



YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Minna Kokkarinen, Ari Nissinen, Lassi Loisa
Hannu Pihala ja Heikki Härkönen

Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiatehokas käyttö

Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2003
VTT:n ja Motivan kanssa toteutetun
mittaushankkeen tulokset



Minna Kokkarinen, Ari Nissinen, Lassi Loisa,
Hannu Pihala ja Heikki Härkönen

Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiätehokas käyttö

Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2003
VTT:n ja Motivan kanssa toteutetun
mittaushankkeen tulokset

HELSINKI 2005

Julkaisu on saatavana myös Internetissä
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 952-11-2024-X (nid.)
ISBN 952-11-2025-8 (PDF)
ISSN 1238-7312

Kansikuvat Erno Forsström
Taitto: Callide/Terttu Halme

Edita Prima Oy
Helsinki 2005

Alkusanat

Palvelujen ja julkisen sektorin osuus Suomen sähkönkäytöstä on lähes viidennes. Merkittävin sähkönkäyttäjä on teollisuus, joten on luonnollista, että teollisuudessa on panostettu paljon sähkönkulutuksen pienentämiseksi. Julkisten palvelu- ja toimistorakennusten energiankulutusta on pyritty pienentämään lähinnä kiinteistöjen energiankatselmusten ja energiasäästösovimusten avulla, kauppa- ja teollisuusministeriön osittaisen rahoituksen turvin. Katselmukset ja parannusehdotukset kohdistuvat etupäässä ilmanvaihtoon, ilmastointiin ja lämmitykseen sekä kylmälaitteisiin ja valaistukseen. Toimisto- ja atk-laitteiden sähkönkulutuksen pienentämisen keinoja ei sen sijaan ole tutkittu perusteellisesti. Kuitenkin näiden laitteiden osuus on toimistossa olevien pistorasiallitäntäisten laitteiden sähkönkulutuksesta yli puolet ja koko rakennuksen sähkönkulutuksesta luokkaa viidennes. Laitekannan jatkuva kasvu toimistoissa lisää paitsi laitteiden sähkönkulutusta myös jäädytystarvetta ja jäädytyksen sähkönkulutusta. Samaan aikaan toimisto- ja atk-laitteissa on valmius monipuolisiin energiasäästömahdollisuuksiin, mutta niitä ei useinkaan tunneta eikä ole otettu tehokkaasti käyttöön.

Toimistolaitteiden sähkönkulutusta sekä keinoja kulutuksen vähentämiseen selvitettiin vuonna 2003 hankkeessa, joka toteutettiin Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE), mitaten ja säääten SYKEssä käytössä olevia kopiokoneita, tulostimia, telefakseja ja henkilökohtaisia tietokoneita. Toimistolaitteiden virrankulutuksen mittaaminen katsottiin SYKEssä tarpeelliseksi, sillä SYKEN ympäristöasioiden hallintaperiaatteiden mukaan SYKEN energiankulutusta tulee vähentää, mutta tehokkaita keinoja vähentämiseen ei ollut tiedossa. Tämän johdosta päätettiin hankkia lisätietoa siitä, mihin toimintoihin sähköä SYKEN kaltaisessa toimistoympäristössä kuluu ja mistä löytyvät selvät säästömahdollisuudet. Kiinteistönomistaja teetti SYKEssä kiinteistön energiankatselmuksen, jonka avulla saatiin tietoa toimenpiteistä, joilla energiankulutusta voidaan vähentää erityisesti ilmastoinnin, lämmityksen ja valaistuksen suhteen. Energiakatselmukseen ei kuitenkaan kuulu toimistolaitteiden sähkönkulutuksen mittaaminen ja toimenpiteiden esittäminen näiden laitteiden kulutuksen vähentämiseksi. Ne ovat kuitenkin merkittävin sähkönsäästökohde, jotka ovat suoraan kiinteistössä vuokralla olevan toimijan määräysvallassa. Energiasäästön palvelukeskus Motiva ja VTT suunnittelivat samoihin aikoihin hanketta, jossa toimistolaitteiden energiasäästömahdollisuuksia selvitettäisiin laajasti. SYKE lähti hankkeeseen mukaan esimerkkiorganisaationa.

Vastaavanlaista toimistolaitteiden energiasäästöön liittyvää laajaa selvitystä, jossa toimistolaitteiden sähkönkulutusta ja energiasäästötiloja mitataan korkeellisesti, ei ole Suomessa aiemmin tehty. Vastaavia mittaustuloksia ei myöskään ole esitetty kansainvälisessä kirjallisuudessa. Selvityksessä SYKE toimi esimerkkiorganisaationa, jonka toimisto- ja atk-laitteiden sähkönkulutusta mitattiin VTT:ssä kehitetyllä NIALM (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring) -mittausmenetelmällä. Konsulttina toimiva VTT analysoi mittaustulosten ja antoi suosituksensa laitteen säätämisestä. Energiasäästön palvelukeskus Motiva osallistui mittausten suunnitteluun ja tiedotukseen. Varsinaiset mittaukset suoritti insinööriopiskelija Lassi Loisa, joka teki aiheesta myös insinöörityön Helsingin ammattikorkeakoululle. Tämä julkaisu perustuu tuohon joulukuussa 2003 valmistuneeseen insinöörityöhön.

Selvitys tukee myös osaltaan valtakunnallista ympäristöpolitiikkaa. Hallitusohjelman ympäristöpolitiikkaan kuuluu energiankäytön tehokkuuden lisääminen ja kasvihuonekaasujen päästöjen rajoittaminen vuoden 1990 tasolle Kioton sopimuksen mukaisesti.

Selvitys osoitti käytännön mahdollisuuksia vähentää toimisto- ja atk-laitteiden sähkönkulutusta toimisto-, hallinto- ja palvelurakennuksissa. Tutkimus auttaa jatkossa SYKEä toteuttamaan energiankulutukseen liittyviä tavoitteitaan, ja auttaa myös yleisemmin energiatehokkuuteen liittyvien keinojen kehittämistä palvelutuotannon ja julkishallinnon ympäristöjärjestelmissä ja ympäristöohjelmissä. Tämän julkaisun tavoitteena on palvella hallinnon, toimistotyön ja palveluiden alalla toimivia organisaatioita laitteiden energiansäästömahdollisuuksista. Aineistoa käytetään myös Motivan tiedonvälitysmateriaalin tuottamisessa.

Selvityksen alustavia tuloksia on jo sen kuluessa esitelty Motivan 10-vuotistilaisuudessa Finlandia-talolla 2.10.2003 ja Green Office-seminaarissa SYKEssä 29.10.2003.

Lopuksi erityiskiitos mittaushankkeen rahoitukseen osallistuneelle Kiinteistö Oy Mechelininkatu 34a:n omistajalle Nordea Suomi Henkivakuutus Oy:lle.

Helsingissä 30.6.2005

Minna Kokkarinen
Suunnittelija
Suomen ympäristökeskus

Ari Nissinen
Vanhempi tutkija
Suomen ympäristökeskus

Lassi Loisa
Insinööri

Hannu Pihala
Erikoistutkija
VTT Prosessit

Heikki Härkönen
Tuoteryhmäpäällikkö
Motiva Oy

Sisällys

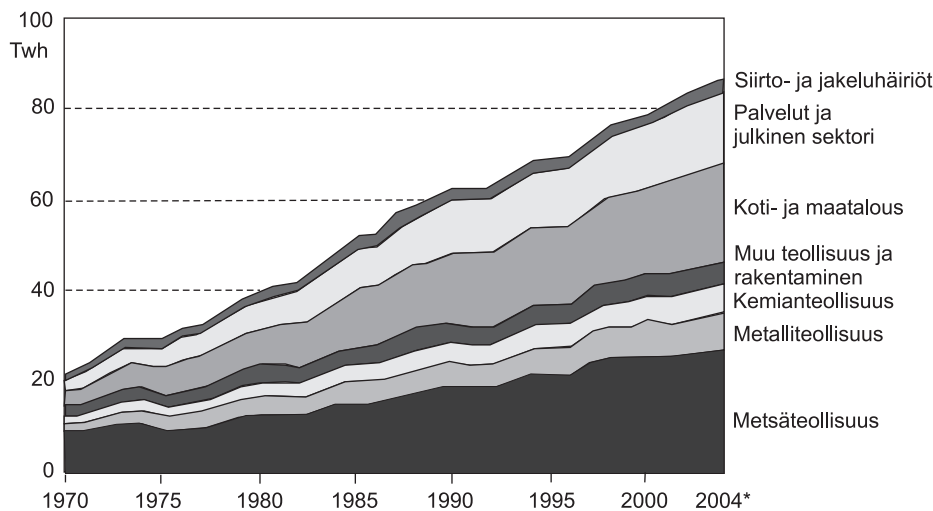
Alkusanat	3
I Johdanto	7
1.1 Palvelu- ja toimistorakennusten sähkönkulutus Suomessa	7
1.2 Toimistolaitteiden energiansäästöohjelmia ja energiamerkintöjä	8
1.3. Aikaisempia tutkimuksia toimistolaitteiden energiansäästöasetuksista	11
1.4 Työn tarkoitus ja tavoitteet	13
2 Aineisto ja menetelmät	14
2.1 Mittausjärjestelyt SYKEssä	14
2.2 Tutkimusmenetelmä	16
2.3. Kopiokoneiden energiansäästöasetuksien määritelmiä	18
2.4 Viiveaikojen, tehojen ja sähkönkulutuksen laskeminen	19
3 Tulokset ja niiden tarkastelu	22
3.1 Laitteiden energiansäästöasetukset	22
3.2 Laitteiden sähkönkulutus	24
3.2.1 Kopiokoneet	24
3.2.1.1 Käyttäjäkyselyn tulokset	28
3.2.2 Tulostimet	31
3.2.3 Telekopiokoneet	33
3.2.4 Tietokoneet	36
3.2.4.1 Keskusyksiköt	37
3.2.4.2 Näytöt	41
3.3 Toimistolaitteiden arvioitu vuosittainen sähkönkulutus	44
3.4 Laskennallinen energiansäästö	45
4 Johtopäätöksiä	46
4.1 Toimet johtavat sähkönsäästöön	46
4.2 Laitteiden käyttöohjeet vaikeaselkoisia ja puutteellisia	46
4.3 Käyttäjät suhtautuvat 'järkeviin' asetuksiin myönteisesti	47
4.4 Laitehankinnoilla ja käyttökoulutuksella voi vaikuttaa sähkönkulutukseen	48
5 Yhteenveto	50
Lähteet	52
Liitteet	
Liite 1. Mittaussuunnitelma vuodelle 2003.	53
Liite 2. SYKEN energiakatselmuksen toimenpiteet. Yhteenveto energiansäästötoimenpiteistä	54
Liite 3. Sähkönkulutuksen mittaaminen NIALM - menetelmällä.	55
Kuvailulehdet	65



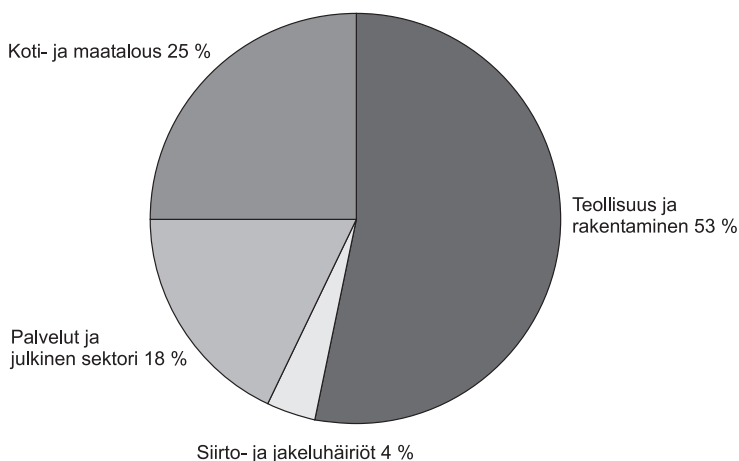
Johdanto

1.1 Palvelu- ja toimistorakennusten sähkönkulutus Suomessa

Sähkön kokonaiskulutus Suomessa on noussut noin 20 TWh:sta yli 85 TWh:in vuodesta 1970 vuoteen 2004 (kuva 1). Teollisuuden osuus Suomen sähkönkäytöstä on vähän yli puolet ja yksityisten ja julkisten palvelujen osuus sähkönkäytöstä on noin 18 % (kuva 2).

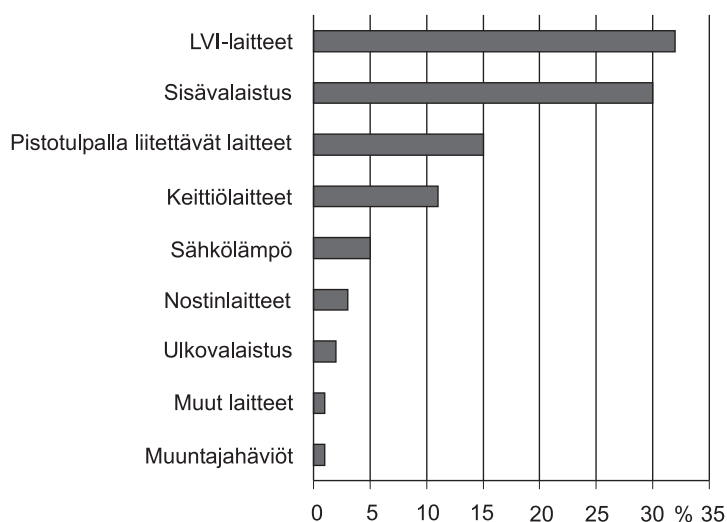


Kuva 1. Sähkönkulutus sektoreittain 1970 - 2004 (Tilastokeskus 15.3.2005).



Kuva 2. Sähkönkulutus sektoreittain 2004 (Tilastokeskus 15.3.2005).

Palvelu- ja toimistorakennuksissa sähköä kuluu erityisesti sisävalaistukseen, LVI-laitteisiin, keittiölaitteisiin sekä pistotulpalla sähköverkkoon liitettäviin laitteisiin, joita ovat mm. atk -laitteet ja kopiokoneet. Esimerkiksi Suomen ympäristökeskuksen kiinteistön energiakatselmuksessa on arvioitu sähkönkulutuksen jakauman olevan seuraava: LVI-laitteet 32 %, sisävalaistus 30 %, pistotulpalla liitettävät laitteet 15 %, keittiölaitteet 11 % ja muu kulutus 12 % (kuva 3). Suurimpiin kulutuskohteisiin vaikuttamalla voidaan saada merkittävimmät säästöt toimisto- ja palvelurakennuksien osalta.



Kuva 3. Sähköenergian arvioitu kulutusjakauma SYKEssä vuonna 2002 (Motiva-energiakatselmusraportti 2003).

Toimistolaitteiden eli henkilökohtaisten tietokoneiden ja palvelimien, kopiokoneiden ja tulostimien vuosittaiseksi sähkönkulutukseksi Suomessa on arvioitu 719 000 MWh (Korhonen ym. 2002), mikä vastaa 200 000 kerrostaloasunnon sähkönkulutusta. Laitteiden nykyisellä säästöautomaatiikalla on arvioitu voitavan vähentää tätä kulutusta 35 % (251 000 MWh).

1.2 Toimistolaitteiden energiansäästöohjelmia ja energiamerkintöjä

Energy Star-ohjelma, jonka USA:n ympäristönsuojeluvirasto eli EPA laittoi projektina alulle 1990-luvun alussa, on ollut ehkä merkittävin toimistolaitteiden energiansäästöominaisuuksiin vaikuttaneista ohjelmista ja merkintäjärjestelmistä. Myöhemmin projekti kasvoi maailmanlaajuisesti energiansäästö-ohjelmaksi, johon yritykset ja valtiot voivat halutessaan liittyä (myös EU:lla on oma Energy Star-ohjelma). Ensimmäisessä projektissa tietokoneille ja niiden monitoreille alettiin myöntää **Energy Star -tunnuksia** osoituksena pienemmästä energiankulutuksesta muihin vastaaviin tuotteisiin verrattuna (kuva 4). Merkin saaneiden laitteiden energiankulutusta on myös valvottu tarkasti ohjelman alusta alkaen. Vuonna 1995 otettiin Energy Star -ohjelmaan mukaan myös muita toimistolaitteita, kuten kopioko-



Kuva 4. Energy Star -ohjelman tunnus.

neet, telefaksit ja jäädyttimet, ja ohjelmaa on myöhemmin edelleen laajennettu myös kotitalouksien laitteisiin. (EPA 2003)

Toinen maailmanlaajuisesti tunnettu terveellisen työympäristön ja energiansäästön tunnus on ruotsalaisen TCO-järjestön (TCO, The Swedish Confederation of Professional Employees) myöntämä energia-, ergonomia- ja ympäristömerkki (kuva 5). TCO on ruotsalaisten toimihenkilöammattiliittojen muodostama järjestö, joka pyrkii toiminnallaan mm. parempaan työympäristöön ja energiansäästöön. Järjestön toimintaideaan kuuluu sen jäsenten tarpeiden täyttäminen teknistä kehitystä ohjaamalla. Tähän tarkoitukseen se käyttää TCO-merkkejään.

Tunnuksen historia alkaa vuodesta 1992, jolloin järjestö julkaisi ensimmäisen TCO-standardin tietokoneen monitoreille. Tämän jälkeen tulivat **TCO-95- ja TCO-99-standardit**, joista viimeinen käsittelee laajasti monitorien lisäksi myös kannettavia tietokoneita, keskusyksiköitä ja näppäimistöjä. TCO-99 standardin jälkeen on tullut TCO-03 Displays, joka sisältää kaksi standardia: toisen kuvaputkinäyttöille ja toisen litteille näytöille (kuva 5). Vaatimukset ovat näissä standardeissa tiukemmat kuin TCO-99-standardissa.

TCO poikkeaa Energy Star-merkistä siten, että se sisältää vaatimuksia energiankulutuksen lisäksi myös työntekijän terveyteen ja ympäristöön liittyville näkökohdille. TCO asettaa vaatimuksia laitteiden sisältämille ympäristöhaitallisille aineille sekä niiden osien kierrätettävyydelle. Laitteiden tulee myös olla ergonomisesti suunniteltuja. TCO-merkintä on myöhemmin laajentunut kattamaan muita toimistolaitteita sekä kannettavat puhelimet (TCO 2004).



Kuva 5. TCO-99 -tunnus ja TCO'03 Displays-tunnus.

Pohjoismainen ympäristömerkki kattaa kopiokoneet, tulostimet, telefaksit, ja henkilökohtaiset tietokoneet, ja Euroopan ympäristömerkki kattaa henkilökohtaiset tietokoneet (kuva 6). Molemmissa on vaatimukset laitteiden energiansäästöominaisuuksille.



Kuva 6. Pohjoismainen ympäristömerkki (vasemmalla) ja Euroopan ympäristömerkki (SFS 2005).

Lisää tietoa toimistolaitteita koskevista energia- ja ympäristömerkeistä sekä ympäristöselosteista löytyy mm. valtion ympäristöhallinnon julkaisemasta 'Julkisten hankintojen ympäristöoppaasta' (Nissinen 2004) ja sen Internet-sivuilta (www.ymparisto.fi > Yritykset ja yhteisöt > Tuotteet ja hankinnat > Julkiset hankinnat > Julkisten hankintojen ympäristöopas, erityisesti Taulukko 21).

Suomessa Kauppa ja teollisuusministeriö (KTM) on antanut **suosituksia julkisten hankintojen energiatehokkuudesta**. Suositukset on suunnattu lähinnä valtion ja kuntien laitoksille ja virastoille. Ne ovat osa hallituksen valmistelemaa energiastrategiaa ja energiansäästöohjelmaa. KTM:n suositukset on laadittu yhteistyössä julkisen sektorin ja energia-alan suurten toimijoiden kesken. (KTM 2000)

KTM on tehnyt vuosina 1997 - 1999 sopimuksia julkisen sektorin, teollisuuden, energia-alan ja eräiden muiden merkittävästi energiaa kuluttavien alojen kanssa energiankulutuksen vähentämiseksi. Suositusten yleisperiaatteena on saada käyttöön kokonaistaloudellisesti edullisimpia laitteita. Periaatteessa laitteiden koko elinkaari valmistuksesta käytöstä poistoon tulisi huomioida valintoja tehtäessä, mutta käytännössä energiankulutus on usein hallitseva valintaperuste.

KTM:n suositusten mukaan sähkölaitteiden valinnassa tulee suosia laitteita, jotka kuluttavat keskimääräistä vähemmän energiaa toiminnassaan ja kytkeytyvät pois käytöstä käyttämättöminä tai kuluttavat hyvin vähän energiaa. Toimistolaitteita ja tietokoneita valittaessa tulee valita vähintään Energy Star -vaatimukset täyttäviä laitteita. Toimistolaitteet ja tietokoneet tulee vaatia toimitettavaksi energiansäästöominaisuudet valmiiksi toimintaan asetettuina tiedossa olevassa käyttöympäristössä. Laitteiden energiansäästöominaisuuksia ei saa poistaa käytöstä ilman erityistä syytä.

Televisioita, videonauhureita ja muita av-laitteita hankittaessa on suositeltavaa valita pienen lepo-tehonkulutuksen laitteita. Muiden laitteiden hankinnoissa kannattaa valita energiamerkintään saaneita laitteita, ja niiden kohdalla, joille on olemassa EU:n energiamerkintä, on suositeltavaa valita energiankulutusluokan A laitteita. (KTM 2000)

Tässä yhteydessä on syytä myös lyhyesti tuoda esille Motivan koordinoima energiakatselmustoiminta (Motiva 2005). Katselmuksissa ei tosin juurikaan analysoida toimistolaitteiden energiansäästömahdollisuuksia, vaan katselmuksissa keskitytään lähinnä ilmanvaihtoon, ilmastointiin ja lämmitykseen sekä kiinteään valaistukseen. Toimisto- ja palvelurakennuksille olennaisia energiakatselmusmalleja ovat seuraavat:

- **Kiinteistön energiakatsastus** on teollisuuden ja palvelualojen pienten rakennusten energiakatselmus, jonka kenttätyö ja tulostus keskittyvät kohteen säästömahdollisuuksien tarkasteluun.
- **Kiinteistön energiakatselmus** soveltuu taloteknisiltä järjestelmiltään tavanomaisen liike- ja palvelurakennuksen energiansäästömahdollisuuksien kartoitukseen. Sitä voidaan käyttää myös suuren tai tekniikaltaan monimutkaisen palvelualan rakennuksen (kuten sairaalan, suuren liikekeskuksen tai uimahallin) katselmusmenetelmänä. Kiinteistön energiakatselmusraportissa käsitellään kohteen energian ja veden käytön nykytilanne, kuvataan LVIS-järjestelmien toiminta ja käyttö sekä esitetään säästötoimenpiteitä perusteluineen, säästövaikutuksineen ja takaisinmaksuaikoineen.
- **Kiinteistön käyttöönottokatselmuksella** varmistetaan uuden tai peruskorjatun rakennuksen käyttöjakson alkuvaiheessa taloteknisten järjestelmien energiataloudellinen käyttö ja oikea toiminta sekä hyvät sisäolosuhteet. Mallia käytetään palvelu- ja teollisuussektorin kohteissa.
- Energiatohokkuuden jatkuvaan ylläpitoon ja parantamiseen on kehitetty ns. **Kiinteistön seurantakatselmus-malli**.

1.3. Aikaisempia tutkimuksia toimistolaitteiden energiansäästöasetuksista

Yhdysvalloissa on selvitetty useissa tutkimuksissa Energy Star -merkittyjen ja 'tavallisten' toimistolaitteiden sähkönkulutusta. Nordman ym. (1998) selvittivät kopiokoneiden energiansäästöasetusten käyttöä lukuisilla työpaikoilla (joissa yhteensä yli 350 kopiokoneetta) ja havaitsivat, että kolmasosa sekä Energy Star -merkityistä että tavallisista koneista oli yöaikaan normaalissa toimintavalmiustilassa. Loput tavalliset kopiokoneet olivat yleisimmin energiansäästötilassa, kun taas Energy star -koneet olivat yleisimmin kokonaan pois päältä niiden automaattisen katkaisutoiminnon vuoksi.

Vaikka monissa laitteissa automaattinen virrankatkaisu sammutti koneen yöksi, muita energiansäästämahdollisuuksia ei käytetty yleisesti. Vain kolme konetta meni energiansäästötilaan tai pois päältä työpäivän aikana. Monista Energy Star -koneista energiansäästöominaisuudet oli kokonaan kytketty pois toiminnasta. Asetuksia olivat muuttaneet koneiden myyjät ja huoltohenkilöstö, jotka eivät halunneet käyttäjien yhteydenottoja koneiden epätavallisen toiminnan takia. Käyttäjät eivät olleet useinkaan tietoisia energiansäästöominaisuuksien toiminnasta tai käytöstä. Satunnaisesti haastatelluista käyttäjistä 65 % tiesi, että kopiokone sammuttaa itsensä tietyn ajan käyttämättömyyden jälkeen.

Koko USA:n kopiokoneiden potentiaaliseksi sähkönkulutukseksi (eli siis ilman energiansäästötoimintoja) arvioitiin 7 900 GWh vuodessa. Sähköä arvioitiin säästyvän 570 GWh vuodessa Energy Star -kopiokoneissa yleisesti käytössä olevilla asetuksilla (ei siis 'parhailla' asetuksilla). Mikäli kaikki USA:n kopiokoneet toimisivat vastaavasti, säästö olisi 1 720 GWh vuodessa. Vielä huomattavasti suurempaan säästöön, eli 4 270 GWh vuodessa, päästäisiin, jos kaikki koneet käyttäisivät hyväkseen kaikkia Energy Star -säästömahdollisuuksia.

Kopiokoneiden sähkönkulutusta lähestyttiin edellä mainitussa tutkimuksessa useista eri suunnista:

1. Laitteiden ominaisuudet tutkittiin. Jokaiselle laitteelle tehtiin selvitys sen energiansäästöasetuksista, kaksipuolisuuskopiointiominaisuuden käytöstä ja laitteen asetusten muuttamisesta.

2. Öisin ja viikonloppuisin suoritettiin laitteiden toimintatilojen havainnointia katsomalla laitteen näytöstä sen tila. Lisäksi tarkastettiin laitteiden asetukset.
3. Yhdentoista kopiokoneen tehonkulutusta seurattiin kaksi viikkoa konetta kohti kestävän mittausjakson aikana. Mittauksissa käytettiin tehomittalaitetta, joka tallensi muistiin laitteen tehon 30 sekunnin välein. Kopiokoneiden asetukset pidettiin samoina, joihin ne olivat mittauksen alussa. Tuloksista kehitettiin menetelmä koneiden viikoittaisen päällä olon laskemiseksi, sekä vuosittaisen energiankulutuksen arvioimiseksi.
4. Tutkijat haastattelivat 56:ta kopiokoneen käyttäjää. Haastattelussa tiedusteltiin tunteeko käyttäjä kopiokoneensa energiansäästöominaisuudet. Lisäksi kysyttiin, onko hän tyytyväinen energiansäästöasetuksiin ja niiden aiheuttamiin viiveaikoihin. Myös parannus- ja muutosehdotuksia tiedusteltiin. Erityisesti tutkijat kiinnittivät huomiota käyttäjien mielipiteisiin energiansäästötoimintojen helppokäyttöisyydestä.
5. Kopiokoneiden energian kulutusta ja sen vähentämismahdollisuuksia Yhdysvalloissa arvioitiin laitekannan, keskimääräisten tehojen ja mittaustiedoista laskettujen keskimääräisten käyttöaikojen avulla.

Tietokoneiden ja monitorien yöaikaista energiankulutusta koskevan tutkimuksen lähtökohtana oli selvitys energiankulutuksen jakautumisesta suhteessa 25/75 työajan ja vapaa-ajan (yö ja viikonloppu) kesken (Nordman ym. 2000). Vähentämällä muun kuin työajan kulutusta voitaisiin parhaimmillaan puolittaa energiankulutus.

Tutkimuksessa käytettiin aineistona 1990-luvulla tehtyä 17:ää tutkimusta eri maissa. Näiden perusteella arvioitiin, että jonkinlaiset energiansäästöasetukset olivat toiminnassa 25 prosentissa tietokoneista ja 60 prosentissa näytöistä. Energy Star -tietokoneista 35 prosentissa ja näytöistä 65 prosentissa oli energiansäästöasetuksia käytössä. Yön ajaksi sammutettiin tai sammui automaattisesti 65 % sekä tietokoneista että näytöistä. Lisäksi energiansäästötilassa oli yön aikana 10 % tietokoneista ja 20 % näytöistä. Yön aikana täydessä toimintavalmiudessa oleviksi arvioitiin 25 % tietokoneista ja 10 % näytöistä. Erityistä huomiota kiinnitettiin yleisesti käytössä olleeseen Windows NT-käyttäjärjestelmään, joka esti energiansäästöasetusten käytön. Ratkaisuna esitettiin erillisten, tarkoitusta varten tehtyjen ohjelmien käyttöä, mutta samalla todettiin niiden käytön olevan hyvin harvinaista.

USA:n kaikkien toimisto- ja tietoverkkolaitteiden sähkönkulutuksen on arvioitu vuonna 1999 olleen 74 000 GWh, eli 2 % koko maan sähkönkulutuksesta (Kawamoto ym. 2001). Ilman energiansäästöasetuksia kulutus olisi ollut 23 000 GWh suurempi. Jos kaikissa laitteissa olisi energiansäästötoiminnot ja nämä olisi asetettu toimimaan, sähkönkulutusta saataisiin vielä vähemmän 17 000 GWh. Lisäksi sammuttamalla iltaisin kaikki laitteet, joita ei tarvitse pitää päällä yöllä, säästettäisiin vuodessa edelleen lisää 7 000 GWh.

Suomessa Työtehoseura ja VTT tekivät vuonna 2002 tutkimuksen "Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen" (Korhonen ym. 2002). Tutkimuksessa selvitettiin mahdollisuuksia energiansäästöön toimistoissa ja kotitalouksissa vaihtamalla laitteita energiatehokkaammiksi ja ottamalla käyttöön energiaa säästäviä käyttötapoja.

Tutkimuksen toimistolaitteita käsittelevässä luvussa esiteltiin erilaisten laitteiden energiankulutusta ja laskettiin laitteiden energiansäästöasetuksilla saavutettava säästö. Kopiokoneet oli otettu esimerkkilaiteryhmäksi. Niistä esiteltiin Energy Star -merkinnällä varustettujen koneiden energiansäästömahdollisuuksia tavallisiin koneisiin verrattuna. Kopiokoneet luokiteltiin niiden kopiointinopeuden mukaan, joka vaikuttaa suoraan koneiden energiankulutukseen. Tutkimuk-

nessa mitattiin erään kopiokoneen kuormituskäyrä NIALM (NIALM, Non Intrusive Appliance Load Monitoring) -menetelmää käyttäen.

Muiden toimistolaitteiden energiankulutuksia eri tiloissa arvioitiin erilaisten lähteiden pohjalta. Toimistolaitteiden eli henkilökohtaisten tietokoneiden ja palvelimien, kopiokoneiden ja tulostimien vuosittaiseksi sähkönkulutukseksi Suomessa arvioitiin 719 GWh. Energian säästöpotentiaali vuoden 2000 laitekannalla oli 251 GWh vuodessa. Tutkimuksessa selvitettiin myös, millaisia laitteita tulevaisuudessa kannattaa valita toimistoon. Esimerkiksi energiatehokkuuden kannalta katsottuna tavalliset tietokoneet kannattaisi korvata kannettavilla tietokoneilla.

Tulevaisuudessa koko tietokonelaitteistokanta tietysti uusiutuu. Pöytä tietokoneiden CRT-näytöt (CRT, Catode Ray Tube) tulevat korvautumaan TFT-näyttöillä (TFT, Thin Film Transistor) ja näyttöjen koko tulee kasvamaan, vaikka energiankulutus vähenee uuden teknologian myötä. Kannettavien tietokoneiden käyttö yleistyy, kun niiden hinnat laskevat pöytä koneiden tasolle. Kopiokoneissa yleistyvät monitoimilaitteet, joissa kopiokone, tulostin ja telekopiolaite ovat samassa laitteessa. Näin saadaan valmiustilojen energiankulutusta pienennettyä laitemäärien pienentyessä. Toisaalta monitoimilaitetta, jossa on telefaksi, ei voi sulkea kokonaan yöksi.

SYKEssä on mitattu atk-laitteiden sähkönkulutusta kesän ja syksyn 2002 aikana pienellä liitäntäjohdon ja pistorasian välille liitettävällä energianmittauslaitteella. Mittauksien tarkoituksena oli selvittää yleisellä tasolla pc-tietokoneiden, tulostimien sekä kopiokoneiden sähkönkulutusta ja tehontarvetta. Otos oli pieni eikä tuloksia yleistetty koko SYKEN tasolle. Mittausten perusteella havaittiin, että TFT-näytöllä (litteä näyttö) sähkönkulutus on 45 % pienempi CRT-näyttöön verrattuna, ja että näytönsäästäjät eivät vaikuta juuri lainkaan sähkönkulutukseen. Sen sijaan sähkönkulutus nousee, jos näytönsäästäjäksi oli asennettu kuva tai animaatio. Lisäksi havaittiin, että kannettava kone kuluttaa huomattavan vähän sähköä ja tietokoneet kuluttavat sähköä myös niiden ollessa täysin sammutettuna (sekä näyttö että keskusyksikkö). TFT-näytön sammuttaminen arvioitiin vähentävän koko yhdistelmän sähkönkulutusta noin 30 % ja CRT-näytön sammuttaminen peräti 60 %. Selvityksessä todettiin, että kopiokoneissa kokonaisenergiankulutuksen kannalta oleellisinta on kiinnittää huomio valmiustilan, energiansäästötilan ja lepotilan aikaisiin kulutusarvoihin, ei niinkään kopioinnin aikana kuluvan sähkön määrään.

1.4 Työn tarkoitus ja tavoitteet

Hankkeen tarkoituksena oli selvittää SYKEN toimisto- ja atk-laitteiden energiankulutus ja mahdollisuudet niiden energiatehokkuuden parantamiseen sekä lisätä laitteiden energiatehokkuutta parantavien toimien tunnettavuutta julkisen ja yksityisen sektorin työpaikoilla.

Tavoitteina oli:

- selvittää SYKEN toimisto- ja atk-laitteiden sähkönkulutus ja niiden merkitys koko rakennuksen sähkönkulutuksessa,
- selvittää mahdollisuudet parantaa laitteiden käytön energiatehokkuutta virransäästötiloilla ja muilla sähkönkulutukseen vaikuttavilla keinoilla,
- säätää laitteiden virransäästöominaisuudet ja ohjeistaa laitteiden käyttö niin, että laitteiden energiatehokkuus on mahdollisimman korkea mutta energiansäästötilat eivät häiritse kohtuuttomasti työtä, sekä
- tiedottaa julkisen ja yksityisen sektorin työpaikoille mittaushankkeesta sekä toimisto- ja atk-laitteiden energiatehokkuuden tehostamismahdollisuuksista.

2

Aineisto ja menetelmät

2.1 Mittausjärjestelyt SYKEssä

Mittaukset Suomen ympäristökeskuksen toimistorakennuksessa Helsingissä aloitettiin 21.5.2003. Suomen ympäristökeskuksen toimitalo on vuonna 1968 rakennettu entinen Yleisradion toimitila. Rakennus on kunnostettu ympäristökeskuksen käyttöön vuonna 1994, jolloin myös rakennuksen sähköverkkoa on vahvennettu ja uusittu. Rakennus on varustettu omalla 20 kV jakelumuuntajalla, tehoaan 800 kVA. Muuntaja on alkuperäinen rakennukseen asennettu. Vuonna 2000 rakennukseen on asennettu estokela-tyyppinen loistehon kompensointiparisto. Rakennuksessa on myös oma 70 kVA:n varavoimageneraattori. Talon pinta-ala on 17 000 m², josta 85 % on toimistokäytössä. Rakennuksessa työskentelee noin 550 henkilöä. (Toikka, Vänni. 2003)

Mitattavaksi valittiin seuraavia tavallisia toimiston sähkölaitteita: tietokoneet, väri- ja mustavalkokopiokoneet, telekopiolaitteet ja tulostimet. Rakennuksen ATK-keskuksen palvelinkonehuoneen tehonkulutusta ei mitattu, sillä sen keskimääräinen energiankulutus oli selvitetty kiinteistössä tehdyn energiakatselmuksen yhteydessä. Mitattavia laitteita valittiin yhteensä 37 kappaletta (taulukko 1).

Taulukko 1. Toimistolaitemittauksessa mitattavien laitteiden lukumäärät laitetyypin mukaan jaoteltuna.

Laitetyyppi	Mitattava määrä(kpl)
Kopiokone	7
Värikopiokone	1
Tulostin	9
Telekopiolaite	5
Tietokoneen keskusyksikkö	8
TFT - näyttö	2
Kuvaputkinäyttö	4
Kannettava tietokone ja TFT - näyttö	1

Vaativuutena kaikille mitattaville laitteille oli, että laite on normaalissa käytössä, ja että mitatut laitteet vastaisivat SYKEN laitekantaa. Normaalin käyttörytmin johdosta kopiokoneita ei mitattu kesälomakaudella, vaan tällöin keskityttiin mittaamaan työssä olevien tietokoneita. Tämä rajoitti mitattavien tietokoneiden valintaa siinä määrin, että mitatut koneet eivät täysin vastanneet SYKEN vuoden 2003 laitekantaa (taulukot 2 ja 3). Tietokoneita mitattiin lisää vielä marras- ja joulukuussa. Mitatut kopiokoneet vastasivat hyvin SYKEN vuoden 2003 olevaa laitekantaa (taulukko 4). Vain neljän SYKEssä käytössä olevan eri mallisen kopiokoneen sähkönkulutusta ei mitattu.

Taulukko 2. Mitattujen tietokoneiden ominaisuudet.

Suorittimen nopeus (MHz)	Keskusyksikön merkki ja malli	Näytön merkki ja malli
166	Morse Challenger	
600	Dell Optiplex gx110	Hitachi cm715 19"
800	Morse Challenger	Hitachi cm715 19"
1000	Fujitsu Siemens Lifebook	LG 757ml 19" tft
1600	Osborne pro	Samsung syncmaster 757 dfx 17"
1600	Morse Challenger	
2000	Fujitsu Scenic	Fujitsu 17"
2500	Dell Optiplex gx260	Dell Ultra Sharp 19" tft

Taulukko 3. Arvio mitattujen ja ei-mitattujen tietokoneiden osuudesta prosessitehon (MHz) mukaan SYKE:n vuoden 2003 laitekannasta.

Mitatut /ei-mitatut (MHz)	Osuus (%) kokonaismäärästä
166	0,2
kaikki alle 600	32,9
600	4,6
700-800	5,0
800	5,1
900-1000	9,5
1200-1400	5,0
1400-1600	1,6
1600	6,1
1700	3,4
1800	4,0
2000	4,8
2200-2400	8,0
yli 2400	8,3
1000 (Laptop)	1,6
Summa	100

Taulukko 4. Mitatut kopiokoneimerkit ja -mallit.

Koneen merkki ja malli	Koneiden lukumäärä SYKE:ssä
Toshiba 2060	1
Toshiba 5560	3
Toshiba 210c (värikopiokone)	1
Canon GP-450	4
Canon iR8500	1
Canon NP6085	1
Canon iR5000	2
Canon iR6000	1
Muut koneet, joita ei mitattu	4

2.2 Tutkimusmenetelmä

Mittausmenetelmänä käytettiin NIALM-mittausmenetelmää, ja mittauksissa käytettiin liitteessä 3 tarkemmin esitettyä VTT:n ja MX Electrix Oy:n valmistamaa mittauslaitteistoa. Mittalaitteella mitattiin neljän ensimmäisen mittausviikon aikana seuraavia suureita:

- virta U , jännite I ja pätöteho P
- loisteho Q , näennäisteho S ja tehokerroin PF
- kokonaisharmoninen särö $THD - F \%$
- tasajännitekomponentin osuus kokonaisjännitteestä $U_{dc} \%$
- perusaallon loisteho $Q1/var$.

Hetkellisarvojen mittausaikana (ts. keskiarvoistamisaikana) käytettiin 1 ja 10 minuutin jaksoa. Yksi hetkellisarvo saadaan laskemalla valitun ajanjakson ajalta keskiarvo (tehosuureet) tai tehollisarvo (jännitesuureet) mittalaitteen kerran 100 millisekunnissa lähettämistä mittaustiedoista. Hetkellisarvot antavat tehotiedostoon tallennettavia 15 minuutin keskiarvoja tarkempia tietoja laitteiden toiminnasta, mahdollistaen tallennusvälin 100 ms - 3 h. Hetkellisarvoilla ja tehomuutosarvoilla on erilaiset tallennuskriteerit. Hetkellisarvot tallennetaan aina valitun ajan tehollis- tai keskiarvona, mutta tehomuutostieto tallentuu vain kun tehomuutoksen arvo ylittää annetut pätö- tai loistehorajat.

Viidennellä mittausviikolla todettiin sähkönlaatuun liittyvää mittausaineistoa olevan riittävästi. Tämän seurauksena jätettiin sähkönlaatuun liittyvät suuret mittaamatta ja lyhennettiin hetkellisarvojen mittausaika 10 minuutista 1 minuuttiin. Mittauksessa tallennettiin vain mittausohjelmaan kiinteästi ohjelmoidut seuraavat suureet:

- virta I
- jännite U
- teho P
- kokonaisloisteho Q
- perusaallon loisteho $Q1/var$.

Kaikissa mittauksissa tallennettiin tehomuutokset ja hetkellisarvot. Mittauslaitteiston mittausepä-tarkkuus on yksi prosentti mittalaitteen lukemasta. Mittalaitte ei mittaa ollenkaan virran arvoja alle 10 mA. Tutkimuksessa mittaustarkkuus ei kuitenkaan ole erityisen merkittävä, sillä tuloksille ei lasketa, niiden luonteesta johtuen, virherajoja.

Mitattavaksi valittiin laitteiden käyttötilastojen mukaan eniten käytettyjä laitteita. Tietokoneista valittiin eri-ikäisiä ja -mallisia laitteita. Tietokoneiden vapaata valintaa mittauksista varten rajoitti kuitenkin mittausajankohdan sattuminen kesälomakaudelle ja vaatimus tietokoneen käyttäjän normaalista työskentelystä.

Jokaisen laitteen mittaukset pyrittiin toteuttamaan niin, että laitteen pääasiälliset käyttäjät työskentelivät normaalisti. Tietokoneiden mittauksiin pyrittiin valitsemaan laitteita ja käyttäjiä, jotka olivat mittausjakson ajan normaalisti työssä. Toimiston hiljaisimpaan kesäaikaan ei esimerkiksi toteutettu kopiokoneiden mittauksia, vaan silloin toteutettiin tietokoneiden mittaukset.

Mittaukset suoritettiin samanlaisina kahteen kertaan viikon mittausjaksoissa, joista ensimmäinen mittauskierros ajoittui keväälle ja kesälle 2003 ja toinen syksyyn 2003. Ensimmäisellä mittausviikolla mitattuja tietokoneita ja näyttöjä ei mitattu uudelleen, sillä niissä ei ollut mahdollista ottaa energiansäästötiloja käyttöön NT-käyttäjärjestelmän vuoksi. Toisella mittauskierroksella marraskuussa mitattiin testausmielessä kaksi tietokonetta, joihin oli asennettu käyttäjärjestelmä, joka mahdollisti energiansäästötilojen käytön.

Talossa työskenteleville ei erikseen tiedotettu mittauksien alkamisesta, mutta laitteita asennettaessa kysymään tulleille henkilöille kerrottiin kyseessä olevan laitteiden sähkönkulutusmittaus. Tietokoneen käyttäjille sen sijaan kerrottiin, min-kälaisia mittauksia heidän koneelleen tehdään, jotta voitiin varmistua mittauksen onnistumisesta. Mittalaitteet pyrittiin mahdollisuuksien mukaan kätkemään niin, etteivät ne olleet suoranaisesti toimistokojeiden käyttäjien nähtävissä.

Toimintojen asetukset otettiin talteen ensimmäisen mittausviikon jälkeen niistä laitteista, joissa oli ohjelmoitavia energiansäästötoimintoja. Laitteiden asetukset vaihdettiin energiansäästön kannalta parempiin ennen toista mittauskertaa. Laitteiden asetusten vaikutusta käytettävyyteen ei etukäteen tiedusteltu käyttäjiltä, vaan energiansäästöasetukset vaihdettiin tutkimusryhmän päätösten perusteella.

Energiansäästötoimintoja ei asetettu kaikkein pienimmän energiankulutuksen takaaviin asetuksiin, vaan sellaisiin, joiden ei katsottu kohtuuttomasti haittaavan laitteiden käyttöä. Asetuksilla pyrittiin siihen, että kopiokoneet eivät sammuisi työpäivän aikana, koska niiden lämpiämisaika kopiointivalmiuteen on tällöin pitkä. Sen sijaan koneiden olisi tarkoitus mennä käyttämättöminä nopeasti sellaiseen energiansäästötilaan, josta palautuminen kopiointivalmiuteen tapahtuu nopeasti.

Mittausten aikana selvitettiin joistakin suuritehoisista kopiokoneista niiden pienin mahdollinen energiankulutus käyttäen pientä laitteen liitäntäjohdon ja pistorasian välille liitettävää energianmittauslaitetta (EKM 265). Yhdestä kopiokoneesta selvitettiin pienen mittalaitteen avulla asetusten vaikutusta koneen energiankulutukseen, sillä kaikkia asetuksia ja niiden vaikutuksia ei oltu ollenkaan dokumentoitu käyttöoppaisiin.

Kopiokoneiden energiasäästöasetuksista tehtiin myös sähköinen käyttäjäkysely intranetin kautta. Kyselyn alussa kuvattiin kopiokoneiden eri energiansäästötilat, miten ja milloin kopiokone menee tiettyihin energiansäästötiloihin ja kuinka kauan kestää, kun kone on jälleen kopiointivalmiudessa. Käyttäjiltä kysyttiin mielipiteitä siitä, milloin laite voi mennä tiettyihin energiansäästötiloihin ja kuinka nopeasti koneen tulisi olla jälleen kopiointivalmiudessa.

Mittaukset suoritettiin aina samalla tavalla seuraavassa järjestyksessä:

1. Mittalaitteet kytkettiin mitattaviin laitteisiin ja tietokone yhdistettiin mittalaitteeseen.
2. Mittausohjelmaan syötettiin tiedot mitattavista laitteista ja asetettiin laite mittaamaan halutut suureet.
3. Mittausohjelma ja tietojen tallennus käynnistettiin. Sen jälkeen laitteisto kätettiin mahdollisuuksien mukaan.
4. Tulostukseen pystyvistä laitteista kirjattiin niiden tulostusmäärät ennen mittausta.
5. Energiansäästötoimintojen asetukset kirjattiin kaikista laitteista, joista sellaisia löydettiin joko laitteesta etsimällä tai käyttöohjeen avulla.
6. Mittauksen loputtua (vähintään 168 tunnin kuluttua) mittaus tulostiedostot siirrettiin cd-levylle.
7. Tulostukseen pystyvien laitteiden tulostusmäärät kirjattiin mittauksen loputtua.
8. Laitteisto purettiin kohteesta.
9. Toisen mittauskerran loputtua tarkastettiin, olivatko uudet energiansäästöasetukset pysyneet mittauksen alussa asetetuissa arvoissaan.

Mittaussuunnitelma on esitetty liitteessä yksi.

2.3. Kopiokoneiden energiansäästöasetuksien määritelmiä

Kopiokoneiden energiansäästöasetukset vaihtelivat konemerkeittäin ja -malleittain sekä teknisesti että myös sähkönkulutuksen osalta. Tutkittavien kopiokoneiden osalta löydettiin seuraavia energiaa säästäviä tiloja (kuva 7):

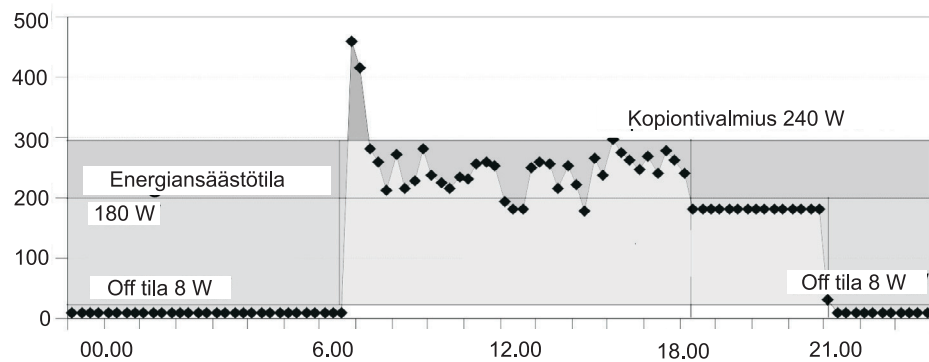
P0 = off-mode (off-tila virtakytkimen katkaisun jälkeen)

P1 = auto-off (off-tila automaattisammutuksen jälkeen, kellonkytkin)

P2 = low-power mode (valmiustila)

P3 = energy-saver mode (energiansäästötila)

P4 = stand-by (toimintavalmiustila) ja active power mode (toimintatila, kopiointitila)



Kuva 7. Kopiokoneesta mittausten (15 minuutin keskitehot, W) analysoinnin perusteella löydetty eri energiaa säästävät tilat (tummanharmaat alueet).

Energiaa säästävät tilat määritellään tässä selvityksessä mittausten perusteella seuraavasti:

Off-mode

Laite menee Off-mode-tilaan, kun se sammutetaan virtakytkimestä. Sähköä kuluu kuitenkin edelleen vähän. Päälle panemisen jälkeen laite lämpenee käyttövalmiuteen konetyypistä riippuen noin neljässä - kuudessa minuutissa.

Auto-off

Auto-off tarkoittaa, että laite sammuu tiettyyn kellonaikaan kokonaan. Myös tällöin laite kuluttaa edelleen vähän sähköä, (P) = 4 - 65 W. Laite lämpenee käyttövalmiuteen konetyypistä riippuen noin neljässä - kuudessa minuutissa.

Low-power mode

Kopiokone menee asetetun ajan jälkeen valmiustilaan, jossa sen sähkönkulutus laskee selvästi alemmalle tasolle kuin toimintavalmiudessa (ks. kohta Active Power mode). Tästä tilasta kone lämpenee toimintavalmiuteen konetyypistä riippuen 2 - 4 minuutissa. Tilan teho vaihtelee normaaleissa kopiokoneissa 4 - 65 W. Värikopiokoneessa teho (P) > 100 W.

Energy-Saver mode

Energiansäästötilassa laite menee asetetun ajan jälkeen tilaan, jossa sen sähkönkulutus on hieman alempaa kuin toimintavalmiudessa oleva laite. Tästä tilasta laite lämpenee käyttövalmiuteen koneityypistä riippuen muutamasta sekunnista yhteen minuuttiin. Energiansäästötilan teho vaihtelee koneityypeittäin. Usein teho (P) = 65 - 180 W.

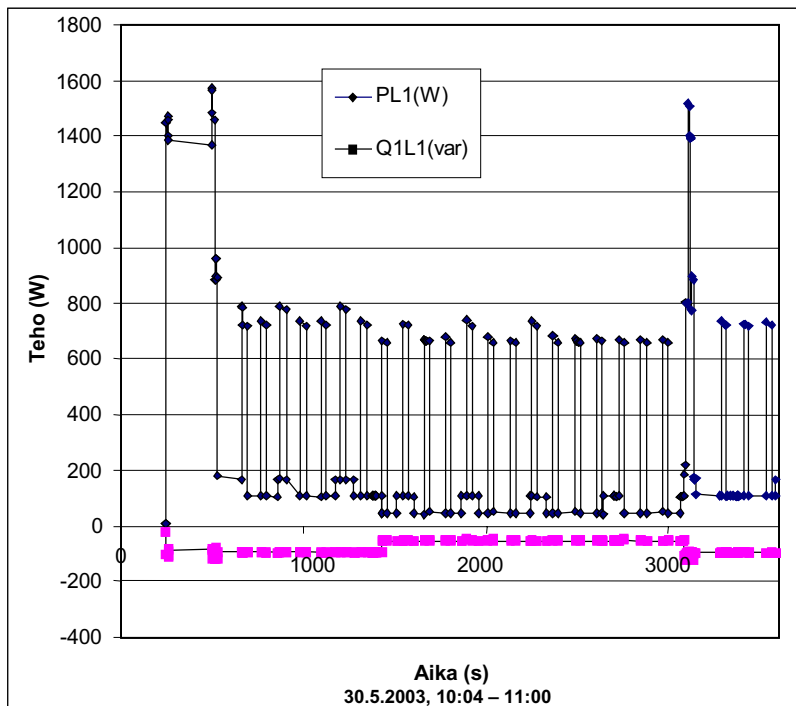
Stand-by ja Active Power mode

Laite on normaalissa toimintavalmiudessa tai toiminnassa. Teho vaihtelee koneityypeittäin. Usein teho (P) > 225 W.

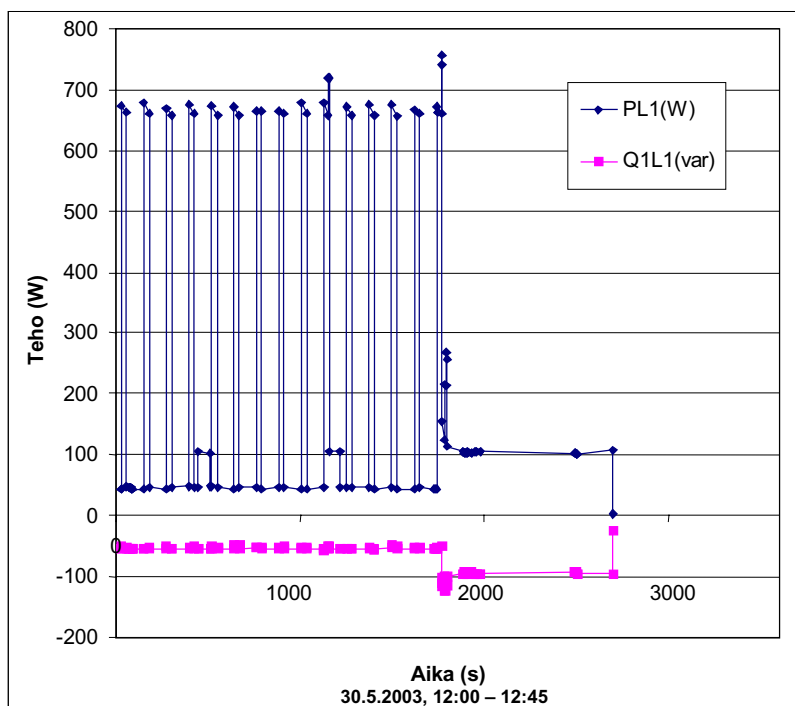
2.4 Viiveaikojen, tehojen ja sähkönkulutuksen laskeminen

Energiansäästötilojen viiveet laskettiin tehomuutosarvoista graafisia esityksiä (kuvat 8 ja 9) piirtävän Excel-makro-ohjelman avulla. Viive lasketaan makro-ohjelman tulossivun aikakoordinaattien erotuksena. Samalla voidaan tarkistaa energiansäästötilan teho tehokoordinaateista. Laskentaa varten valitaan välittömästi edellistä kopiointia edustavaa suurta tehopistettä seuraava piste sekä viimeinen piste ennen alemmalle tehotasolle siirtymistä. Näiden pisteiden erotuksena saadaan viive.

Useimmiten viive kannattaa laskea useammasta kuvasta, sillä ennalta tuntemattoman laitteen tehomuutosarvoista on vaikea tunnistaa eri toimintatiloja luotettavasti. Energiansäästötilojen viiveitä ei esitetä tuloksissa, sillä kaikissa laitteissa mitatut ja asetetut viiveet olivat kymmenien sekuntien tarkkuudella samat.



Kuva 8. Kopiokoneen viive energiansäästötilaan siirtymisessä. Viiveaika alkaa kuvan oikeassa laidassa olevan kopiointia edustavan piikin jälkeen.



Kuva 9. Kopiokoneen viive energiansäästötilaan siirtymisessä. Viiveaika loppuu kuvan oikeassa laidassa, kun tehopisteiden arvot tippuvat alle 300 W. Kone siirtyy energiansäästötilaan.

```
# L1 canonfax l300, L2 kopiokone canon ir8500, L3 tulostin hp5000n
# start      14.8.2003  10:20:39
# PVM      Kello      PL1(W)  PL2(W)  PL3(W)  QL1(var)  QL2(var)
# Data 15 min. keskiarvot
14.8.2003  10:35:39      15     418     82      -12      -96
14.8.2003  10:50:39       7     408     23      -11      -92
14.8.2003  11:05:39       7     387     71      -11      -91
14.8.2003  11:20:39       7     395    127      -11      -91
14.8.2003  11:35:39       7     394     30      -11      -92
14.8.2003  11:50:39       7     393     36      -11      -91
14.8.2003  12:05:39       7     392     40      -11      -91
14.8.2003  12:20:39       7     387     31      -11      -91
14.8.2003  12:35:39       7     383     60      -11      -91
14.8.2003  12:50:39       7     389     32      -11      -92
14.8.2003  13:05:39       7     392     26      -11      -91
14.8.2003  13:20:39       7     392     60      -11      -91
14.8.2003  13:35:39       7     459     36      -11      -93
14.8.2003  13:50:39       7     457     82      -11      -96
14.8.2003  14:05:39       7     466     76      -11      -94
14.8.2003  14:20:39       7     539     21      -11      -94
14.8.2003  14:35:39       7     438     31      -11      -95
14.8.2003  14:50:39       7     446     44      -11      -98
```

Kuva 10. Ote mittalaitteen tuottamasta mittaustiedostosta.

Laitteiden energiankulutus laskettiin 15 minuutin keskiarvotehoista. Tehot jaettiin mittaustiedoston (kuva 10) kellonajan mukaan päivälle ja yölle ja saaduista joukoista laskettiin energiankulutus kummallakin jaksolla. Samalla tavalla jaettiin tehot tulostusvalmiuden ja tulostuksen sekä lepotilojen välillä.

Tehot laitteiden eri tiloissa laskettiin VTT:ssä kehitetyllä ohjelmalla, jolla mitauslukemia voidaan helposti jaotella eri joukkoihin. Laitteiden tulostus-, valmius- ja lepotilojen tehorajat asetettiin hetkellisarvoista ja käyttöohjeista saatujen toimintatilojen tehorojojen mukaan. VTT:ssä tehtiin myös arvioita eri laitteille sopivista tehorojoista parhaiten todellisuutta kuvaavien tulosten saamiseksi.

Energiat eri toimintatiloille laskettiin seuraavasti mittaustietojen keskiarvoina kaavasta:

$$E = \sum_{i=1}^n P_i \cdot \sum_{i=1}^n T_i$$

Jossa:

- E sähkönkulutus kilowattitunteina
- P_i yksi 15 minuutin keskiarvoteholukema
- T_i yksi 15 minuutin ajanjakso
- n 15 minuutin keskiarvojen lukumäärä mittaustiedostossa.

Ennen laskentaa mittaustiedot luokiteltiin eri toimintatilojen mukaisiin ryhmiin, kuten edellä on esitetty. Osassa laitteita sähkönkulutus laskettiin myös minuutin hetkellisarvo tehoista, jolloin saatiin eräissä tapauksissa tarkempia tuloksia vertailukäyttöön.

3

Tulokset ja niiden tarkastelu

Tuloksissa esitetään tiedot mittausten aikana selvinneistä laitteiden eri energiansäästöasetuksista ja mitatut energiankulutustiedot molemmilta mittausviikoilta. Tulokset esitetään laiteryhmittäin taulukoiden ja kommenttien avulla.

3.1 Laitteiden energiansäästöasetukset

Kopiokoneiden energiansäästöasetuksia tutkittaessa paljastui, ettei valmistajilla ole yhtenäisiä käytäntöjä energiasäästötilojen tehojen ilmoittamisessa tai energiasäästötilojen nimeämisessä. Pääasiallisena käytäntönä näyttäisi olevan, että kopiokoneesta julkaistaan lähinnä pakolliset sähkötekniiset tiedot ja tieto siitä, onko laite saanut jonkin kansainvälisen energiamerkin käyttöoikeuden (TCO tms.). Taulukkoon 5. on kerätty tiedot mitattujen kopiokoneiden tehoista eri tiloissa sekä heräämisajat toimintavalmiustilaan. Taulukosta näkyvät myös viiveasetukset kahdelle eri mittausviikolle.

Tulostinten kohdalla vertailua eri laitteiden välillä ei tehty, sillä tutkimuksessa oli vain yhden valmistajan tulostimia. Tulostimien valmistaja oli kuitenkin dokumentoinut laitteidensa energiansäästöasetukset hyvin.

Telekopiolaitteiden tiedot saatiin osittain käyttöohjeista ja osittain valmistajilta tiedustelemalla. Tietokoneiden energiansäästöasetusten selvittäminen oli hyvin vaikeaa, sillä kaikkiin tietokoneisiin ei ollut edes saatavilla käyttöohjetta. Selvitystyötä hankaloitti myös tietokonemallien suuri joukko sekä vaikeasti selvitetävät mallimerkinnot. Kaikkiin tutkimuksessa mitattuihin laitteisiin ei saatu ollenkaan valmistajan selvitystä energiansäästötilojen sähkönkulutuksesta, vaikka asiaa tiedusteltiin kaikilta niiltä valmistajilta, joiden käyttöohjeissa ei ollut kerrottu vääditettyjä tietoja.

Kopiokoneiden ajastinkellojen tarkoituksena on sammuttaa kone haluttuun aikaan haluttuna viikonpäivänä. Toteutustavat kellon toiminnalle olivat kummallakin tutkimuksessa olleella konemerkillä erilaiset. Canonin kopiokoneissa ajastin sammuttaa koneen tiettyyn aikaan, mutta jos koneella tehdään tämän jälkeen kopioita, se ei sammu enää samana päivänä. Toshiba kopiokoneissa on ajastin, jolla asetetaan koneen sammumis- ja käynnistymisaika. Kopiokone sammuu määrätyn ajan kuluttua viimeisestä kopioinnista, kunnes kellokytkin taas käynnistää koneen kopiointivalmiuteen.

Kopiokoneiden automaattisammutus ei kuitenkaan nimestään huolimatta ole varsinainen sammutustoiminto, sillä jokainen kone vie jonkin verran sähköä automaattisammutustilassaan (taulukko 6). Mitä vanhempi laite on kyseessä, sitä enemmän sähköä kuluu erilaisten valmiustoimintojen ylläpitoon. Kopiokoneista saadaan täysin sähköä kuluttamattomia vain irrottamalla kone sähköverkosta. Osassa laitteita ei ole ollenkaan mekaanista käyttökytkintä ja osa käyttökytkimellä varustetuista laitteista ottaa jonkin verran tehoa myös ollessaan pois kytkettyinä.

Taulukko 5. Kopiokoneiden mitatut tehot eri energiaa säästävissä tiloissa, käyttöohjeen mukaiset heräämis- eli lämpenemisajat ja asetetut viiveajat energiansäästötiloihin menemiselle mittausviikkojen aikana.

	Kopiokoneen merkki ja malli							
	Toshiba 2060	Toshiba 5560	Toshiba 210c	Canon gp405	Canon np6085	Canon ir5000	Canon ir6000	Canon ir8500
Energiansäästötila								
Teho (W)	-	69	165	65	12	171	171	171
Heräämisaika (s)	80	-	60	81	-	-	-	-
Viiveasetus viikko 1 (min)	-	120	60	120	240	40	15	180
Viiveasetus viikko 2 (min)	-	90	15	30	10	10	10	10
Valmiustila								
Teho (W)	-	-	135	-	12	4	4	4
Heräämisaika (s)	80	-	120	-	360	360	360	360
Viiveasetus viikko 1 (min)	-	-	-	-	240	120	240	240
Viiveasetus viikko 2 (min)	-	-	90	-	90	90	30	90
Off-tila automaattisammutuksen jälkeen								
Teho (W)	-	57	119	65	12	4	4	4
Kellonaika viikko 1	-	-	-	-	-	-	-	-
Kellonaika viikko 2	-	2100 - 0600	2100 - 0600	1900 -	1900 -	2100 -	2100 -	1900 -
Tulostusnopeus A4-kopiota/min (väri, mv= mustavalkokopio)								
			22 väri/ 33 mv					
	20	55	40	90	50	60 mv	85	

Taulukko 6. Kopiokoneiden mitatut ja käyttöohjeen mukaiset tehot. Käyttöohjeen mukainen teho sisältää myös valmistajalta tiedustelemalla saadut tiedot.

	Kopiokoneen merkki ja malli							
	Toshiba 2060	Toshiba 5560	Toshiba 210c	Canon gp405	Canon np6085	Canon ir5000	Canon ir6000	Canon ir8500
Energiansäästötila								
Mitattu	-	69	165	65	12	171	171	171
Käyttöohjeen mukaan	-	-	195	69	-	-	-	-
Valmiustila								
Mitattu	-	-	-	-	-	4	4	4
Käyttöohjeen mukaan	-	-	-	-	-	-	-	-
Off-tila automaattisammutuksen jälkeen								
Mitattu	-	57	119	65	12	4	4	4
Käyttöohjeen mukaan	-	-	135	-	-	-	-	-

Taulukoissa 5 ja 6 esitettyjen energiansäästöasetusten lisäksi useimmissa kopio-koneissa oli käyttäjän kytkettävissä olevia energiansäästöasetuksia. Energiansäästön käyttöön kytkeminen tapahtuu kaikissa laitteissa erillisestä painikkeesta. Valikosta voidaan valita painikkeen toiminta. Käsien kytkettävä energiansäästö alentaa kaikissa koneissa kopiovärin kiinnitysyksikön lämpötilaa valitun prosenttiluvun mukaisesti. Lämpötilan aleneminen vaikuttaa suoraan koneen sähkönkulutukseen ja samalla lämpenemisaikaan kopiointia varten.

Tulostimissa ja telekopiolaitteissa mitatut ja valmistajien ilmoittamat tehot olivat muutaman watin tarkkuudella samat, joten niitä ei erikseen taulukoida. Laitteiden eri tilojen tehot saatiin selville lähes kaikista laitteista. Toshiba telekopiolaitteessa on aiemmin mainitun energiansäästön (taulukko 7) lisäksi myös toinen energiansäästötila, jossa kone kuluttaa tehoa 17 W. Laitteessa oli ensimmäisellä mittauskierröksellä käytössä vain suuremman tehonkulutuksen energiansäästötila.

Taulukko 7. Tulostimien ja telekopiolaitteiden energiansäästötilat ja niihin menemisen viiveajat mittausviikkojen aikana.

	Tulostimen merkki ja malli			
	HP 4100	HP 4050	HP 5000	HP 1100
Energiansäästötila				
Teho (W)	18	17	19	6
Viiveasetus viikko 1 (min)	60	60	60	-
Viiveasetus viikko 2 (min)	15	15	15	-
	Tulostusnopeus A4-kopiota/min			
	24	16	16	8

	Telekopiolaitteen merkki ja malli			
	HP 4600	Canonfax L900	Toshiba DPI20F	Canonfax L300
Energiansäästötila				
Teho (W)	30	2	2	7
Viiveasetus viikko 1 (min)	60	3	-	-
Viiveasetus viikko 2 (min)	1	3	1	-

3.2 Laitteiden sähkönkulutus

Yleisesti eri laitteiden sähkönkulutus laski toisella mittausviikolla tehokkaampien energiansäästöasetusten käyttöönoton johdosta. Suurin energiansäästö saadaan mittausten perusteella kopiokoneilla (taulukko 8), vaikka suhteellisesti suurimmat muutokset ovat telekopiokoneilla. Energiansäästömahdollisuudet ovat kuitenkin suurimmat tietokoneilla silloin, kun niiden osuus toimistolaitteista on suuri.

3.2.1 Kopiokoneet

SYKessä oli mittausajanjaksolla käytössä 18 kopiokonetta, joista osa oli Canonin ja osa Toshiba valmistamia. Mitattuja kopiokoneita oli yhteensä kahdeksan, joista yksi oli värikopiokone. Mitatut kopiokoneet edustivat hyvin SYKEN käytössä olevia kopiokoneita, ja mittausten perusteella voidaan laskea kopiokoneiden kuluttama sähkö ja sen osuus SYKEN koko sähkönkulutuksesta sekä sähkönsäästömahdollisuudet luotettavasti. Kopiokoneilla on keskimäärin 42 käyttäjää / kopiokone.

Taulukko 8. Kopiokoneiden, tulostimien ja telekopiokoneiden energiankulutus mittausviikoilla 1 ja 2.

	Sähkönkulutus (kWh) mittausviikko 1	Tulostusmäärä	Sähkönkulutus (kWh) mittausviikko 2	Tulostusmäärä
Kopiokone				
Toshiba 210c	40,41	59	25,77	353
Canon ir6000	15,11	2 323	17,52	4 706
Toshiba 5560	22,56	2 617	20,24	1 634
Canon ir5000	15,19	1 576	15,73	2 864
Canon gp405	16,23	859	16,65	635
Canon np6085	15,17	170	11,02	493
Canon ir8500	25,19	1 222	17,86	1 675
Toshiba 2060	4,6	110	-	-
Tulostin				
HP 4100N	3,98	1 573	4	1 565
HP 4050N	3,79	686	4,33	757
HP 5000N	4,05	847	3,84	1 526
HP 4050T	4,2	2 849	3,92	2 004
HP 4050T_2	5,03	4 004	4,73	3 156
HP 1100	0,1	-	-	-
HP 5000N_2	3,61	263	3,84	431
HP 4600DTN	6,15	831	6,3	753
HP 5000N_3	4,45	1 186	4,57	1 565
HP 4100N_2	2,95	89	-	-
Telekopiolaite				
Canonfax L900	0,42	32	0,26	25
Toshiba DPI20F	3,77	72	0,3	54
Canonfax L900_2	0,78	109	0,73	106
Toshiba DPI20F_2	2,87	6	0,23	28
Canonfax L300	1,18	3	1,19	5

Toshiba 2060 kopiokoneesta löytyi mittausten jälkeen ohjelmoitava energiansäästöasetus, jota ei oltu dokumentoitu käyttöohjeisiin. Laite otti 40 W tehoa energiansäästötilassaan. Kopiointivalmiustilan teho oli 99 W. Pienin viive energiansäästöön siirtymiselle oli 30 s. Koneella otetaan kopioita niin harvoin, että laite olisi tavanomaista 90 minuutin viiveaikaa käytettäessä lähes aina energiansäästötilassa. Tällöin on perusteltua käyttää koneessa mahdollisimman lyhyttä viiveaikaa, jolloin sähkönsäästö on suurin mahdollinen ja kopiointikustannukset pysyvät pieninä. Laitteen energiansäästö ensimmäisen mittauksen käyttörytmillä voidaan laskea suoraan kopiointivalmiustilan ja energiansäästötilan tehojen suhteessa, sillä laite menisi mittaustarkkuuden kannalta (15 min keskiarvot) välittömästi kopioinnin loputtua energiansäästötilaan. Sähköä olisi säästynyt energiansäästön avulla edellä mainituin viiveajoin 2,65 kWh viikossa, joka on 57,6 % laitteen viikon sähkönkulutuksesta.

Canon ir6000-kopiokoneen toisella mittausviikolla laitteeseen oli ohjelmoitu automaattisammutus, josta laitteen piti virtakytkimen lisäksi käynnistyä kolmesta toimintopainikkeesta. Toimintopainikkeiden käyttöönotto käynnistystarkoitukseen aiheutti koneen alimman tehotason kasvamisen 4 W sijaan 45 wattiin. Ominaisuutta ei oltu dokumentoitu ja se saatiin selville vasta tehtäessä laitteelle toisen mittauskerran jälkeen lisämittauksia yksinkertaisella tehomittalaitteella. Laitetta

tutkittiin yksinkertaisesti asettamalla energiansäästötilojen viiveitä ja asetuksia eri tiloihin ja odottamalla, että laite menee haluttuun tehotilaan, jonka jälkeen sähkönkulutus todettiin mittaamalla.

Joissakin kopiokoneissa lepotilojen sähkönkulutus lisääntyi toisella mittausviikolla. Syynä kulutetun kokonaisenergiämäärän lisääntymiseen oli useimmiten pidentynyt aika energiansäästötilassa. Joissakin uudemmissa Canonin kopiokoneissa oli mahdollisuus valita yhden energiansäästötilan teho. Valittu pienempi teho vähensi mittausviikolla 2 kulutettua energiamäärää. Valittavasta energiansäästötilan tehosta johtuen on esim. Canon ir8500-kopiokoneen energiankulutus vähentynyt, vaikka koneen energiansäästötilassa olema aika oli pidempi mittausviikolla yksi kuin mittausviikolla kaksi. Yö-aikainen kopiointi lisäsi yön sähkönkulutusta joissakin kopiokoneissa.

Kopiokoneiden kokonaisenergiankulutus väheni energiansäästöasetusten käyttöönoton avulla keskimäärin 11,4 % suoraan mittaustuloksista laskettuna (taulukko 9). Kopiokoneiden laskennallinen energiankulutuksen väheneminen, jossa em. Toshiba ja Canon koneet on huomioitu, on 21,4 %. Laskennallinen energiankulutuksen väheneminen on käytännön kannalta merkityksellisempi kuin mittaustuloksista laskettu. Canon-kopiokoneen asetusten piti alunperin olla laskennallisessa tuloksessa esitetyissä arvoissa.

Taulukko 9. Kopiokoneiden sähkönkulutus päivällä ja yöllä sekä eri tiloissa.

	Kopiokoneen merkki ja malli							
	Toshiba 2060	Toshiba 5560	Toshiba 210c	Canon gp405	Canon np6085	Canon ir5000	Canon ir6000	Canon ir8500
Sähkönkulutus (kWh) 1. viikko								
Päivä klo 07-22	4,60	17,88	25,54	12,80	14,34	14,95	13,20	24,73
Yö klo 22-07	0	4,69	14,87	3,47	0,83	0,24	1,90	0,46
Toimintavalmius- ja kopiointitilassa	4,60	15,20	33,49	8,76	13,21	12,55	8,44	23,40
Energiaa säästävässä tiloissa	0	7,36	6,91	7,50	1,97	2,64	6,67	1,79
Sähkönkulutus (kWh) 2. viikko								
Päivä klo 07-22	- *	16,22	16,84	12,5	10,18	15,10	14,47	17,61
Yö klo 22-07	-	4,02	8,94	4,15	0,84	0,63	3,05	0,25
Toimintavalmius- ja kopiointitilassa	-	13,07	8,76	7,64	8,58	10,26	9,80	10,42
Energiaa säästävässä tiloissa	-	7,17	17,02	9,00	2,45	5,46	7,71	7,44

*) Käyttöohjeessa dokumentoitua energiansäästötoimintoa ei ollut.

Kopiokoneiden energiankulutuksen väheneminen ei ole suoraan verrannollinen energiansäästöasetusten käyttöönoton aiheuttamaan sähkönkulutuksen vähenemiseen, sillä koneiden kopiointimäärät vaihtelivat useissa laitteissa kahden mittausviikon välillä. Useimmilla laitteilla otettiin enemmän kopioita toisella mittausviikolla kuin ensimmäisellä.

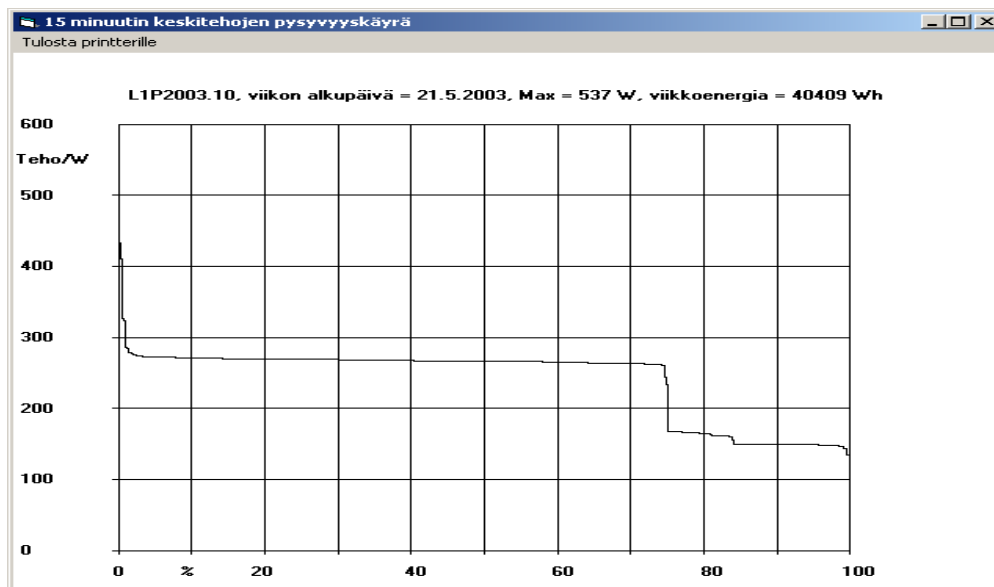
Energiansäästö arvioinnin haasteellisuutta havainnollistaa hyvin mm. Canon gp405-kopiokoneessa kasvanut energiankulutus, vaikka kopiomäärä oli vähentynyt toisella mittausviikolla ja energiansäästöasetuksia oli ohjelmoitu tehokkaammiksi. Ainut syy tähän näyttäisi olevan koneella tehtyjen yksittäisten kopiointikertojen voimakas lisääntyminen. Tällöin sähköä kuluu enemmän kopiota

kohti kuin pitkiä kopiosarjoja harvoin tehtäessä. Toshiba 5560-koneessa kopioimäärä oli vähentynyt niin paljon, että sähkönkulutus kopiota kohti oli kasvanut lähes puolet ensimmäisen mittausviikon kulutukseen verrattuna, vaikka koneen kokonaisenergiankulutus väheni 10 % toisella mittausviikolla.

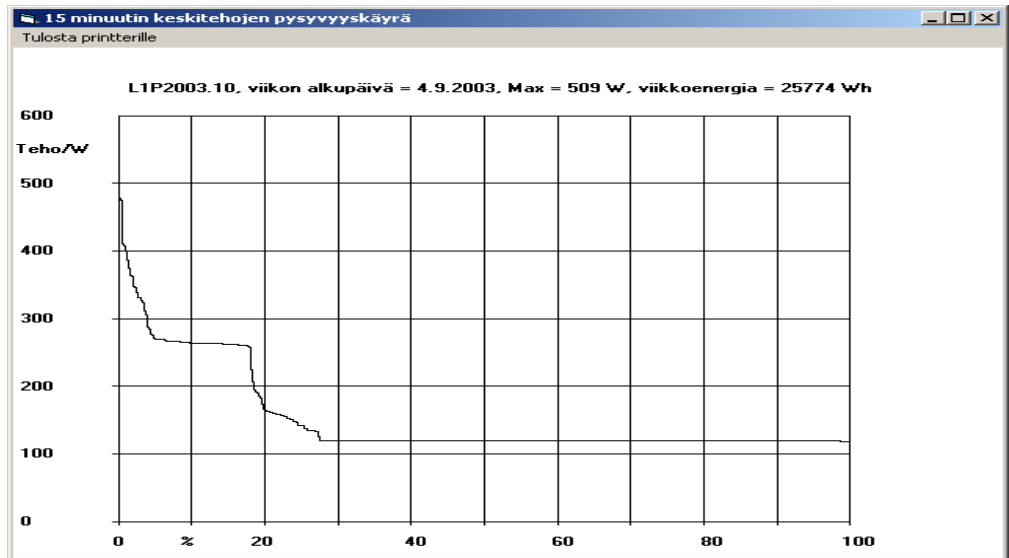
Useimmissa kopiokoneissa kopiota kohti kulutettu energiamäärä väheni toisella mittausviikolla (taulukko 10). Syynä oli energiansäästöasetusten toiminta, kopiomäärän lisääntyminen, tai molempien yhteisvaikutus. Energiansäästöasetusten hyödyllisyyden taustalla on tieto siitä, että koneet käyttävät suurimman osan ottamastaan energiasta toimintavalmius- ja energiaa säästävissä tiloissa (kuvat 11-12). Kopioinnin energiankulutus kopiota kohti olisi hyödyllinen tieto kopioinnin kokonaiskustannuksia laskettaessa. Se edellyttäisi kuitenkin tilastollisesti luotettavien mittaustulosten saamiseksi niin laajoja ja pitkiä tutkimuksia, että niiden tulokset saattaisivat olla vanhentuneita tutkimusten valmistuttua. Tämän mittauksen tuloksista voidaan kuitenkin arvioida kopioinnin kokonaiskustannuksia SYKEN toimitalossa, sillä mitattujen laitteiden määrä kopiokoneiden kokonaismäärästä talossa on varsin suuri.

Taulukko 10. Kopiokoneiden energiankulutuksen muutos prosentteina suhteutettuna kopiomäärään kahden mittausviikon aikana.

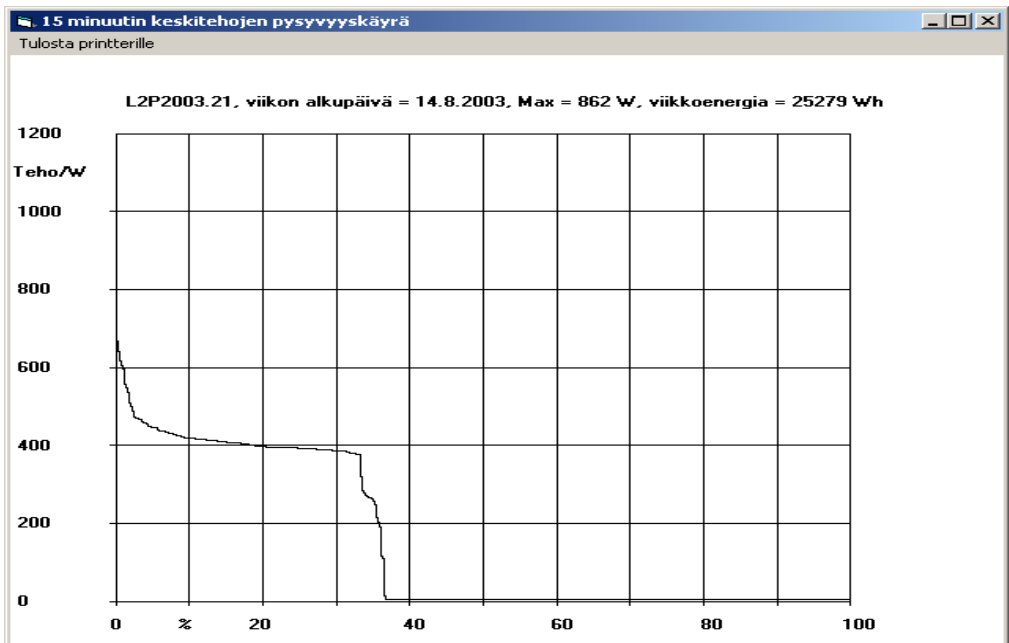
	Kopiokoneen merkki ja malli							
	Toshiba 2060	Toshiba 5560	Toshiba 210c	Canon gp405	Canon np6085	Canon ir5000	Canon ir6000	Canon ir8500
I. mittausviikko = 100 %								
2. viikko								
Sähkönkulutus muuttunut (%)	-	-10	-36	+2	-27	+4	+16	-29
Sähkönkulutus muuttunut % / kopio	-	+44	-89	+38	-75	-43	-43	-48



Kuva 11a. Toshiba 210c värikopiokoneen pysyvyyskäyrä mittausviikolta 1. Kopiokone on ollut viikon aikana toimintavalmiustilassa suurimman osan ajasta eli noin 80 % ja energiansäästö- ja valmiustilassa noin 18 %.



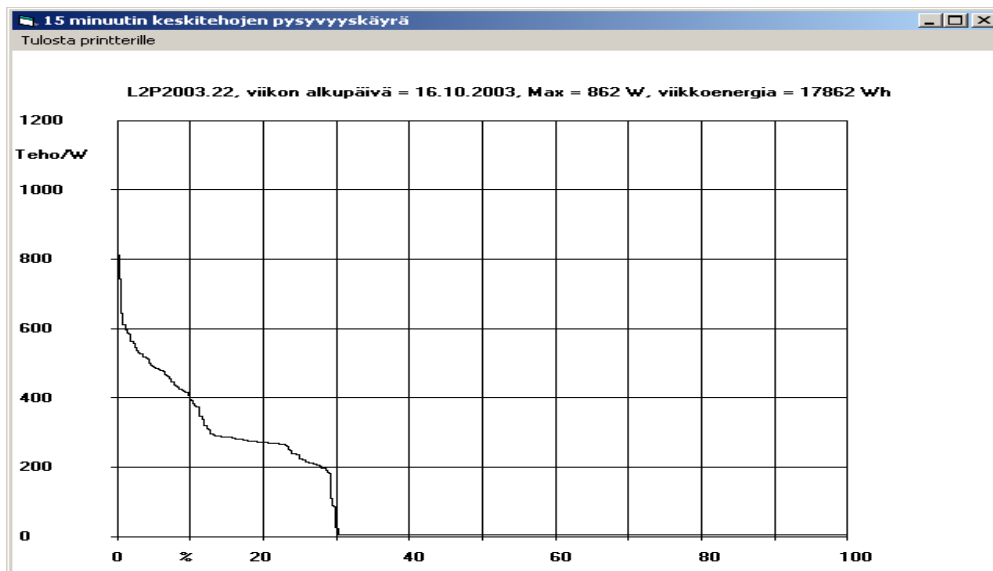
Kuva 11b. Toshiba 210c värikopiokoneen pysyvyyskäyrä 2. mittausviikolta. Kone on ollut energiansäästö- ja valmiustilassa yli 60 % mittausviikosta tehokkaampien energiansäästöasetusten johdosta. Toimintavalmiudessa kone on ollut noin 25 %. Viikkoenergiankulutus on laskenut noin 40 %.



Kuva 12a. Canon iR8500 mittausviikon 1 pysyvyyskäyrä. Kone on kuluttanut viikon aikana energiaa yli 25 000 Wh. Energiansäästötilat eivät ole käytössä.

3.2.1.1 Käyttäjäkyselyn tulokset

Kopiokoneiden energiansäästöasetuksista tehtiin lyhyt sähköinen käyttäjäkysely lokakuun 2003 aikana. Kyselyssä kysyttiin käyttäjien mielipiteitä kopiokoneiden eri energiaa säästävien tilojen vaikutuksesta laitteen käyttöön. Kyselyssä sai valita, jos halusi vastata vain tietyn kopiokoneen osalta tai jos halusi vastata kaikkien kopiokoneiden osalta. Kyselyyn vastasi 51 sykeläistä, ja lähes jokaisen SYKEssä



Kuva 12b. Canon iR8500 kopiokoneen sähkönkulutus on pienentynyt toisella mittausviikolla jopa 29 %. Tulostusenergia on kasvanut, mutta aktiivitalan kulutus on pienentynyt huomattavasti ja kulutus on siirtynyt energiansäästötilaan ja auto-off-tilaan.

käytössä olevan kopiokoneimerkin ja -mallin osalta saatiin vastauksia. Vain harvemmin käytössä olevien kopiokoneiden energiansäästöasetuksiin kyselyssä ei saatu vastauksia.

Käyttäjäkyselyn vastaukset

1. Hyväksytkö, että kopiokoneet menevät 1. energiansäästötilaan kesken työpäivän, ja kestää ½ minuuttia ennen kuin laite on valmis kopioimaan?

Kyllä 75 % (38/51) En 22 % (11/51)

2. Hyväksytkö, että 1½ tuntia käyttämättömänä ollut laite sammuttaa itsensä, jolloin joskus laite voi olla sammunut kesken työpäivän ja sen lämpiäminen kopiointivalmiiksi kestää 4 - 5 minuuttia?

Kyllä 55 % (28/51) En 43 % (22/51)

3. Mihin aikaan kopiokone saa Sinun työsi kannalta sammua joka ilta automaattisesti? (lämpiäminen kopiointivalmiiksi kestää 4 - 5 minuuttia)

Klo 16.15 (virka-aika päättyy) **20 % (10/51)**

Klo 19.00 (työajan saldokertymä päättyy ja kerroksien valot sammuvat)

41 % (21/51)

Klo 21.00

6 % (3/51)

Muu aika

31 % (16/51)

Kyselystä ilmeni, että käyttäjät hyväksyvät eri energiansäästötilojen käytön. Selkeästi eniten kannatettiin 1. energiansäästötilan käyttöä edellyttäen, että kone lämpenee 30 sekunnissa käyttövalmiuteen. Valmiustilan käytössä oltiin kyselyssä varovaisempia, vain vähän yli puolet puolsivat sen käyttöä. Tähän todennäköisesti vaikuttaa se, että kopiokoneen on mahdollista mennä tähän tilaan myös kesken työpäivän, jolloin kopiointivalmiutta joutuu odottamaan 4 - 5 minuuttia. Odotus-

aika on liian pitkä kesken työpäivän. Toisaalta kopiokone menee valmiustilaan vasta kun kone on ollut 1½ tuntia käyttämättömänä. Näin pitkää aikaa kopiokoneet harvoin ovat päivällä käyttämättömänä. Automaattisammutuksen ajankohdaksi kannatettiin eniten kello 19.00.

Kysely tuki mittauksissa saatuja tuloksia siitä, että 1. energiasäästötilan tehokas käyttö olisi järkevää. Useimmissa kopiokoneissa tämä energiaa säästävää tilaa ei häiritse laitteen käyttöä, mutta laskee kuitenkin laitteen sähkönkulutusta pidemmän ajan kuluessa merkittävästi. Tässäkin tapauksessa kopiokoneissa on eroja. Mitattujen koneiden heräämisaika 1. energiasäästötilasta toimintavalmiuteen kesti 15 - 45 sekuntiin.

Valmiustila laskee sähkönkulutusta kerralla paljon, mutta heräämisaika on yleensä niin pitkä, että tähän tilaan kone ei saisi mennä normaalin työajan puitteissa. Valmiustilan kohdalla tulee käyttää harkintaa siinä kuinka pitkäksi asentaa viiveajan. Viiveajan asettaminen riippuu paljolti koneen käyttörytmistä. Mitattujen koneiden osalta havaittiin, että kopiokoneet eivät juurikaan menneet valmiustilaan normaalin työajan puitteissa, kun viiveajaksi oli asetettu 1½ tuntia. Sen sijaan yhden koneen osalta viiveajaksi määriteltiin kokeilumielessä 15 minuuttia. Laitteen käyttö osoittautui tällöin mahdolliseksi, sillä kone ehti mennä valmiustilaan useasti päivän aikana. Säästöä saadaan, kun laite menee valmiustilaan hiljaisina aikoina eli yleensä normaalin työajan jälkeen.

Automaattisammutuksella voidaan varmistaa, että laite sammuu silloin kun sitä todennäköisemmin ei enää käytetä. Käyttäjäkyselyn mukaan SYKEssä sopivin aika sammuttaa kopiokoneet automaattisesti on kello 19.00, jolloin myös käytävillä sammuvat valot automaattisesti ja työajan saldokertymä päättyy. Automaattisen herätysajan asettaminen ei ollut mahdollista kaikissa tutkittavissa kopiokoneissa. Tutkimuksessa havaittiin, että jos koneella tehdään kopioita automaattisammutuksen jälkeen, automaattisen heräämisajan asettamisella varmistetaan, että kone sammuu uudelleen tietyn ajan kuluttua. Jos heräämisaikaa ei ole mahdollista asettaa, kopiokone ei enää sammu automaattisesti uudelleen.

TIETOISKU 1.

SYKEssä valittiin mittausten ja kyselyn perusteella seuraavat yleiset periaatteet kopiokoneiden energiasäästöasetuksista:

1. Kopiokoneissa otetaan käyttöön energiasäästötila niin, että kone menee energiasäästötilaan 10 minuutin käyttämättömyyden jälkeen (=viiveaika), sillä edellytyksellä, että kone herää käyttövalmiuteen noin 30 sekunnissa. Heräämisaika vaihtelee kopiokonemerkeittäin ja -malleittain. Jos kopiokoneen heräämisaika on pidempi kuin 30 sekuntia, pidennetään viiveaikaa tuntiin.
2. Valmiustila otetaan käyttöön niissä koneissa, joissa se on mahdollista. Viiveajaksi asetetaan 1,5 tuntia. Kone herää käyttövalmiuteen koneesta riippuen 2 - 6 minuutissa.
3. Automaattisammutus asennetaan kaikkiin kopiokoneisiin kello 19.00. Niihin kopiokoneisiin, joihin heräämisajan voi asentaa, aika asennetaan kello 06.00.

3.2.2 Tulostimet

Tulostimien energiankulutus lisääntyi toisella mittausviikolla keskimäärin yhden prosentin (taulukko 12). Energiankulutuksen lisääntyminen johtui pääasiassa tulostusmäärän lisääntymisestä. Energiansäästöasetukset tulostimissa vaikuttivat vain tulostimen näyttöpaneelin taustavaloon. Useimmissa tulostimissa energiansäästötilan teho oli sama kuin tulostusvalmiustilan teho. Joissain tulostimissa tehonkulutus pieneni 1 - 3 W energiansäästötilassa. Tämä johtui em. taustavalon sammumisesta. Energiansäästötilat eivät siten säästäneet käytännössä energiaa mitatuissa laitteissa, vaikka energiansäästön viiveajat oli asetettu pienimpiin asetuksiinsa. Tulostimissa eri tilojen tehonkulutus oli poikkeuksetta dokumentoitu täydellisesti ja täsmälleen mittaustulosten mukaisesti.

Hp 1100-tulostimesta on taulukoitu vain energiankulutus ensimmäisellä mittausviikolla, sillä se mitattiin tietokoneiden yhteydessä (taulukko 13). Tulostimes-

Taulukko 12. Tulostimien energiankulutuksen muutos prosentteina suhteutettuna kopiomäärään toisella mittausviikolla, kun 1. mittausviikon kulutus on 100 %.

	Tulostimen merkki ja malli									
	HP 4100N	HP 4050N	HP 5000N	HP 4050T	HP 4050T ₂	HP 1100	HP 5000N ₂	HP 4600 DTN	HP 5000N ₃	HP 4100N ₂
1. viikko = 100 %										
2. viikko										
Sähkönkulutus muuttunut (%)	+0,5	+14	-5	-7	-6	-	+6	+2	+3	-
Sähkönkulutus muuttunut (%)/ tuloste	+1	+4	-47	33	+19	-	-35	+13	-22	-

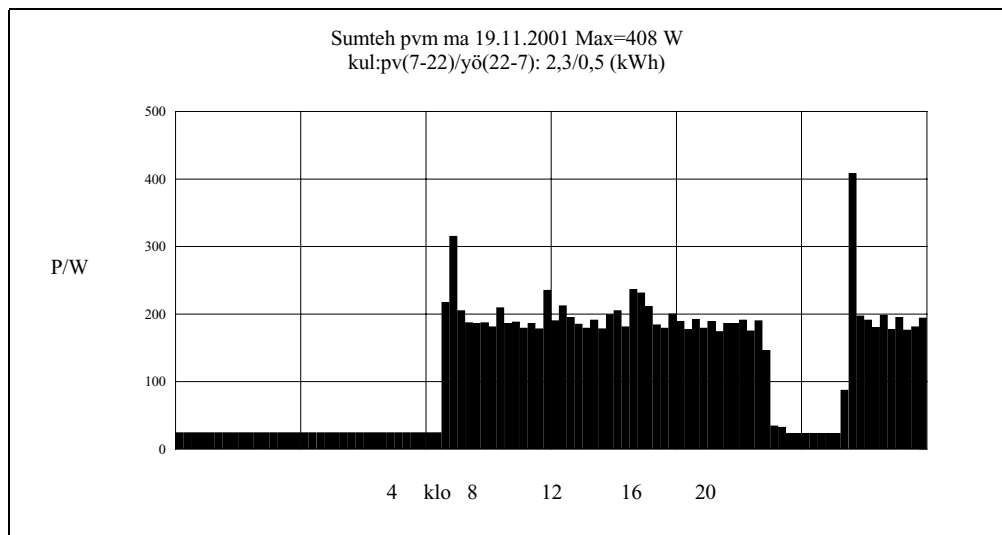
Taulukko 13. Tulostimien sähkönkulutus kahden mittausviikon aikana.

	Tulostimen merkki ja malli									
	HP 4100N	HP 4050N	HP 5000N	HP 4050T	HP 4050T ₂	HP 1100	HP 5000N ₂	HP 4600 DTN	HP 5000N ₃	HP 4100N ₂
Sähkönkulutus (kWh) 1. viikko										
Päivä klo 07-22	2,91	2,53	2,85	3,13	3,83	-	2,50	4,26	3,26	1,88
Yö klo 22-07	1,07	1,26	1,20	1,07	1,20	-	1,11	1,89	1,20	1,07
Toimintavalmius- ja tulostustilassa	1,13	0,43	0,86	1,34	1,84	0,1	0,38	1,11	1,26	0,10
Energiaa säästävissä tiloissa	2,86	3,36	3,19	2,86	3,19	0	3,23	5,04	3,19	2,85
Sähkönkulutus (kWh) 2. viikko										
Päivä klo 07-22	2,93	3,13	2,58	2,85	3,54	-	2,5	4,41	3,36	-
Yö klo 22-07	1,07	1,20	1,26	1,07	1,20	-	1,34	1,89	1,21	-
Toimintavalmius- ja tulostustilassa	1,15	1,10	0,65	1,06	1,54	-	0,48	1,26	1,38	-
Energiaa säästävissä tiloissa	2,86	3,23	3,19	2,86	3,19	-	3,36	5,04	3,19	-

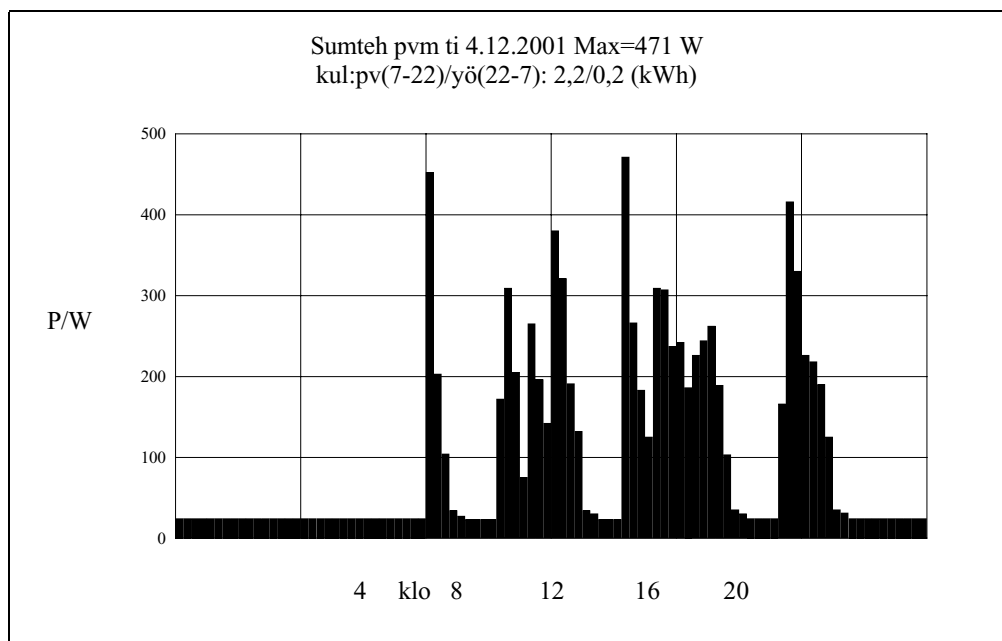
ta ei saatu myöskään tulostusmääriä, sillä siitä ei löydetty tulostuslaskuria. Kirjastossa sijaitsevaa HP 4100N_2-tulostinta ei ehditty mitata uudelleen tiukan mitausaikataulun takia.

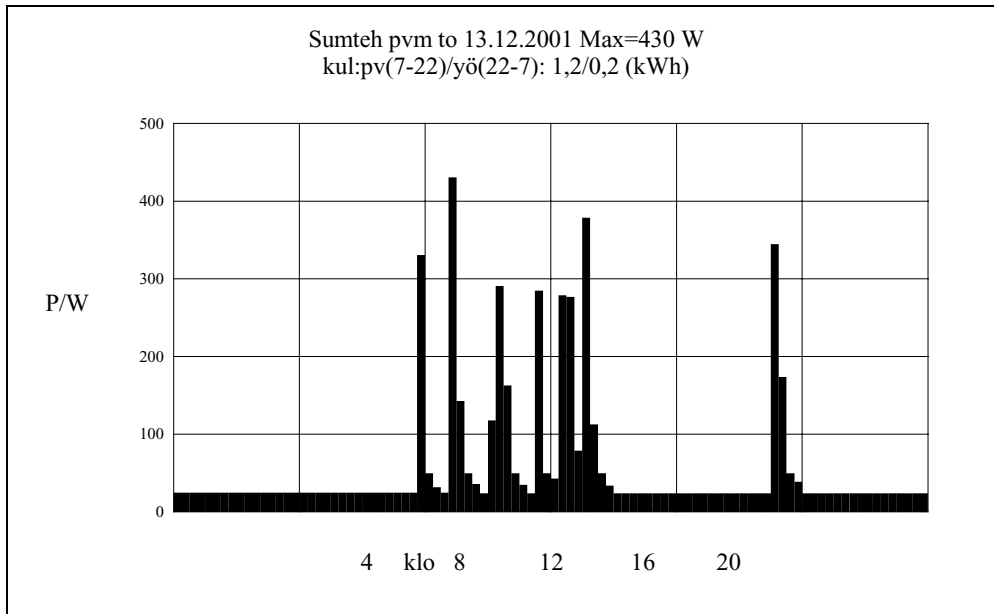
Väritulostimien mittaukset eivät sisällyneet mittaussuunnitelmaan, sillä väritulostimia on SYKEssä keskimäärin yksi/kerros, kun mustavalkotulostimia on keskimäärin kuusi/kerros. Väritulostimissa tehokkailla energiansäästöasetuksilla voidaan saada kuitenkin selvempiä säästöjä kuin mustavalkotulostimilla. Kuvissa 13a - 13c on esitetty VTT:ssä mitatun värilasertulostimen HP 8550N esimerkkivuorokausien energiankulutus, kun viiveaika on asetettu maksimiarvosta 3 tuntia minimiaikaan 10 sekuntia. Tulostimen valmiustilan sähkönkulutus on 23 W ja maksimikulutus on 408...471 W. Kun tulostin menee useaan kertaan päivän aikana valmiustilaan (kuva 13c), tulostimen sähkönkulutus laskee jopa puoleen verrattuna

Kuva 13a. HP8550N-tulostimen energiankulutus (W), kun viiveaika viimeisestä tulostuksesta energiansäästötilaan kestää 3 tuntia.



Kuva 13b. HP8550N-tulostimen energiankulutus (W), kun viiveaika viimeisestä tulostuksesta energiansäästötilaan kestää 30 minuuttia.





Kuva 13c. HP8550N-tulostimen energiankulutus (W), kun viiveaika viimeisestä tulostuksesta energiansäästötilaan kestää 10 sekuntia.

siihen, jos tulostin ei mene valmiustilaan päivän aikana lainkaan (kuva 13a). Tulostimen lämpeneminen valmiustilasta tulostukseen kestää minuutista neljään minuuttiin riippuen siitä miten kauan aikaa on kulunut viimeisestä tulostuksesta.

TIETOISKU 2.

Väritulostimissa kannattaa ottaa käyttöön lyhyet viiveajat, jolloin laite menee energiansäästötilaan useammin päivän aikana ja sähkönkulutus voi laskea jopa puoleen. Tulostimen heräämisaika valmiustilasta toimintavalmiuteen voi kestää usean minuutin. Tulostaminen saattaa kestää tällöin muutama minuutti pidempään verrattuna siihen, jos tulostin ei ole mennyt energiaa säästävään valmiustilaan. Yleensä väritulostimella kuitenkin tulostetaan harkitusti valmiita dokumentteja, joiden tulostamisella ei ole niin kiire kuin esim. luonnoksilla, jotka kannattaakin tulostaa mustavalkoisina.

3.2.3 Telekopiokoneet

Telekopiokoneiden energiankulutus pieneni keskimäärin 46 % toisella mittausviikolla. Suurin osa energiankulutuksen pienenemisestä aiheutui energiansäästöasetuksien käyttöönotosta, sillä koneilla lähetettiin ja vastaanotettiin vain muutamia kopioita yhden mittausviikon aikana (taulukko 14). Koneiden käyttömäärät pysyivät myös hyvin tasaisina mittausviikkojen aikana. Ainoastaan yhdessä telekopiolaitteessa ei ollut käyttäjän ohjelmoitavaa energiansäästöä, mutta siinäkin toimintavalmiustilan teho oli hyvin pieni (6 W).

Taulukko 14. Telekopiolaitteiden sähkönkulutus kahden mittausviikon aikana. Useat samanmalliset telekopiolaitteet on numeroitu juoksevasti. Numerointi alkaa aikajärjestyksessä ensimmäiseksi mitatusta laitteesta (ks. liite I).

		Telekopiokoneen merkki ja malli				
		Canonfax L900	Toshiba DP120F	Canonfax L900_2	Toshiba DP120F_2	Canonfax L300
Sähkönkulutus (kWh) 1. viikko						
Päivä klo 07-22	0,29	2,46	0,68	1,80	0,74	
Yö klo 22-07	0,13	1,31	0,09	1,07	0,44	
Toimintavalmius- ja tulostustilassa		0,09	1,47	0,53	0,02	0,01
Energiaa säästävissä tiloissa		0,34	2,30	0,24	2,86	1,18
Sähkönkulutus (kWh) 2. viikko						
Päivä klo 07-22	0,19	0,23	0,63	0,16	0,75	
Yö klo 22-07	0,07	0,06	0,1	0,07	0,44	
Toimintavalmius- ja tulostustilassa		0,08	0,13	0,48	0,06	0,01
Energiaa säästävissä tiloissa		0,18	0,17	0,25	0,17	1,18

Eräissä koneissa energiansäästö oli hyvin suuri (taulukko 15). Tämä johtui siitä, että useimmissa telekopiolaitteissa ei ollut mittauksen alussa minkäänlaisia energiansäästöasetuksia käytössä ja mittauksessa asetettiin pienimmät mahdolliset viiveajat. Viiveajoilla ei katsottu olevan telekopiolaitteen käytön kannalta mitään merkitystä, sillä laitteen lämpenemisaika ei aiheuta käyttäjän kannalta viivettä toimintaan.

Taulukko 15. Telekopiolaitteiden energiankulutuksen muutos prosentteina suhteutettuna kopiomäärään kahden mittausviikon aikana.

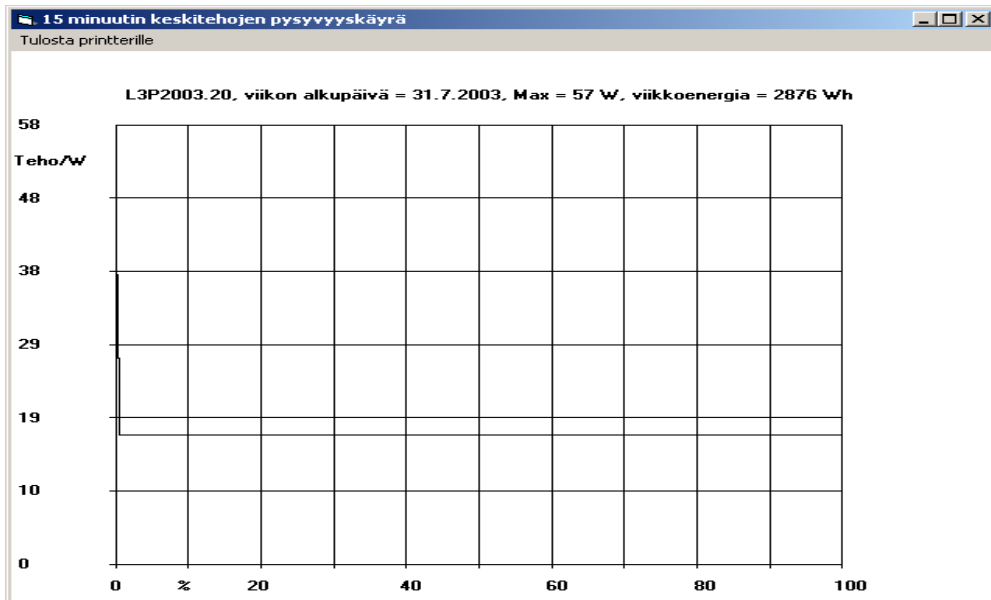
		Telekopiolaitteen merkki ja malli				
		Canonfax L900	Toshiba DP120F	Canonfax L900_2	Toshiba DP120F_2	Canonfax L300
1. viikko = 100 %						
2. viikko						
Sähkönkulutus muuttunut (%)		-40	-92	-6	-92	-0,2
Sähkönkulutus muuttunut %/tuloste		-23	-90	-3	-98	-40

Taulukko 16 havainnollistaa yhden telekopiokoneen energiankulutukset eri vuorokauden aikaan molemmilla mittausviikoilla. Energiansäästötilat on otettu käyttöön toisella mittausviikolla, jolloin energiankulutus on laskenut sekä päiväsai-kaan että öisin.

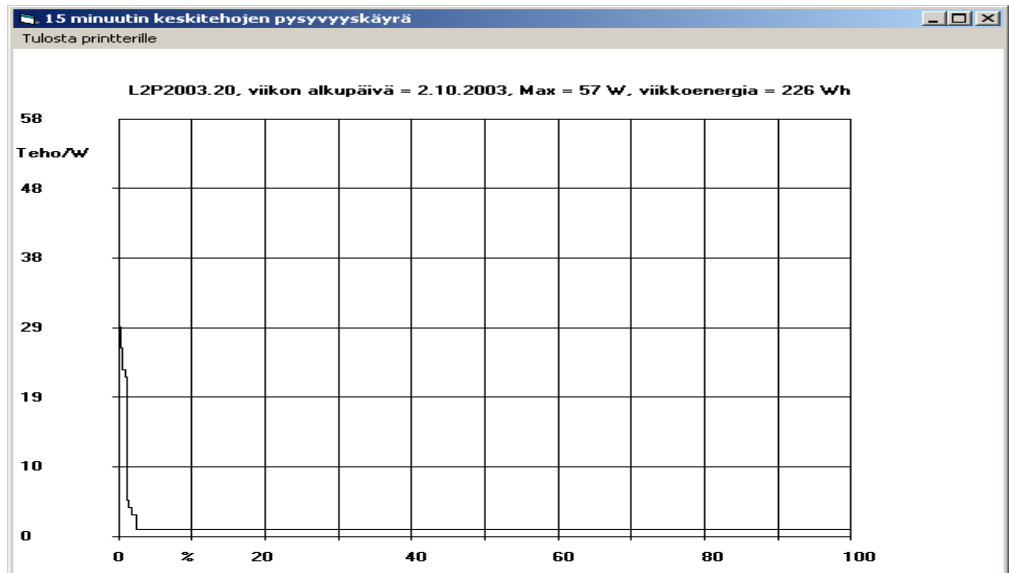
Taulukko 16. Telekopiokoneen päivittäiset energiankulutukset (Wh) mittausviikoilla vuonna 2003 (Canon I900).

1. viikko				2. viikko					
vkopv	klo 7-22	klo 22-7	Kokonais- kulutus	vkopv	klo 7-22	klo 22-7	Kokonais- kulutus		
21.5.	ke	28	4	32	4.9.	to	10	2	13
22.5.	to	54	18	72	5.9.	pe	35	10	44
23.5.	pe	34	18	52	6.9.	la	15	10	24
24.5.	la	30	18	48	7.9.	su	15	10	24
25.5.	su	30	18	48	8.9.	ma	30	10	39
26.5.	ma	52	18	71	9.9.	ti	42	10	52
27.5.	ti	36	23	59	10.9.	ke	29	10	38
28.5.	ke	27	14	41	11.9.	to	14	7	21
Kulutus yhteensä		292	132	424	Kulutus yhteensä		190	66	256

Kuvissa 14a ja 14b on esitetty telekopiokoneen pysyvyyskäyrät mittausviikoilla 1 ja 2. Kun energiansäästötiloja ei ole käytössä, laite kuluttaa jatkuvasti sähköä yli 15 W. Käytettäessä laitetta kulutus nousee hetkellisesti, mutta käytön aikaisen kulutuksen osuus koko viikon kulutuksesta on vain prosentin luokkaa. Energiansäästötiloilla on siten merkittävää vaikutusta energiankulutukseen, kun laite on suurimman osan ajan käyttämättömänä.



Kuva 14a. Toshiba dp120f telekopiokoneen pysyvyyskäyrä mittausviikolla 1. Laite ei ole mennyt lainkaan energiansäästötiloihin. Tulostukseen energiaa on kulunut hyvin vähän.



Kuva 14b. Toshiba dp120f mittausviikon 2 pysyvyyskäyrä. Laite on ollut energiansäästötilassa suurimman osan ajasta. Energiankulutus on vähentynyt peräti kymmenekseen.

TIETOISKU 3.

Vaikka telekopiokoneet ovat yleisesti ottaen vähän energiaa kuluttavia laitteita, kannattaa koneiden mahdollistamat energiansäästötilat ottaa käyttöön pienin mahdollisin viiveajoin, sillä asetuksilla ei ole laitteen käyttöön vaikutusta ja energiankulutus vähenee keskimäärin lähes puolella.

3.2.4 Tietokoneet

Tietokoneiden osalta ei tässä tutkimuksessa ole yhtä kattavaa tietoa siitä miten paljon energiansäästöasetukset pudottavat laitteen sähkönkulutusta kuin muiden laitteiden osalta. Tämä johtui siitä, että SYKellä oli mittauksien aikana käytössä NT-käyttäjärjestelmä, joka ei mahdollista energiansäästöominaisuuksien käyttöönottoa. Tietokoneita ei siten kannattanut mitata toiseen kertaan ja kesällä mitattujen koneiden osalta ei tällöin saatu vuonna 2003 vertailutietoja siitä, kuinka paljon vähemmän energiaa kuluu, jos energiansäästöominaisuudet olisi otettu käyttöön.

Ensimmäiset mittaukset vahvistivat kuitenkin ennalta tiedetyn tiedon siitä, että CRT-näyttö (kuvaputkinäyttö) vie lähes puolet enemmän sähköä kuin siihen liitettynä ollut keskusyksikkö, TFT-näytön (litteä näyttö) sähkönkulutus on pienempää kuin keskusyksikön ja kannettava tietokone kuluttaa sähköä vähiten (Taulukko 17).

Taulukko 17. Sähkönkulutus (kWh/viikko) tietokoneista prosessitehon mukaan sekä näytöistä, joilla ei ollut energiansäästöominaisuuksia käytössä.

Suorittimen nopeus (MHz)	Sähkönkulutus (kWh)	Näyttö	Sähkönkulutus (kWh)
166	1,66		
600	0,9	19" CRT	1,16
800	2,1	19" CRT	2,1
1000 (kannettava)	0,8	19" TFT	0,69
1600	1,99	17" CRT	2,47
1600	1,76		
2000	2,4	17" CRT	3,2
2500	2,5	19" TFT	1,45

SYKEssä siirryttiin uuteen käyttöjärjestelmään vuoden 2004 aikana. Marraskuussa 2003 kahdessa uuden käyttöjärjestelmän testikoneessa otettiin energiansäästöominaisuudet käyttöön, ja näiden koneiden sähkönkulutus mitattiin. Samalla mitattiin yhden näytön sähkönkulutus. Energiansäästötilojen viiveajat asetettiin mitattavissa testikoneissa seuraavanlaisiksi:

- Turn off monitor: after 3 minutes
- Turn off hard disk: never
- System stand by: after 5 minutes
- System hibernate: never

Pienitehoista hibernate-tilaa (4 W) ei käytetty, sillä tietokone, jossa hibernate-tilaa kokeiltiin, ei toiminut kunnolla tilasta palaututtuaan.

Samoin kuin kopiokoneiden myös tietokoneiden osalta energiansäästötilat eivät saa häiritä normaalia työskentelyä. Tämän johdosta uuden käyttöjärjestelmän käyttöönottovaiheessa energiansäästötilojen viiveaikoja pidennettiin testivaiheesta. Energiansäästötilat tulivat automaattisesti käyttöjärjestelmän asennusvaiheessa käyttöön ja siis kaikille käyttäjille samanlaisina.

Energiansäästötilojen viiveajat asetettiin seuraavasti:

- Turn off monitor: after 10 minutes
- Turn off hard disk: never
- System stand by: after 30 minutes
- System hibernate: never

Tietokoneiden osalta ei selvitetty sitä kuinka paljon sähköä säästetään, jos tietokone sammutetaan yöksi, sillä tutkimuksessa haluttiin ensisijaisesti osoittaa, mikä on muiden energiaa säästävien toimintojen vaikutus sähkönkulutukseen todellisessa käyttöympäristössä. SYKEssä tietokoneiden sammuttaminen öisin on pääasiallisena käytäntönä, joten tuloksista ei olisi ollut tässäkään mielessä hyötyä selvittämään SYKEN mahdollisuuksia säästää sähköä tietokoneiden osalta.

3.2.4.1 Keskusyksiköt

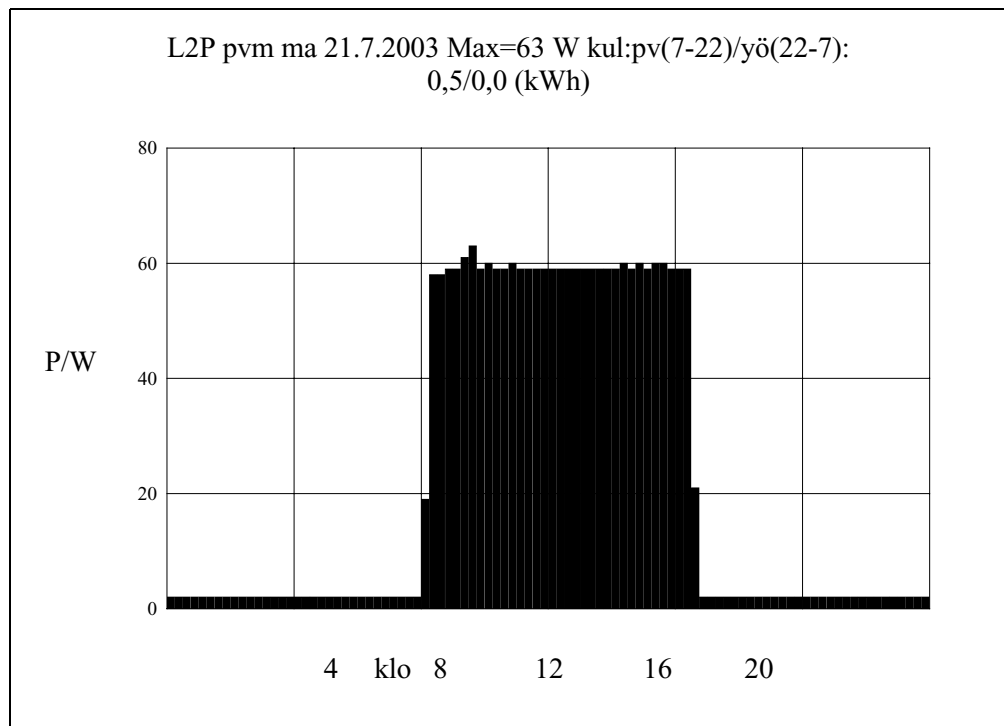
Marraskuussa mitattujen kahden keskusyksikön osalta todettiin, että energiansäästöominaisuuksien käyttöönotolla voidaan vähentää koneen sähkönkulutusta jopa puolella (taulukko 18). Huomioitavaa kuitenkin on, että viiveajat olivat mitatuissa koneissa lyhyempiä kuin mitä SYKEN koneisiin yleisesti asennettiin.

Taulukko 18. Saman valmistajan keskusyksiköiden sähkönkulutuksen vertailua viikon mittausjaksoilla. Keskusyksiköt ovat eri tehoisia, mutta energiansäästötiloilla tehokkaamman keskusyksikön viikon sähkönkulutus on yli puolet vähemmän kuin pienempitehoisen keskusyksikön, jossa ei ole energiansäästötiloja käytössä.

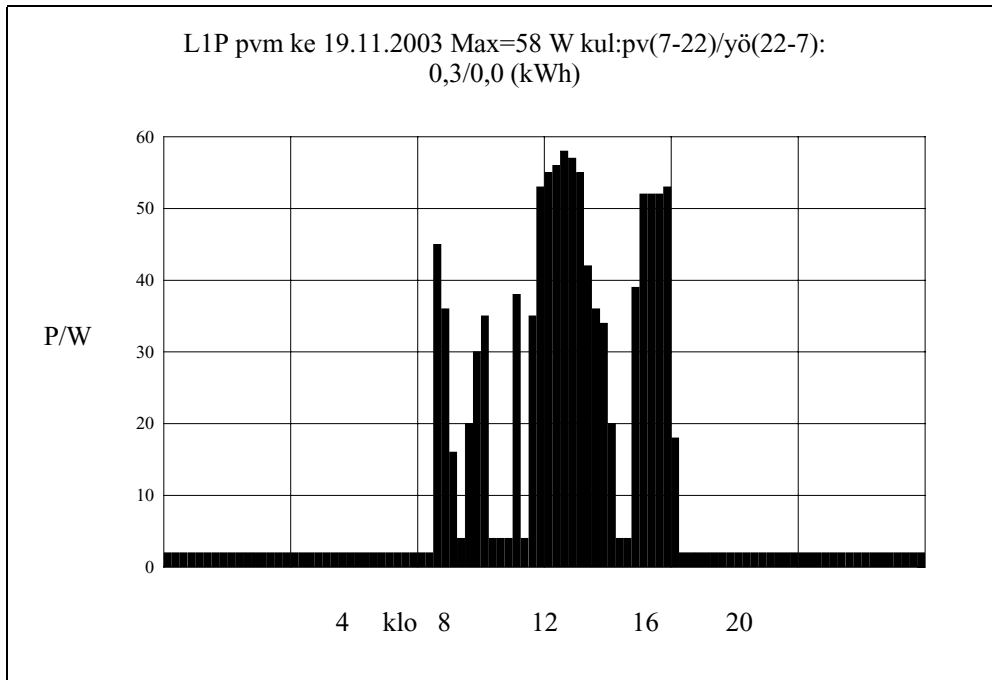
	Keskusyksikkö (2500 MHz), ei energiansäästötiloja	Keskusyksikkö (2800 MHz), energiansäästötilat käytössä
Viikon sähkönkulutus, kWh	2,5	1,1
Minuutin minimiteho, W	2	2
Maksimiteho, W	90	58
Työpäivien aikana keskiteho, W	60	43

Kuva 15 osoittaa miten tietokone kuluttaa sähköä, kun siinä ei ole otettu käyttöön energiansäästötiloja.

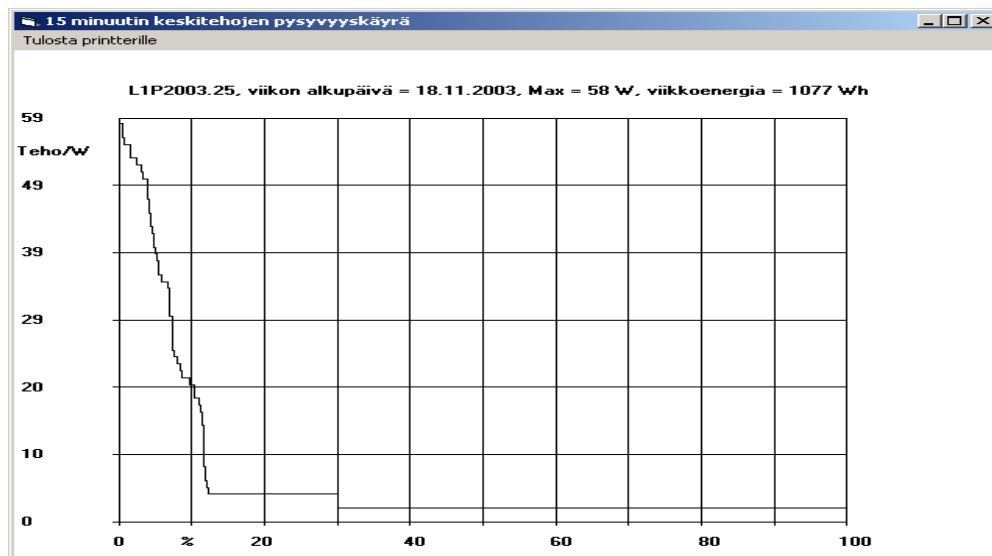
Kuvista 16 - 17 on havaittavissa, että keskusyksikkö kuluttaa energiaa energiansäästötilassa vain hieman enemmän kuin silloin, kun se on sammutettu virtakatkaisimesta. Kone kuluttaa sähköä vielä sammutettunakin noin 3 W. Mitatut keskusyksiköt eivät käyttäytyneet samalla tavalla vaikka molemmissa koneissa oli samanlaiset energiansäästöasetukset käytössä. Toinen kone ei mennyt lainkaan energiansäästötilaan (kuva 17). Tähän saattoi vaikuttaa joko se, että kuvan 17 konetta käytettiin tiiviisti koko päivän, tai sitten eri koneissa energiansäästöominaisuudet vaikuttavat energiankulutukseen eri tavalla.



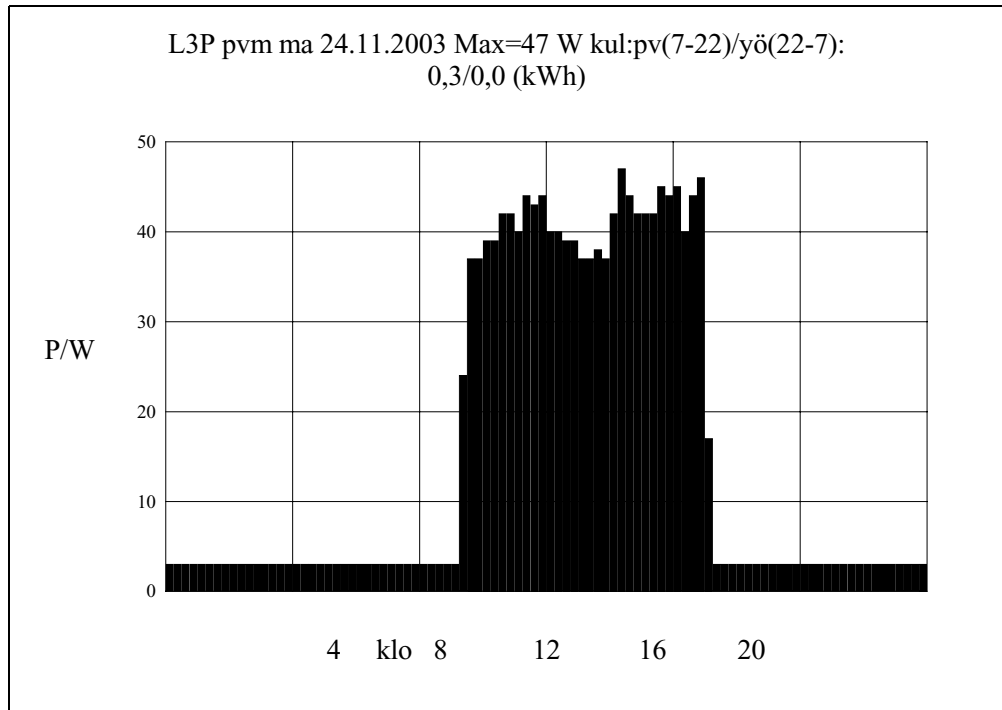
Kuva 15. Keskusyksikön (Dell 2500 MHz) yhden vuorokauden sähkönkulutus 15 minuutin keskiarvotehoilla, kun koneessa ei ole energiansäästötiloja käytössä.



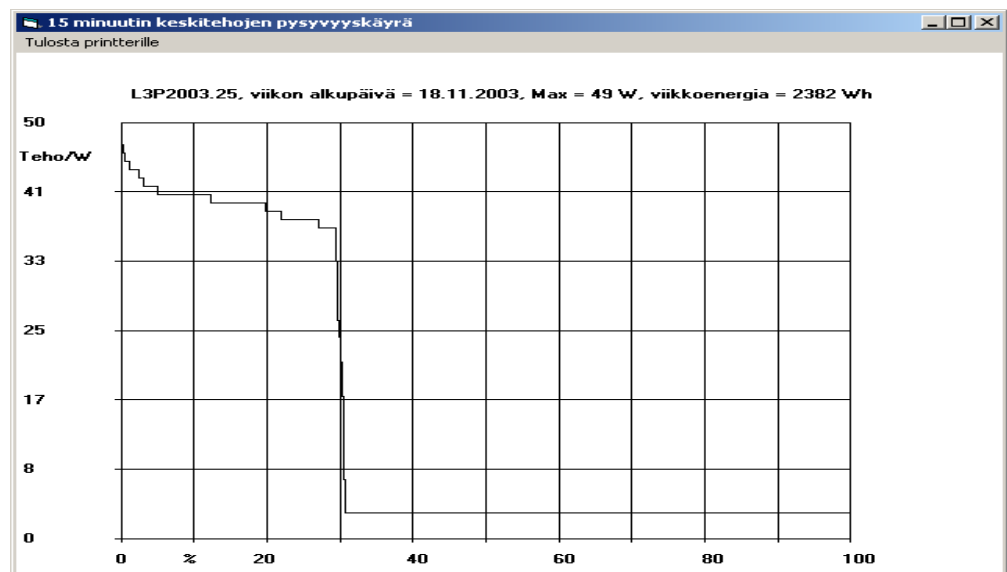
Kuva 16a. Toisen keskusyksikön (Dell 2800 MHz) yhden vuorokauden sähkönkulutus 15 minuutin keskiarvotehoilla, kun koneessa on otettu energiansäästötilat käyttöön.



Kuva 16b. Pysyvyyskäyrä kuvan 16a:n keskusyksikön tehoista viikon aikana (100 %). Kone on ollut viikon aikana noin 18 % energiansäästötilassa (kulutus noin 5 W) ja 70 % sammutettuna (kulutus noin 3 W).



Kuva 17a. Osbornen keskusyksikkö, jossa energiansäästöominaisuudet ovat käytössä. Kone ei ole mennyt energiansäästötilaan päivän aikana, minkä selittää joko koneen tehokas käyttö tai se, että ko. koneessa energiansäästöasetukset eivät laske energiankulutusta vastaavasti kuin kuvan 16 kone.

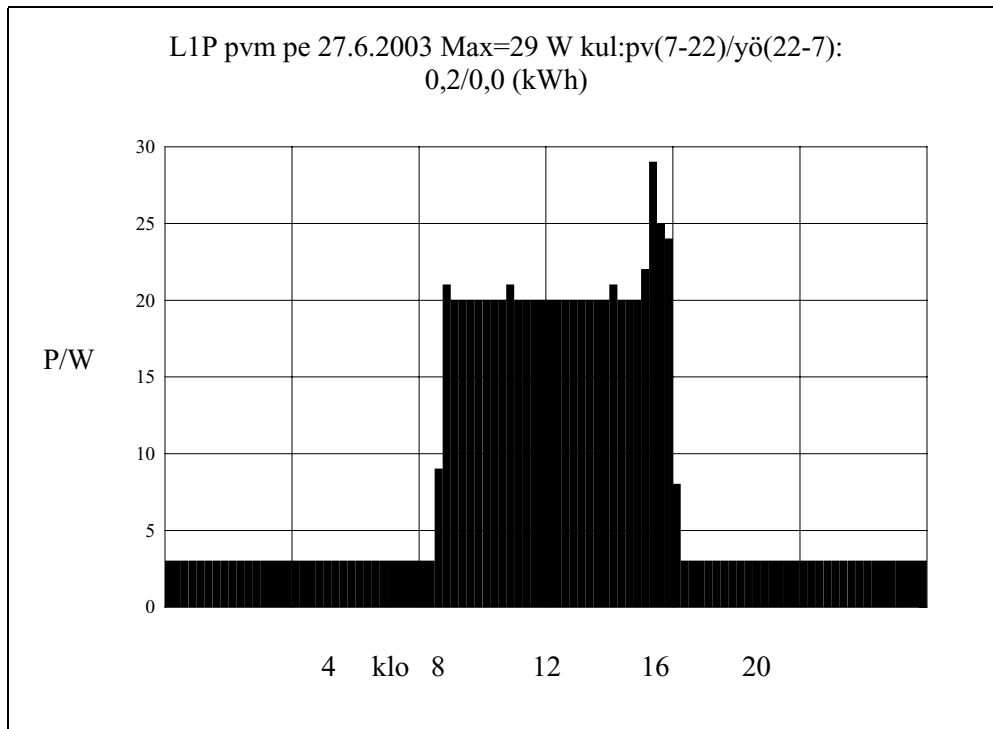


Kuva 17b. Pysyvyyskäyrä kuvan 17a:n keskusyksiköstä. Kone on ollut 70 % viikosta sammutettuna (kulutus n. 3 W).

Tietokoneiden sähkönsäästömahdollisuuksia voidaan arvioida näiden mittausten perusteella seuraavasti: Jos oletetaan, että lähtötilanteessa käytössä olevissa koneissa ei ole energiansäästötiloja käytössä ja koneet olisivat teholtaan noin 2500 MHz, voisi energiankulutus laskea energiansäästötilojen käyttöönoton jälkeen yhden vuoden käytön aikana SYKEssä jopa 33 MWh. (Laskutapa: matalin ener-

giansäätö: 0,3 kWh (keskimääräinen vuorokausikulutus) x 5vrk x 47 vkoa x 700 konetta - korkein energiansäätö: 0,5 kWh x 5vrk x 47 vkoa x 700 konetta). Arvio perustuu kuitenkin vain yhteen mittaukseen ja yhden valmistajan koneeseen.

Kannettavilla tietokoneilla energiansäätöpotentiaali voi olla vieläkin suurempi kuin edellä esitetty, sillä kannettavan tietokoneen keskimääräinen vuorokausikulutus on mittausten perusteella vain noin 0,2 kWh. (kuva 18). Jos organisaatiossa siirrytään kannettavien tietokoneiden käyttöön pöytäkoneiden sijaan, sähkönsäätö voisi kasvaa SYKEN kokoisessa virastossa edellä esitetystä säästömahdollisuudesta vielä noin 16 MWh.



Kuva 18. Fujitsu Lifebook – kannettavan tietokoneen yhden vuorokauden sähkönkulutus on keskimäärin 0,2 kWh. Maksimiteho on ollut 29 W.

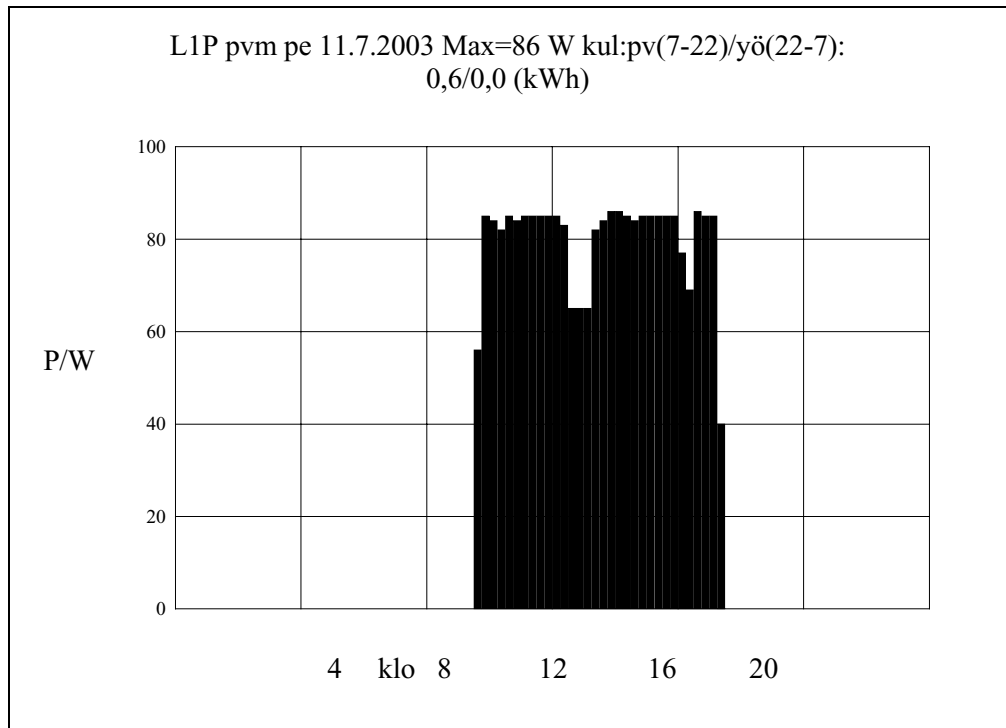
3.2.4.2 Näytöt

Näyttöjen osalta todettiin, että 17" CRT-näytön sähkönkulutus puolittuu, kun energiansäätöominaisuudet otetaan käyttöön. TFT-näyttöjen osalta ei ollut mittaus tuloksia energiansäätöominaisuuksien vaikutuksista. Mittauksista havaittiin kuitenkin, että esim. 19" TFT-näytön, joka ei mene energiansäätötilaan, sähkönkulutus viikossa on pienempää kuin energiansäätötilaan menevällä 17" CRT-näytöllä. (taulukko 19).

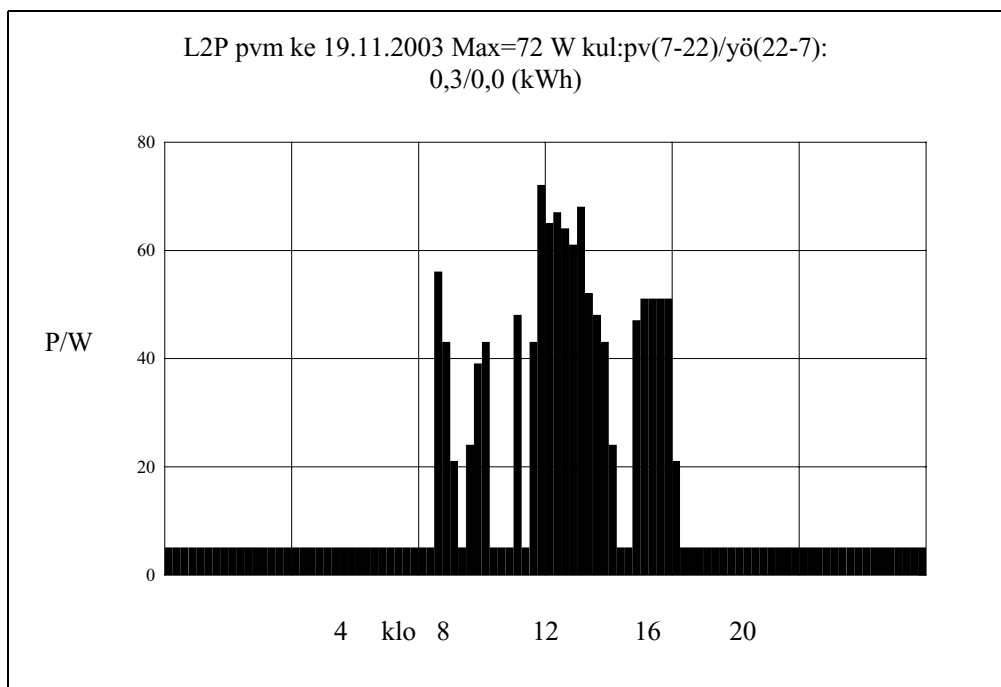
Taulukko 19. Näyttöjen sähkönkulutuksen vertailua viikon mittausjaksoilla.

	17" CRT ei energiansäätötiloja	17" CRT energiansäätötilat käytössä	19" TFT ei energiansäätötiloja
Viikon sähkönkulutus, kWh	3,2	1,6	1,45
Minuutin minimiteho, W	6,4	6	2,1
Maksimiteho, W	87	76	33
Työpäivien aikana keskiteho, W	73	51	32

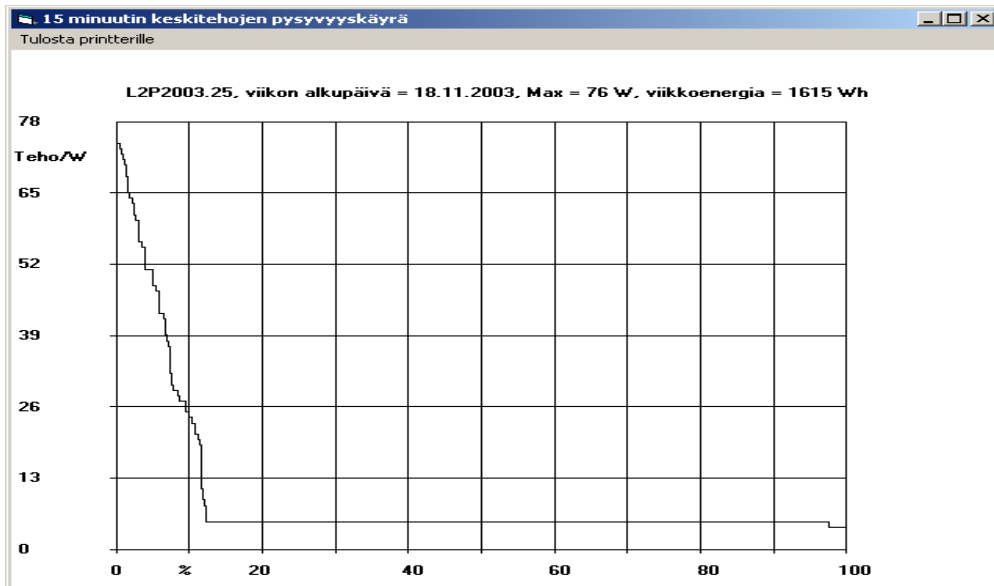
Kuvat 19-21 havainnollistavat, miten eri energiansäästötilat ja näytön sammuttaminen vaikuttavat näyttöjen sähkönkulutukseen.



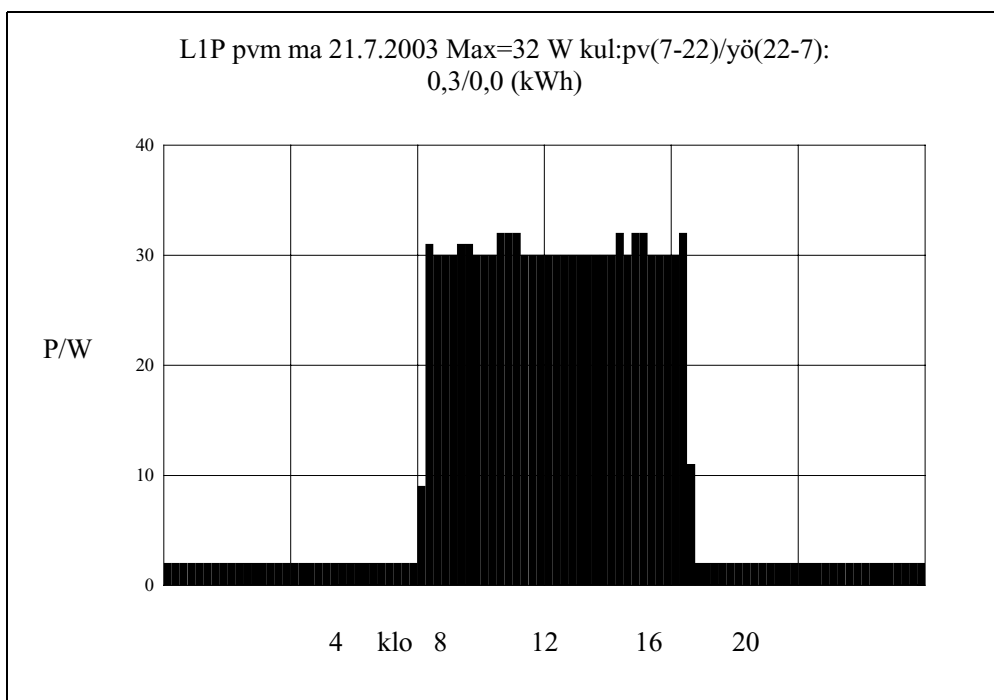
Kuva 19. Fujitsun 17" CRT-näytön sähkönkulutus 15 minuutin keskiarvotehoilla, kun energiasäästöominaisuudet eivät ole käytössä. Teho on laskenut noin 20 W vain kerran päivän aikana. Maksimiteho on 86 W ja keskimuutos 0,6 kWh. Näyttö on sammutettu yöksi.



Kuva 20a. Nokian 17" CRT-näytön sähkönkulutus 15 minuutin keskiarvotehoilla, kun energiasäästöominaisuudet ovat käytössä. Maksimikulutus on 72 W ja keskimuutos on puolet pienempi (0,3 kWh) kuin kuvan 19 CRT-näytöllä, joka ei mene energiansäästötilaan. Tätä näyttöä ei ole sammutettu yön ajaksi.



Kuva 20b. Pysyvyyskäyrä kuvan 20a:n CRT-näytön sähkönkulutuksesta mittausviikon (100 %) ajalta. Kuva kertoo näytön eri tehotasot viikon aikana. Näyttö on ollut noin 88 % ajasta energiansäästötilassa.



Kuva 21. Dell 19" TFT-näytön sähkönkulutus 15 minuutin keskiarvotehoilla, kun energiansäästöominaisuudet eivät ole käytössä. Maksimiteho (32 W) on alle puolet kuvan 19 CRT-näytön tehosta. Keskikulutus (0,3 kWh) on sama kuin energiansäästöön menevällä CRT-näytöllä. Näyttöä ei ole sammutettu yön ajaksi.

Näyttöjen energiansäästömahdollisuudet mittaustulosten perusteella voidaan arvioida olevan noin 50 % niiden nykyisestä kulutuksesta seuraavalla olettamuksella:

Jos nykytilanteessa käytössä on vain CRT-näyttöjä ja energiansäästöominaisuuksia ei ole otettu käyttöön, ja jos siirrytään käyttämään vain TFT-näyttöjä tai CRT-näyttöjä, joissa energiansäästötilat on otettu käyttöön, energiankulutus voisi

laskea noin 50 %:lla. Tämä tarkoittaisi SYKEssä maksimissaan noin 49 MWh säästöä yhden vuoden kulutuksesta. (Laskutapa: 0,3 kWh x 5vrk x 47 vkoa x 700 näyttöä (matalin energiankulutus), 0,6 kWh x 5vrk x 47 vkoa x 700 näyttöä (korkein energiankulutus)).

TIETOISKU 4.

Tietokoneiden ja näyttöjen energiansäästöasetuksilla on merkittävä vaikutus energiankulutuksen vähentämiseen organisaatioissa, joissa tietokoneiden osuus on suuri. Konemerkeillä, malleilla ja iällä voi olla kuitenkin vaikutuksensa energiansäästöön. Samanlaiset energiansäästöasetukset eri valmistajien keskusyksiköissä voi pudottaa tehoja eri tavalla. On myös huomioitava, että kaikki käyttöjärjestelmät (NT) eivät tue energiansäästöominaisuuksia.

Näyttöjen osalta TFT-näytöt ilman energiansäästötiloja kuluttavat saman verran sähköä kuin CRT-näytöt, joilla energiasäästötilat on otettu käyttöön. Kun TFT-näyttöissä otetaan energiansäästötilat käyttöön, energiankulutus laskee hyvin pieneksi. Jos näyttö sammutetaan vielä erikseen yön ajaksi, energiankulutus saadaan minimoitua. Energiansäästötilat eivät yleensä hankaloita normaalia toimistotyöskentelyä.

SYKEssä otettiin seuraavanlaiset energiasäästötilojen viiveajat käyttöön:

- Turn off monitor: after 10 minutes
- Turn off hard disk: never
- System stand by: after 30 minutes
- System hibernate: never

Pöytäkoneiden korvaaminen kannettavilla tietokoneilla vähentää energiankulutusta eniten. Erytisen suuri sähkönsäästö saadaan, jos kannettava korvaa sekä keskusyksikön että näytön. Sähkönkulutus alenee kuitenkin selvästi, vaikka erillinen näyttö, jonka kannattaa olla litteä TFT-näyttö, olisi liitettynä kannettavaan.

3.3 Toimistolaitteiden arvioitu vuosittainen sähkönkulutus

SYKEssä oli vuonna 2003 käytössä 18 kopiokonetta, 45 tulostinta, 17 telekopiolaitetta ja noin 700 tietokonetta. Mittaustulosten perusteella laskettuna SYKEN kopiokoneet, tulostimet, telekopiokoneet ja tietokoneet kuluttavat vuodessa yhteensä n. 180 MWh (taulukko 20). Tämä on noin 9 % SYKEN vuosittaisesta kokonaissähkönkulutuksesta. Laskennassa käytettiin mittauksessa saatuja keskimääräisiä viikottaisia energiankulutustietoja.

Tietokoneiden käyttöviikot (47) on laskettu vähentämällä vuoden 52 viikosta viisi lomaviikkoa. Tietokoneiden keskitehon laskennassa ei ole huomioitu kaikkia mitattuja tietokoneita, sillä osaa mitatuista tietokoneista ei käytetty säännöllisesti mittausten aikana. Muut laitteet ovat päällä jatkuvasti.

Taulukko 20. SYKEN toimistolaitteiden vuosittainen sähkönkulutus keskimääräisistä viikottaisista energiankulutustiedoista laskettuna.

	Kpl	Työviikot /vuosi	kWh/vko (ka)	kWh/vuosi	MWh/vuosi
Kopiokoneet	17	52	19,31	17 070	n. 17
Tulostimet	45	52	4,25	9 945	n. 10
Telekopiokoneet	17	52	1,8	1 591	n. 1,6
Tietokoneet	700	47	4,55	149 695	n. 150
Yhteensä				178 301	n. 180

3.4 Laskennallinen energiansäästö

Sähköä voidaan tutkimuksessa saatujen tietojen perusteella säästää 21 % kopiokoneiden kulutuksesta ja 46 % telekopiokoneiden kulutuksesta. Mitattujen tulostimien osalta energiansäästöasetuksilla ei ollut merkittävää vaikutusta sähkönkulutukseen. Väritulostimien sähkönkulutusta voidaan sen sijaan saada laskemaan jopa puolella, jos viiveajat asetetaan mahdollisimman lyhyiksi.

Vuosittainen sähkönsäästö SYKEssä olisi kopiokoneiden ja telekopiokoneiden osalta arviolta noin 4,3 MWh. Tietokoneiden vuosittaista energiansäästöä on mittauksien perusteella vaikea arvioida, mutta niiden suuresta määrästä johtuen niissä on suurin energiansäästöpotentiaali kun energiansäästöominaisuudet otetaan käyttöön kattavasti. Mittauksista havaittiin, että 2800 MHz keskusyksikön, jossa energiansäästöasetukset oli otettu käyttöön, energiankulutus oli yli puolet pienempää kuin 2500 MHz keskusyksikön, jossa ei ollut energiansäästöasetuksia otettu käyttöön. Näyttöjen osalta taas havaittiin, että TFT-näytöt kuluttavat ilman energiansäästöasetuksia saman verran kuin CRT-näytöt, joissa energiansäästöominaisuudet on otettu käyttöön, ja jopa puolet vähemmän kuin CRT-näytöillä, joissa ei ole energiansäästöominaisuuksia käytössä. Tietokoneiden ja näyttöjen säästöpotentiaali voisi olla karkealla laskelmalla vuodessa noin 82 MWh. Tämä olisi SYKEN kokonaissähkönkulutuksesta noin 4 %.

4

Johtopäätöksiä

4.1 Toimet johtavat sähkönsäästöön

SYKEssä mitattujen laitteiden energiankulutuksen osuus koko kiinteistön sähkönkulutuksesta on noin 9 % (180 MWh). Tästä osuudesta voidaan sähköä säästää maksimissaan lähes puolet eli noin 86 MWh. SYKEN kokonaissähkönkulutuksesta tämä on noin 4 %.

Kaikissa laitteissa oli erilaisia energiansäästötiloja, joilla voidaan säästää merkittävästi sähköä ilman että työt juurikaan häiriintyvät. Tärkeää on ottaa kopiokoneiden automaattisammutus viikkokellolla käyttöön. Muissa laitteissa erilaiset energiansäästötilat ja vähän energiaa kuluttavat valmiustilat kannattaa käyttää hyödyksi. Erityisesti tietokoneiden osalta säästöä saadaan selvästi ottamalla energiansäästötilat käyttöön. Kaikkien laitteiden osalta energiankulutukseen vaikuttaa myös laitteen ikä ja laatu.

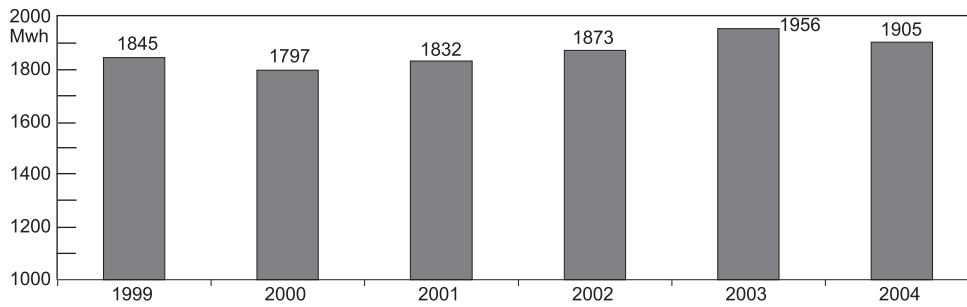
Suurin säästöpotentiaali löytyy kuitenkin muualta kiinteistön energiankulutuksesta. Koko kiinteistön energiansäästömahdollisuudet selvitettiin SYKEssä kiinteistön energiankatselmuksella vuonna 2003. Katselmuksessa esitettiin 25 erilaista toimenpide-ehdotusta, joilla kokonaisenergiankulutusta saadaan vähenemään.

Yli 40 % toimenpiteistä liittyy ilmaston ja lämmityksen säätöihin, jotka eivät vaadi investointeja. Valaistukseen liittyviä toimenpide-ehdotuksia on yhdeksän, joista seitsemän vaativat investointeja. Kaiken kaikkiaan investointeja vaativia toimenpiteitä on yhdeksän. Kokonaisinvestointi olisi reilut 50 000 euroa, ja takaisinmaksuaika olisi yksi vuosi, jos kaikki toimenpiteet toteutetaan. Takaisinmaksuajat vaihtelevat kuitenkin toimenpiteittäin vuodesta lähes kymmeneen vuoteen. Suurin osa ehdotetuista toimenpiteistä toteutetaan, mutta esimerkiksi suurimpia investointeja vaativia toimenpiteitä, kuten katos-, aula- ja wc-tilojen valaisimien uusimista, ei toteuteta niistä koituvan suhteellisen pienen säästön johdosta. Suurin osa toteutettavaksi päätetyistä toimenpiteistä on toteutettu vuoden 2004 aikana. Liitteessä 2 on esitetty kaikki ehdotetut toimenpiteet investointineen ja takaisinmaksuaikoineen sekä toimenpiteistä koituva energiansäästö.

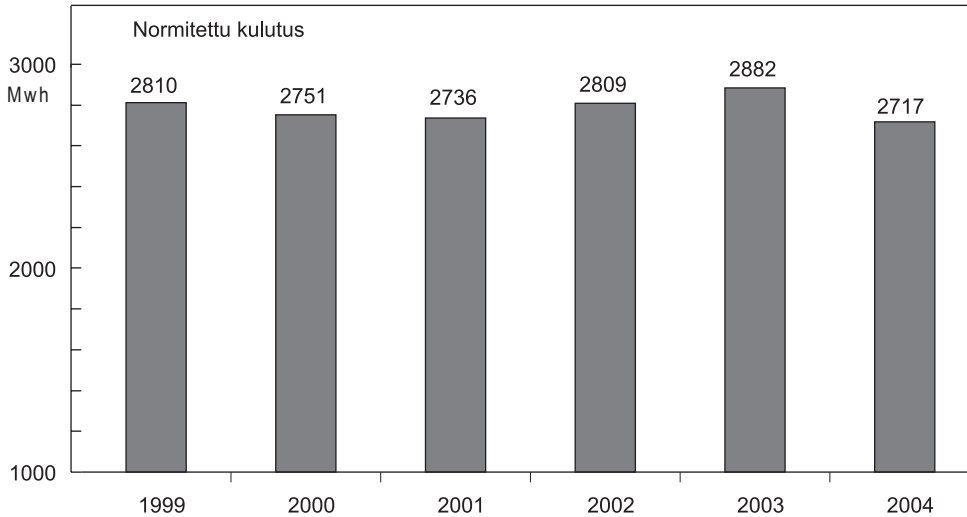
SYKEN sähkönkulutus on laskenut ensimmäistä kertaa vuonna 2004 vuoden 1999 jälkeen. Kulutus on laskenut noin 51 MWh eli noin 3 % vuodesta 2003 (kuva 22). Lämpöenergiankulutus on laskenut vuodesta 2003 noin 165 MWh eli noin 6 % (kuva 23). Yhteensä energiankulutus on siis laskenut SYKEssä yhden vuoden aikana noin 5 %. Kokonaiskulutuksen perusteella ei voida kuitenkaan sanoa, mikä on toimistolaitteiden energiansäästöasetusten käyttöönoton vaikutus sähkönkulutuksen alenemiseen.

4.2 Laitteiden käyttöohjeet vaikeaselkoisia ja puutteellisia

Laitteiden käyttöohjeet ovat usein vaikeaselkoisia ja energiansäästöasetuksien osalta puutteellisia. Erityisen puutteellisiksi havaittiin eri energiaa säästävien tilojen kulutustiedot ja tiedot heräämisajoista, jotka ovat kuitenkin käyttäjien kan-



Kuva 22. Suomen ympäristökeskuksen sähkönkulutus v.1999 - 2004.



Kuva 23. Suomen ympäristökeskuksen lämpöenergiankulutus v.1999 - 2004.

nalta oleellinen tieto. Nämä tiedot tulisi aina näkyä laitteiden käyttöohjeissa. Ongelmana ovat usein myös eri laitemerkkien ja -mallien erilainen käyttölogiikka. Laitteissa, erityisesti kopiokoneissa, ei ole yhtenäisiä energiansäästötiloja vaan laitteiden tehot vaihtelevat eri laitemerkkien ja -mallien välillä ja laitteet voivat käyttäytyä eri tavalla esimerkiksi silloin, kun laite herää energiansäästötilasta käyttövalmiuteen. Toimittajilta saa myös harvoin suoraan tietoa siitä miten laitetta voidaan käyttää mahdollisimman energiatehokkaasti.

Uusien laitteiden, erityisesti kopiokoneiden, sähkönkulutus eri tiloissa kannattaakin itse mitata käyttöönoton yhteydessä, koska

- 1) energiansäästöasetuksissa on suuria eroja niiden vaikutuksesta energiankulutukseen,
- 2) heräämisajat ovat erilaisia eri laitteilla ja
- 3) laitteen sähkönkulutusta ei voida päätellä ilman mittauksia.

4.3 Käyttäjät suhtautuvat 'järkeviin' asetuksiin myönteisesti

Käyttäjäkyselyn vastauksien perusteella käyttäjät suhtautuvat myönteisesti kopiokoneiden energiansäästöasetuksiin, jos asetukset eivät hidasta normaalia työntekoa. Usein kopiokoneissa ongelmana on se, että eri merkeillä ja malleilla on eri-

laisia energiaa säästäviä tiloja ja niille erilaisia heräämisaikoja. Heräämisajat ovat oleellisia tietää, jotta koneeseen ei asenneta työpäivän ajaksi asetuksia, joilla kone 'uinahtaa' tilaan, josta sen heräämisaika toimintavalmiuteen on useita minuutteja. Kyselyn mukaan oli hyväksyttävää, että kone sammuu automaattisesti työpäivän jälkeen ja viikonlopun ajaksi.

SYKEssä otettiin käyttöön tietokoneiden energiansäästöominaisuudet vuoden 2004 aikana samalla kun siirryttiin uuteen käyttöjärjestelmään. Kaikkiin koneisiin asennettiin samanlaiset energiansäästöasetukset, mutta käyttäjällä on mahdollisuus muuttaa asetuksia jälkikäteen itse. Koneiden tehosta riippuu, kuinka nopeasti kone herää toimintavalmiuteen. Yleisesti energiansäästöasetuksilla ei ole häiritsevää vaikutusta työntekoon.

4.4 Laitehankinnoilla ja käyttökoulutuksella voi vaikuttaa sähkönkulutukseen

Laitehankinnoilla voidaan vaikuttaa toimiston sähkönkulutukseen valitsemalla vähän energiaa kuluttavia laitteita. Jotta toimittajat osaavat tarjota oikeanlaisia tuotteita, on heille esitettävä vaatimuksia jo tarjouspyynnöissä. Tarjouspyynnöissä voidaan pyytää tietoja esimerkiksi kopiokoneiden energiansäästötiloista taulukon 23 mukaisesti.

Taulukko 23. Esimerkki tarjouspyynnössä esitettävästä taulukosta, jossa kysytään kopiokoneen energiansäästötiloista.

Kopiokoneen merkki ja malli	Teho (W)	Lyhin mahd. viiveaika (min)	Pisin mahd. viiveaika (min)	Heräämisaika (s) (pisin aika)
Toimintavalmiustila (Stand-by)				
Energiansäästötila (Energy-saver mode), esim. näppäimellä valittava tai viiveajan jälkeen kytkeytyvä				
Muu energiansäästötila				
Valmiustila (Low power mode)				
Off-tila, automaattisammutus kellokytkimellä (Auto-off)				
Off-tila, sammutus virtakatkaisimesta (Off-mode)				

Tärkein energiaa säästävä tila kopiokoneissa on automaattisammutus, joka varmistaa sen että laitteen sähkönkulutus on hyvin pieni yöaikaan ja viikonloppuisin. Tämän toimintaan erilaisissa tilanteissa kannattaakin kiinnittää huomiota, sillä tutkituissa laitteissa toiminta ei ollut täysin johdonmukaista. Kaikki laitteet eivät enää sammuttaneet itseänsä automaattisesti (eli eivät menneet auto-off-tilaan), jos ne oli laitettu päälle yöllä tai viikonloppuna. Myös muiden energiansäästötilojen käyttö saattoi estää auto-off-tilaan menemisen, jolloin laite käytti tarpeettoman paljon sähköä yöaikaan tai viikonloppuna. Kopiokoneita hankittaessa onkin syytä varmistaa

- että jos viikkokellolla varustettu laite on laitettu päälle aikana, jolloin se on ollut automaattisesti sammuneena, se sammuttaa itsensä jälleen tuohon auto-off-tilaan tietyn viiveajan jälkeen
- että laite siirtyy kaikista tiloista, myös näppäimellä käyttäjän asettamasta energiansäästötilasta, auto-off-tilaan viikkokellon mukaisesti.

TIETOISKU 5.

Laitehankinnoilla voidaan vaikuttaa energiankulutukseen, kun

- esitetään tarjouspyynnössä, että hankittavien laitteiden on täytettävä vähintään energiamerkintöjen (Energy Star, TCO '99, TCO'03) kriteerit,
- pyydetään tarjoukset vain vähän energiaa kuluttavista laitteista (TFT-näytöt, kannettavat tietokoneet, monitoimilaitteet eli kopio-, tulostus- ja telefaksilaite),
- pyydetään toimittajaa esittämään tarjouksessa tiedot laitteen energiaa säästävistä tiloista (erityisesti auto-off-tilan toiminnasta) viive- ja heräämisajoista,
- pyydetään tarjoajaa esittämään tarjouksessaan, että kopiokoneiden, tulostimien ja telefaxien asennusvaiheessa asennetaan koneeseen myös tehokkaat energiansäästöasetukset. Asetuksista sovitaan käyttäjien kanssa,
- hankitaan sähkönkulutusmittari ja tarkistetaan uusien laitteiden sähkönkulutus eri energiansäästötiloissa.

Valmistajien asettamat energiansäästöasetukset eivät usein ole kovin tehokkaita energiansäästön kannalta. Valmiiksi asennetut energiansäästöasetukset jäävät usein käyttöön, eikä niitä osata itse muuttaa. Tämän johdosta laitteen käyttökoulutuksessa tulisi käydä myös nämä asiat läpi. Yksinkertaisimmin ongelma ratkeaisi, jos laitteeseen asetettaisiin nykyistä tehokkaammat asetukset jo tehtaalla.

Laitteiden käyttöopastuksen järjestäminen saattaa olla joskus ongelma. Esimerkiksi kopiokoneiden osalta toimittajan antamaan laitteen käyttökoulutukseen ei usein osallistu kuin laitteen vastuuhenkilö tai laitteen hankinnasta vastaava henkilö. Laitteen käytön opastus käyttäjille jää siis usein organisaatiolle. Hyvä keino tiedon välittämiseen olisi, jos toimittajilta saisi automaattisesti laitteen luokse kiinnitettävät laitteen käyttöohjeet ja tiedot laitteeseen asetetuista tehokkaista energiansäästöasetuksista.

Laittekannan nopea uusiutumistahti voi aiheuttaa energiankulutuksen kasvua. Erityisesti tämä on havaittavissa tietokoneiden osalta, joissa laitteilta vaaditaan jatkuvasti suurempia tehoja. Toisaalta uudet koneet saattavat myös alentaa sähkönkulutusta, esimerkiksi jos vanhat tietokoneiden kuvaputkinäytöt korvataan TFT-näytöillä tai jos laitekannassa siirrytään pääosin kannettaviin tietokoneisiin.

TIETOISKU 6.

Sähköä voidaan säästää laitteen käytön aikana, kun

- otetaan tehokkaat energiansäästöasetukset käyttöön,
- annetaan laitteiden käyttäjille tarvittava tieto laitteen energiansäästöasetuksista ja energiataloudellisesta käytöstä, esim. tietokoneiden näyttöjen sammuttaminen lounastauoilla ja iltaisin,
- kopiokoneiden luokse kiinnitetään selkeät käyttöohjeet ja tiedot energiasäästöasetuksista,
- nimetään yhteiskäytössä oleville laitteille vastuuhenkilöt, jotka mm. seuraavat laitteen käyttöä ja ottavat käyttäjäpalautetta vastaan esim. energiansäästöasetuksien tuomista muutoksista.

5

Yhteenveto

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää SYKEN toimisto- ja atk-laitteiden sähkön kulutuksen osuus koko rakennuksen sähkönkulutuksessa sekä mahdollisuudet parantaa laitteiden energiatehokkuutta. Tarkoituksena oli säätää laitteiden energiansäästöominaisuudet ja ohjeistaa laitteiden käyttö niin, että laitteiden energiatehokkuus on mahdollisimman korkea mutta energiansäästötilat eivät häiritse kohtuuttomasti työtä. Tavoitteena oli myös tuottaa sellaista tietoa, jota voidaan hyödyntää yleisemmän tiedon tuottamiseen toimisto- ja atk-laitteiden energiansäästömahdollisuuksista.

Mittaukset suoritettiin VTT:n kehittämällä NIALM-menetelmällä, joka osoitautui tarkoitukseen sopivaksi. Mittausjärjestelyt yleisestikin havaittiin jo tutkimuksen alussa toimiviksi. VTT:ssa oli tehty aikaisemmin NIALM-menetelmän kehitystyötä, johon liittyi yksittäisten laitteiden mittauksia. Mittalaitteen käytöstä erilaisten kojeiden kanssa saatiin tässä hankkeessa myös uutta tietoa. VTT:ssa kehitettiin tutkimuksen aikana myös uusia tulosten analysointiin käytettäviä menetelmiä, jolla analysointityötä saatiin nopeutettua.

Toimistolaitteiden energiankulutusta ei ennen tätä tutkimusta oltu Suomessa tutkittu näissä mittasuhteissa, joten tulosten vertailuja ei voitu tehdä. Ulkomaalaisia tutkimustuloksia oli jonkin verran käytössä. Tulosten tulkinnassa olikin eräitä ongelmia, jotka kuitenkin selvitettiin. Eräs suurimpia ongelmia oli laitteiden eri toimintatilojen tunnistaminen ilman tarkempaa tietoa laitteesta. Kopiokoneiden eri tehotilojen toiminnan havaittiin olevan usein niin monimutkaista, että selvittämisessä tarvittiin sekä tulosanalyysiä että käyttöohjeiden apua. Käyttöohjeet todettiin kuitenkin osittain puutteellisiksi. Tulostimien ja telekopiolaitteiden toiminta on yksinkertaisempaa ja niiden käyttöohjeista saatiin useammin tarvittavat tiedot. Käyttöohjeissa on kuitenkin parannettavaakin. Tietokoneiden osalta kaikkiin laitteisiin ei saanut ollenkaan käyttöohjetta. Näiden puutteiden johdosta tavallisella käyttäjällä ei juurikaan ole mahdollisuuksia selvittää toimistolaitteensa energiankulutusta tai energiansäästön toimintaa.

SYKEN laitekanta on keskittynyt muutamisiin laitetoimittajiin. Tämän takia tutkimuksessa ei voitu tarkastella useita laitemerkkejä, mutta muutamista laitemerkeistä ja malleista saatiin paljon tutkimustietoa. Laajempia tutkimuksia varten tarvittaisiin useita organisaatioita, jotka hankkivat laitteensa eri toimittajilta. Vaikka mitattavissa laitteissa ei ollut useita eri merkkejä, energiansäästön toiminnasta saatiin arvokasta uutta tietoa, jonka avulla voidaan myöhemmissä tutkimuksissa säästää paljon työtä. Mittausten analysointia pitäisi kehittää entisestään niin, että automatisointia lisätään ja luotettavia analyysimalleja kehitetään näihin automaattisiin menetelmiin sopiviksi.

Kopiokoneita on usein melko vähän koko toimiston laitekannasta, mutta silti ne käyttävät suuren tehonsa takia merkittävän osan toimistolaitteiden sähkönkulutuksesta. SYKEssä kopiokoneiden arvioitiin vievän noin 9 % koko talon toimistolaitteiden sähkönkulutuksesta. Suurin yksittäinen laiteryhmä on kuitenkin tietokoneet. Ne kuluttavat ylivoimaisesti suurimman määrän sähköä toimistossa suuren lukumääränsä takia. SYKEssä tietokoneiden arvioitiin kuluttavan yli 80 % kaikkien toimistolaitteiden sähkönkulutuksesta.

Mittauksien avulla saatiin tietoa SYKEN toimistolaitteiden sähkönkulutuksen suuruudesta talon kokonaissähkönkulutuksesta, mikä ei selvinnyt esimerkiksi kiinteistön energiankatselmuksesta. SYKEN energiankulutuksen vähentäminen toimistolaitteiden energiasäästön avulla havaittiin myös suhteellisen tehokkaaksi. Ottamalla SYKEssä kaikissa toimistolaitteissa energiansäästöominaisuudet käyttöön ja hankkimalla vähän energiaa kuluttavia laitteita, kuten TFT-näyttöjä, sähkönkulutus voisi vähentyä maksimissaan noin 86 MWh, mikä on noin 4 % koko talon energiankulutuksesta. Säästöpotentiaalia voidaan pitää merkittävänä. Tulokseen liittyy kuitenkin epävarmuustekijöitä, jotka johtuvat tietokoneiden ja näyttöjen osittain puutteellisista mittauksista mittausaikataulun kireyden johdosta sekä laskennassa käytetyistä oletuksista. Tulosten perusteella voidaan kuitenkin päätellä, että säästöpotentiaalia on selvästi.

Mittausten tuloksia voidaan käyttää tulevaisuudessa muiden tutkimusten vertailukohteina, sekä tietolähteenä yleisemmän energiansäästöaineiston tuottamiseen.

Lähteet

- EPA 2003. History of ENERGY STAR. US Environmental Protection Agency, Washington, USA. www.energystar.gov/index.cfm?c=about.ab_history (4.2.2005).
- Kawamoto, K., Koomey, J.G., Nordman, B., Brown, R.E., Piette, M.A., Ting, M. & Meier, A.K. 2001. Electricity Used by Office Equipment and Network Equipment in the U.S: Detailed Report and Appendices. Environmental Energy Technologies Division, Ernest Orlando Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, CA 94720, USA. <http://enduse.lbl.gov/Projects/InfoTech.html>
- Korhonen, A., Pihala, H., Ranne, A., Ahponen, V. & Sillanpää, L. 2002. Kotitalouksien ja toimistotilojen laitesähkön käytön tehostaminen. Työtehoseuran julkaisuja 384. Helsinki.
- KTM 2000. Kauppa- ja teollisuusministeriön suositukset julkisten hankintojen energiatehokkuudesta. KTM, Helsinki. www.ktm.fi > Energia > Energiansäästö > Energiatehokkuus julkisissa hankinnoissa (4.2.2005)
- Loisa, L. 2003. Toimistolaitteiden sähkönkulutuksen mittaaminen ja sähkönkulutuksen vähentäminen energiasäästöasetusten avulla. Helsingin ammattikorkeakoulu, Insinöörityö.
- Motiva 2005. Energiakatselmukset. www.motiva.fi/fi/toiminta/energiakatselmukset/ (4.2.2005).
- Nissinen, A. 2004. Julkisten hankintojen ympäristöopas. Ympäristöopas 113. Suomen ympäristökeskus ja Edita, Helsinki.
- Nordman, B., Piette, M.A., Pon, B., & Kinney, K. 1998. It's Midnight...Is your Copier On?: Energy Star Copier Performance. Environmental Energy Technologies Division, Lawrence Berkeley National Laboratory, University of California, Berkeley, CA 94720, USA.
- Nordman, B., Meier, A., Piette, M.A. 2000. PC and Monitor Night Status: Power Management Enabling and Manual Turn-off. Proceedings of the 2000 ACEEE summer study on energy efficiency in buildings, 20-25.8.2000, s. 89-97.
- Pihala, H. 2002. PQ-NIALM-sähkönmittaustekniikka-rakennusten sähkön laadun ja loppukäyttölaitteiden yhteismittaus. VTT, Espoo.
- Rissanen, J-P. 1998. Sähkölaitteiden päto- ja loistehon kuormitusprofileihin perustuva mallinnus. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. 1998.
- Suomen Standardisoimisliitto. <http://www.sfs.fi> (30.6.2005)
- TCO. The Swedish Confederation of Professional Employees. <http://www.tcodevelopment.com> (2004)
- Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/ekul/2004/ekul_2004_2005-03-15_kuv_012.html (15.3.2005)
- Tilastokeskus. http://www.stat.fi/til/ekul/2004/ekul_2004_2005-03-15_kuv_013.html (15.3.2005)
- Toikka, J., Vänni, S. 2003. Motiva-energiakatselmusraportti kiinteistö Oy Mechelininkatu 34a. JP-Talotekniikka Oy.

Liite I. Mittaussuunnitelma vuodelle 2003.

Mittaukset aloitetaan aina tasatunnein, puolitunnein tai varttitunnein. Mittaukset päättyvät seitsemän vuorokauden kuluttua niin, että vuorokausitunnit tulevat täyteen. Tästä johtuva liukuma kellonajassa muuttaa alla olevassa aikataulussa olevia päivämääriä.

Vko	Mittauksen aloitus	Laitteet	Mittauksen lopetus
21	21.5	7.krs c-porras: Kopiokone Toshiba e-studio210cTulostin HP 4100Telefax Canonfax L900	28.5
22	28.5	6.krs c-porras: Kopiokone Canon iR6000Tulostin HP 4050Tulostin HP 5000N	4.6
23	4.6	5.krs a-porras: Kopiokone Toshiba 5560Tulostin HP 4050Telefax Toshiba DPI20F	11.6
24	11.6	4.krs a-porras: Kopiokone Canon iR5000Tulostin HP 4050Telefax Canonfax L900	18.6
25	18.6	Huone 323: PC (x2)Näyttö	25.6
26	25.6	Huone 423: PC + tulostinNäyttö	2.7
27	2.7	Huone 429: PC Näyttö	9.7
28	9.7	Huone 342: PCNäyttö	16.7
29	16.7	Huone 620: PCNäyttö	23.7
30	23.7	Huone 453: PCNäyttö	30.7
31	31.7	2.krs c-porras: Kopiokone Canon GP405Tulostin HP 5000Telefax Toshiba DPI20F	
32	7.8	2.krs: tulostushuone a-porras Kopiokone Canon NP6085Tulostin HP 4600DTN	14.8
33	14.8	2.krs: a-porras Kopiokone Canon IR8500 Tulostin HP 5000Telefax Canonfax L300	21.8
34	21.8	2.krs: kirjasto Kopiokone Toshiba 2060PC Morse Value LineTulostin HP 4100N	28.8
35	4.9	7.krs c-porras: Kopiokone Toshiba e-studio210cTulostin HP 4100Telefax Canonfax L900	11.9
36	11.9	6.krs c-porras: Kopiokone Canon iR6000Tulostin HP 4050Tulostin HP 5000N	18.9
37	18.9	5.krs a-porras: Kopiokone Toshiba 5560Tulostin HP 4050Telefax Toshiba DPI20F	25.9
38	25.9	4.krs a-porras: Kopiokone Canon iR5000Tulostin HP 4050Telefax Canonfax L900	2.10
39	2.10	2.krs c-porras: Kopiokone Canon GP405Tulostin HP 5000Telefax Toshiba DPI20F	9.10
40	9.10	2.krs: tulostushuone a-porras Kopiokone Canon NP6085Tulostin HP 4600DTN	16.10
41	16.10	2.krs: a-porras Kopiokone Canon IR8500 Tulostin HP 5000Telefax Canonfax L300	23.10
42	23.10	2.krs: kirjasto Kopiokone Toshiba 2060PC Morse Value LineTulostin HP 4100N	30.10
43	30.10	Mahdolliset tietokoneiden uusinta mittaukset (mittaus I: 6 viikkoa)30.10 – 11.12	6.11

Liite 2. SYKEN energiakatselmuksen toimenpiteet. Yhteenveto energiansäästö-toimenpiteistä.

Toimenpiteen kuvaus	Säästö yht. euroa/a	Takaisin- maksuaika	Investointi Euroa	Energiansäästö		Toteutus* (09/2004)	Muuta
				Lämpö (MWh)	Sähkö (MWh)		
Päällekkäisen lämmittämisen ja jäähdyttämisen poisto	900			25	8	T	
Ent.valvomon lämpötilongelman poisto	50			1	0	T	
Kiertoilman käytön tehostaminen	3110			94		P	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (kellarin sauna - ja kuntoilutilat)	1 520			35	6	P	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (auditorio)	580			19	1	P	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (sisääntuloaula)	6 330			167	14	T	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (hissiaulojen keskitila)	3 730			100	7	P	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (keittiö)	3 450			97	4	P	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (ruokala)	1 820			44	6	P	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (8.krs.sauna)	7 490			194	18	T	
Kiertoilman käytön tehostaminen (huoneet)	4 870			147		P	
Hissiaulojen ja keittiön valaistuksen vähentäminen	1 590				26	T	
Valaistuksen puolitusmahd. käyttö toimistotiloissa	1 190				20	H	
Valaistuksen käytönopastus	2 090				35	T/P	
Tietokone-monitorien tarpeettoman käytön rajoittaminen	890				15	T/P	
Keittiölaitteiden energiataloudellinen käyttö	1 130				19	T/P	
Hehkulamppujen korvaaminen pienloistelampuilla	4 590	1,1	5 100		77	T	
Aula- ja ravintolavalaisituksen päivänvaloautomaattikka	890	1,1	1 000		15	H	
Ruokalan lämmitystavan muutos	720	4,2	3 000	25		T	
Käytävävalaistuksen liiketunnistinhajaus	1 010	5,9	6 000		17	E	
Aula- ja käytävävalaistuksen liiketunnistinhajaus	1 190	6,7	8 000		20	E	
Ilmanvaihdon käyttäajajat (6. ja 7. kerros itäpäähän tuloilmakone)	650	7,7	5 000	36	-9	T	
Aulatilojen hehkulamppuvalaisimien uusiminen	1 170	8,7	10 200		19	E	
Wc-tilojen hehkulamppuvalaisimien uusiminen	440	9,7	4 275		7	E	Liiketunnistimet
Katosvalaisimien uusiminen	1 010	9,9	10 000		20	E	
	52 410		52 575	984	345		

*) T = toteutettu, P = päätetty toteuttaa, H = harkitaan toteutettavaksi, E = ei toteuteta

Liite 3. Sähkönkulutuksen mittaaminen NIALM - menetelmällä.

NIALM - menetelmän kehitysvaiheita

NIALM - mittausmenetelmän ideana on kerätä laitteen sähkönkulutukseen ja laatuun liittyviä mittaustuloksia keskitetysti sähkökeskuksesta tai käyttää mittalaitetta yksittäisessä kohteessa pistorasialiitännäisenä. SYKEN mittauksissa on käytetty mittalaitetta pistorasialiitännäisenä, jolloin mittalaite kytketään kulutuskojeen ja sähköpistorasian väliin.

Sähkölaitteiden kuorman mittaus- ja tilantunnistusjärjestelmän (NIALMS, Non Intrusive Appliance Load Monitoring System) kehitystyö alkoi Yhdysvalloissa vuonna 1982. Massachusetts Institute of Technologyn professori George Hart havaitsi rakennusten sähkönkulutukseen liittyvän tiedonkeruun yhteydessä mahdollisuuden saada yksittäisten kojeiden energiankulutus selville koko talon kuormitustiedoista. Hän aloitti laitteiden tehonkulutustietoja analysoimaan pystyvän tietokoneohjelman kehittämisen. Vuosina 1997 ja 1998 Enetics ja Telog Instruments nimiset yritykset aloittivat mittausmenetelmän kaupallistamisen. (Pihala 2002)

Mittausmenetelmän tutkimus aloitettiin seuraavana Ranskassa 1989. Tanskassa aihetta tutkittiin vuosina 1990 - 1992. Suomalainen tutkimustyö käynnistyi 1993. NIALMS oli vuosina 1995 - 1998 eurooppalaisen yhteistutkimushankkeen osana. Hankkeeseen osallistuivat Ranska, Tanska, Norja, Suomi ja Iso-Britannia. Yhteistyön tarkoituksena oli tiedonvaihto eri maiden välillä sekä uusien tutkimus- ja kehityshankkeiden muodostaminen (Rissanen).

NIALM-menetelmän tarkoituksena on mitata laitteiden tehonmuutoksia. Jokainen laite aiheuttaa kytkeytymishetkillään tietynlaisia tehonmuutoksia, jotka voidaan mitata. Tehonmuutoksien suuruudesta ja ajankohdista voidaan laskea laitteen sähköenergiankulutus tietyllä tarkkuudella sekä tunnistaa laitteen erilaiset toimintatilat. Myöhemmin laitteiston kehittyessä on voitu aloittaa myös sähkön laadun seuranta, jolloin NIALM-menetelmä on saanut nimen PQ-NIALM (PQ-NIALM, Power Quality and Non Intrusive Appliance Load Monitoring). Tätä laajennettua mittausmenetelmää on käytetty myös tässä tutkimuksessa, vaikka sähkön laatua ei juurikaan käsitellä tutkimusraportissa.

Sähkökeskusmittausta korvaavana menetelmänä voitaisiin käyttää laitteiden syöttöjohtoihin asennettavia sähköenergiamittareita. Korvaavan menetelmän haittapuolena on kuitenkin vähäinen käyttömahdollisuus, sillä esimerkiksi kiinteällä syöttöjohdolla varustettuja laitteita ei päästäisi mittaamaan ilman kohtuuttomia mittausjärjestelyjä. Lisähankaluutena olisivat myös tarvittavien mittalaitteiden suuri määrä ja hyvin kalliit järjestelykustannukset.

Tavallisissa asuinrakennuksissa kohdattaisiin luultavasti asukkaiden vastustusta mittalaitteiston takia. Keskitetyllä mittausmenetelmällä voidaan mitata erilaisten tilojen laitteiden sähkönkulutusta häiritsemättä tilan käyttäjiä ja ilman suurta mittalaitemäärää. Kustannukset laitekohtaiseen anturointiin perustuviin mittausmenetelmiin verrattuna ovat huomattavasti pienemmät. Toimistolaitemittauksen kaltaisissa erikoistarkoituksissa on perusteltua käyttää mittalaitetta suoraan kulutuskojeisiin liitettynä.

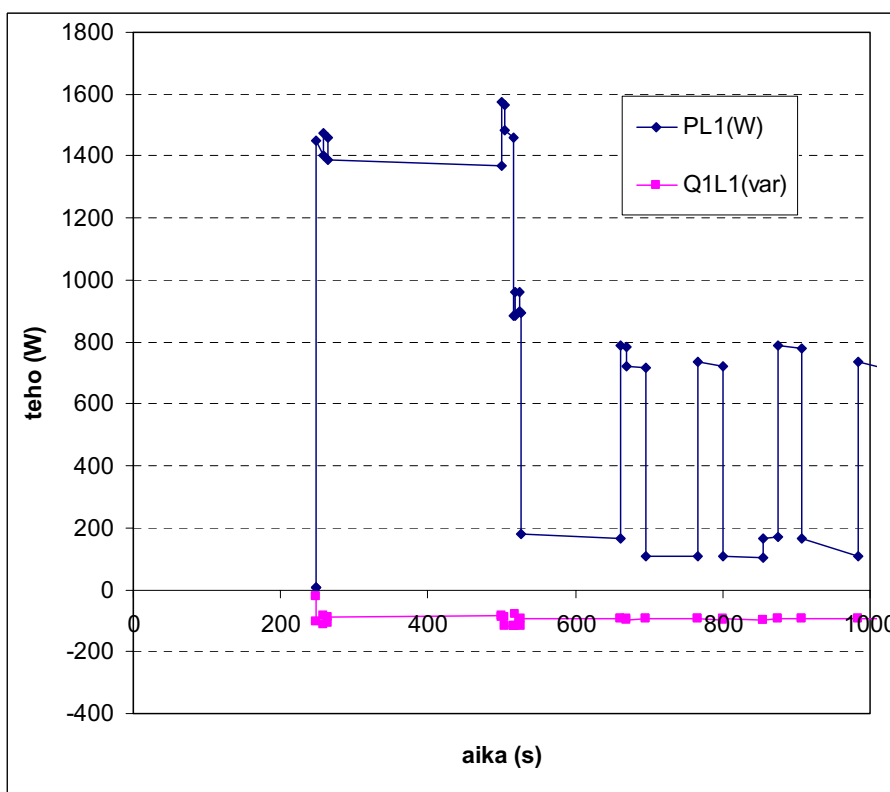
Suomessa kehitetyllä PQ-NIALM laitteistolla tallennetaan sähköön liittyviä suuria kannettavan tietokoneen muistiin. Tieto siirretään kolmivaiheiselta digitaalisen energian ja sähkönlaadun mittalaitteelta sarjavylyä käyttäen kannettavaan tietokoneeseen, jossa mittausohjelma luokittelee sen halutunlaisiksi tiedostoiksi ja tallentaa tulosten analysointia varten.

NIALM-menetelmä Suomessa

VTT-prosessit yksikön ja MX Electrix Oy:n kehittämä PQ-NIALM -mittausmenetelmä perustuu digitaalisen sähkönlaatumittarin ja sitä varten kehitetyn mittausohjelmiston käyttöön. Mittalaitteiston muodostavat kannettava tietokone ja sähkönlaadun mittalaite. VTT on kehittänyt mittausohjelmiston, tulosten analysointia varten tarvittavat algoritmit sekä tulosten analysointiohjelmat. MX Electrix Oy on tehnyt mittalaitteen lukemista varten tarvittavan ohjelmiston osan sekä digitaalisen sähkönlaatumittarin (Pihala 2002).

Mittalaitteisto mittaa päto- ja loistehoja sekä sähkön laatuun liittyviä suureita, joita ovat mm. jännitekuopat ja harmoniset yliaallot. Mitattavan suureen arvo luetaan muistiin aina kun se muuttuu asetettujen raja-arvojen ulkopuolelle. Lisäksi muutoshetkellä rekisteröidään muutoksen suuruus ja muiden mitattaviksi valittujen suureiden arvot. Päto- ja loistehoille voidaan antaa omat rekisteröintiin johtavat raja-arvonsa. Näistä tiedoista voidaan piirtää laitteille kuormituskäyriä, jotka kertovat tehonmuutoksen suuruuden ajan funktiona. Kuormituskäyristä nähdään lisäksi laitteen eri toimintatilojen tehot ja kestoajat (kuva 1).

Päto- ja loistehon muutoksista, laitteen kytkeytyessä päälle ja pois, voidaan tallentaa kullekin laitteelle ominaisia tehonmuutoksesta kertovia lukupareja. Näitä syntyviä tehonmuutospareja käytetään erottamaan laitteet toisistaan sähkökeskuksista tehtävissä NIALM-mittauksissa.



Kuva 1. Erään kopiokoneen päto- ja loisteho ajan funktiona tehonmuutosarvojen mittauspisteistä piirrettyinä sekä koneen kuormituskäyrät. PL1 (W) on päto-teho watteina ja QLI (var) on loisteho vareina.

Mittausten teoriaa

Mittalaite ottaa mitattavasta suureesta näytteitä. Näytteistä mittalaite laskee yhden vaiheen virran, jännitteen ja tehon tehollisarvot seuraavien yhtälöiden mukaan:

$$I = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T i^2(t) dt} \quad (1)$$

$$U = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u^2(t) dt} \quad (2)$$

$$P = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T u(t) \cdot i(t) dt} \quad (3)$$

Yhtälöissä esiintyvät suureet:

- I virran tehollisarvo
- i(t) virta ajan funktiona
- U jännitteen tehollisarvo
- u(t) jännite ajan funktiona
- T jakson pituus.

Näennäisteho S lasketaan U:n ja I:n tulona seuraavasti:

$$S = UI \quad (4)$$

Loisteho Q lasketaan yhtälöstä:

$$Q = \sqrt{S^2 - P^2} \quad (5)$$

Virran ja jännitteen tehollisarvot koostuvat perusaallosta (50 Hz) ja sen harmonisista yliaalloista. Yliaaltoja yhteen laskettaessa huomioidaan 30 ensimmäistä aaltoa. Lopuilla ei ole käytännön merkitystä sähköverkon kannalta. Yliaallot lasketaan yhteen seuraavasti:

$$I = \sqrt{\sum_{h=1} (I_h)^2} \quad (6)$$

$$U = \sqrt{\sum_{h=1} (U_h)^2} \quad (7)$$

Kaavoissa:

- I_h h:s harmoninen virran yliaalto
- U_h h:s harmoninen jännitteen yliaalto.

Kokonaispätö- ja loistehot lasketaan perusaallon (50 Hz) tehollisarvon ja yliaaltojen tehollisarvon neliöllisenä summana seuraavasti:

$$P = \sqrt{P_1^2 + P_h^2} \quad (8)$$

$$Q = \sqrt{Q_1^2 + Q_h^2} \quad (9)$$

Kaavoissa esiintyvät suureet:

- P1 pätötehon perustaajuinen osa
- Ph pätötehon harmoninen komponentti
- Q1 loistehon perustaajuinen komponentti
- Qh loistehon harmoninen komponentti

Mittauslaitteet ja ohjelmat

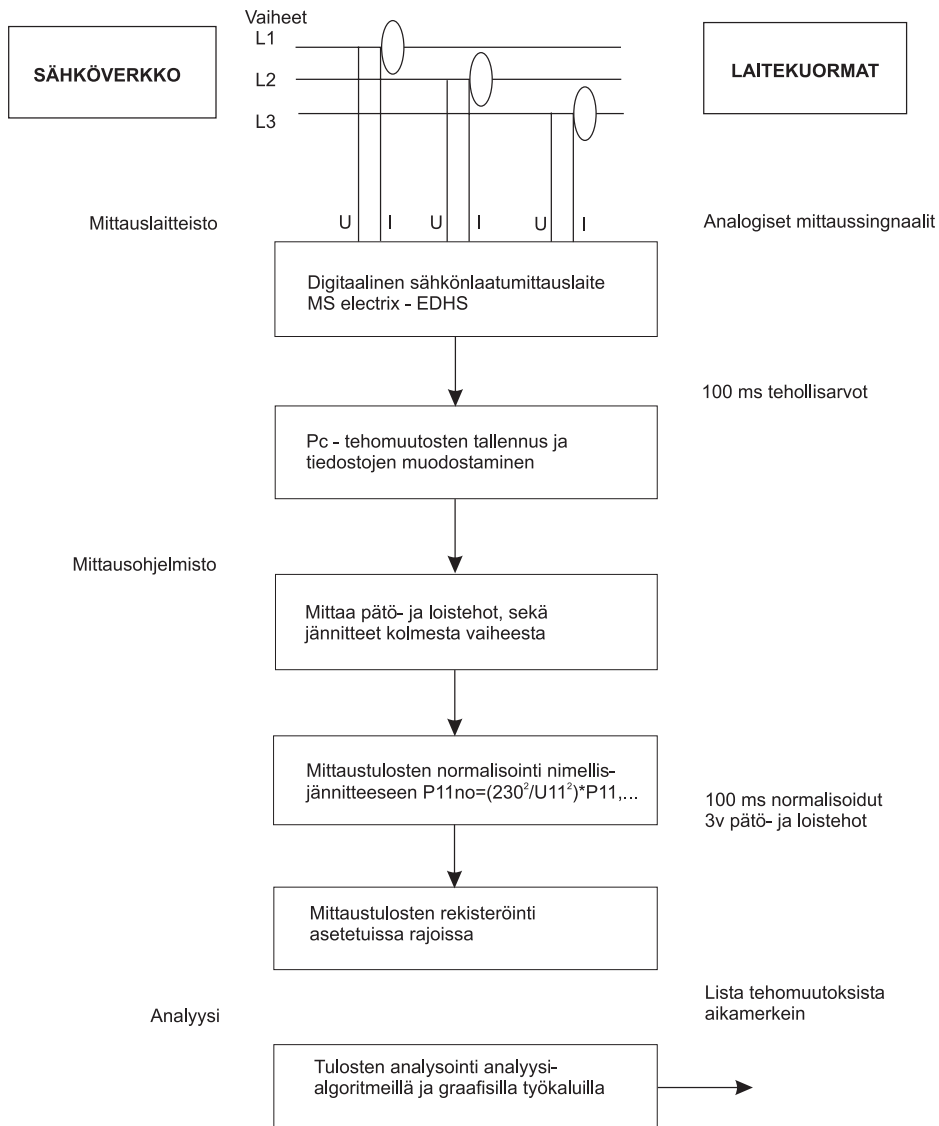
NIALM-mittauksiin tarvittavaa laitteistoa ja tietokoneohjelmistoa käsitellään erikseen. Mittaustapahtuman vaiheet esitellään pääpiirteittäin, (kuva 2) ja sen jälkeen käsitellään laitteiston ja ohjelmiston toimintaa tarkemmin. Mittauslaitteisto koostuu mittauksen aikaisista laitteista ja ohjelmistosta, sekä tulosten analysointia varten olevasta ohjelmistosta.

Mittalaite

Mittalaite koostuu kannettavasta tietokoneesta ja MX Electrix Oy:n sähkönlaadun mittarista malliltaan EDHS. Laitteet on kytketty toisiinsa rs-232 liitäntää käytävällä sarjaliikennekaapelilla. Sähköanalysaattori on asennettu tavalliseen salkkumalliseen laitekoteloon, joka sisältää analysaattorin lisäksi yksi- tai kolmivaiheisen johdonsuojakatkaisijan ja analysaattoriin asennetun tietoliikennekortin. Tietoliikennekortti lähettää 100 millisekunnin välein mitatut suureet tietokoneeseen. Samanlaista mittalaitteistoa käytetään myös sähköyhtiöissä asiakkaan sähkönlaadun seurantaan. Tällöin sähköanalysaattoriin on liitetty tiedonsiirto ja käsittelykortti, jota käytetään mittaustietojen siirtoon sähköyhtiöiden tietokoneille, kiinteää tai langatonta yhteyttä käyttäen (Pihala 2002).

Mittaussalkuksi nimitettävään laitekoteloon (kuva 3) voidaan asentaa mittaustarpeesta riippuen joko kolme yksivaiheista pistorasiaa tai liittimet tarkoitusta varten rakennetuille sähkökeskusmittapäille. Sähkökeskuksissa tapahtuvia mittauksia varten laitteeseen liitetään joko kiinteät tai avattavat 1 tai 5 ampeerin virran- mittaussilmukat sekä jännitteen mittaavat, varokkeiden paikalle asennettavat, tulppasulakeadapterit (Pihala 2002). Tarvittaessa voidaan käyttää virta- ja jännite-muuntajia laajentamaan mittalaitteen mittausaluetta. Jännitettä voidaan myös mitata suoraan keskuksen sopivista liittimistä, jos keskus on varustettu johdonsuojakatkaisijoilla tai kahvavarokkeilla.

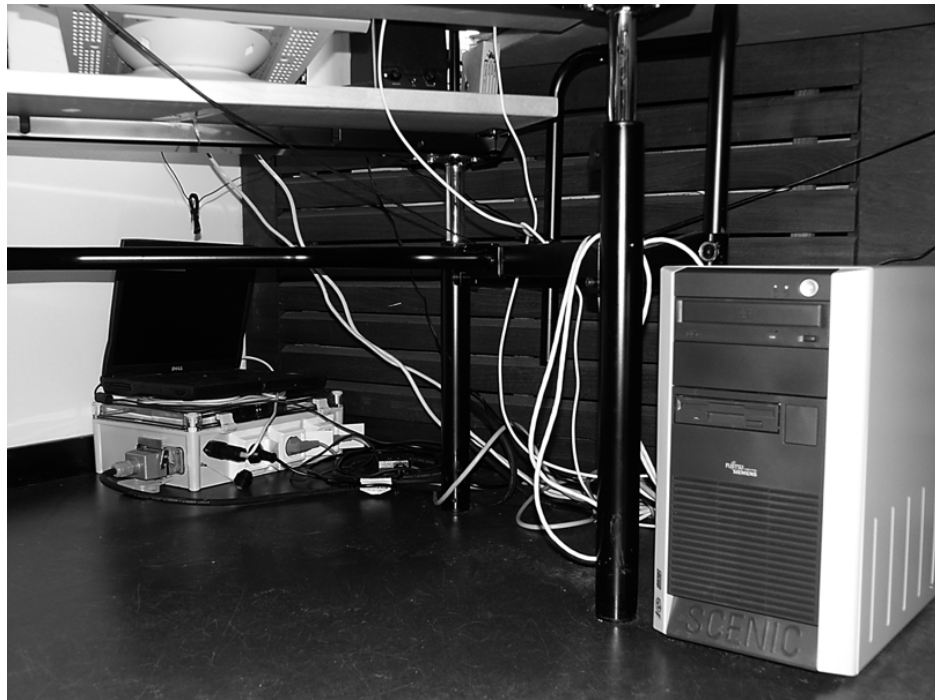
Pistotulpalliitännäisten laitteiden mittauksiin tarkoitettu mittalaite on sisäisesti kolmivaiheinen, mutta ottaa syöttöenergiansa yhdestä 16 A:n pistorakkeesta. Tätä mittalaitetta käytettäessä on huomioitava, että kaikki mitattavat laitteet saavat sähkönsä yhdestä 10 tai 16 A:n pistorasiasta, riippuen siitä kummanlaiseen pistorasiaan mittalaite on kytketty. Erityisesti tässä tutkimuksessa tuli ilmi laitteen rajallinen sähkönsyöttökapasiteetti suuritehoisia kopiokoneita mitattaessa. Mittauksia jouduttiin osittain suunnittelemaan niin, ettei useita suuritehoisia laitteita ollut yhtä aikaa mitattavana (kuva 4).



Kuva 2. Mittauksen vaiheet mittaustyöstä tulosten analysointiin (Pihala 2002).



Kuva 3. Mittalaite ja kannettava tietokone (kuva Lassi Loisa).



Kuva 4. Mittauslaitteisto toiminnassa kätkeytyä erääseen toimistohuoneeseen (kuva Lassi Loisa).

Mittausohjelma

Mittausohjelma on tehty toimimaan pc-tietokoneella Windows-käyttöjärjestelmässä. Kun tietokone ja mittalaite on liitetty toisiinsa sarjakaapelilla, voidaan mittaus aloittaa. Mittausohjelman käynnistyksen yhteydessä ohjelma kysyy ensin tietoja mitattavasta kohteesta (kuva 5) ja mittalaitteesta. Osassa syötettävistä kentistä voidaan valita myös automaattiasetuksen, jolloin ohjelma valitsee mittaukselta varten parhaat arvot.

Kysyttävät tiedot ovat:

- mittauspaikan nimi, esimerkiksi mittauspaikka
- mittauspaikan tiedot, esimerkiksi pistorasiamallista mittalaitetta käytettäessä eri vaiheissa (pistorasioissa) olevien laitteidentunnistiedot
- mittauspaikan tyyppi
- tehomuutosparametrit; jokaisessa vaiheessa tallennettava pienin mahdollinen pätö- ja loistehon muutos
- stabiilien tehotilojen vaihteluväli, jonka sisällä muutaman peräkkäisen mitattavan suureen arvon tulee olla tietojen lukuhetkellä
- mittalaitteesta saatujen 100 millisekunnin jännite- ja teho-lukemien integrointi-aika, siis kuinka monen mittalaitteen rekisteröimän arvon tehollis-tai keskiarvona mitattavia suureita mittauksen aikana käsitellään
- virtamuuntajien tai avattavien virranmittaussilmukoiden muuntosuhde.

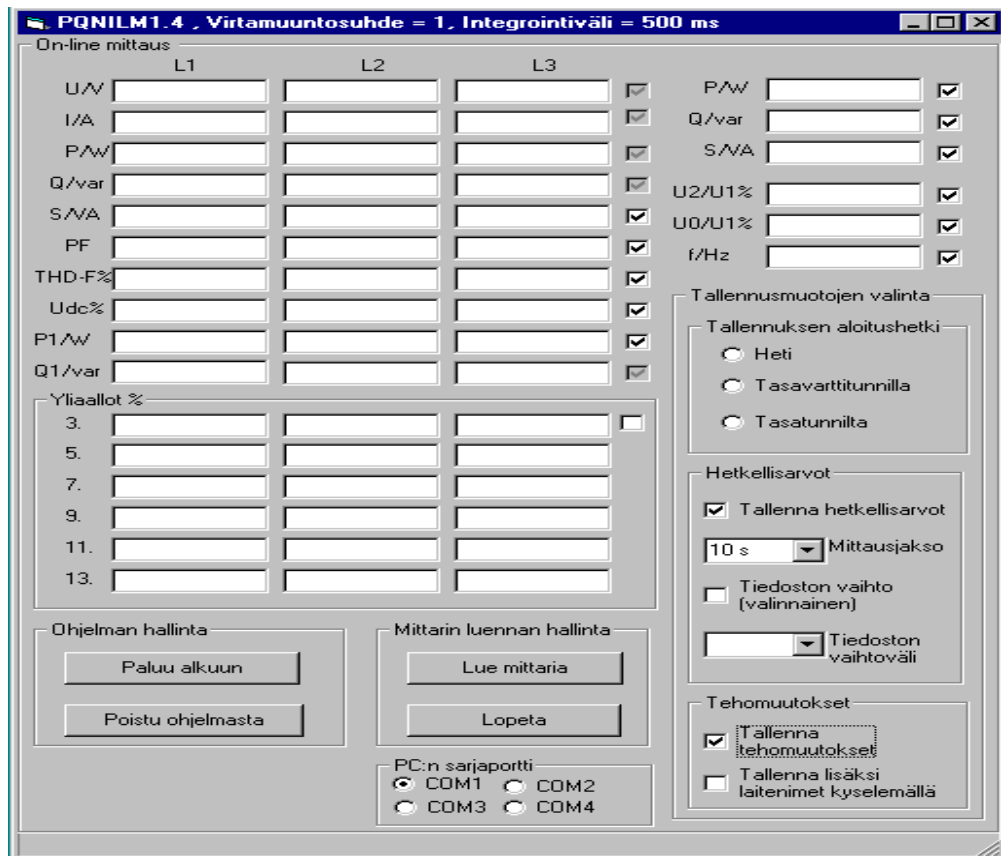
Perustietojen syötön jälkeen mittausohjelma asetetaan mittaamaan halutut suureet asetusten valintaikkunaa käyttäen (kuva 6). Valintaikkunassa näkyvät myös kaikki suureet, joita mittausohjelma pystyy tallentamaan. Mittausohjelma tallentaa kaikki rastittamalla valitut suureet ja näyttää reaaliaikaisesti niiden arvot näytöllä. Ikkunasta valitaan mitattavien suureiden lisäksi tietojen tallennukseen vaikuttavat asetukset. Tallennus voidaan valita alkamaan tietokoneen kellon mukaan heti, tasatunnilta tai tasavarteilta tunnin aikana.

Kuva 5. PQ-NIALM-mittausohjelman perustietojen kyselyikkuna.

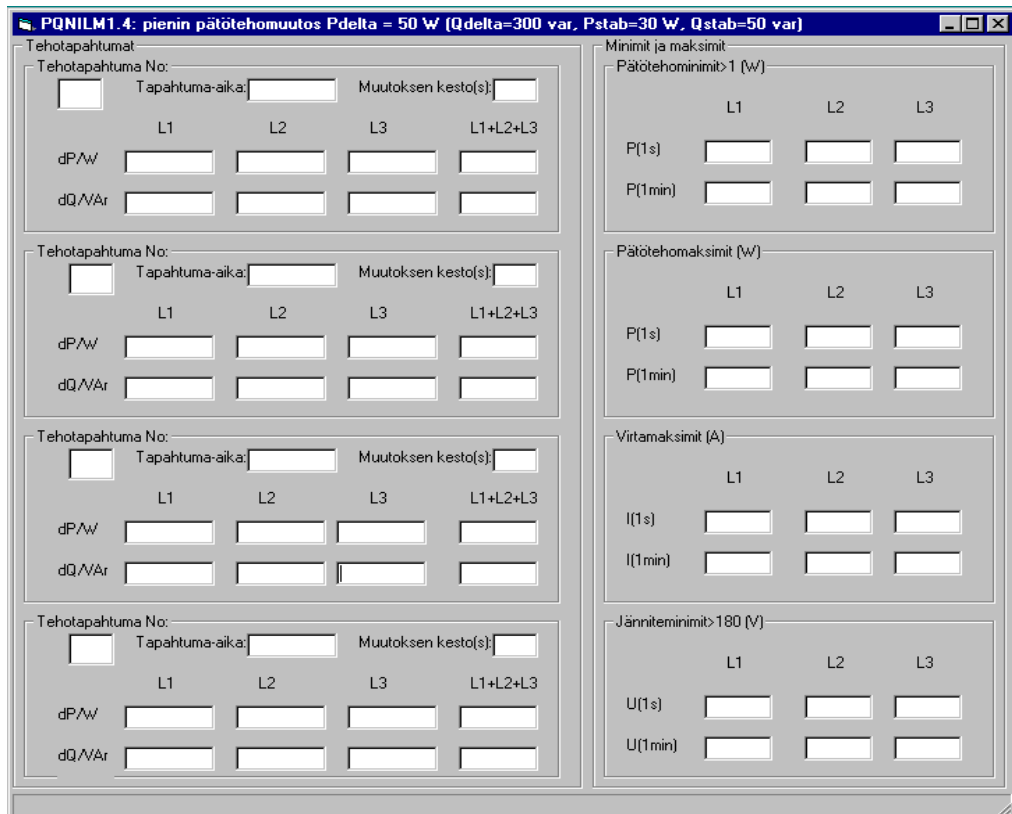
Hetkellisarvojen tallennustiheydelle voidaan asettaa aikaraja 100 millisekunnista 3 tuntiin. Samalla valitaan tiedostojen vaihtoaika, joka voi olla 1 minuutista 24 tuntiin. Tiedoston vaihto on tarkoitettu käytettäväksi tallennettaessa mittaustietoja hyvin lyhyellä talletusaikavälillä. Tällöin yhden tulostiedoston koko tulisi käsittelyn kannalta liian suureksi.

Tehomuutokset ja laitenimet voidaan tallentaa omiin tiedostoihinsa. Laitenimien tallentamista tarvitaan sähkökeskusmittauksissa, jos halutaan nimetä laitteita yksittäisten tehomuutosten mukaan ja tunnistaa laitteet myöhemmin tuloksia analysoitaessa. Tehomuutoksia tarvitaan laitteiden toimintatilojen tunnistamista ja huipputehojen mittausta varten. Pysyvistä tehomuutoksista tallennetaan seuraavat tiedot tehomuutostiedostoon:

- mittauspaikasta annetut tiedot, aloitusaika ja tehomuutoksen tapahtumahetki
- tehomuutostapahtuman varmentamiseen kulunut aika
- teho P , perusaallon loisteho $Q1$ nimellisjännitteen 230 V neliöön normalisoituna sekä jännite U muutoksen lopussa kaikista vaiheista
- DP ja $DQ1$ kaikista vaiheista nimellisjännitteen 230 V neliöön normalisoituna



Kuva 6. Mittausohjelman käyttöliittymä.



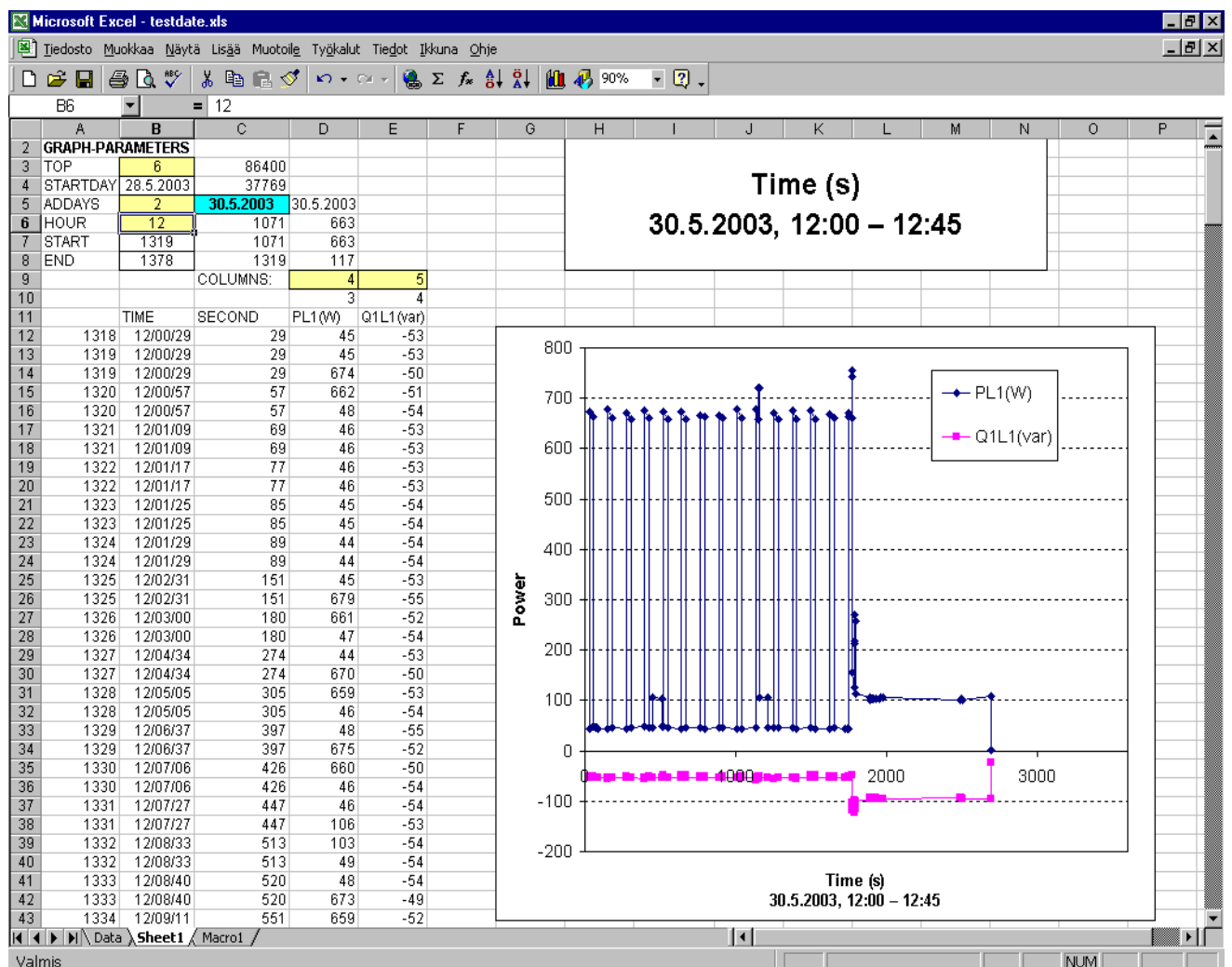
Kuva 7. Mittausohjelman tallennettavien tehotapahtumien ikkuna.

Mittausohjelman toisessa ikkunassa näytetään neljä viimeistä tehomuutostapah- tumaa (kaikkien vaiheiden tehomuutokset tapahtumahetkellä). Ikkunan (kuva 7) oikeassa puoliskossa näytetään tehon, virran ja jännitteen minimi- ja maksimi- arvot sekunnin ja minuutin arvoina. Ikkunan kaikki tapahtumat kirjataan omaan tiedostoonsa.

Tietojen analysointi

Mittaustietojen analysointiin käytetään useita erilaisia ohjelmistoja riippuen mit- taustiedon tyypistä. Tuloksista etsitään pääasiassa kolmenlaisia tietoja. Näitä ovat tehot laitteiden eri toimintatiloissa, käytetyt energiat ja viiveajat tiloista toisiin siirryttäessä. Analysointia varten suunniteltu Excel- makro-ohjelma piirtää het- kellisistä mittaustiedoista tunnin ajalta graafisia esityksiä (kuva 8). Näistä kuvista voidaan laskea laitteiden toimintatilojen välisiä aikoja ja esimerkiksi energian- säästötilaan siirtymisen viive. Kuvista voidaan myös laskea tietyssä toimintatilas- sa kulunut energia ja keskimääräinen teho.

Toisella VTT:n käyttämällä analyysiohjelmalla piirretään 15 minuutin keski- määräisiä tehoja esittäviä graafisia pylväskuvaajia yhden vuorokauden ajalta. Pyl-



Kuva 8. Tehomuutosarvojen analysointiin käytettävä Excel-makro-ohjelma

väs- kuvaajista nähdään helpommin laitteen toimintarytmi ja toimintatilat. Viidentoista minuutin teholumemat ovat usein riittäviä laitteiden energiankulutuksen ja tehotilojen laskentaan.

Hetkellisarvoista (esim. minuutin) voidaan myös piirtää pysyvyyskäyriä, joista saadaan selville laitteen eri tehotiloissa olemat ajat. Pysyvyyskäyrästä voidaan arvioida laitteen hyötytoimintaan ja joutenoloon käyttämiä tehotiloja ja aikoja. VTT:ssä tehdyn laskentaohjelman avulla voidaan laskea 15 minuutin keskitehoista, käyttäen hyväksi tehon hetkellisarvotietoja, laitteen eri tehotiloissa käyttämä aika ja keskimääräiset tehot viikon aikana. Ohjelma arvioi myös eri tehotiloissa käytetyn energian ja sen suhteellisen osuuden viikon kokonaisenergiankulutuksesta. Saatuja tietoja voidaan käyttää laitteiden energiansäästötilojen uudelleen ohjelmoinnin pohjana. Tällöin joutokäyntiajan energiankulutusta vähennetään suhteessa hyötytoimintaan käytettyyn energiaan.

Laskentaohjelman avulla nähdään nopeasti, minkälaisiin toimiin on ryhdyttävä energiankulutuksen vähentämiseksi. Laskentaohjelman käyttäjän on kuitenkin tunnettava tutkittava laite, sillä käyttäjä joutuu itse antamaan tutkittavan laitteen eri tehotilojen rajatehot ohjelmaan. Rajatehojen avulla ohjelma tunnistaa eri tehotilat.

Kun käytössä on sähkökeskusmittalaite, on mittaustietojen analysointi monimutkaisempaa kuin pistorasiamittalaitetta käytettäessä. Tällöin analyysissä tarvitaan laitekirjastoja, joihin on tallennettu eri laitteiden toimiessaan aiheuttamia tehomuutoksia. Analyysi suoritetaan VTT:n kehittämällä ohjelmalla, joka tunnistaa mitattavien laitteiden tyypit laitekirjaston ja tehomuutoksiin perustuvan cluster-analyysin avulla. Kun laitteet on tunnistettu, ohjelma luo jokaiselle löydetylle laitteelle oman tietueen, johon laitteeseen liittyvät tiedot tallennetaan jatkokäsittelyä varten (Pihala 2002).

Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika Elokuu 2005
Tekijä(t)	Minna Kokkarinen (SYKE), Ari Nissinen (SYKE), Lassi Loisa (insinööriopiskelija), Hannu Pihala (VTT), Heikki Härkönen (Motiva Oy)	
Julkaisun nimi	Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiatehokas käyttö - Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2003 VTT:n ja Motivan kanssa toteutun mittaus-hankkeen tulokset	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut	Julkaisu on saatavana myös internetistä: www.ymparisto.fi/julkaisut	
Tiivistelmä	<p>Toimistolaitteiden sähkönkulutusta sekä keinoja kulutuksen vähentämiseen selvitettiin vuonna 2003 Suomen ympäristökeskuksessa (SYKE). Selvityksessä mitattiin ja säädettiin SYKEssä käytössä olevia kopiokoneita, tulostimia, telefakseja ja tietokoneita ja kulutus mitattiin VTT:ssä kehitetyllä NIALM (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring) -mittausmenetelmällä. VTT analysoi tulokset ja energiansäästön palvelukeskus Motiva Oy osallistui mittauksen suunnitteluun ja tiedotukseen.</p> <p>Vastaavanlaista toimistolaitteiden energiansäästöön liittyvää laajaa, kokeellista selvitystä ei ole Suomessa aiemmin tehty. Tavoitteena oli selvittää SYKE:n toimisto- ja atk-laitteiden sähkönkulutuksen osuus koko rakennuksen sähkönkulutuksessa ja mahdollisuudet parantaa laitteiden energiatehokkuutta. Tavoitteena oli myös tuottaa sellaista tietoa, jota voidaan hyödyntää yleisemmän tiedon tuottamiseen toimisto- ja atk-laitteiden energiansäästömahdollisuuksista.</p> <p>Selvitys osoitti käytännön mahdollisuuksia vähentää toimisto- ja atk-laitteiden sähkönkulutusta toimisto-, hallinto- ja palvelurakennuksissa. Esimerkiksi ottamalla SYKEssä kaikissa toimistolaitteissa tehokkaat energiansäästöominaisuudet käyttöön ja hankkimalla vähän energiaa kuluttavia laitteita, kuten TFT-näyttöjä, sähkönkulutus voisi vähentyä noin 86 MWh. Luku on noin 4 % koko rakennuksen vuosittaisesta energiankulutuksesta.</p> <p>Julkaisun tavoitteena on auttaa energiatehokkuuteen liittyvien keinojen kehittämistä palvelutuotannon ja julkishallinnon organisaatioissa.</p>	
Asiasanat	Energiansäästö, sähkönkulutus, toimistolaitteet	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 779	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero	Hanke on osa EkoSYKE-projektia D010	
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE)	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot	Suomen ympäristökeskus (SYKE), Valtion teknillinen tutkimuskeskus (VTT), Motiva Oy	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-2024-X
		952-11-2025-8 (PDF)
	Sivuja 67	Kieli Suomi
	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta 8 e
Julkaisun myynti/ jakaja	Edita Publishing Oy, PL 800, 00043 EDITA, vaihde 020 450 00 Asiakaspalvelu: puhelin 020 450 05, faksi 020 450 2380 Sähköposti: asiakaspalvelu@edita.fi , http://www.edita.fi/netmarket	
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus (SYKE)	
Painopaikka ja -aika	Edita Prima Oy, Helsinki 2005	

Presentationsblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum Augusti 2005	
Författare	Minna Kokkarinen (SYKE), Ari Nissinen (SYKE), Lassi Loisa (teknolog), Hannu Pihala (VTT), Heikki Härkönen (Motiva Oy)		
Publikationens titel	Toimistolaitteiden sähkökulutus ja energiatehokas käyttö - Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2003 VTT:n ja Motivan kanssa toteutun mittausprojektin tulokset (Kontorsmaskinens elförbrukning och deras energieffektiva bruk - Resultat av mätningprojekt utfört i Finlands miljöcentral år 2003 i samarbete med VTT och Motiva)		
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt	Publikationen finns tillgänglig på internet: www.ymparisto.fi/julkaisut		
Sammandrag	<p>Kontorsmaskinens elförbrukning och sätt att minska elförbrukningen utreddes år 2003 i Finlands miljöcentral (SYKE) genom att mäta och justera kopieringsmaskiner, skrivare, telefax-maskiner och datorer. Elförbrukningen mättes med den av VTT utvecklade NIALM-mätningssystemen (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring). VTT analyserade mätresultaten och servicecentralen för energisparande Motiva Oy deltog i planeringen av mätningarna och i informationen.</p> <p>En dylik omfattande experimentell utredning om kontorsmaskinens energisparande har inte tidigare utförts i Finland. Utredningens syfte är att klarlägga vilken andel SYKEs kontors- och datamaskiner utgör av hela byggnadens energiförbrukning och möjligheterna att förbättra deras energieffektivitet. Ett mål var också att få fram sådan kunskap som kan utnyttjas mera allmänt för att framkalla information om möjligheterna att utnyttja kontors- och datamaskinens energisparande egenskaper.</p> <p>Utredningen visade, att det i praktiken finns möjligheter att minska kontors- och datamaskinens energiförbrukning i kontors-, förvaltnings- och servicebyggnader. Till exempel genom att ta i bruk effektiva energisparande egenskaper i SYKE och genom att skaffa energisnåla maskiner, exempelvis TFT-skärmar, skulle elförbrukningen kunna sjunka med upp till 86 MWh. Talet är 4 % av hela byggnadens årliga energiförbrukning.</p> <p>Publikationens syfte är att hjälpa att utveckla metoder i anslutning till energieffektivitet i serviceproduktionens och den offentliga förvaltningens organisationer.</p>		
Nyckelord	Energisparande, elförbrukning, kontorsteknik		
Publikationsserie och nummer	Finlands miljö 779		
Publikationens tema	Miljövård		
Projektets namn och nummer	Projektet är en del av EkoSYKE-projektet D010		
Finansiär/ uppdragsgivare	Finlands miljöcentral (SYKE)		
Organisationer i projektgruppen	Finlands miljöcentral (SYKE), Statens tekniska forskningscentral (VTT), Motiva Oy		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-2024-X	952-11-2025-8(PDF)
	Sidantal 67	Språk Finska	
	Offentlighet Offentlig	Pris 8 EUR	
Beställningar/ distribution	Edita Publishing Ab, PB 800, 00043 EDITA, växel 020 450 00 Postförsäljningen: telefon 020 450 05, fax 020 450 2380 e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi , http://www.edita.fi/netmarket		
Förläggare	Finlands miljöcentral (SYKE)		
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Edita Prima Ab, Helsingfors 2005		

Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date August 2005
Author(s)	Minna Kokkarinen (SYKE), Ari Nissinen (SYKE), Lassi Loisa (insinööriopiskelija), Hannu Pihala (VTT), Heikki Härkönen (Motiva Oy)	
Title of publication	Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiatehokas käyttö - Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2003 VTT:n ja Motivan kanssa toteutun mittaushankkeen tulokset (Energy Consumption of Office Appliances and Their Energy-efficient Use - The results of a measurement project carried out at Finnish Environment Institute in 2003 together with VTT Technical Research Centre of Finland and Motiva)	
Parts of publication/ other project publications	Publication is also available in the internet: www.ymparisto.fi/julkaisut	
Abstract	<p>The energy consumption of office appliances and ways of reducing it were studied in 2003 at Finnish Environment Institute (SYKE). The study comprised measuring and adjusting photocopiers, printers, telefaxes and computers in use at SYKE, using the NIALM (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring) system developed at VTT to measure energy consumption. VTT analysed the results, and the energy consumption service centre Motiva Oy participated in planning the measurements and communications.</p> <p>This is the first extensive empirical study of its kind, of the energy consumption of office appliances in Finland. The goal was to find out how much of the entire building's energy consumption consisted of the energy consumption of SYKE's office and IT equipment, and how their energy efficiency could be improved. Another goal was to generate data that could be utilised more generally to produce information on the energy saving possibilities of office and IT equipment.</p> <p>The study pinpointed practical possibilities for reducing the energy consumption of office and IT equipment in office, administration and service buildings. For example, by activating the effective energy saving features in all office appliances at SYKE and acquiring equipment that does not consume a lot of energy such as TFT displays, energy consumption could be reduced by around 86 MWh. This is around 4 per cent of the annual energy consumption of the entire building.</p> <p>The goal of this publication is to assist the development of means of promoting energy efficiency in service production and public administration organisations.</p>	
Keywords	Energy saving, energy consumption, office appliances	
Publication series and number	The Finnish Environment 779	
Theme of publication	Environmental Protection	
Project name and number, if any	Part of the EkoSYKE-project D010	
Financier/ commissioner	Finnish Environment Institute (SYKE)	
Project organization	Finnish Environment Institute (SYKE), Technical Research Centre of Finland (VTT), Motiva Oy	
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-2024-X
		952-11-2025-8 (PDF)
	No. of pages 67	Language Finnish
	Restrictions Public	Price 8 EUR
For sale at/ distributor	Edita Publishing Ltd., P.O.Box 800, FIN-00043 EDITA, Finland, Phone +358 20 450 00 Mail orders: Phone +358 020 450 00, Fax +358 020 450 2380 e-mail: asiakaspalvelu@edita.fi , http://www.edita.fi/netmarket	
Financier of publication	Finnish Environment Institute (SYKE)	
Printing place and year	Edita Prima Ltd., Helsinki 2005	



YMPÄRISTÖN- SUOJELU

Toimistolaitteiden sähkönkulutus ja energiatehokas käyttö

– Suomen ympäristökeskuksessa vuonna 2003 VTT:n ja Motivan kanssa toteutetun mittaushankkeen tulokset

Suomen ympäristökeskuksen (SYKE) toimisto- ja atk-laitteiden sähkönkulutusta voidaan vähentää noin 4 % koko kiinteistön sähkönkulutuksesta. Tulos perustuu SYKEssä yhteistyössä Valtion teknillisen tutkimuskeskuksen VTT:n ja energiansäästön palvelukeskuksen Motiva Oy:n kanssa tehtyyn selvitykseen.

Laitteiden sähkönkulutusta mitattiin ennen ja jälkeen kun laitteiden energiansäästötilat oli otettu käyttöön VTT:ssä kehitellyn NIALM (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring) -mittausmenetelmällä. Vastaavanlaista toimistolaitteiden energiansäästöön liittyvää laajaa, kokeellista selvitystä ei ole Suomessa aiemmin tehty.

Tässä julkaisussa esitellään selvityksen tulokset ja käytännön mahdollisuuksia vähentää palvelutuotannon ja julkishallinnon organisaatioiden energiankulutusta. Julkaisu toimii myös tietolähteenä yleisemmän energiansäästöaineiston tuottamiseen.

Julkaisu on saatavissa myös Internetissä:
www.ymparisto.fi/julkaisut

ISBN 952-11-2024-X (nid.)
ISBN 952-11-2025-8 (PDF)
ISSN 1238-7312

Myynti:
Edita Publishing Oy
PL 800, 00043 EDITA, vaihde 020 450 00
Asiakaspalvelu:
puhelin 020 450 05, faksi 020 450 2380
Edita-kirjakauppa Helsingissä:
Annankatu 44, puhelin 020 450 2566



9 789521 120244