



VAASAN AMMATTIKORKEAKOULU
VASA YRKESHÖGSKOLA
UNIVERSITY OF APPLIED SCIENCES

Reetta Viljanen

LAITETILOJEN ENERGIA TEHOKKUU- DEN PARANTAMINEN

Tekniikka
2014

TIIVISTELMÄ

Tekijä	Reetta Viljanen
Opinnäytetyön nimi	Laittilojen energiatehokkuuden parantaminen
Vuosi	2014
Kieli	suomi
Sivumäärä	49 + 4 liitettä
Ohjaaja	Tapani Esala

Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia, millaisilla toimenpiteillä Anvia Oyj:n Verkot –yksikössä olisi mahdollista parantaa hallinnoitavien laitteilojen energiatehokkuutta. Laitetiloja oli satoja laajalla alueella, joten ne jaettiin laitesisältönsä mukaisesti omiin ryhmiinsä, jolloin niiden tutkimista oli helpompi hallita. Tarkastelukohteina oli 4 erilaista päälaitetilatyyppiä; aktiivikaapit, keskitintilat, tukiasemat ja kahden jälkimmäisen yhdistelmäkohteet.

Työssä perehdyttiin laitetilatyypeihin ja niiden oleellisimpiin tekniikoihin ja laitteisiin sekä niiden ominaisuuksiin. Keskitintilan eri laitteiden virrankulutuksia käytiin mittaamassa, jotta laitteiden tehonkulutuksia saatiin selville mahdollisimman tarkasti. Teoriaan ja laitteisiin tutustumisen jälkeen pureuduttiin laitteilojen energiatehokkuuden ongelmakohtiin ja tutkitaan muun muassa tekniikan uudistamista energiatehokkuuden parantamiseksi. Tutkimusaineistona käytettiin kirjallisuutta ja elektronisia julkaisuja.

Opinnäytetyön tuloksena syntyivät taulukot, joissa jokainen laitetila ja siihen saatavilla olleet erityistiedot on merkitty. Lisäksi saatiin kaavio tekniikan uusimisen eri muotojen kannattavuudesta ja energiatehokkuudesta, kehitysehdotuksia tukiasemien energiatehokkuuteen ja kausisähkön kannattavuuteen liittyvä laskelma. Luotuja laskelmia tulee käyttää suurempaan määrään laitteiloja, mutta erityisesti uudella tekniikalla olisi mahdollista saada aikaan parempi energiatehokkuus.

ABSTRACT

Author	Reetta Viljanen
Title	Improving the Energy Efficiency of Equipment Bays
Year	2014
Language	Finnish
Pages	49 + 4 Appendices
Name of Supervisor	Tapani Esala

The purpose of this thesis was to research how Anvia Plc's Verkot-unit could improve energy efficiency of their equipment bays. Anvia has hundreds of equipment bays in a wide area so it was necessary to group the bays depending on what devices it includes. This way it was easier to control the research. There are 4 different main equipment bay types; active cabinet, line concentrator unit, base station and combination of the latter two.

The thesis required familiarization of the equipment bay types, devices inside them and used techniques. The power consumption of devices inside line concentrator unit was needed to be measured to get precise results for the research. The problems of energy efficiency of equipment bays were researched and an innovation of technique was thought as a solution. The research materials used in thesis were based mainly on literature and electronic publications

As a result of thesis there are tables of each equipment bay types with available special features of them, diagram and calculation of profitability and energy efficiency of new technic, suggestions how to improve energy efficiency of base stations and calculation of profitability of season electricity. The calculations are needed to be used in greater number of equipment bays but energy efficiency could be improved especially with the new technique.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

LYHENTEET JA MERKINNÄT

1	JOHDANTO	7
2	ANVIA	8
	2.1 Anvia yleisesti.....	8
	2.2 Anvia ICT	9
3	LAITETILAT	10
	3.1 Laitetilatyypit.....	11
	3.1.1 Aktiivikaapit.....	11
	3.1.2 Keskitintilat	13
	3.1.3 Tukiasemat	15
	3.1.4 Keskitimien ja tukiasemien yhdistelmäkohteet.....	17
	3.2 Laitetilojen laitteet ja tekniikat	18
	3.2.1 Tasasuuntaaja ja akusto + varavoima.....	18
	3.2.2 SDH.....	18
	3.2.3 Kytkimet.....	18
	3.2.4 DX ja AXE	19
	3.2.5 ADSL ja DSLAM	20
	3.2.6 Terrestriaali SveaTV	21
4	VASSORIN KESKITINTILAN LAITTEIDEN KULUTUS	22
	4.1 Laitteiden kulutukset.....	22
	4.2 Kokonaistehonkulutus.....	23
5	ENERGIATEHOKKUUDEN ONGELMAKOHTIA	26
	5.1 Ylisuuret ja vanhat laitetilat	26
	5.2 Energiankulutuksen seurannan puute	27
	5.3 Ilmastointi ja lämmitys	27
	5.4 Vanha tekniikka	28
6	ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN	30

6.1 Keskitintiloihin uutta tekniikkaa.....	30
6.1.1 Keskitetty ATA jo olemassa olevaan laitetilaan	31
6.1.2 Keskitetty ATA aktiivikaappiin	33
6.1.3 ATA-sovitin ja laajakaistaliittymän vieminen asiakkaalle	34
6.1.4 KTV:n kaksisuuntaistaminen	35
6.1.5 Yhteenveto keskitintilojen ratkaisuista	36
6.2 Tukiasemakohteiden tulevaisuus	37
6.2.1 Laitteiden kulutusten mittaaminen	38
6.2.2 Olosuhdevalvonta.....	40
6.2.3 Tuntitariffien optimointi.....	40
6.3 Kausisähkö.....	40
7 YHTEENVETO	44
LÄHTEET.....	45
LIITTEET	

KUVIO- JA TAULUKKOLUETTELO

Kuvio 1. Anvian liiketoiminnat	8
Kuvio 2. Eri laitetilojen energiankulutus	10
Kuvio 3. Esimerkki aktiivikaapista, Triax Kiosk 700	12
Kuvio 4. Aktiivikaapin sisältöä	12
Kuvio 5. Esimerkki keskitintilasta.....	14
Kuvio 6. Keskitintilan laitteita.....	14
Kuvio 7. Esimerkki tukiasemasta	16
Kuvio 8. Tukiaseman laitteita.....	16
Kuvio 9. Esimerkki keskitintilan ja tukiaseman yhdistelmäkohteesta	17
Kuvio 10. Esimerkkikytkin OmniSwitch 6450	19
Kuvio 11. Ericssonin AXE-keskitin	19
Kuvio 12. ADSL-tekniikan käyttö.....	20
Kuvio 13. Esimerkki DSLAMista, Ericsson IP DSLAM EDA.....	20
Kuvio 14. SveaTV:n peittoalue	21
Kuvio 15. Vassorin laitetilan laitteiden kulutukset	25
Kuvio 16. Huomattavan suuri ja vanha laitetila	26
Kuvio 17. Esimerkit eri laitetilojen tehonkulutuksista vuonna 2013	28
Kuvio 18. Keskitetty ATA.....	30
Kuvio 19. Eri ratkaisumallien kustannusten kehitys	37
Kuvio 21. Tukiasemakohteen mitattu kulutus päivässä	39
Kuvio 22. Energianmittaukseen käytettäviä laitteita	39
Kuvio 23. Laitetilan kuukausittainen kulutus vuonna 2013	41
Taulukko 1. Eri laitetilojen energiankulutus.....	10
Taulukko 2. Vassorin keskitintilan laitteiden kulutukset	24
Taulukko 3. Vuosittaisen kulutuksen erot, kun valmiiseen laitetilaan vaihdettaisiin keskitetty ATA	32
Taulukko 4. Vuosittaisen kulutuksen erot, kun keskitetty ATA sijoitettaisiin aktiivikaappiin.....	34

Taulukko 5. Vuosittaisen kulutuksen erot, kun asiakkaille vietäisiin ATA- sovittimet.....	35
Taulukko 6. Vuosittaisen kulutuksen erot, jos KTV:sta tehtäisiin kaksisuuntainen	36
Taulukko 7. Vaasan Sähkö Oy kausisähkön hinnat verottomina	41
Taulukko 8. Yleissähkön ja kausisähkön energiamaksut	42
Taulukko 9. Yleissähkön energiamaksun perusteella määritetyt hinnat.....	42
Taulukko 10. Kausisähkön energiamaksun perusteella määritetyt hinnat.....	43
Taulukko 11. Yleissähkön ja kausisähkön ero.....	43

LIITELUETTELO

LIITE 1. Liite poistettu tilaajan pyynnöstä

LIITE 2. Laittilojen tehonkulutukset

LIITE 3. Keskitintilan ratkaisumallien laskelma

LIITE 4. Kausisähkön kannattavuus

LYHENTEET JA MERKINNÄT

2G	Second generation, toisen sukupolven matkapuhelinteknologia
3G	Third generation, kolmannen sukupolven matkapuhelinteknologia
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line, yleisin laajakaista tekniikka
ATA	Analog telephone adapter
DOCSIS	Data Over Cable Service Interface Specification, KTV-standardi
DSL	Digital Subscriber Line, parikaapeliyhteyksiin perustuva dataliikennetekniikka
ICT	Information and communications technology, informaatioteknologia
ISDN	Integrated Service Digital Network, digitaalinen puhelinverkkojärjestelmä
IT	Informaatioteknologia, tietotekniikka
KOPU	Kokkolan Puhelin
KTV	Kaapelitelevisio
Modeemi	Verkkopääte, eli laite, jonka kautta esim. tietokone liittyy dataverkkoon
Protokolla	Standardi, yhteyskäytäntö
PSTN	Public switched telephone network, perinteinen puhelinverkko
SDH	Synchronous Digital Hierarchy, tiedonsiirtoprotokolla
VLP	Vaasan Läänin Puhelin
VoIP	Voice over Internet Protocol, tekniikka jonka avulla voidaan siirtää ääntä IP-protokollaa käyttävän verkon välityksellä

1 JOHDANTO

Energiatehokkuuden merkitys kasvaa koko ajan ja keinoja sen parantamiseen kehitellään jatkuvasti monella eri tasolla. Monet yritykset ovat kiinnostuneita energiatehokkuudesta ja seuraavat aktiivisesti niiden mahdollisia soveltuvuuksia omiin tarkoituksiinsa.

Tämä opinnäytetyö tehtiin Anvia Verkoille, joka halusi parantaa hallinnoimiensa laittilojen ja niissä olevien laitteiden energiatehokkuutta. Työssä tutkitaan laittilojen energiatehokkuuden ongelmakohtia ja mietitään millaisilla toimenpiteillä laittilojen energia- ja kustannustehokkuutta voitaisiin kehittää. Ensimmäisenä jaoteltiin tutkittavat laittilat aktiivikaappeihin, keskitintiloihin, tukiasemiin sekä keskittimien ja tukiasemien yhdistelmäkohteisiin. Lisäksi perehdyttiin laittilojen laitteisiin ja niiden käyttämiin tiedonsiirtotekniikkoihin. Keskitintilojen laitteiden kulutukseen tutustuttiin tarkemmin ja tehtiin laskelmia. Jokaisesta laittilasta laskettiin suuntaa antava keskitehonkulutus, jonka avulla voidaan huomata huomattavasti siitä poikkeavia laittiloja.

Työssä pohditaan tekniikan uudistamista keskitintiloihin viidessä eri muodossa ratkaisuna energiatehokkuuden parantamiseen. Esille tuodaan tukiasemissa meillä olevia uudistuksia ja mahdollisia ideoita niiden energiankulutuksen seurannan parantamiseksi, kun muutokset on saatu päätökseen. Lisäksi pohdittiin kausisähköön siirtymistä kustannuksien pienentämiseksi.

2 ANVIA

Anvian juuret juontavat yli 130 vuoden taakse puhelintoiminnan merkeissä, kun lokakuussa 1882 Vaasan kaupunkilaiset saattoivat keskustella keskenään ensimmäistä kertaa puhelimen välityksellä. Vielä 1950-luvulla Vaasan seudulla oli noin 20 itsenäistä puhelinyritystä, joista suurin osa liittyi Vaasan Puhelin Oy:hyn 1960-luvun alkuun mennessä. Sama tapahtui myös Etelä- ja Keski-Pohjanmaalla. Vaasan Puhelin ja Etelä-Pohjanmaan Puhelin yhdistyivät Vaasan Läänin Puhelin Oy:ksi vuonna 1989 ja Kokkolan Puhelin tuli osaksi konsernia vuonna 1992. Vuonna 2008 VLP -konserni uudisti strategiaansa ja otti käyttöön yhteisen nimen Anvia, joka kuvaa yhteyttä ja eteenpäin menemistä. 2010 fuusioitiin myös KOPU Anvia Oyj:hin. /1/

2.1 Anvia yleisesti

Anvia on viestintä-, tieto-, ja turvateknologian palveluita kuluttajille ja yrityksille tarjoava konserni. Anvia koostuu Anvia Oyj:stä ja sen tytäryhtiöistä, joilla on 3 eri liiketoiminnan osa-alueita; Anvia TV, Anvia ICT ja Anvia Securi (**Kuvio 1.** /2/). Anvia on Suomen neljänneksi suurin tietoliikenneoperaattori ja sillä on 12 toimipaikkaa Suomessa, työllistäen yli 700 henkilöä. Vuonna 2012 liikevaihto oli noin 114,8 M€. /4/



Kuvio 1. Anvian liiketoiminnat

2.2 Anvia ICT

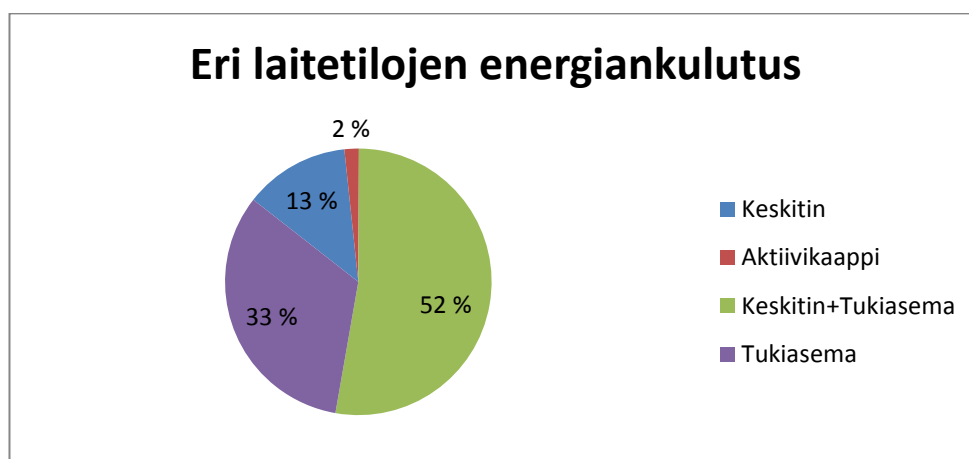
Anvia ICT –liiketoiminta tarjoaa kuluttajille ja yrityksille tietoliikenne- ja IT-palveluita. Palveluihin kuuluu 3 osa-aluetta; Anvia Yrityspalvelut, Anvia Kuluttajapalvelut ja Anvia Verkot. Anvia Yrityspalvelut tarjoavat yrityksille ja yhteisöille mahdollisimman täydellisen ICT-kokonaispalvelun, jossa kaikki tietoteknologiaan ja viestintään liittyvät palvelut ja laitteet saadaan samalta toimittajalta. Anvia Kuluttajapalveluiden huomattavimmat palvelut ovat laajakaista, tv-palvelut ja puhe-liikenne. Anvia Verkot tarjoaa verkko-operaattorina tietoliikenneyhteydet erityisesti pohjalaisille yrityksille, kuluttajilla ja muille operaattoreille. /2/

3 LAITETILAT

Anvia hallinnoi monen kokoisia ja ikäisiä laittiloja. Erityisesti iäkkäämmät laitetilat alkavat olla turhan suuria nykyiselle tekniikalle, joka on kooltaan kutistunut huomattavasti kehittyessään. Nämä tilat aiheuttavat mm. ylimääräisiä lämmitys- ja jäähdytyskustannuksia. Tällä hetkellä kaikki laitetilat laitteineen kuluttavat sähköä noin 1,5 miljoonan euron edestä vuodessa. Hinta-arvio perustuu Vaasan Sähkö Oy:n yleissähkön hintoihin ilman arvonlisäveroa 24 % ja sähkövero luokan ollessa luokka 2, jolloin arviohinnaksi määräytyi 8,155 snt/kWh /17/. Eri laitetilatyypin energiankulutus jakautuu kuvion 2 mukaisesti, joka perustuu taulukkoon 1. Kulutuskuviossa ei ole huomioitu kentällä olevien KTV-runkovahvistimien kulu- tusta, eikä rajattujen tuotantokiinteistöjen ulkopuolella olevia Anvian suuria kiin- teistöjä. Niiden yhteinen osuus on lähes puolet energiankulutuksen kokonaisuus- desta.

Taulukko 1. Eri laitetilojen energiankulutus

Laitetilatyyppe	kpl määrä	Päivä/kWh	Yö/kWh	Yht./kWh	Yht./€
Aktiivikaappi	72	169 680	0	169 680	13 837,4
Keskitin	128	1 095 297	136 555	1 231 852	100 457,5
Tukiasema	129	3 059 027	152 942	3 211 969	261 936,0
Keskitin+Tukiasema	98	4 192 727	932 496	5 125 223	417 961,9
yht.	427	8 516 731	1 221 993	9 738 724	794 192,9



Kuvio 2. Eri laitetilojen energiankulutus

3.1 Laitetilatyypit

Tässä työssä tutkittavat laitetilatyyppit voidaan jakaa 4:ään eri kategoriaan. Alla olevat laitetilatyyppit ovat tehonkulutusjärjestyksessä pienimmästä suurimpaan, eli lähes poikkeuksetta aktiivikaappi kuluttaa vähemmän kuin keskitintila ja keskitintila kuluttaa vastaavasti vähemmän kuin tukiasema. Tässä tutkimuksessa mukana olevia laitetoiloja on yhteensä 427 ja ne sijaitsevat noin 500 km²:n alueella Keski- ja Etelä-Pohjanmaalla sekä Pohjanmaalla.

3.1.1 Aktiivikaapit

Aktiivikaapit ovat laitetoiloista pienimpiä. Aktiivikaapeista on hieman harhaanjohtavaa puhua laitetilana, sillä sen sisään ei voi mennä vaan se on nimensä mukaisesti pienehkö metallinen kaappi, joita näkee esimerkiksi kaupunkien kadunvarsilla. Tässä tutkimuksessa on mukana 72 aktiivikaappia. Kuten kuviosta 2 nähdään, kuluttavat aktiivikaapit todella vähän energiaa muihin laitetoiloihin verrattuna, vain 2 % kokonaiskulutuksesta. Jo pienen kokonsa puolesta energiatehokkaissa aktiivikaapeissa ei ole lainkaan jäähdystystä, mikä alentaa niiden energiankulutusta jo huomattavasti kesäaikaan. Kaappien rungot voivat olla esimerkiksi teräksestä tai alumiinista (**Kuvio 3.** /14/). Aktiivikaapeissa olevia laitteita ovat pieni tuuletin, lämmitin, tasasuuntaaja, akusto sekä DSLAM ja/tai kytkin (**Kuvio 4.**). Tässä työssä olevien aktiivikaappien keskiarvoinen kulutus on noin 2 356 kWh/vuosi. Se on laskettu summaamalla kaikkien kaappien tehonkulutukset yhteen ja jakamalla niiden lukumäärällä. Liitteessä 2 on esitetty aktiivikaappien tehonkulutukset ja keskiarvo on merkitty mustalla vaakaviivalla.



Kuvio 3. Esimerkki aktiivikaapista, Triax Kiosk 700



Kuvio 4. Aktiivikaapin sisältöä

3.1.2 Keskitintilat

Anvia hallinnoi tällä hetkellä 128 keskitintilaa ja niiden rakentamisvuoden ikähaarukka on kymmeniä vuosia, tosin joitain vanhimpia kohteita on peruskorjattu. Myös pinta-alaskaala on laaja, aina 8 m²:stä 231 m²:iin. Muutamia poikkeuksia huomioimatta on rakennusten runkomateriaali yleensä puuta. Tilojen lämmitys on toteutettu pääsääntöisesti sähköllä ja jäähdytys samaten sähköisellä jäähdytyslaitteella. Erityisesti jäähdytys tuottaa lisäkulutusta kesän aikana. Kuvion 2 mukaisesti keskitintilojen osuus on 13 % kokonaisenergiankulutuksesta. Tyypillisiä keskitintilojen muita tietoliikennelaitteita ovat itse keskittimen lisäksi DSLAM, kytkin ja KTV-laitteet. Kuviossa 5 on esimerkki keskitintilasta ja kuviossa 6 tyypillisen keskitintilan laitteistoa.

Mikäli kaikista keskitintiloista lasketaan keskiarvoinen tehonkulutus samalla tyyllillä kuin aktiivikaapeissa, on se 9 600 kWh vuodessa. Tämä antaa kuitenkin hieman erheellisen kuvan, sillä keskitintiloissa on noin 10 huomattavasti muita suurempaa kohdetta. Tällöin kohteet jaettiin siis yli ja alle 20 000 kWh kohteisiin. Alle 20 000 kWh:n keskitintiloille keskitehokulutukseksi saatiin tällöin 6 300 kWh ja vastaavasti yli 20 000 kWh:n tiloille 53 400 kWh:a vuodessa. Liitteessä 2 on tehonkulutukset tarkennettuna. Niissä musta vaakaviiva tarkoittaa alle tai yli 20 000 kWh laittilan keskiarvollista tehonkulutusta ja punainen viiva kaikkien keskitintilojen keskiarvollista tehonkulutusta.



Kuvio 5. Esimerkki keskitintilasta



Kuvio 6. Keskitintilan laitteita

3.1.3 Tukiasemat

Tukiasemat ovat rakennuksina pitkälti samankaltaisia kuin keskittimiä sisältävät rakennukset. Tukiasemia on tässä tutkimuksessa 129 ja niistäkin löytyy huomattavan vanhoja ja turhan suuria tiloja laitteiden vaatimaan tarpeeseen nähden. Tukiasemissa saattaa olla useammankin eri operaattorin omia tukiasemia ja nämä laitteet lämmittävät tilaa, mikä tietää suurempaa energiankulutusta jäähtymisen osalta ja erityisesti kesällä. Anvialla ei ole omia tukiasemalaitteita, vaan laittiloja vuokrataan operaattoreiden käyttöön. Kulutus on verrannollinen liikennöinnin määrään kohteissa, joten mitä enemmän liikennöintiä on, sitä enemmän laitteet lämpenevät ja samaten kuluttavat. Lisäksi muutamissa kohteissa on SveaTV-lähettimä, jotka nostavat tehonkulutusta huomattavasti. Osa kuluttavista laitteista sijoitetaan laittilan vierellä olevaan mastoon. Kuviossa 7 on esimerkki tukiasemasta ja kuviossa 8 on tukiasemalaitteita

Kaikkien tukiasemien keskiarvoinen tehonkulutus on noin 25 000 kWh vuodessa. Tukiasemakohteissakin oli tarpeen jaotella laittiloja keskitehonkulutuksien laskemiseen. Ne jaettiin alle ja yli 20 000 kWh:n kohteisiin. Tällöin alle 20 000 kWh:n laittilojen keskitehonkulutukseksi saatiin 13 600 kWh ja yli 20 000 kWh:n kohteille vastaava luku oli 33 600 kWh. Tarkemmat kulutukset jokaiselle kohteelle ovat liitteessä 2, joiden periaate on sama kuin keskitintilojen kulutuksien pylväsdiagrammeissa.



Kuvio 7. Esimerkki tukiasemasta



Kuvio 8. Tukiaseman laitteita

3.1.4 Keskittimien ja tukiasemien yhdistelmäkohteet

Näissä laitetoissa on sekä keskitintilojen, että tukiasemien laitteita ja sen vuoksi suurimmat niistä kuluttavatkin kaikkein eniten sähköä (**Kuvio 2.**). Näitä yhdistelmälaitetoja on 98. Rakenteeltaan tilat ovat tukiasemien ja keskitintilojen kaltaisia, mutta vaativat enemmän pinta-alaa laitteiden suuremman määrän vuoksi. Operaattoreiden tukiasemalaitteet voivat olla samassa tilassa PSTN-keskittimien ja muiden Anvian laitteiden kanssa, mutta suuremmissa kohteissa niille saattaa olla oma lukittu tila. Kuviossa 9 on uudehko yhdistelmälaitetila.

Kaikkien yhdistelmäkohteiden keskiarvoinen tehonkulutus on noin 52 300 kWh vuodessa. Edellisten kohteiden tapaan myös yhdistelmäkohteet oli tarpeen jaotella keskitehonkulutuksien laskemiseen. Ne jaettiin alle ja yli 40 000 kWh:n kohteisiin. Tällöin alle 40 000 kWh:n laitetojen keskitehonkulutukseksi saatiin 22 200 kWh ja yli 20 000 kWh:n kohteille vastaava luku oli 84 900 kWh. Tarkemmat kulutukset jokaiselle kohteelle ovat liitteessä 2.



Kuvio 9. Esimerkki keskitintilan ja tukiaseman yhdistelmäkohteesta

3.2 Laitetilojen laitteet ja tekniikat

Alla on esitetty lähinnä keskitintiloissa ja yhdistelmälaitetiloissa esiintyviä yleisimpiä laitteita ja tekniikoita. Pelkissä tukiasemakohteissa on lähinnä eri operaattoreiden tukiasemalaitteita, joihin Anviolla ei ole vaikutusta.

3.2.1 Tasasuuntaaja ja akusto + varavoima

Viestintäviraston vaatimusten nojalla telelaitteille tulee olla varmistettu tehonsyöttö, jonka varmistusaika on 3-12 tuntia, riippuen kohteen tärkeysluokasta. Tärkeysluokkia on 5 ja siihen vaikuttavat mm. viestintäpalvelun tyyppi ja käyttäjämäärä. 1. tärkeysluokan kohteissa tulee olla kiinteä varavoimalaitos. Samoin luokan 2 kohteissa, mutta niissä voidaan tehonsyöttö varmistaa vaihtoehtoisesti käytettävissä olevalla siirrettävällä varavoimalaitoksella liitännämahdollisuuksineen. Pie-nemmissä tärkeysluokan 3-5 laitetiloissa riittää esimerkiksi akustolla tai UPS-laitteella toteutettu varateholähde. Jännitettä syötetään akustosta laitteille tasasuuntaajan avulla. /18/

3.2.2 SDH

SDH, eli Synchronous Digital Hierarchy, on perinteisessä puhelinverkossa, käytettävä tiedonsiirtotekniikka, joka perustuu synkroniseen lomitukseen. Se on syrjäyttänyt aikaisemmin käytetyn PDH:n (Plesiochronous Digital Hierarchy). Sen etuna on se, että korkeammasta tasosta voidaan irrottaa haluttu siirtokapasiteetti ilman, että kanavointihierarkiaa tarvitsee purkaa. Esimerkkilaitte SDH-protokollan käyttöön voi olla esimerkiksi Nokia Siemens Networksin SURPASS hiT – tuotesarjan laitteet. /5/

3.2.3 Kytkimet

Kytkimet, eli moniporttisillat, ovat tuoreinta laitetilojen tekniikkaa ja kuluttavat aktiivisista laitteista kaikkein vähiten energiaa. Lisäksi yksi kytkin on kooltaan pieni esimerkiksi PSTN-keskittimeen verrattuna, kytkimen kokoa voisi verrata DVD-soittimeen. Anvian laitetiloissa kytkintä hyödynnetään kuitutekniikassa. Kuviossa 10 on esimerkki kytkimestä. /7/, /12/



Kuvio 10. Esimerkkikytkin OmniSwitch 6450

3.2.4 DX ja AXE

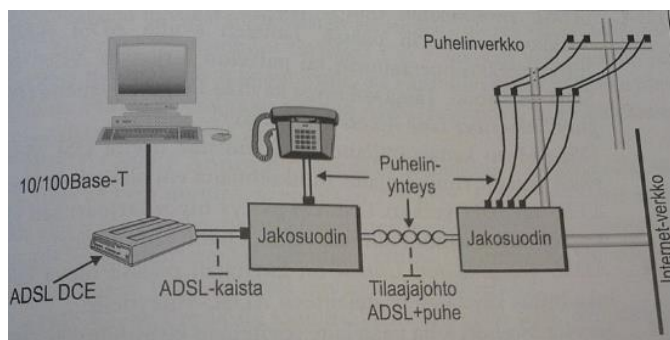
PSTN:n, eli perinteisen puhelinverkon keskittiminä toimivat pääosin Nokian DX-tekniikkaa ja Ericssonin AXE-tekniikkaa käyttävät keskittimet. Keskittimet ovat kookkaimpia laitteita keskitintiloissa. Ne myös kuluttavat tekniikkalaitteista yleensä eniten keskitintiloissa, mikäli KTV-laitteita ei oteta huomioon. Keskittimet keräävät alueensa tilaajien tiedot itseensä ja lähettävät ne sitten eteenpäin puhelinkeskukseen. Kuviossa 11 on Ericssonin valmistama tilaajakeskitin.



Kuvio 11. Ericssonin AXE-keskitin

3.2.5 ADSL ja DSLAM

ADSL (Asymmetric Digital Subscriber Line) on ainakin toistaiseksi yleisin laajakaistatekniikka ja siten myös Anvian eniten käyttämä DSL-tekniikka (Digital Subscriber Line) (**Kuvio 12.** /6/). DSL-tekniikka syntyi optisen kuidun vaihtoehdoksi, sillä täydellinen siirtyminen kuituun lähivuosina vaatisi liian suuria yhteiskunnallisia investointeja. ADSL-tekniikka on asymmetrinen, eli sen vastaanotto- ja lähetyksenopeudessa on eroa. Se perustuu muiden DSL-tekniikoiden tapaan puhelinverkkojen parikaapeliyhteyksiin. Tällöin käyttöönottoon ei vaadita erillistä kaapelointia, vaan tilaajajohtimeen tulee liittää puheen ja datan toisistaan erottava laite, eli modeemi. /6/



Kuvio 12. ADSL-tekniikan käyttö

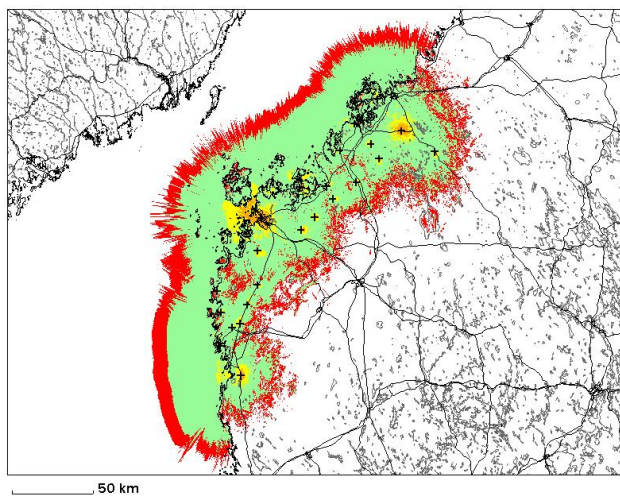
DSLAM on DSL-keskitin ja sen tehtävänä on puhe- ja dataliikenteen erottaminen toisistaan tilaajaliittymissä. Laite ohjaa dataliikenteen operaattorin runkoverkkoon ja puheliikenteen puhelinkeskukseen. Kuviossa 13 on esitetty Ericssonin valmistama DSLAM-malli. /9/



Kuvio 13. Esimerkki DSLAMista, Ericsson IP DSLAM EDA

3.2.6 Terrestriaali SveaTV

Osassa rannikkoalueen mastoissa on lähettimet Anvian SveaTV palvelun mahdollistamiseksi. Palvelun avulla on mahdollista saada Ruotsin televisiokanavia oman antennin kautta kotiin päätelaitteelle. Jotta palvelun toiminta olisi mahdollista, vaaditaan suuret lähettimet ja ne tarkoittavat samalla suuria energiankulutuslukuja. Kuviossa 14 nähdään SveaTV:n peittoalue, jolla kyseistä palvelua on mahdollista käyttää. Tässä työssä on mukana 15 SveaTV –mastokohdetta. /10/, /11/



Kuvio 14. SveaTV:n peittoalue

4 VASSORIN KESKITINTILAN LAITTEIDEN KULUTUS

Laitetilojen laitteista ei ole tarkkoja mitattuja kulutusarvoja missään ylhäällä, sillä niille ei ole aikaisemmin ollut erityisempää tarvetta. Päätettiin valita yksi keskitintila, jonka laitteiden kulutukset käytiin mittaamassa. Kohteeksi valittiin Mustasaaren Vassorissa sijaitseva, kooltaan 20 m²:n laitetila, joka on uudehko ja hyvässä kunnossa. Laitetilassa sähköenergiaa kuluttavia laitteita ovat AXE –keskitin, kyt-kin, DSLAM, KTV-laitteet ja tasasuuntaaja. Tilan viilennys tapahtuu kylmäko-neella ja lämmitys sähköpattereilla.

Vassorin laitetilan kokonaiskulutus vuodessa on 7666 kWh. Oletettiin, että liikennöinti ei vaikuta merkityksellisen suuresti laitteiden kokonaiskulutukseen. Tasasuuntaajan kulutus arvioitiin ja KTV-laitteiden kulutukset oli mitattu jo aikai-semmin ja ne saatiin taulukosta. Virrankulutuksia käytiin mittaamassa pihtiam-peerimittarilla ja sen jälkeen saatu virran arvo kerrottiin laitteen käyttöjännitteellä. Alla on laskettu tehonkulutuksia eri laitteille.

4.1 Laitteiden kulutukset

Laitteiden tehonkulutukset watteina saadaan laskettua kaavan 1 mukaisesti:

$$P = U * I \tag{1}$$

jossa U = laitteen käyttöjännite
 I = laitteen kuluttama virta

Vuosittainen tehonkulutus kilowattitunteina saadaan kaavan 2 mukaisesti:

$$Kulutus\ vuodessa = P * t \tag{2}$$

jossa: P = laitteen kulutus
 t = tuntimäärä vuodessa

Kytkin

$$P_K = U * I = 48 V * 0,15 A = 7,2 W$$

$$Kulutus\ vuodessa = 7,2 W * 8760 h = 63\ 072 Wh \approx 63 kWh$$

DSLAM

$$P_{DSLAM} = U * I = 48 V * 0,7 A = 33,6 W$$

$$Kulutus\ vuodessa: 33,6 W * 8760 h = 294\ 336 Wh \approx 294 kWh$$

AXE –keskitin

$$P_{AXE} = U * I = 48 V * 1 A = 48 W$$

$$Kulutus\ vuodessa = 48 W * 8760 h = 420\ 480 Wh \approx 420 kWh$$

Tasasuuntaaja

Arviokulutus 200 W

$$Kulutus\ vuodessa = 200 W * 8760 h = 1\ 752\ 000 Wh = 1\ 752 kWh$$

KTV

$$P_{KTV} = U * I = 232 V * 0,7 A + 232 V * 0,55 A = 162 W + 128 W = 290 W$$

$$Kulutus\ vuodessa = 290 W * 8760 h = 2\ 540\ 400 Wh \approx 2\ 540 kWh$$

4.2 Kokonaistehon kulutus

Kun kaikkien laitteiden kulutukset lasketaan yhteen, saadaan kokonaiskulutukseksi:

$$P_{laitteet} = 63,072 + 420,48 + 2\ 540,4 + 1\ 752 + 294,336 = 5070 kWh$$

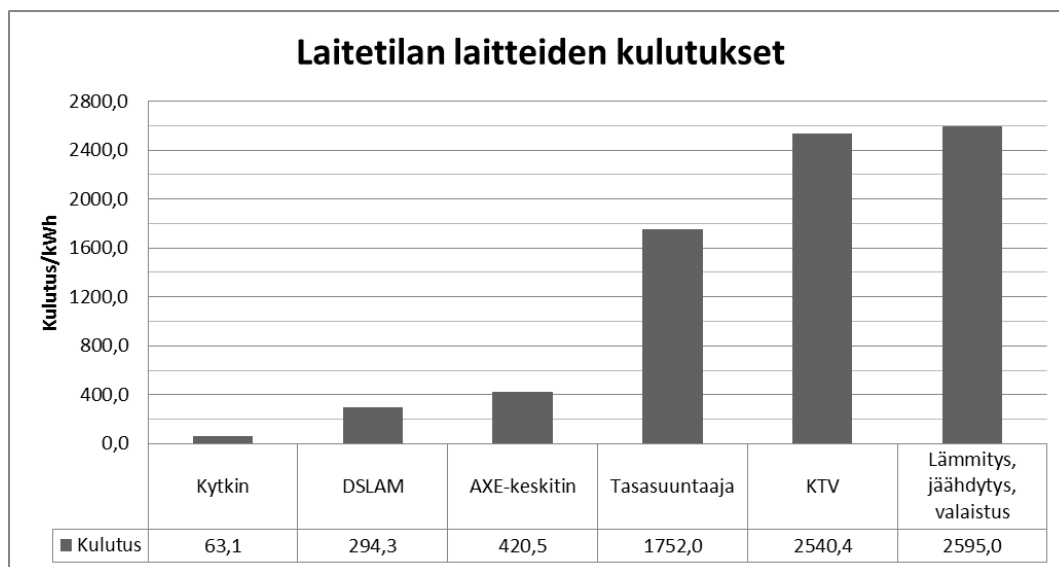
Kun kokonaiskulutus jaetaan laitetilän vuosittaisella kulutuksella, saadaan laitteiden kulutusosuus prosentteina:

$$P_{\text{laitteet}\%} = \frac{5070,28 \text{ kWh}}{7666 \text{ kWh}} * 100 \% \approx 66 \%$$

Laitteiden kulutusosuus on siis Vassorin laitetilassa noin 66 % koko vuoden kulutuksesta. Tällöin loput 34 %, mikä tarkoittaa noin 2595,7 kWh:a, menisi lämmitys- jäähdytys- ja valaistuskustannuksiin. Kuviossa 15 on esitettyä kaikkien laitteiden kulutukset pylväsiagrammina kulutuksien erojen havainnollistamiseksi. Pylväsiagrammi on tehty taulukon 2 pohjalta. Kuvioista voidaan havaita, että itse tietoliikennöintiin käytettävät laitteet kuluttavat melko vähän verrattaessa esimerkiksi tasasuuntaajaan. Lämmityksellä, jäähdytyksellä ja valaistuksella on huomattava kulutusosuus koko laitetilän kulutuksesta. Tästäkin valaistuksen osuus on mitätön, sillä laitetoissa ei yleensä käydä edes viikoittain.

Taulukko 2. Vassorin keskitintilan laitteiden kulutukset

Laite	Kulutus/kWh
Kytkin	63,1
DSLAM	294,3
AXE-keskitin	420,5
Tasasuuntaaja	1752,0
KTV	2540,4
Lämmitys, jäähdytys, valaistus	2595,0



Kuvio 15. Vassorin laitetilan laitteiden kulutukset

5 ENERGIATEHOKKUUDEN ONGELMAKOHTIA

5.1 Ylisuuret ja vanhat laitetilat

Osa laitetiloista on vanhoja ja näin ollen niissä on paljon ylimääräistä tilaa, kun tekniikka onkin ajan myötä pienentynyt. Jossain vaiheessa tekniikan koko muuttui suuremmaksi laitteiden kehittyessä ja luonnollisesti tällöin ajateltiin myös tilantarpeen vain kasvavan koko ajan, mutta jossain vaiheessa tilanne kääntyiikin päälleen. Tästä havainnollistaa hyvin esimerkiksi puhelinkeskittimien kehitys. Nykyiseen keskittimeen mahtuu 640 tilaajaa, aikaisemmassa mallissa 100 tilaajaa vei 4 kertaa suuremman tilan.

Suurista laitetiloista aiheutuu ylimääräisiä lämmitys ja jäähdytyskuluja, kun tarpeettomia kuutioita lämmitetään ja jäähdytetään. Lisäksi rakennuksia on aina 60-luvulta asti ja niiden energiatehokkuusluokka ei ole kovinkaan lähellä nykyisen vuosikymmenen suosituksia. Laitetiloja lajiteltaessa huomattiin tilojen seassa olevan myös pari öljylämmitteistä kohdetta. Kuviossa 14 on hyvä esimerkki vanhasta ja suuresta yhdistelmälaitetilasta, jossa on peräti 3 kerrosta. Se on suurin ja eniten kuluttava kohde tässä tutkimuksessa mukana olevista laitetiloista.



Kuvio 16. Huomattavan suuri ja vanha laitetila

5.2 Energiankulutuksen seurannan puute

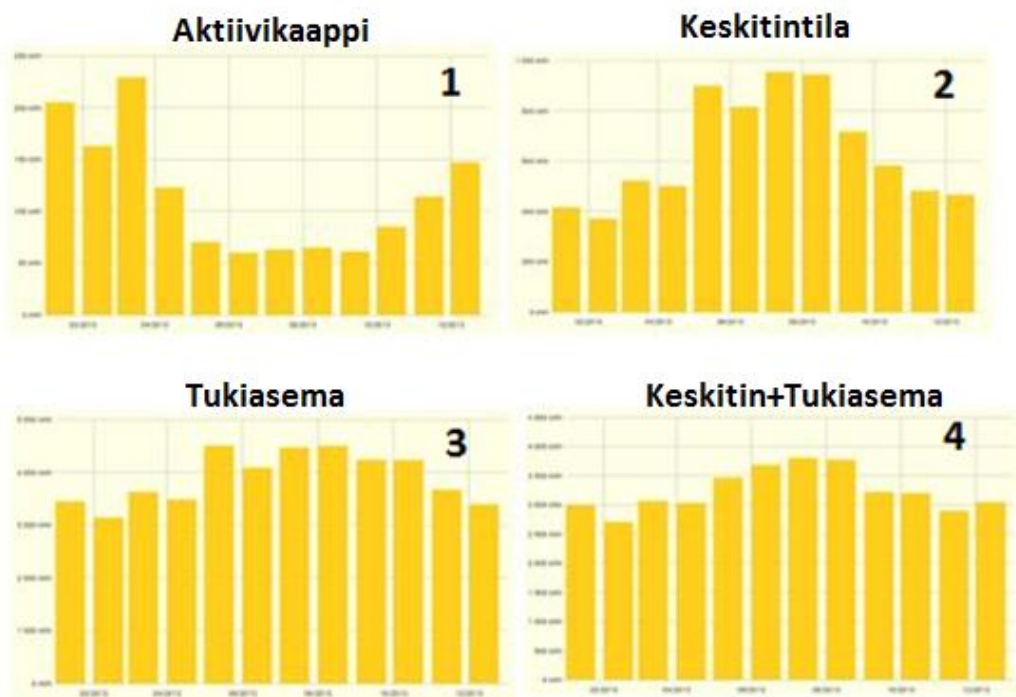
Tällä hetkellä ei yksittäisille laitteille ole erikseen minkäänlaista energiankulutuksen seurantalaitteita, vaan kaikkien yhteiskulutus nähdään yhdestä ja samasta sähkölaitoksen energiamittarista. Tällöin yksittäisten laitteiden kulutusta on hankala määrittää. Keskitintiloissa tämä ei ole niin suuri ongelma, sillä niissä liikennöinnin määrä ei vaikuta erityisen paljoa laitteiden kulutukseen ja tällöin kulutukset voidaan tarpeen mukaan mitata kohtalaisen tarkasti ajankohdasta riippumatta. Täten esimerkiksi Vassorin keskitintilan laitteiden virrankulutus oli tarpeen mukaisesti mahdollista käydä mittaamassa ja saaduista lukemista laskea käytetyt tehot, jotka ovat tarpeeksi tarkkoja.

Sen sijaan kohteissa, joissa on tukiasema, on tilanne päinvastainen. Niissä liikennöinti vaikuttaa kulutukseen huomattavasti ja tällöin paikanpäällä yksittäisesti mitattu mittausarvo ei välttämättä kerro koko totuudetta. Tällä hetkellä tukiasemissa olevien yksittäisien laitteiden tehonkulutusta on mahdoton sanoa tarkasti. Kulutuksien kartoittamiseksi olisikin tärkeää saada eri laitteiden kulutukset selville erikseen, esimerkiksi päivittäin, mielellään jopa tunneittain, että liikennöinnin vaikutus kulutukseen saataisiin tarkemmin selville. Lisäksi tukiasemalaitteiden energiankulutuksen seuranta olisi tarpeen siksi, että jäähdytyksen osuus kokonaiskulutuksesta saataisiin selville.

5.3 Ilmastointi ja lämmitys

Suurimmassa osassa laitetoista jäähdyttämiseen käytetään kylmäkonetta ja lämmittämiseen sähköpattereita. Kuviossa 12 ovat esimerkit aktiivikaapin (1), keskitintilan (2), tukiaseman (3) ja yhdistelmäkohteen (4) tehonkulutuksista eri kausina vuoden 2013 aikana. Koska aktiivikaapeissa ei ole lainkaan jäähdytystä, niiden tehonkulutus vähenee huomattavasti kesäaikaan. Jäähdytystä vaativissa kohteissa kulutus taas vastaavasti nousee kesäkuukausien aikana. Aktiivikaapeilla ja keskitintiloilla on pienempi asteikko ja kulutuksen eron huomaa kuviosta 12 selvemmin. Kuviot eivät kuitenkaan päde jokaiseen laitetilään, vaan erilaisiakin kulutuskaavioita on, riippuen kohteesta. Joissain tehonkulutus oli pysynyt melko vakiona koko vuoden ajan ja muutamissa kohteissa olivat pahimmat pakkaskuu-

kaudet (joulukuu-helmikuu) jonkin verran korkeammassa lukemassa kuin lämpimämmät kuukaudet. Näihin vaikuttaa erityisesti rakennuksen koko ja rakennusvuosikin osaltaan, sillä rakennuksen vanhempien rakennusten eristeet eivät ole enää parhaassa mahdollisessa kunnossa. Erityisesti uudempiin ja tiiviimpiin rakennuksiin voidaan käyttää kuvion 17 mukaista mallia.



Kuvio 17. Esimerkit eri laittilojen tehonkulutuksista vuonna 2013

Ongelmana jäähdytyksessä ja lämmityksessä on erityisesti se, että ne eivät ole yhteydessä toisiinsa, vaan saattavat pahimmassa tapauksessa olla jopa samanaikaisesti päällä. Kun laittiloihin käydään tekemässä asennuksia tai muutoksia, saataan kesällä laittaa ilmastointilaitetta suuremmalle ja talviaikaan lisätä lämpöä, että työskentelylämpötila olisi mukavampi. Kun työt on saatu valmiiksi, saattaa lämpötilan säätäminen takaisin unohtua.

5.4 Vanha tekniikka

Tällä hetkellä laittiloissa on monia eri laitteita ja monia eri tekniikoita. Eri tekniikoista menevät aina erikseen omat lisenssimaksunsa, jonka suuruuden määrää tilaavien asiakkaiden määrä. Jotkut tekniikat voisi olla korvattavissa yhdellä ja

samalla laitteella, jolloin ylimääräisiä lisenssimaksuja voisi olla mahdollista karsia. Mikäli tekniikoita pystyisi yhdistämään yhteen laitteeseen, vanhoja laitteita poistuisi ja näin ollen tehonkulutusta saataisiin pienemmäksi.

6 ENERGIATEHOKKUUDEN PARANTAMINEN

Tässä kappaleessa käsitellään ehdotuksia energiatehokkuuden parantamiseen ja energiankulutuksen seuraamiseen.

6.1 Keskitintiloihin uutta tekniikkaa

Keskitintiloissa säästömahdollisuus voisi olla uuteen tekniikkaan investoiminen. Markkinoille on tullut laite, keskitetty ATA (Analog telephone adapter), jolla PSTN-keskitin, SDH ja DSLAM voitaisiin korvata (**Kuvio 18.** /8/). Yhteen laitteeseen voitaisiin laittaa tällöin nykyhetken 3 erillistä laitetta. Keskitetyssä ATAsa tekniikkana säilyisi ADSL ja uutena tulisi VoIP. Keskitetty ATA kuluttaa vähemmän energiaa kuin edeltäjänsä yhteensä ja on hyvin pienikokoinen PSTN-keskittimeen verrattuna. Suurimmat säästöt tulisivat kuitenkin siitä, että uusi tekniikka ei tarvitsisi jäähdytystä ollenkaan, sillä sen toiminta-alue on -40 - +65 astetta /8/. Uudella toiminta-alueella myös lämmitystä voitaisiin pienentää, mutta kosteuden estämiseksi sen tulee olla päällä, mikäli laite laitettaisiin jo valmiina olevaan laitetilaan. Lisäksi pois jäisi vanhojen tekniikkojen lisenssimaksuja.



Kuvio 18. Keskitetty ATA

Alla on esitetty eri vaihtoehtoja keskitetyn ATAn käytölle ja esitetty näiden eri vaihtoehtojen hyviä ja huonoja puolia. Lukuarvot perustuvat Vassorissa sijaitse-

vaan keskitintilaan, joka on uudehko ja hyvässä kunnossa. Liitteessä 3 laskelmat on esitetty tarkemmin.

6.1.1 Keskitetty ATA jo olemassa olevaan laitetilaan

Tässä ratkaisumallissa olemassa oleva laitetila säilytettäisiin ja uusi tekniikka vaihdettaisiin sen sisälle. Tällöin investointikustannukset olisivat pienimmät muihin vaihtoehtoihin verrattuna, noin 2200 €:n luokkaa, joka jaetaan 5-20 vuodelle, investointikohteesta riippuen. Investoinneissa rahaa menisi enimmäkseen uuteen laitteeseen ja asennuskuluihin. Oletuksena on, että tätä tapaa olisi hyvä käyttää erityisesti uusimpiin ja hyväkuntoisiin laitetiloihin. Lisäksi hyvä puoli tälle ratkaisumallille on se, että asiakkaille ei aiheutuisi uusia laitehankintoja.

Taulukossa 3 on esitetty laskelmaa, jota ratkaisumallin lukemien selvittämiseen on käytetty. Sinisellä väritetyt kohdat ovat muuttuvia lukuja ja osa kohdekohtaisia. Esimerkiksi sähköliittymän kk-maksu on riippuvainen sähköyhtiöstä, samoin energiamaksu. Vassorin laitetila sijaitsee Vaasan Sähkö Oy:n alueella, joten energiankulutuksen hintoihin on käytetty heidän verottoman energiamaksun hintaa. Taulukossa 3 oikealla puolella olevat lukemat ovat tämän hetken tilanteen mukaiset ja vasemmassa sarakkeessa olevat lukemat ovat arvioita uuden tekniikan vaihtamiseen. Vuosikohtaiset säästöt tulisivat jäähdytyksen poistumisesta, tekniikan pienemmästä tehonkulutuksesta ja lisenssimaksujen pienentymisestä. Yhteensä säästöä tulisi uuden tekniikan vaihtamisella noin 315 € vuodessa nykyiseen tilanteeseen verrattuna. Tällöin tämän mallin mukainen toiminta alkaisi tuottaa seitsemän vuoden jälkeen (**Kuvio 19**).

Taulukko 3. Vuosittaisen kulutuksen erot, kun valmiiseen laitetilaan vaihdettai-
siin keskitetty ATA

Kulutus vuodessa (kWh)	7666							
	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)
SÄHKÖLIITTYMÄN KK-MAKSU		12	8,44	101,28		12	8,44	101,28
KULUTTAVAT LAITTEET								
KTV	33	1	206,00	206,00		1	206,00	206,00
Tasasuuntaaja	23	1	143,58	143,58		1	143,58	143,58
Lämmitys+valaistus	17	1	106,12	106,12	50	1	53,06	53,06
Jäähdytys	17	1	106,12	106,12		0	0,00	0,00
Puhe + laajakaista	10	1	62,42	62,42		1	29,96	29,96
RAKENNUSTEN MAKSUT								
Poistot rakennuksista		1	0	0,00		1	0	0,00
Vesi ja jätevesi		1	0	0,00		1	0	0,00
Kiinteistövero		1	60	60,00		1	60	60,00
Maa-aluevuokrat		1	100	100,00		1	100	100,00
Kiinteistön huolto ja korjaus		1	200	200,00		1	200	200,00
LISENSSIMAKSUT								
SDH		1	75,00	75,00		0	0,00	0,00
PSTN		42	1,00	42,00		0	0,00	0,00
ADSL		38	1,60	60,80		0	0,00	0,00
UUSI		0	0	0,00		42	1,29	54,18
SUMMA				1263,32				948,06

Lisäksi joihinkin laitetiloihin voitaisiin harkita laitekaappia, jolloin laitteet olisivat enemmän suljetussa tilassa. Tavallaan se olisi kevytversio aktiivikaapista laitetilan sisällä, jolloin itse laitetilan lämpötilaa voisi olla mahdollista alentaa lisää. Anvia on poistamassa kahdesta suuresta kiinteistöstä vanhaa teknologiaa ja laitteita, jotka ovat olleet laitekaapeissa. Näitä poistuvia laitekaappeja voitaisiin hyödyntää keskitetyn ATAn kanssa ja samalla kierrätettäisiin jo olemassa olevaa materiaalia. Vanhoja laitekaappeja olisi poistojen jälkeen käytettävissä ainakin 20 kappaletta, mikä tarkoittaisi noin 22 000 €:n säästöä, sillä uudet kaapit ovella ja sivulevyillä maksavat noin 550 € kappaleelta. Tällöin kuitenkin tulisi investoida myös uuteen ja huomattavasti nykyistä pienempään virransyöttöjärjestelmään sekä tasasuuntaajaan, jolloin nekin voitaisiin sijoittaa laitekaapin sisälle. Niiden yhteishinnaksi tulisi 715 €/kpl. Tätä ajatusta voitaisiin hyödyntää kohteisiin, joissa virransyöttöjärjestelmän uusiminen alkaa olla ajankohtainen. Muutoin takaisinmaksuaika nousisi 10 vuoteen.

6.1.2 Keskitetty ATA aktiivikaappiin

Toinen vaihtoehto on laittilan poistaminen käytöstä ja siirtää kaikki tekniikka aktiivikaappiin. Tällöin ei kuluisi lainkaan kiinteistöihin kuuluvia sivumaksuja, kuten kiinteistövero, vuokria ja huoltoja. Tämä vaihtoehto olisi edullisin kuluksen kannalta, mutta alkuinvestoinnit ovat huomattavasti edellistä ratkaisumallia suuremmat, jopa 8360 €. Nämä kustannukset jaettaisiin investointikohteesta riippuen 5-25 vuodelle. Uusiin investointeihin kuuluisivat keskitetty ATA, aktiivikaappi, oma kaappi KTV-laitteille, tasasuuntaaja ja asennukset. Mallia voisi ajatella erityisesti vanhoille ja huonokuntoisille laitetoille. Tällöin tulisi kuitenkin ottaa huomioon myös rakennuksen purkamisesta aiheutuvat kustannukset. Mikäli mallia käytettäisiin hyvässä kunnossa oleviin laitetoihin, voisi niiden myyminen esimerkiksi varastoiksi olla mahdollista.

Taulukossa 4 on laskelma aktiivikaapin kautta saatavista säästöistä. Säästöä tulisi vuodessa jopa 700 €:n edestä esimerkkinä toimivassa Vassorin tapauksessa, mutta investointien myötä takaisinmaksu alkaisi 9 vuoden jälkeen (**Kuvio 19.**). Laitteiden kulutuksesta ja lisenssimaksuista tulee jälleen säästöä, samaan tapaan kuin ensimmäisessä ratkaisumallissa. Tällöin myös energiatehokkuus paranisi. Huomattavinta säästöä edelliseen malliin verrattuna tulisi erityisesti rakennuksiin liittyvien maksujen poistumisesta.

Taulukko 4. Vuosittaisen kulutuksen erot, kun keskitetty ATA sijoitettaisiin aktiivikaappiin

Kulutus vuodessa (kWh)	7666							
	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)
SÄHKÖLIITTYMÄN KK-MAKSU		12	8,44	101,28		12	8,44	101,28
KULUTTAVAT LAITTEET								
KTV	33	1	206,00	206,00		1	206,00	206,00
Tasasuuntaaja	23	1	143,58	143,58	70	1	100,50	100,50
Lämmitys+valaistus	17	1	106,12	106,12	50	1	53,06	53,06
Jäähdytys	17	1	106,12	106,12		0	0,00	0,00
Puhe + laajakaista	10	1	62,42	62,42		1	29,96	29,96
RAKENNUSTEN MAKSUT								
Poistot rakennuksista		1	0	0,00		0	0,00	0,00
Vesi ja jätevesi		1	0	0,00		0	0,00	0,00
Kiinteistövero		1	60	60,00		0	0,00	0,00
Maa-aluevuokrat		1	100	100,00		0	0,00	0,00
Kiinteistön huolto ja korjaus		1	200	200,00		0	0,00	0,00
LISENSSIMAKSUT								
SDH		1	75,00	75,00		0	0,00	0,00
PSTN		42	1,00	42,00		0	0,00	0,00
ADSL		38	1,60	60,80		0	0,00	0,00
UUSI		0	0	0,00		42	1,29	54,18
SUMMA				1263,32				544,98

6.1.3 ATA-sovitin ja laajakaistaliittymän vieminen asiakkaalle

Kolmannessa vaihtoehdossa koppi säilyisi, mutta puhepalveluasiakkaille vietäisiin laajakaistaliittymä ja ATA-sovitin. Tällöinkin investointikustannukset ovat korkeat, noin 5670 €. Näiden investointien poistoaika olisi 5 vuotta. Investointeihin kuuluisi ADSL-modeemi ja suuri työn osuus, sillä modeemin vieminen jokaiselle asiakkaalle tietää huomattavan suurta työmäärää. Lisäksi energiankulutus-kustannukset olisivat edelleen korkeat, eikä tämä maksaisi itseään takaisin edes 25 vuoden kuluttuakaan, sillä vuosittaiset säästöt olisivat reippaan 100 €:n luokkaa. Investointeihin vaikuttaa asiakkaiden määrä, joten koettiin vaihtaa taulukossa asiakasmäärää alle 20 asiakkaaseen. 15 asiakkaan määrällä tämä vaihtoehto alkoi tuottaa noin 20 vuoden jälkeen. Tämäkin on aivan liian pitkä aika kannattavuutta ajatellen, eikä tämä malli toisi haluttua tulosta. Taulukosta 5 voidaan huomata, kuinka pieni vuosittainen säästö tässä ratkaisumallissa olisi.

Taulukko 5. Vuosittaisen kulutuksen erot, kun asiakkaille vietäisiin ATA-sovittimet

Kulutus vuodessa (kWh)	7666							
	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)
SÄHKÖLIITTYMÄN KK-MAKSU		12	8,44	101,28		12	8,44	101,28
KULUTTAVAT LAITTEET								
KTV	33	1	206,00	206,00		1	206,00	206,00
Tasasuuntaaja	23	1	143,58	143,58		1	143,58	143,58
Lämmitys+valaistus	17	1	106,12	106,12		1	106,12	106,12
Jäähdytys	17	1	106,12	106,12		1	106,12	106,12
Puhe + laajakaista	10	1	62,42	62,42	50	1	31,21	31,21
RAKENNUSTEN MAKSUT								
Poistot rakennuksista		1	0	0,00		1	0,00	0,00
Vesi ja jätevesi		1	0	0,00		1	0,00	0,00
Kiinteistövero		1	60	60,00		1	60,00	60,00
Maa-aluevuokrat		1	100	100,00		1	100,00	100,00
Kiinteistön huolto ja korjaus		1	200	200,00		1	200,00	200,00
LISENSSIMAKSUT								
SDH		1	75,00	75,00		0	0,00	0,00
PSTN		42	1,00	42,00		0	0,00	0,00
ADSL		38	1,60	60,80		42	1,60	67,20
UUSI		0	0	0,00		0	0,00	0,00
SUMMA				1263,32				1121,51

6.1.4 KTV:n kaksisuuntaistaminen

Tässä ratkaisumallissa kaikki nykyinen tekniikka poistuisi ja KTV päivittyisi kaksisuuntaiseksi ja DOCSIS –standardi otettaisiin käyttöön (Data Over Cable Service Interface Specification). KTV:n kaksisuuntaistaminen tarkoittaisi suuria investointikustannuksia, joka Vassorin tapauksessa tarkoittaisi 12 230 euroa. Investointikustannukset koostuvat KTV-kaapista, asiakaspäätelaitteista, materiaaleista ja asennuksista. Vuosittaiset kustannukset olisivat tässä ratkaisumallissa kuitenkin pienimmät muihin verrattuna, nykyhetken ja tämän mallin ero on jopa 800 €. Energiatehokkuus on paras muihin vaihtoehtoihin verrattaessa. Muut kuluttavat laitteet poistuvat, kuten myös rakennuksen maksut ja lisenssimaksuja poistuu (**Taulukko 6.**). Mikäli KTV kaksisuuntaistettaisiin Vassoriin, olisi kaikilla alueen asiakkailla tarpeen olla KTV-liittymä. Kuvion 19 mukaisesti KTV:n kaksisuuntaistaminen tulisi kannattavaksi 15 käyttövuoden jälkeen.

Taulukko 6. Vuosittaisen kulutuksen erot, jos KTV:sta tehtäisiin kaksisuuntainen

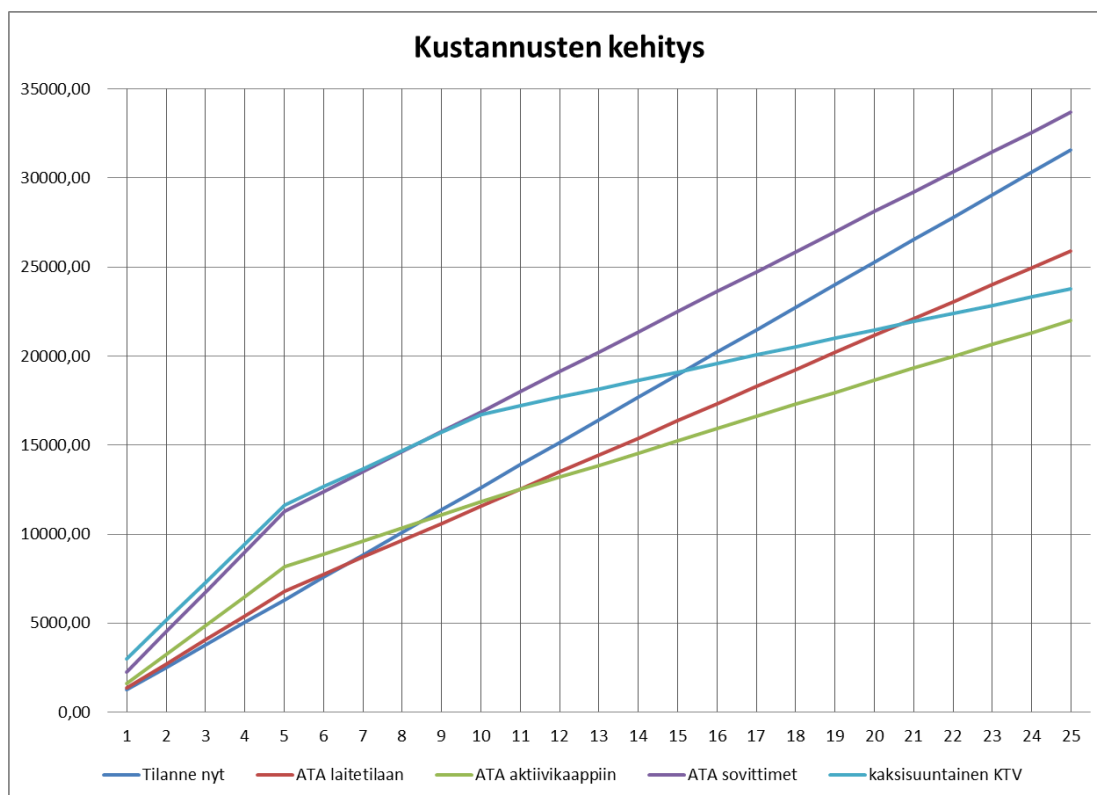
Kulutus vuodessa (kWh)	7666							
	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)	%	Määrä (kpl)	Hinta (€)	Yhteensä (€)
SÄHKÖLIITTYMÄN KK-MAKSU		12	8,44	101,28		12	8,44	101,28
KULUTTAVAT LAITTEET								
KTV	33	1	206,00	206,00		1	206,00	206,00
Tasasuuntaaja	23	1	143,58	143,58			0	0,00
Lämmitys+valaistus	17	1	106,12	106,12			0	0,00
Jäähdytys	17	1	106,12	106,12			0	0,00
Puhe + laajakaista	10	1	62,42	62,42			0	0,00
RAKENNUSTEN MAKSUT								
Poistot rakennuksista		1	0	0,00			0	0,00
Vesi ja jätevesi		1	0	0,00			0	0,00
Kiinteistövero		1	60	60,00			0	0,00
Maa-aluevuokrat		1	100	100,00			0	0,00
Kiinteistön huolto ja korjaus		1	200	200,00			0	0,00
LISENSSIMAKSUT								
SDH		1	75,00	75,00				0,00
PSTN		42	1,00	42,00				0,00
ADSL		38	1,60	60,80				0,00
UUSI		0	0	0,00		62	2,5	155,00
SUMMA				1263,32				462,28

6.1.5 Yhteenvedo keskitintilojen ratkaisusta

Kuviosta 19 nähdään kaikkien ratkaisumallien kustannusten ja kannattavuuden kehitys. Heti ensimmäisenä voidaan todeta, että Vassorin tapauksessa ratkaisumallina 3 toiminut ADSL-modeemin vieminen asiakkaille ei saavuta missään vaiheessa nykyisen tilanteen kannattavuutta, eikä se siten myöskään ole energiatehokas ratkaisu. Sitä ei siis kannata harkita toimenpiteenä.

Nopeimmin kannattavuutta toisi keskitetyn ATAn sijoittaminen valmiiseen laitetilaan. Silloin investointikustannukset ovat pienet ja takaisinmaksuun kuluisi 7 vuotta. Keskitetyn ATAn sijoittaminen aktiivikaappiin vaatii huomattavasti suurempia investointikustannuksia, jolloin se muuttuisi kannattavaksi 8,5 vuoden jälkeen. 2,5 vuoden kuluttua siitä se olisi kannattavampi kuin keskitetty ATA olemassa olevassa laitetilassa. Tämä säästäisi kuitenkin eniten energiaa 25 vuoden aikana. KTV:n kaksisuuntaistamisessa ovat investointikustannukset huomattavan suuret, mutta pienten vuosikustannusten ansiosta se saavuttaa kannattavuuden 15 vuoden jälkeen. Se ei kuitenkaan 25 vuoden aikana päihitä kahta ensimmäistä rat-

kaisumallia. Vassorin laitetilaa ajatellen olisi ensimmäinen ratkaisumalli paras, eli keskitetyn ATAn vaihtaminen jo olemassa olevaan laitetilaan.



Kuvio 19. Eri ratkaisumallien kustannusten kehitys

6.2 Tukiasemakohteiden tulevaisuus

Tällä hetkellä tukiasemissa olevat vanhemman mallin laitteet lämmittävät tilaa melkoisesti. Lämmitys ei siis tähän mennessä ole tukiasemakohteissa ollut niin tärkeä kuin jäähdytys. Asiaan on kuitenkin tulossa muutoksia, sillä operaattorit ovat saaneet vuoden 2014 alussa viestintävirastolta luvan 800 MHz:n taajuusalueen, joka otetaan käyttöön 4G-verkolle. Uudella taajuusalueella toimivat tukiasemat mahdollistavat nopeammat yhteydet koko maahan /15/. Operaattorit ovatkin siis parhaillaan uudistamassa 4G-laitteistojen lisäksi myös 2G- ja 3G-laitteistoja tukiasemakohteiden sisällä. Uusilla laitteilla jopa 80 % tehonkulutuksesta siirtyy ylös mastoon, jonne myös suurin osa lämmöntuotosta siis siirtyy. Itse laitetilaan

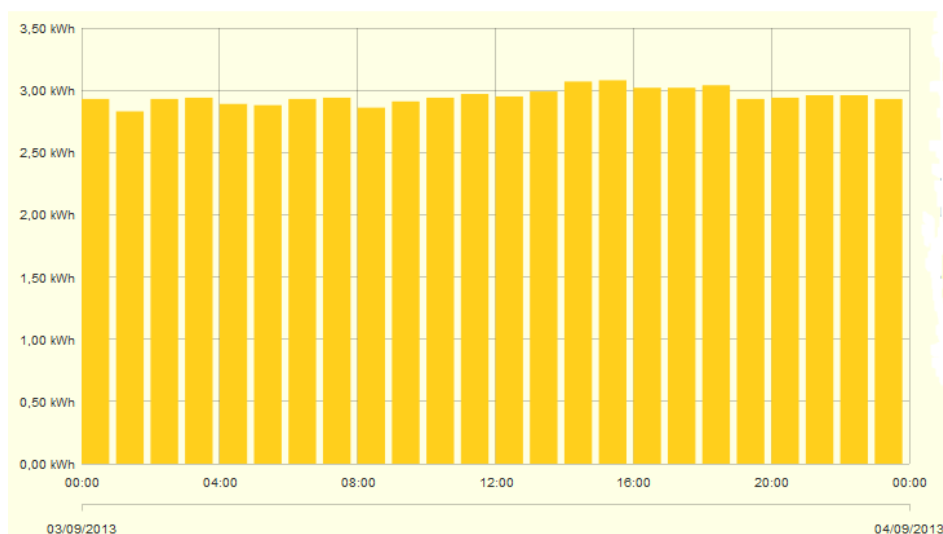
tulee jonkin verran kytkintä muistuttava laite, jonka lämmöntuotto on aikaisempaa pienempi, joten on oletettavaa, että jäähdytyskulutus tulee laskemaan.

Uusien laitetilaa sijoitettavien laitteiden operointilämpötila on noin +5...+40. Laitteiden kulutus ei tässä uudistuksessa kuitenkaan pienene, vaan päinvastoin. Vanhemman tekniikan laitteet kuluttavat vähemmän energiaa, eli 2G-tukiasemalaitteet kuluttavat vähemmän kuin 3G-tukiasemalaitteet. Energiansäästöä olisi kuitenkin mahdollista saada jäähdytyskustannusten pienenemisestä. Tilanteen seuraaminen on ajankohtaista, sillä osa operaattoreista suunnittelee suurimman osan O6-alueen tukiasemista olevan päivitettyinä vuoden 2014 loppuun mennessä. Tällä hetkellä on mahdoton sanoa, kuinka paljon laitteiden vaihdokset vaikuttavat minäkin kuukautena laittilan energiankulutukseen.

6.2.1 Laitteiden kulutusten mittaaminen

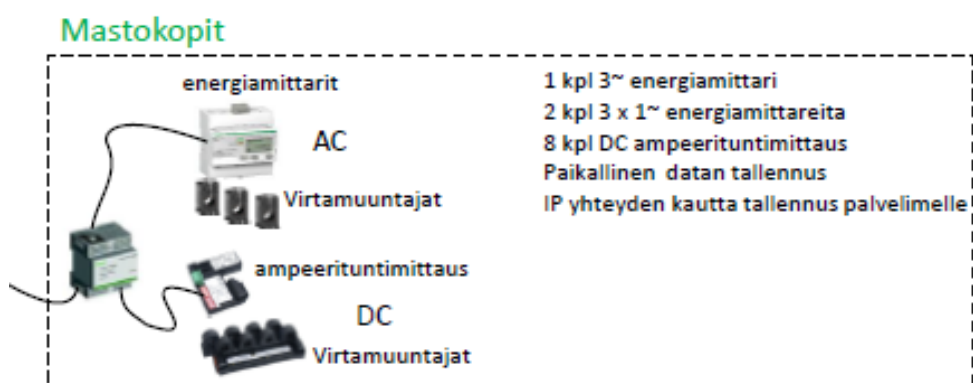
Tukiasemien laitteiden kulutuksien laskutus perustuu laitteisiin merkittyjen tehojen perusteella tehtyihin arviolaskelmiin, eikä niiden todellisesta kulutuksesta ole tarkkaa tietoa. Ainakin muutama kohteeseen olisi hyvä laittaa mittarit seuraamaan kulutusta. Kulutuslukemien tulisi jäädä muistiin, esimerkiksi päivittäin tai joissain tapauksissa jopa tunneittain, että liikennöinnin määrä laitteiden kulutuksen suhteen voitaisiin todeta. Joistain kohteista sähköyhtiö mittaa tuntikohtaista kulutusta, joistain kohteissa raportointipalveluihin on tehty laskennalliset tuntikulutukset. Nämä raportointipalvelussa olevat kulutusarvot ovat kaikkien laitteiden kulutuksen summa. Tällöin myös jäähdytyksen osuus kulutuksesta on mysteeri.

Kuviossa 20 on esimerkki tukiaseman tuntikulutuksesta.. Lukemat ovat Kokkolan Energian sähkön kulutuksen Kerttu -raportointipalvelusta, josta Anvian Kokkolan Energian piirissä olevista kohteista saa kulutustietoja. Läheskään kaikissa kohteissa ei ole joka tuntista energiankulutuksen mittausta. Kuvio ei puolla sitä, että laitteiden kulutukseen vaikuttaisi erityisen paljon liikennöinnin määrä, vaan kulutus näyttää olevan hyvin tasaista ajankohdasta riippumatta.



Kuvio 20. Tukiasemakohteen mitattu kulutus päivässä

Energian tarkempaan ja omatoimisempaan mittaukseen vaadittavat laitteet on mahdollista hankkia esimerkiksi Schneider Electriciltä. Mittaus tapahtuisi vaihtojännitteen puolella virtamuuntajien avulla, jotka ovat yhteydessä energiamittariin. Tasajännitteen mittaamiseen olisivat omat virtamuuntajansa ja ne liitettäisiin ampeerituntimittaukseen (**Kuvio 21.** /13/). Näiden laitteiden data tallennettaisiin paikallisesti ja tietojen tallentaminen palvelimelle tapahtuisi IP-yhteyden kautta. Tiedot tuotaisiin palvelukeskukseen, josta kulutusta voi seurata erilaisilla kaavioilla. Tällöin tukiasemalaitteiden kulutukset saataisiin selville ja jäähdytyksen osuus voitaisiin laskea kokonaiskulutuksesta.



Kuvio 21. Energianmittaukseen käytettäviä laitteita

6.2.2 Olosuhdevalvonta

Opinnäytetyötä tehdessä esiin tuli myös valvomosovellusten uudet hälytysmahdollisuudet. Anvialla on oma valvomosovellus, johon olisi mahdollista tuoda enemmänkin hälytystietoja. Tällöin valvomoa ei ole tarpeen ottaa ulkopuoliselta taholta, sillä yleensä valvomosovelluksen ylläpitoon kuuluu muun muassa kuukausimaksu. Omasta valvomosta tulisi ottaa kaikki hyöty irti. Valvomoon voidaan liittää esimerkiksi lämpötila- ja sähköverkonvalvonta. Lisäksi häiriötilanteissa voitaisiin käyttöön ottaa karttapohja, josta nähtäisiin vikapaikkaisten laittilojen sijainti nopeasti.

6.2.3 Tuntitariffien optimointi

Anvia on aloittanut juuri Kotitonttu –palvelun, joka ohjailee ja tarkkailee sähkönkulutusta. Se seuraa sääennustetta ja sähköpörssin hintoja, joiden avulla se selvittää vuorokauden edullisimmat tunnit kohteen energian tarpeisiin päivittäin. Tällä hetkellä palvelu on suunnattu vain omakotitaloihin, joissa on varaava vesikiertoinen sähkölämmitys. Palvelua kuitenkin kehitellään parhaillaan myös suoralla sähköllä lämmitettäviin kohteisiin ja sen kelpoisuutta laittilojen lämpötilan säätämiseen voitaisiin miettiä. Palvelun tueksi tarvitaan tuntihintapohjainen spot-sähkösojimus, jonka avulla edullisimmat sähköhinnat on mahdollista hakea. /3/

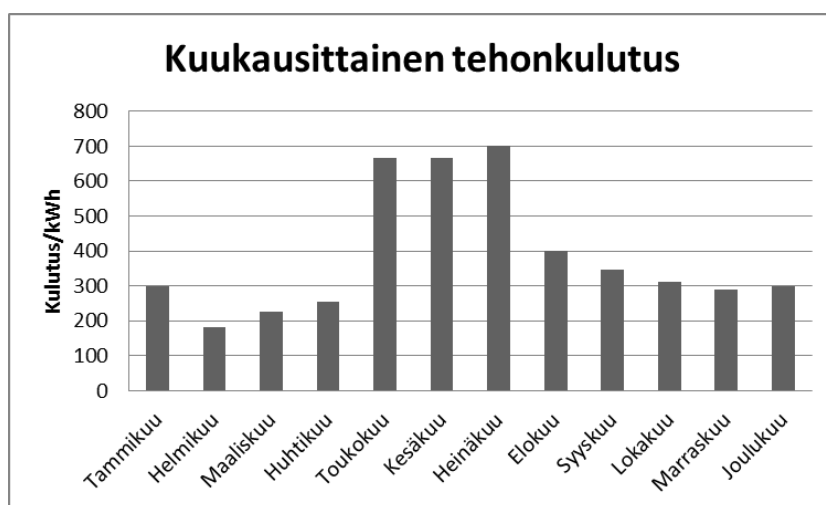
6.3 Kausisähkö

Yhtenä osuutena työtä harkittiin myös kausisähkön mahdollisuutta kohteisiin. Kausisähkössä on eri energianmaksuhinnat tietyille määritetyille kuukausille. Energiamaksultaan hintavampaa aikaväliä marraskuusta maaliskuuhun kutsutaan yleisesti talviajaksi. Talviajan maksua ei kuitenkaan makseta koko talviaikaa, vaan yöajaksi päivittäin kello 22–07 käytetään muun ajan maksua. Tämä tarkoittaa, että kuukausittain 19 päivää sähköä käytetään talviajan hinnalla ja 11 tai 12 päivää muun ajan maksulla, riippuen kuukauden pituudesta. Taulukossa 7 on Vaasan Sähkö Oy tämän hetkiset kausisähkön hinnat ilman 24 % arvonnisäveroä /16/. Kausisähköä suositellaan kohteille, joissa on kesäisin suurempi kulutus kuin talviaikaan.

Taulukko 7. Vaasan Sähkö Oy kausisähkön hinnat verottomina

Energiamaksu	1.11.-31.3. klo 07-22	Muu aika
Sähköenergia snt/kWh	5,259	4,043
Sähkönsiirto snt/kWh	3,618	1,003
Veroluokka II snt/kWh	0,703	0,703
Yhteensä snt/kWh	9,580	5,749

Esimerkkilaskentaan valittiin keskitintila, jossa on kesäaikaan huomattavaa muutosta kulutuksen suhteen, sillä sen oletettiin olevan kausisähköllä kannattava. Laitetilan kuukausittainen tehonkulutus on esitetty kuviossa 23, yhteensä sen tehonkulutus oli 4635 kWh vuonna 2013. Kuten kuvioista 23 nähdään, on laitetilalla huomattavaa energiankulutuksen nousua erityisesti touko-heinäkuussa. Kausisähkön siirtymisen kannattavuutta kokeiltiin tämän laitetilan kulutuksien pohjalta.

**Kuvio 22.** Laitetilan kuukausittainen kulutus vuonna 2013

Ensimmäisenä määritettiin yleissähkön ja kausisähkön omat energiamaksun hinnat. Taulukossa 7 nähtävät hinnat ovat Vaasan Sähkö Oy:n verottomat energiamaksuhinnat.

Taulukko 8. Yleissähkön ja kausisähkön energiamaksut

Liittymätyyppi	Energiamaksu/€
Yleissähkö	0,08155
Kausisähkö	
Talviaika	0,0957
Muu aika	0,0574

Taulukossa 9 on laskettu jokaisen kuukauden kulutukseen perustuvat hinnat yleissähkön energiamaksulla.

Taulukko 9. Yleissähkön energiamaksun perusteella määritetyt hinnat

Kuukausi	Kulutus/kk	Yleissähkö/€	kk-maksu
Tammikuu	300	24,465	8,44
Helmikuu	180	14,679	8,44
Maaliskuu	225	18,349	8,44
Huhtikuu	255	20,795	8,44
Toukokuu	665	54,231	8,44
Kesäkuu	665	54,231	8,44
Heinäkuu	700	57,085	8,44
Elokuu	400	32,620	8,44
Syyskuu	345	28,135	8,44
Lokakuu	310	25,281	8,44
Marraskuu	290	23,650	8,44
Joulukuu	300	24,465	8,44
Yhteensä/€	-	377,98	101,28

Taulukossa 10 on laskettu kausisähkön energiamaksujen perusteella kulutukset ja hinnat. Kuukausien päivien määrät on huomioitu joka kuukauden maksuihin. Talviaikana joka päivään kuuluu 15 tuntia sen hintaryhmän kulutukseen. Loput 9 tuntia jokaisesta talviajan päivästä menevät muun ajan hinnoilla.

Taulukko 10. Kausisähkön energiamaksun perusteella määritetyt hinnat

Kuukausi	Muu aika	Talviaika	Talviaika/kWh	Muu aika/kWh	kk-maksu
Tammikuu	-	300	183,87	116,13	20,32
Helmikuu	-	180	115,71	64,29	20,32
Maaliskuu	-	225	137,90	87,10	20,32
Huhtikuu	255	-	0	255	20,32
Toukokuu	665	-	0	665	20,32
Kesäkuu	665	-	0	665	20,32
Heinäkuu	700	-	0	700	20,32
Elokuu	400	-	0	400	20,32
Syyskuu	345	-	0	345	20,32
Lokakuu	310	-	0	310	20,32
Marraskuu	-	290	183,67	106,33	20,32
Joulukuu	-	300	183,87	116,13	20,32
Yhteensä/kWh	3340	1295	805,03	3829,97	-
Yhteensä/€	-	-	77,04	219,84	243,84

Taulukossa 11 nähdään laskelmien lopputulos. Tähän laitetilaan ei ole kannattavaa valita kausisähköä. Energiamaksujen kannalta kausisähkö kyllä kannattaisi, mutta kuukausittainen perusmaksu on kausisähköllä huomattavasti yleissähköä korkeammat. Perusmaksuksi käytettiin 3 x 25 A:n maksua, sillä se on käytössä suurimmassa osassa laitetiloista.

Taulukko 11. Yleissähkön ja kausisähkön ero

Yhteensä yleissähkö / €	479,26
Yhteensä kausisähkö / €	540,72
Kausisähkön kannattavuus / €	- 61,46

Vaikka kausisähkö ei tässä tapauksessa kannattanutkaan, jää kokeilusta laskelma, johon tarvitsee vain syöttää kuukausittaiset kulutukset ja tämän jälkeen taulukko laskee kannattavuuden saman tien (Liite 4). Vähän kuluttaviin kohteisiin kausisähkö ei ole kannattava korkean kuukausimaksun vuoksi.

7 YHTEENVETO

Kokonaisuudessaan opinnäytetyöhön saatiin kerättyä kattavasti tietoa laiteloista ja toimenpiteistä energia- ja kustannustehokkuutta ajatellen. Suuri työ oli laitelojen ryhmittämisessä, sillä laiteiloja on paljon. Nyt yksittäiseen ryhmään ja laitelaan on helpompi perehtyä, kun ne on eritelty omiin taulukkoihin.

Tuloksena saatu excel-tilukko keskitintilojen ratkaisumallien vertailuun on helppokäyttöinen ja mallien erot nähdään nopeasti kustannusten kehitystä kuvaavasta kaaviosta. Tällöin voidaan valita tietyille keskitintilalle paras mahdollinen toimenpide. Myös kausisähköstä tehty taulukkolaskelma on selkeä, joten sen kannattavuus saadaan helposti selville syöttämällä siihen kuukausittaiset tehonkulutukset. Tukiasemakohteiden tulevaisuus jää osittain avoimeksi laitteistouudistusten vuoksi, mutta energian mittaus muutamasta kohteesta auttaisi selvittämään kunkin laitteen kulutuksia, jolloin niiden tutkiminen tarkemmin olisi mahdollista.

Tulevaisuuden jatkokehitysmahdollisuudet ovat oma lukunsa. Anvian omalla edullisimpia tunteja selvittävällä palvelulla voisi hyvinkin olla oma osuutensa laiteilojen parissa. Toinen huomionarvoinen tutkimuskohde olisi uusiutuvan energian hyödyntäminen. Erityisesti rannikkoseudun laiteiloihin voisi tuulivoiman käyttö olla mahdollinen. Sähköverkon muuttuessa älykkäämmäksi, tulee uusiutuville energioille uudenlaisia mahdollisuuksia hajautettuna voimantuotantona.

LÄHTEET

/1/ Anvian historia. Viitattu 6.3.2014

<https://www.anvia.fi/anvia/tietoa-anviasta/perustietoa-anviasta/historia>

/2/ Anvia ICT. Viitattu 9.1.2014

<http://www.anvia.fi/anvia/tietoa-anviasta/liiketoiminta-alueet/anvia-ict>

/3/ Anvia Kotitonttu. Viitattu 9.4.2014

<http://www.anvia.fi/yksityisille/energianhallinta/tonttu/kotitonttu-takoo-saastoa>

/4/ Anvia lyhyesti. Viitattu 9.1.2014

<http://www.anvia.fi/anvia/tietoa-anviasta/perustietoa-anviasta/anvia-lyhyesti>

/5/ Anvia Oy, sisäinen materiaali. Viitattu 9.1.2014

/6/ Granlund, K. 2007. Tietoliikenne. 1. painos. Porvoo. Docendo. s. 383,389

/7/ Hakala, M. & Vainio M. 2005. Tietoverkon rakentaminen. 1. painos. Porvoo. Docendo.

/8/ Keskitetty ATA. Viitattu 2.4.2014

<http://www.zhone.com/products/MX-150/>

/9/ Koskivirta, M. & Torri, T. Viitattu 6.3.2014

https://www.theseus.fi/bitstream/handle/10024/12534/Torri_Timo_ja_%20Koskivirta_Mika.pdf?sequence=1

/10/ SveaTV. Viitattu 3.3.2014

<http://www.anvia.fi/yksityisille/tv/kanavapaketit/kanavapaketit/sveatv-paketti>

/11/ SveaTV:n peittoalue. Viitattu 3.3.2014

<https://www.anvia.fi/sites/default/files/jpg/sveatv-kokoalue.jpg>

/12/ OmniSwitch 6450. Viitattu 25.2.2014

<http://enterprise.alcatel-lucent.com/?product=OmniSwitch6450&page=overview>

/13/ Schneider electricilta saatu pdf laittilojen energiamittaroinnista. Viitattu 22.4.2014

/14/ Triax Kiosk 700 aktiivikaappi. Viitattu 6.3.2014

<http://www.triax.com/FindProduct.aspx?category={2D84B92E-E592-49CB-93EB-B83E2F4B06D2}>

/15/ Uusien 800 MHz:n 4G-tukiasemien rakentaminen käynnistyy. Viitattu 17.4.2014

<http://taajuustalkoot.fi/ajankohtaista/>

/16/ Vaasan Sähkö Oy:n kausisähkön hinnat. Viitattu 10.4.2014

http://www.vaasansahko.fi/template_2006.asp?sua=6&lang=1&s=421

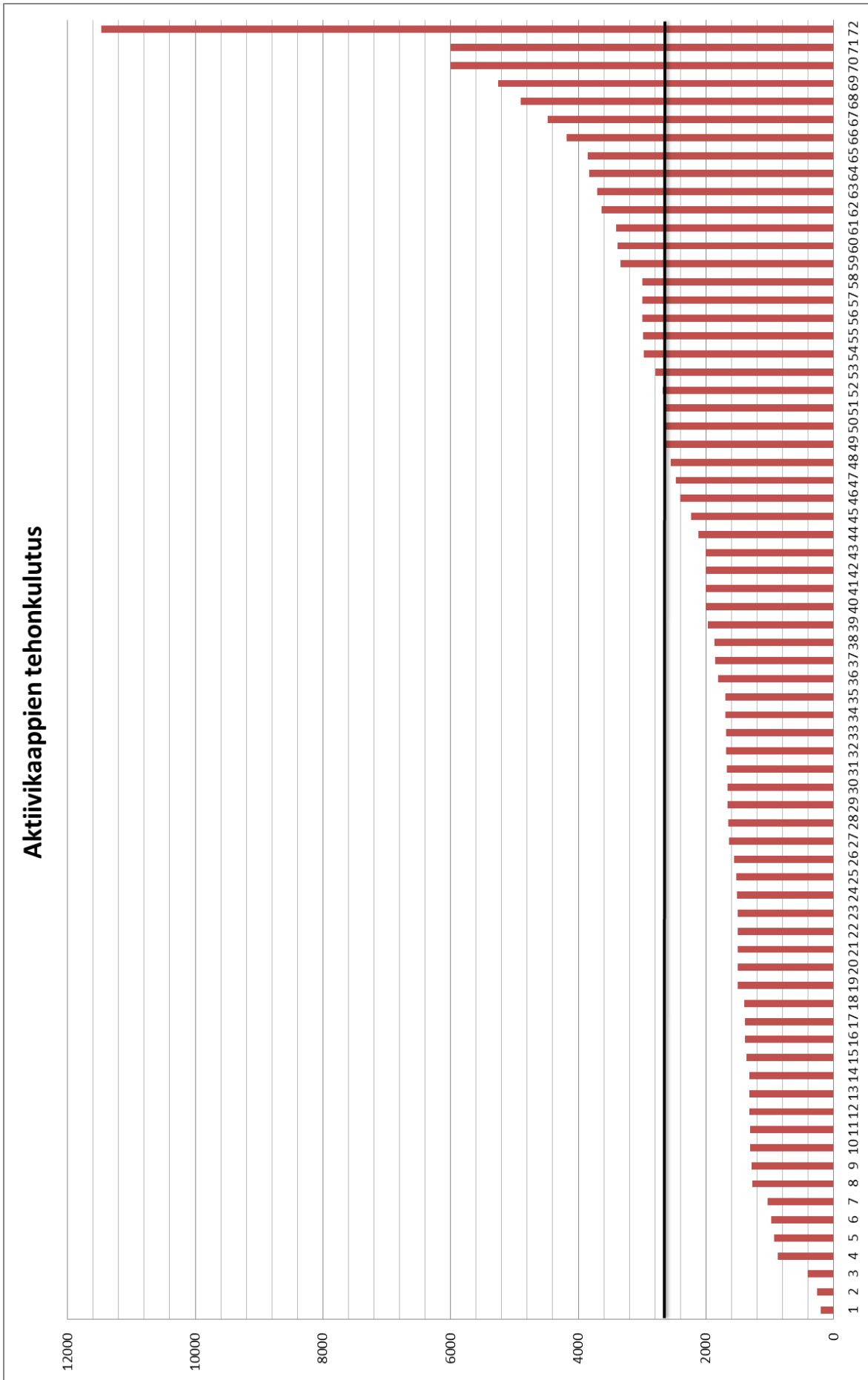
/17/ Vaasan sähkö Oy:n yleissähkön hinnat. Viitattu 27.3.2014

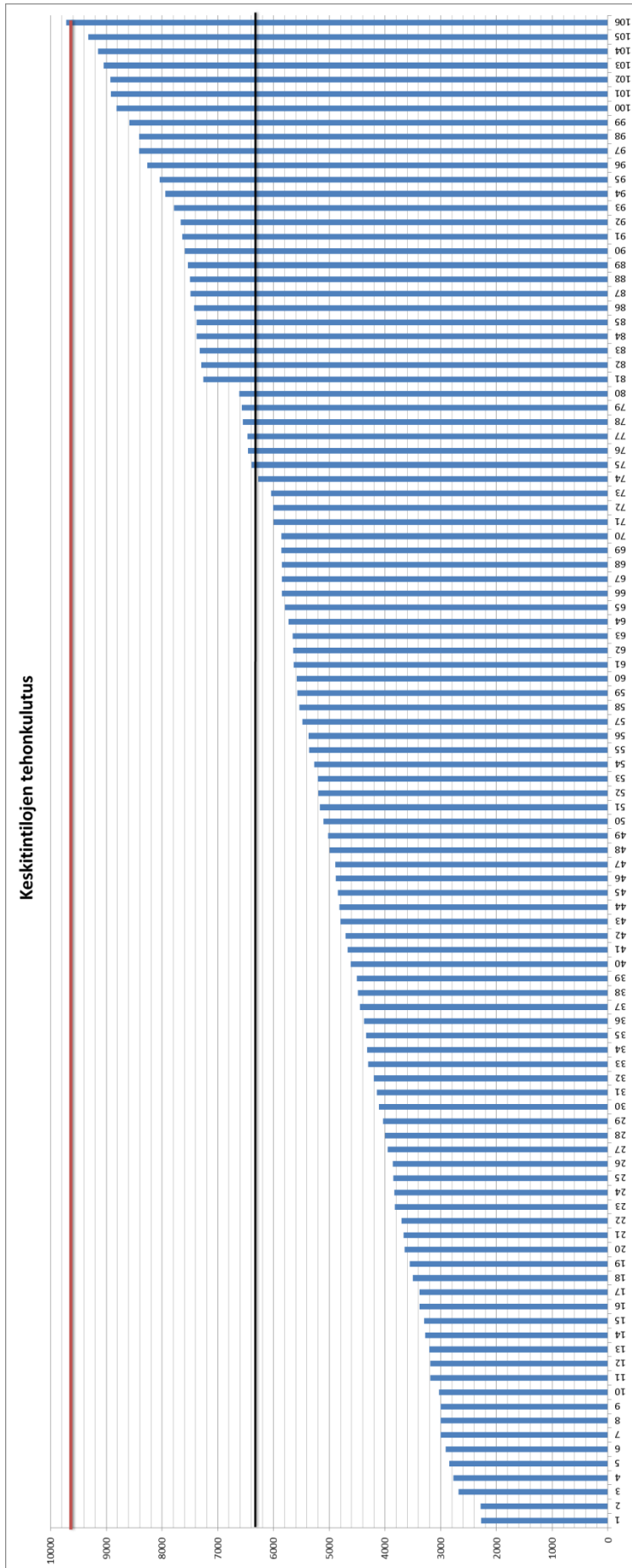
http://www.vaasansahko.fi/template_2006.asp?sua=6&lang=1&s=402

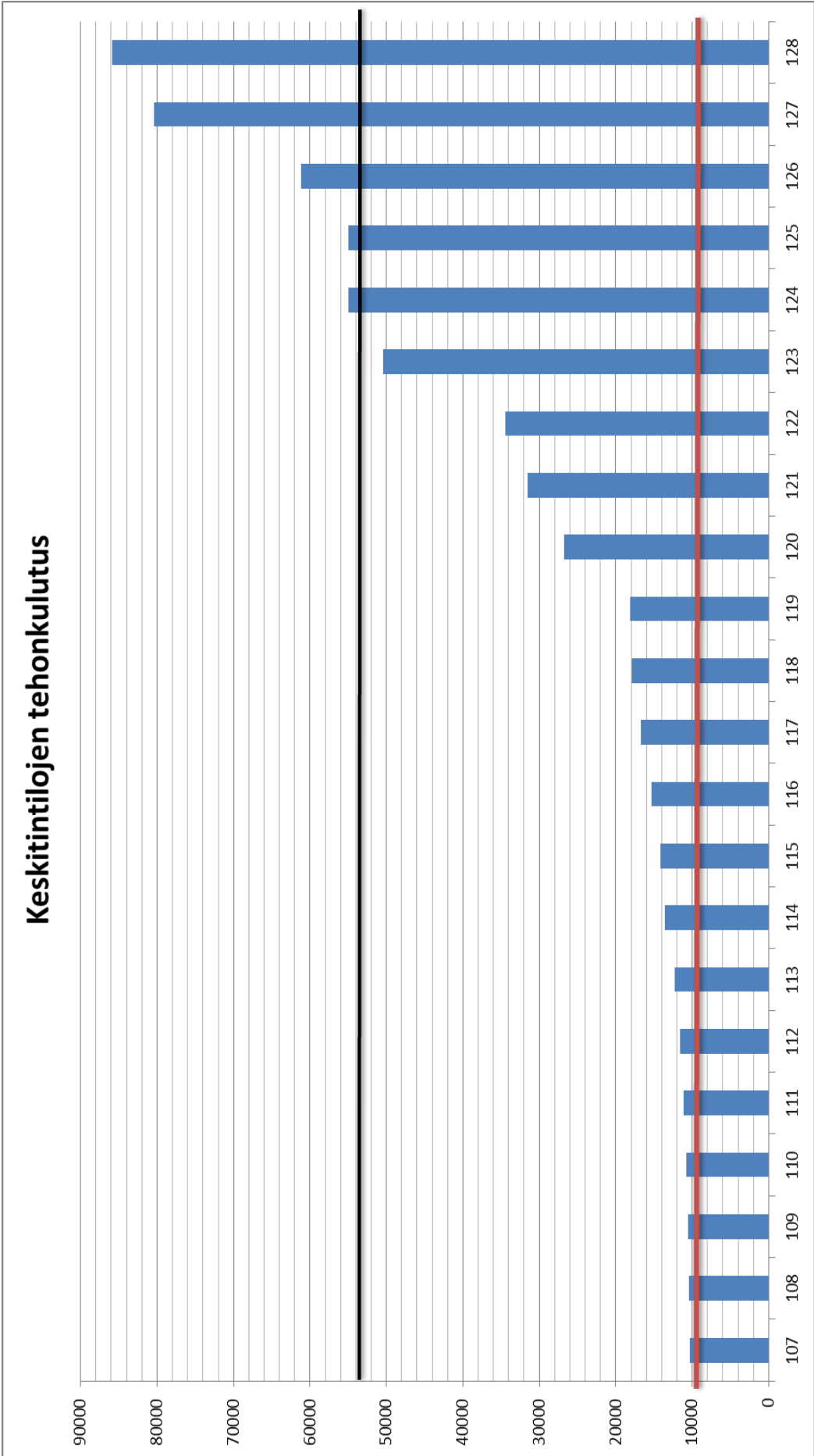
/18/ Viestintävirasto 2012, Määräys viestintäverkkojen ja –palveluiden varmistamisesta. Viitattu 3.2.2014

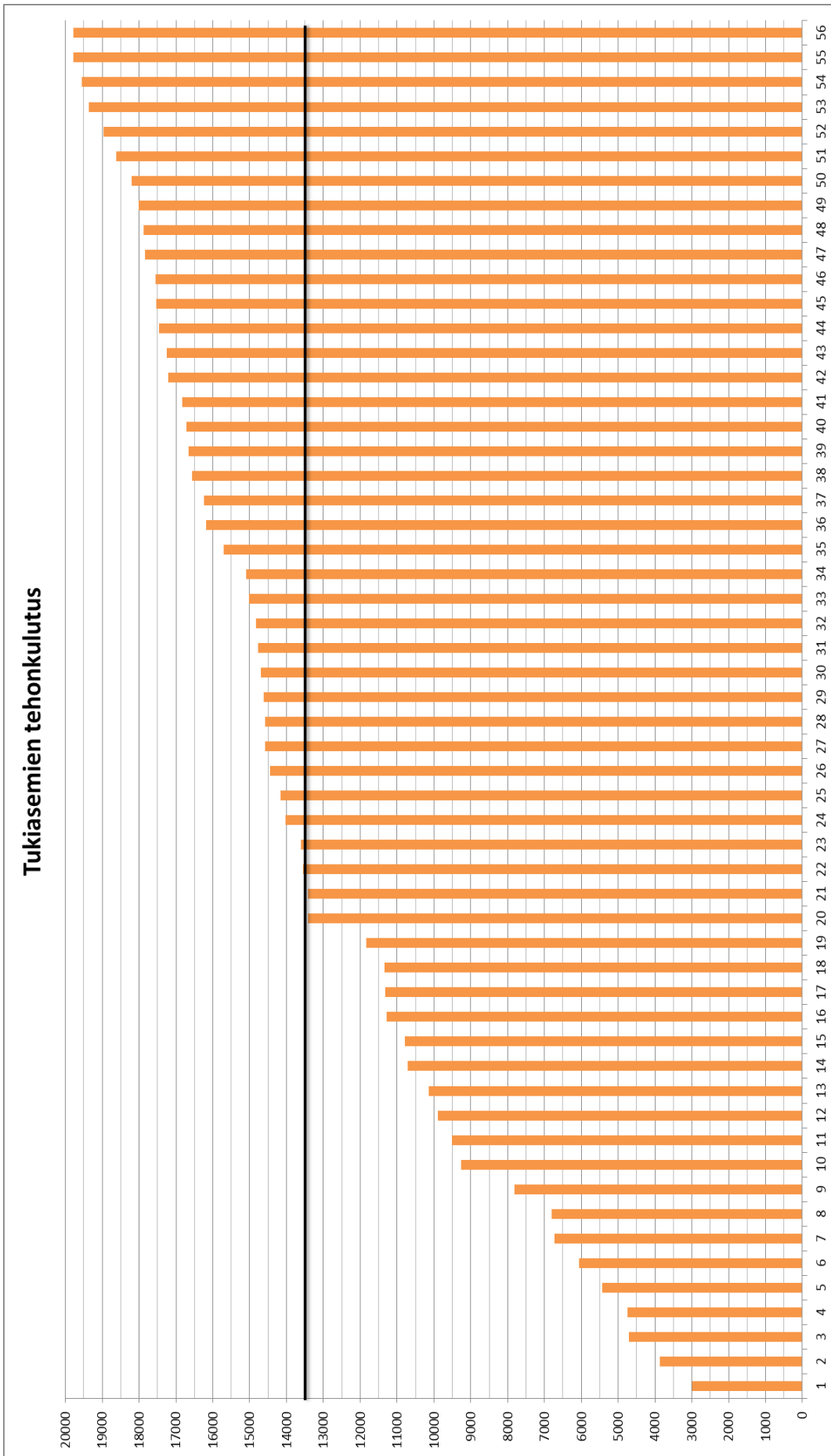
<https://www.viestintavirasto.fi/attachments/maaraykset/Viestintavirasto54A2012M.pdf>

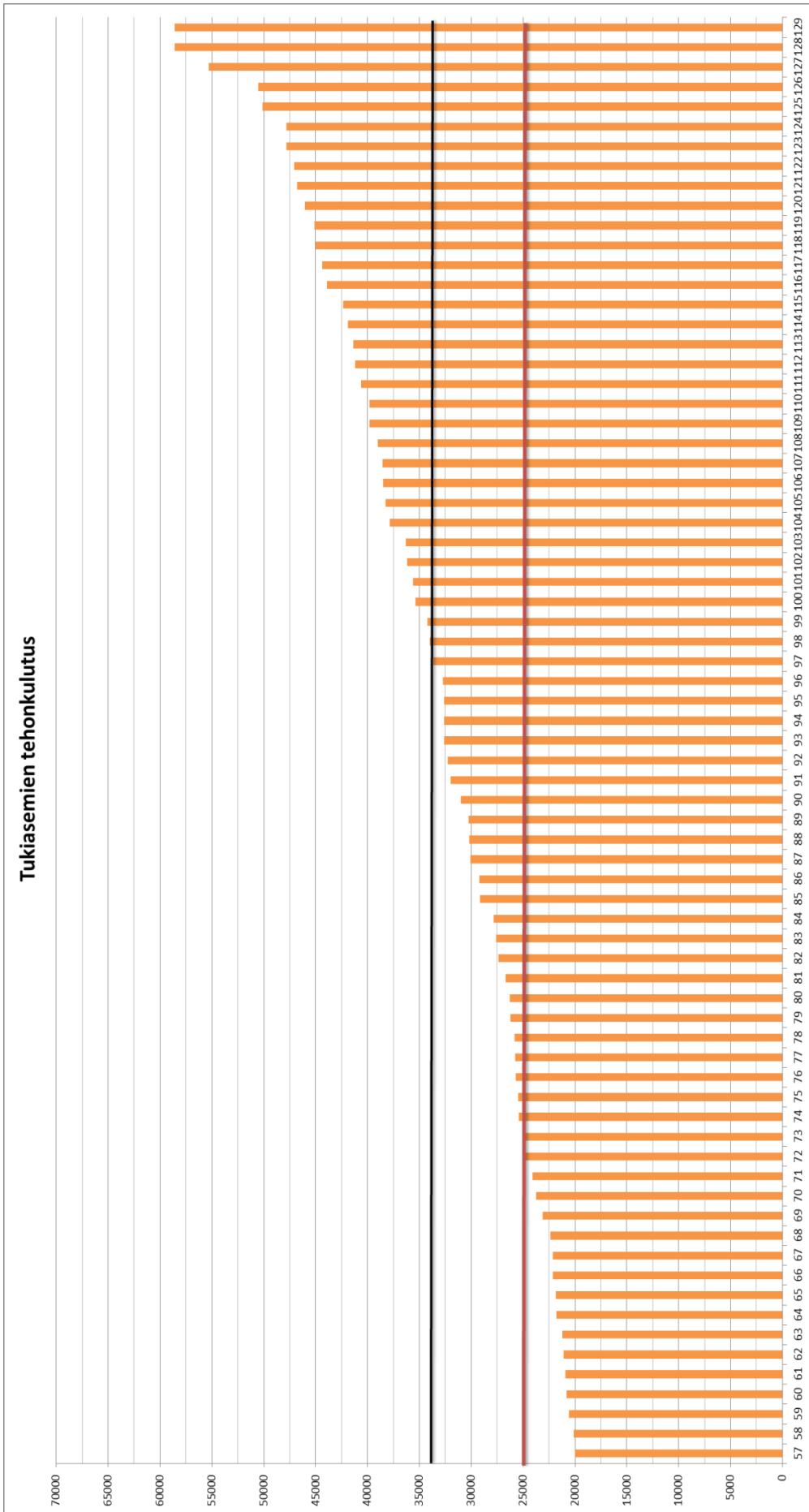
Liite poistettu tilaajan pyynnöstä

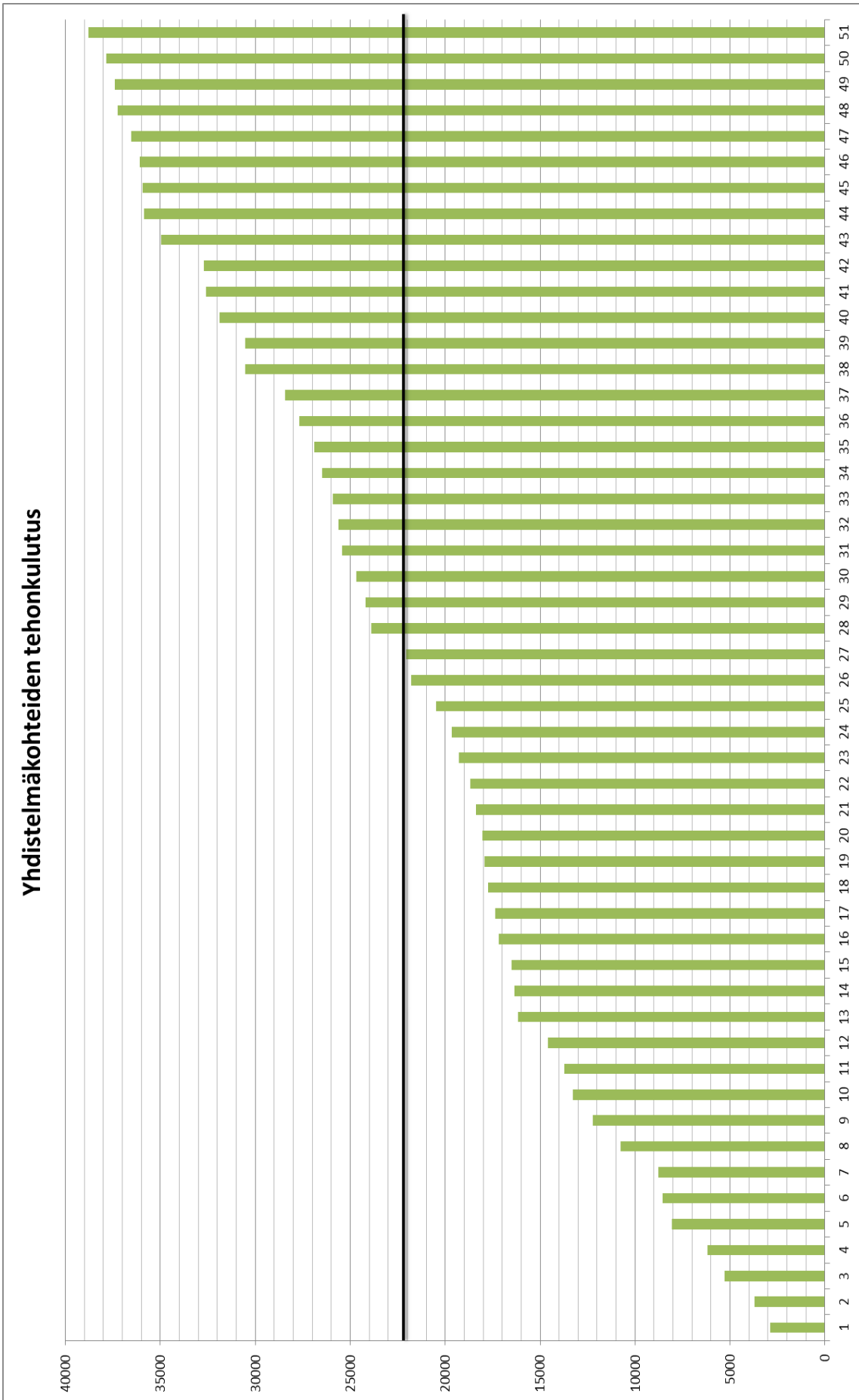


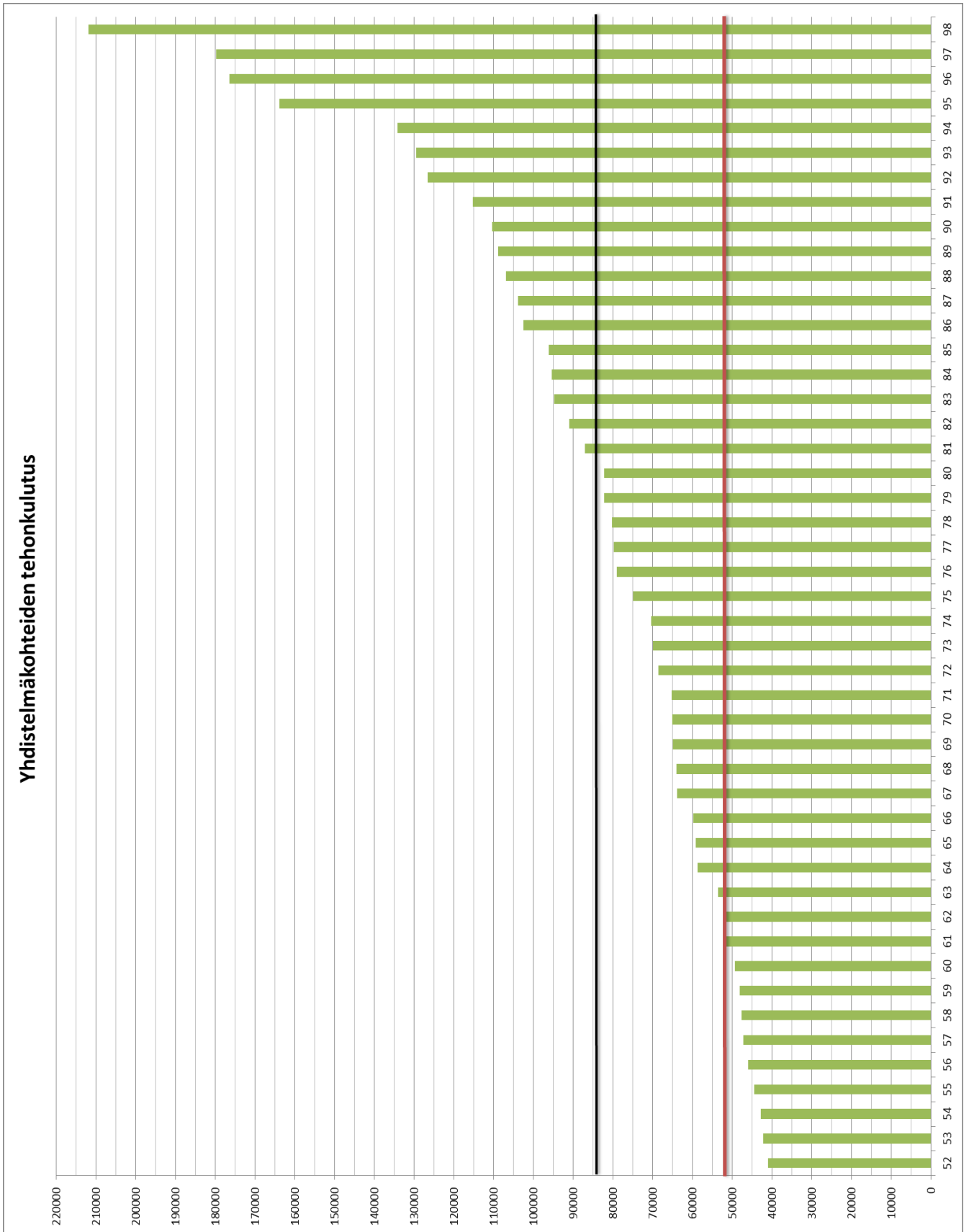












Kuukausi	Kulutus/kk	Muu aika	Talviaika	Talviaika/kWh	Muu aika/kWh	kk-maksu	Yleissähk€/kk-maksu	Liittymätyyppi	Energiamaksu/€
Tammikuu	300	-	300	183,87	116,13	20,32	24,465	Yleissähkö	0,08155
Helmi	180	-	180	115,71	64,29	20,32	14,679	Kausisähkö	
Maalis	225	-	225	137,90	87,10	20,32	18,34875	Talviaika	0,0957
Huhti	255	255	-	0	255	20,32	20,79525	Muu aika	0,0574
Touko	665	665	-	0	665	20,32	54,23075		
Kesä	665	665	-	0	665	20,32	54,23075		
Heinä	700	700	-	0	700	20,32	57,085		
Eloku	400	400	-	0	400	20,32	32,62		
Syysku	345	345	-	0	345	20,32	28,13475		
Lokaku	310	310	-	0	310	20,32	25,2805		
Marrasku	290	-	290	183,67	106,33	20,32	23,6495		
Jouluku	300	-	300	183,87	116,13	20,32	24,465		
Yhteensä/kWh	4635	3340	1295	805,03	3829,97	-	-		
Yhteensä/€	-	-	-	77,04	219,84	243,84	377,98		101,28

Yhteensä yleissähkö / €	479,26
Yhteensä kausisähkö / €	540,72
Kausisähkön kannattavuus / €	-61,46

