan olettaa, että samat kysymykset esiintyvät jossain muodossa kaikissa muissakin energianhallintajärjestelmissä.</p> <p>Julkaisussa on kuvattu hankintataseen muodostaminen ja sen graafinen esittäminen, taseen rakennusaineen, aikasarjan, luonnetta on pohdiskeltu, samoin kuin myyntikomponenttien eroja ostokomponentteihin verrattuna. Itse suunnittelutehtävän ratkaiseminen on käyty läpi havainnollisen heuristisen menetelmän kautta. Lopuksi perussuunnittelutehtävää on käytetty laajemman suunnittelutehtävän, optimaalisen Elspot kaupankäynnin, osaratkaisuna. Julkaisu on tarkoitettu yhtä lailla energian hankinnan suunnittelutehtävissä toimiville kuin ehj-järjestelmien kehittäjille.</p>		