



TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO
TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

TONI SAARINEN
SÄHKÖLAITTEIDEN SÄHKÖISTEN SORMENJÄLKIEH HAL-
LINTA

Diplomityö

Tarkastaja: professori Timo D. Hä-
mäläinen
Tarkastaja ja aihe hyväksytty
Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta-
neuvoston kokouksessa 14. tammi-
kuuta - 2014

TIIVISTELMÄ

TAMPEREEN TEKNILLINEN YLIOPISTO

Tietotekniikan koulutusohjelma

SAARINEN, TONI: Sähkölaitteiden sähköisten sormenjälkien hallinta

Diplomityö, 43 sivua

Maaliskuu 2015

Pääaine: Ohjelmoitavat alustat ja laitteet

Tarkastaja: professori Timo D. Hämäläinen

Avainsanat: NIALM, käytettävyys

Sähkölaitteita voidaan tunnistaa niiden sähköisien sormenjälkien perusteella. Kun laite käynnistetään tai sammutetaan se luo tietynsuuruisen muutoksen pätö- ja loistehossa. Tätä tehon muutosta kutsutaan sähköiseksi sormenjäljeksi.

Nialm (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring) on menetelmä, jolla sähkölaitteita voidaan tunnistaa. Non-intrusive tarkoittaa sitä että laitteet tunnistetaan keskitetysti sähkömittarilta, eikä laitteisiin asennettavilla erillisillä mittareilla. Nialm-menetelm tarvitsee sähkömittarin joka kykenee tunnistamaan tehonmuutoksen ja tallentamaan sen ajan ja suuruuden. Tämän jälkeen analysointiohjelmisto etsii laitteiden käyttökertoja ja laskee alku- ja loppuajan sekä tehonmuutoksen suuruuden perusteella laitteen kuluttaman energian.

Tyypillisellä laitteella on 2 eri tilaa, on ja off, mutta laitteella voi olla useampikin eri tila. Eri tilojen välillä siirrytään tilasiirtymiä pitkin. Epäideaalisuuksista johtuen, sormenjäljet eivät osu aina tismalleen samaan kohtaan. Tämän vuoksi täytyy tilasiirtymälle luoda tunnistusalue. Tunnistusalue on yleensä neliö jonka sisälle suurin osa laitteen tilasiirtymän sormenjäljistä osuu.

Koska eri sähkölaitteita on lähes ääretön määrä, niin täytyy jokaista mittauspistettä varten luoda oma sormenjälkien tietokanta, josta löytyvät laitteiden eri tilat, tilasiirtymät ja tunnistusalueet. Kymmenellä laitteella tämä olisi vähintään 20 tilasiirtymää ja 80 tunnistuspisteen kulmaa. Tämän takia on tärkeää että sormenjälkien hallinta on mahdollisimman yksinkertaista ja nopeaa.

ABSTRACT

TAMPERE UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Master's Degree Programme in Information Technology

SAARINEN, TONI: Management of electrical appliance fingerprints

Master of Science Thesis, 43 pages

March 2015

Major: Programmable platforms and devices

Examiner: Professor Timo D. Hämäläinen

Keywords: NIALM, usability

Electrical appliances can be recognized by their electrical fingerprints. When appliance is started or stopped, it creates change of certain size in active and reactive power. This change of powers is called electrical fingerprint.

Nialm (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring) is method that can be used to recognize different appliances. Non-intrusive means that appliances are recognized centralized in one place, other than appliance specific sub meters. Nialm method needs special electric-meter that is able to recognize change in powers and store its time and size. After this, analyzing program looks up usage times and consumption is calculated using start and end-time as well difference in power.

Typical appliance has two different states, on and off, but there can be more depending appliance type. State transitions is used between different states. Non-ideal components cause that fingerprints don't always hit on same spot. Because of this every state transition needs recognize zone. Recognize zone is typically a square where most of state transition changes hit.

Because there are nearly unlimited numbers of different devices, every metering point has to be individually created. Every metering point needs its own device, state, state transition and recognize zone database. Even with 10 appliance has at least 20 state transitions and 80 recognize zone corner. So that we can study different NIALM usage options it is vital that metering point can be set up simple and fast.

ALKUSANAT

Haluan kiittää MX Electrix OY:tä mahdollisuudesta tehdä tämä diplomityö sekä Seppo Vehviläistä hyvästä ohjauksesta ja opastuksesta aiheeseen.

Haluan myös kiittää professori Timo D. Hämäläistä hyvästä ohjauksesta sekä hyvistä kommentteista työn kokonaisuuden hahmottamisesta sekä valmiiksi saamisesta.

Lopuksi haluan kiittää perhettäni joka tuki minua tämän työn tekemisessä.

Toni Saarinen

Valkeakoski 23.3.2015

SISÄLLYS

1	Johdanto	1
1.1	Tausta	1
1.2	Työn tavoite.....	2
1.3	Työn rakenne	2
2	Etäluentaja- ja analyysijärjestelmän yleiskuvaus.....	3
2.1	Sähkölaite	4
2.1.1	Tilat.....	4
2.1.2	Sormenjälki.....	4
2.1.3	Tunnistusalue.....	4
2.1.4	Käyttökerta	5
2.2	Mittarit.....	6
2.3	Yhteydet	10
2.4	Tietokanta	10
2.5	Analysointiohjelmisto	11
2.5.1	Laitteiden määrittely.....	11
2.5.2	Tunnistus	12
2.6	Käyttäjärühmät	12
2.6.1	Käyttäjät	12
2.7	Käyttöliittymät.....	12
2.7.1	Hallinta ja konfigurointi	13
2.7.2	Tulosten tarkastelu.....	13
2.8	Kehitysympäristö ja aikaisemmat kehitystyökalut.....	13
2.8.1	Analysointiohjelmisto.....	13
3	Sähkökulutuksen profilointi	14
3.1	Tietokannan taulut	14
3.1.1	Laitteet taulu	15
3.1.2	Tilat ja tilasiirtymät	15
3.1.3	Signaturepoints taulu	15
3.1.4	Fingerprint taulu	16
3.1.5	Device usages ja device usages real	17
4	Tunnistuksen hallinta / arkkitehtuuri	18
4.1	Laite.....	20
4.1.1	Laitteiden yleisnäkymä.....	20
4.1.2	Laitteen perustiedot	20
4.1.3	Laitteen luominen.....	21
4.1.4	On/Off laitteen luonti	22
4.1.5	Automaattinen laitteen luonti	22
4.1.6	Laitteen muokkaaminen	23
4.1.7	Laitteen poistaminen	23
4.2	Tila.....	24

4.2.1	Tilan luominen.....	25
4.2.2	Tilan muokkaaminen	26
4.2.3	Tilan poistaminen	27
4.3	Tilasiirtymä	28
4.3.1	Tilasiirtymän luominen	29
4.3.2	Tilasiirtymän poistaminen	30
4.4	Tunnistusalue.....	31
4.4.1	Tunnistusalueen luominen.....	31
4.4.2	Tunnistusalueen muokkaaminen	32
4.5	Virhetilanteet ja huomaamattomat laitteet	32
4.5.1	Kaksi laitetta menee samaan aikaan päälle.	32
4.5.2	Laitteen kokonaisteho on liian pieni.....	33
4.5.3	Laitteen tehon muutos on niin hidas että sitä ei rekisteröidä.....	33
4.5.4	Laite on kokoaika päällä.....	33
4.6	Sormenjälkien tarkastelu	33
4.7	Loppukäyttäjänäkymä	34
5	Skaalautuvuus eri kohteisiin	37
5.1	Keskuslämmitteinen asunto.....	37
5.2	Suorasähkölämmitteinen asunto	38
5.3	Laitos	39
6	Arviointi	40
6.1	Käytettävyys	40
6.2	Koodirivit	41
6.2.1	Agile	41
7	Yhteenveto	42
7.1	Merkittävyys.....	42
	Lähteet.....	43

SYMBOLIT JA LYHENTEET

Symbolit

I	Virta
f	Taajuus
U	Jännite
P	Pätöteho
dP	Pätötehon muutos
Q	Loisteho
dQ	Loistehon muutos

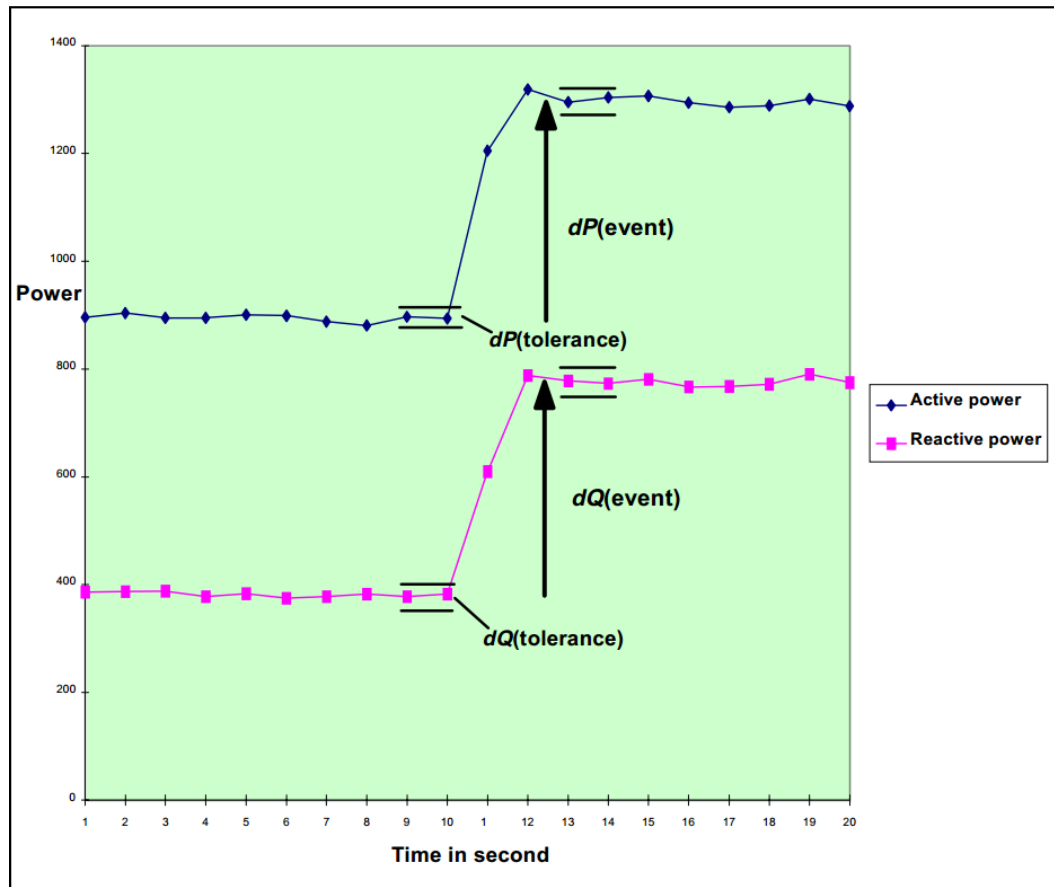
Lyhenteet

MySQL	My Structured Query Language
NIALM	Non-Intrusive Appliance Load Monitoring

1 JOHDANTO

1.1 Tausta

MX Electrix Oy on suunnitellut sähkömittarin joka osaa sähkönkulutuksen mittaamisen lisäksi mitata sähkönlaatua sekä rekisteröidä sähköverkon kuorman muutoksia. Sähkölaitteita voidaan tunnistaa kokonaiskuormasta, vertailemalla kuorman muutoksien suuruutta sähkölaitteiden ominaistehoihin. Tätä menetelmää kutsutaan NIALM:ksi (Non-Intrusive Appliance Load Monitoring). Menetelmän avulla voidaan tunnistaa eri laitteiden käyttö etsimällä kuormanmuutoksista kyseessä olevaa laitetta koskevat muutokset. Jokainen laite käynnistyessään ja sammuessaan tekee tietynsuuruisen muutoksen tehonkulutukseen. Käynnistyessään laite luo pätötehoon positiivisen muutoksen ja sammuessaan negatiivisen muutoksen. Näitä muutoksia kutsutaan tapahtumiksi (engl. event)[1]. Kuvassa 1 on esimerkki nialm-tapahtumasta. Tapahtuma katsotaan alkaneeksi silloin, kun teho tai loisteho ylittää sille asetetun toleranssin ja katsotaan päättyneeksi silloin kun kahden kaksi peräkkäistä mittausta on toleranssien sisällä.



Kuva 1, NIALM, periaate [2]

Laitteen tunnistus aloitetaan opettamalla järjestelmälle laitteet, niin että kytketään laitteisiin virta päälle ja pois. Tämän jälkeen katsotaan minkä suuruisen muutoksen se aiheutti. Kun tämän jälkeen tallennetaan tiedot järjestelmään, niin järjestelmä osaa jatkossa tunnistaa laitteet automaattisesti. Kun järjestelmä osaa tunnistaa tapahtumien perusteella laitteet, voidaan määrittää milloin laitetta on käytetty ja kuinka pitkään. Näistä voidaan muodostaa laitteille profiili niiden käytöstä ja sähkön kulutuksesta.

Laitteiden profiilien perusteella voidaan luoda edelleen profiili kokonaissähkönkulutuksesta. Tämän tiedon avulla voidaan esimerkiksi karsia ylimääräistä sähkönkulutusta. Kun tiedetään mitkä laitteet kuluttavat mikäkin verran energiaa, ja kuinka kauan ne ovat päällä, voidaan saada säästöä sähkönkulutuksessa karsimalla ylimääräinen laitteiden päällä pito.

1.2 Työn tavoite

Työtä aloittaessa kaikki laitetunnistukseen liitettävät täytyi tehdä suoraan tietokantaan tietokantakomennoilla. Tämä häiritsi käytettävyyttä koska syötettävät tietokantakomennot ovat vaikeita muistaa sekä niissä toistui paljon samoja asioita ainoastaan pienillä eroilla joita on vaikea havaita nopeasti katsomalla. Tämän lisäksi tietokannassa jo olevien tietojen tarkastelu on haastavaa suuren datamäärän vuoksi.

Tämä työ keskittyy laitetietojen ja tunnistetietojen hallintaan. Tähän mennessä kaikki laite- ja tunnistetiedot on ensin haettu tietokannasta taulukkolaskentaan. Jonka jälkeen taulukkolaskennalla on piirretty raakadatasta kuvaaja ja tästä kuvaajasta on hahmoteltu tunnistusalueita. Tämän jälkeen on ensin täytynyt luoda uusi laite tietokantaan, tämän jälkeen luoda laitteelle tilat. Vähintään on ja off. Sen jälkeen täytyy luoda tilasiirtymät näiden tilojen välille. Ja viimeiseksi täytyy määrittää tilasiirtymille tunnistusalueet. Nämä kaikki on täytynyt luoda käsin suoraan tietokantaan tietokantakomennoilla. Myös jo syötettyjen laitteiden tarkastelu on ollut todella haastavaa, koska tietokantaan on tallennettu vain numeroja ja niiden hahmottaminen isossa mittakaavassa on todella haastavaa. Yhdellä laitteella on vähintään 2 tilaa, 2 tilasiirtymää ja 8 tunnistusalueen kulmaa, joten jo kymmenellä laitteella on vähintään 80 tunnistusalueen kulmaa. Työn tavoitteena on luoda sellainen ohjelma, jolla tietotekniikasta ymmärtämätön voisi luoda pienellä opastuksella luoda käyttöpaikkaan laitteet ja tunnistusalueet. Tällöin ohjelmaa voisi käyttää vanhusten huollossa toimivien hoitajien apuvälineenä.

1.3 Työn rakenne

Kappaleessa 2 tutustutaan laitetunnistuksen nykytilaan.

Kappaleessa 3 tutustutaan järjestelmän nykytilaan.

Kappaleessa 4 tutustutaan tunnistuksen hallintaan sekä arkkitehtuuriin.

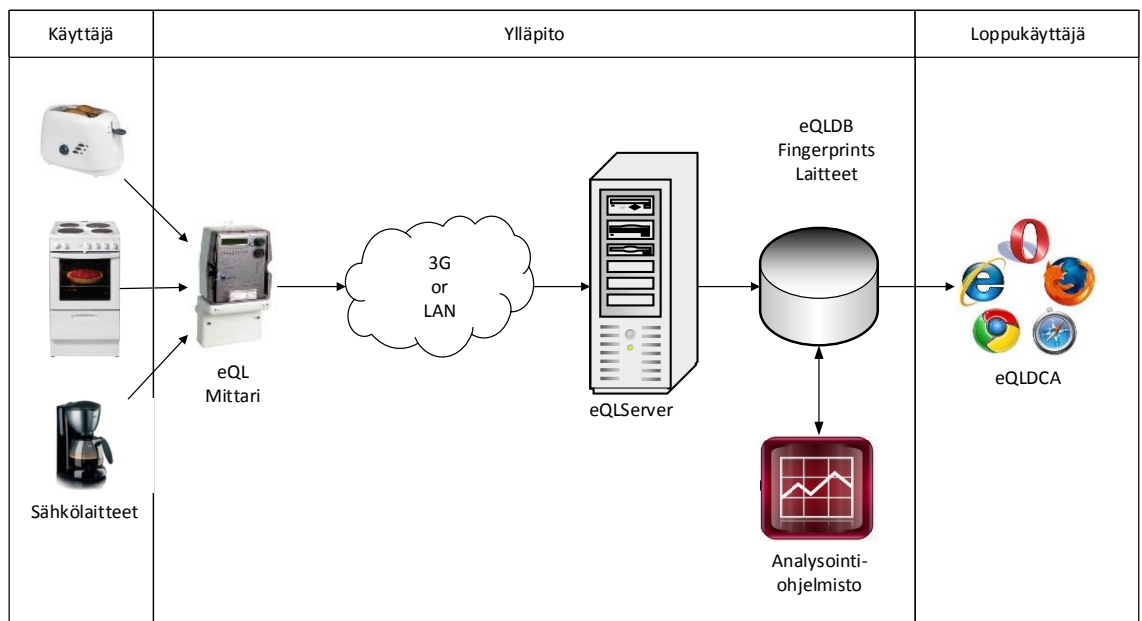
Kappaleessa 5 tutustutaan käyttäjäryhmiin.

Kappaleessa 6 tutustutaan tuleviin mahdollisuuksiin

Kappaleessa 7 on yhteenveto työstä.

2 ETÄLUENTA- JA ANALYYSIJÄRJESTELMÄN YLEISKUVAUS

Laiteiden tunnistukseen tarvitaan eql-sähkömittari, palvelin, tietokanta sekä analysointiohjelmisto. eql-sähkömittari mittaa sähköstä eri suureita, joihin kuuluu muun muassa tehon muutos. Tämän jälkeen se toimittaa ne palvelimelle joka tallentaa ne tietokantaan. Analysointiohjelmisto lukee tietokannasta raakadataa ja analysoi sen ja tallentaa analysoidun tiedon takaisin tietokantaan, josta se on luettavissa eri laitteilla. Kuvassa 2 on havainnointi järjestelmän nykytilasta.



Kuva 2, Järjestelmän nykytila

Laitetunnistus toimii tällä hetkellä automaattisesti. Mittarit toimivat itsenäisesti, ne tallentavat tietoa kahdella tapaa. Ensinnä mittarit mittaavat säännöllisin väliajoin eri komponentteja sähköstä ja laskevat näistä aikavälin keskiarvon. sen lisäksi mittarit tallentavat eri kahdenlaisia muutoksia, sähköisiä sormenjälkiä sekä jännitekuoppia. Sähköiset sormenjäljet ovat tehonmuutoksia mittarissa. Jännitekuopat ovat suuria heittelyjä jännitteessä.

Mittarit ottavat itse aika ajoin yhteyttä palvelimeen, joko lähiverkon tai 3g-matkapuhelinverkon kautta. Kun yhteys on muodostettu, mittari jää odottamaan palvelimen komentoja. Palvelin pyytää mittarilta eri tapahtumien tiedot haluamaltaan väliltä ja mittari lähettää tiedot palvelimelle. Eri mitattavat suureet ovat mittausravot, sormenjälkitapahtumat sekä jännitekuopat.

2.1 Sähkölaite

Sähkölaitteilla tarkoitetaan tässä tapauksessa verkkovirralla toimivia sähkölaitteita. NIALM-menetelmänä asettaa myös muutamia rajoituksia. Aivan pienimmät sähkönkulutuksen laitteet täytyy karsia pois, koska sähkönkulutuksessa tapahtuu koko aika pientä muutosta. Myös laitteet jotka ovat kokoajan päällä, eivät näy NIALM:n avulla, koska ne eivät koskaan aiheuta muutosta sähköverkon kuormassa. Tämän lisäksi on myös sellaisia laitteita, jotka käynnistyvät tai sammuvat niin hitaasti, ettei mittari reagoi siihen.

2.1.1 Tilat

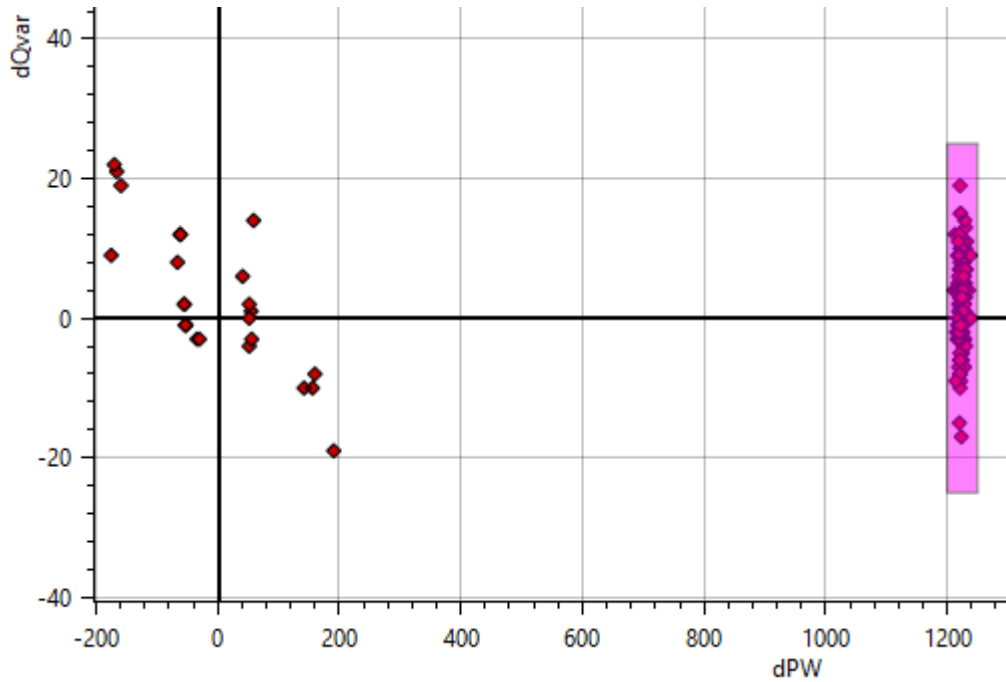
Sähkölaitteilla on vähintään kaksi tilaa, päällä ja pois. Mutta sähkölaitteen luonteesta riippuen tiloja voi olla enemmänkin. Laitteet joissa on useampi teho taso valittavana, ovat useamman tilan laitteita. Hyvänä esimerkkinä useamman tilan omaavasta laitteesta toimii liesi, jossa on monta tehotasoa jo yhdellä keittolevyllä. Tämän lisäksi on laitteita joissa käyttäjä laittaa laitteen päälle, mutta laite noudattaa jotain ennalta määrättyä ohjelmaa, esimerkkinä astianpesukone.

2.1.2 Sormenjälki

Kun laitteen tilassa tapahtuu muutos, se aiheuttaa tietyn suuruisen muutoksen sähköverkossa. Vaikka tätä kutsutaan sormenjäljeksi, niin se ei kuitenkaan aina ole aivan samansuuruinen. Epäideaalisuudet aiheuttavat sen, että se vaihtelee hieman joka kerta. Tämän vuoksi sormenjäljelle täytyy luoda tunnistusalue.

2.1.3 Tunnistusalue

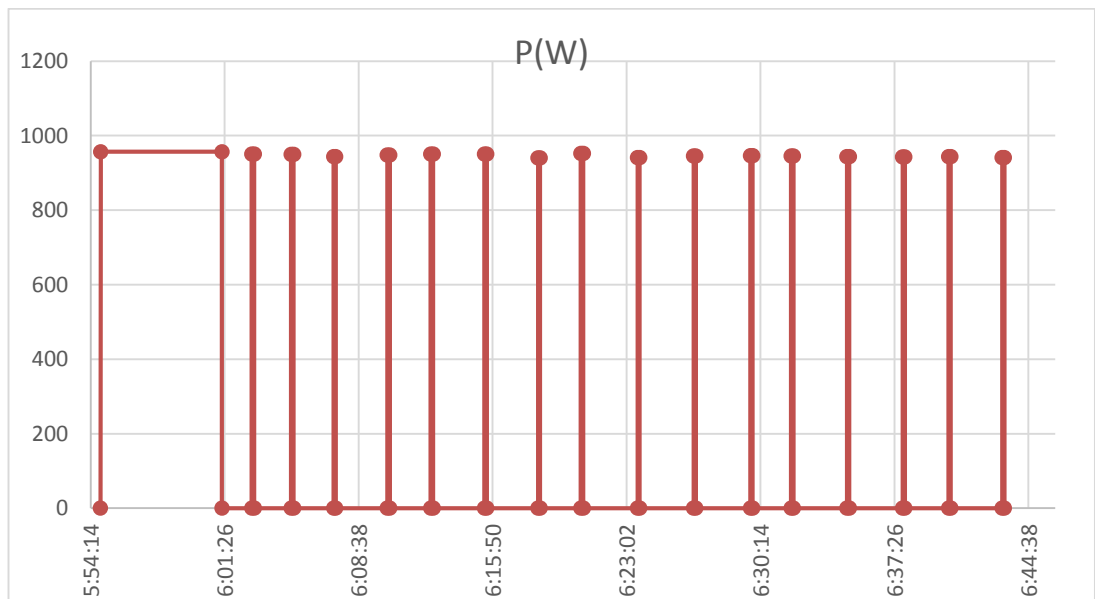
Tunnistusalue on alue, jonka sisälle suurin osa tapahtumista osuu. Käytännön syistä tunnistusalue on yleensä suorakaiteen muotoinen, koska tämä on helpoin määritellä. Mutta tarvittaessa tunnistusalue voi olla minkä muotoinen tahansa. Suorakaiteen etuihin kuuluu se, että se on helppo hahmottaa XY-tasossa ja siitä näkee nopeasti ovatko muutokset alueen sisäpuolella. Suorakaidetta on myös helppo käsitellä analysointiohjelmiston puolesta. Kuvassa 3 on kuvattu tapahtumien hajonta sekä tunnistusalue.



Kuva 3, Sormenjälkien hajonta ja tunnistusalue

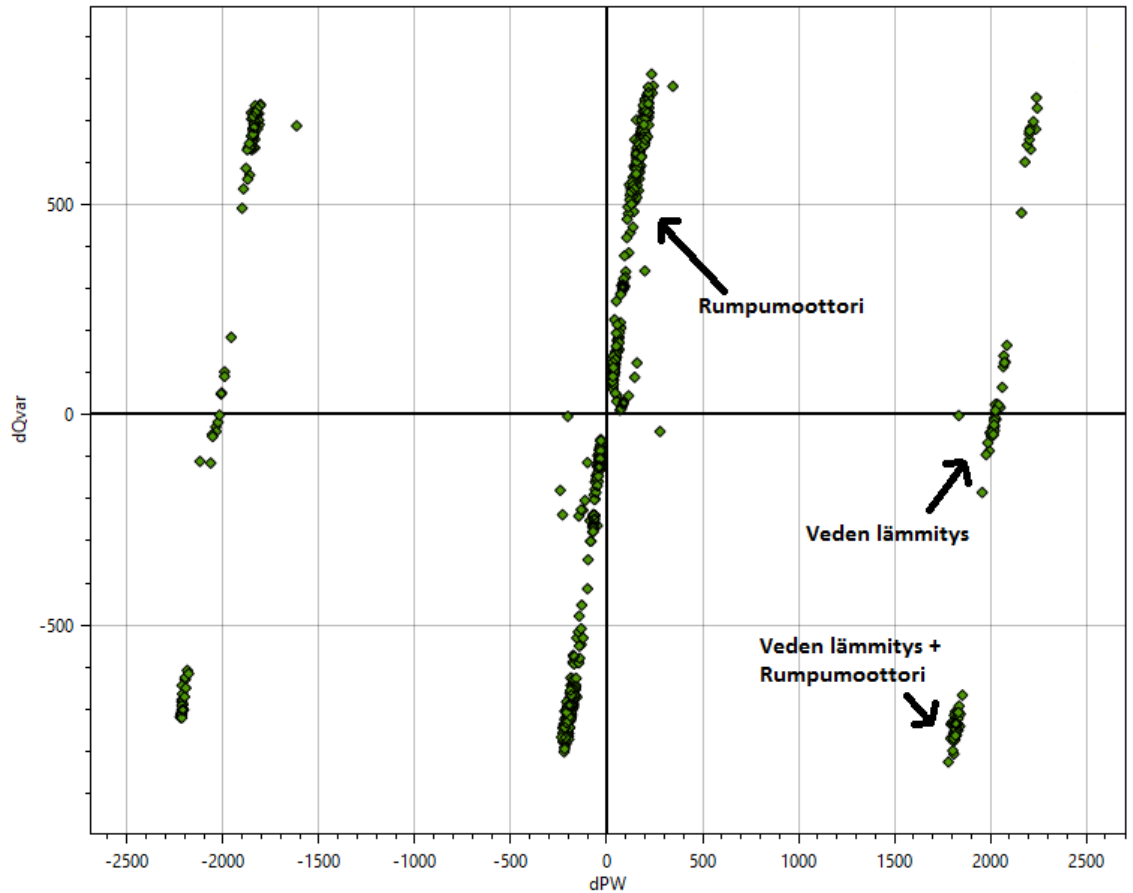
2.1.4 Käyttökerta

Käyttökerta koostuu reitistä joka johtaa off tilasta yhden tai useamman on-tilan kautta takaisin off tilaan. Yksi käyttökerta voi koostua myös useammasta eri tilasiirtymästä. Ensimmäisessä tapauksessa laite kytkeytyy itsestään päälle ja pois useita kertoja yhden käyttökerran aikana. Tämä tapahtuu tilanteissa, jossa termostaatti ohjaa lämmitysvastusta. Kuvassa 4 näemme kahvinkeitTIMEN kulutus profiilin, aluksi se keittää kahvia 6 minuuttia. Tämän jälkeen se siirtyy ylläpitämään lämpöä, jolloin se lämmittää levyä vain 10s kerrallaan muutaman minuutin välein.



Kuva 4, Kahvin keittäminen

Toinen vaihtoehto on että laite kulkee usean eri on-tilan läpi, kunnes se palaa off-tilaan. Pyykin pesukone on hyvä esimerkki laitteesta joka kulkee usean eri tilan. Se lämmittää vettä ja pyörittää rumpua jonkin ennalta määrätyn ohjelman mukaisesti. Kuvassa 5 on pyykinpesukoneen yhden käyttökerran aiheuttamat muutokset.



Kuva 5, Pyykinpesukone yksi käyttökerta

2.2 Mittarit

Mittarit ovat normaaleja sähkömittareita monipuolisempia mittareita. Normaali sähkömittari mittaa vain sähkön kulutusta, mutta Electrixin mittari on suunniteltu mittaamaan myös sähkönlaatua ja se mittaan yhteensä 68 eri arvoa sen läpi menevästä sähköstä. Sähkönlaadun mittaamisen lisäksi se tallentaa sähköverkon kuorman muutoksien suuruudet ja ajat eli sähköiset sormenjäljet sekä jännitekuopat ja kohoumat. Tämän lisäksi ne on varustettu yhteydenpitojärjestelmällä, jolloin ne voivat ottaa yhteyttä ja siirtää automaattisesti arvot palvelimelle jatko tarkasteluja varten.

Taulukko 1: Sähkömittarin mittausjakso-tietotyypin energian mittaukseen tarkoitetut arvot ja selitteet.

Arvo	Selite
P[W]	Pätöteho
Q[VAr]	Fryzen loisteho
S[VA]	Näennäisteho
PL1[W]	L1 pätöteho
PL2[W]	L2 pätöteho
PL3[W]	L3 pätöteho
QL1[VAr]	L1 loisteho
QL2[VAr]	L2 loisteho
QL3[VAr]	L3 loisteho
SL1[VA]	L1 näennäisteho
SL2[VA]	L2 näennäisteho
SL3[VA]	L3 näennäisteho
ImaxL1[A]	L1 100ms:n maksimivirta
IminL1[A]	L1 100ms:n minimivirta
ImaxL2[A]	L2 100ms:n maksimivirta
IminL2[A]	L2 100ms:n minimivirta
ImaxL3[A]	L3 100ms:n maksimivirta
IminL3[A]	L3 100ms:n minimivirta
EP+[10Wh]	Kokonaisenergia (+)
EP-[10Wh]	Kokonaisenergia (-)
EQ+[10VArh]	Kokonaisloisenergia (+)
EQ-[10VArh]	Kokonaisloisenergia (-)

Taulukko 2: Sähkömittarin mittausjakso-tietotyypin sähkön laadun mittaukseen tarkoitetut arvot ja selitteet.

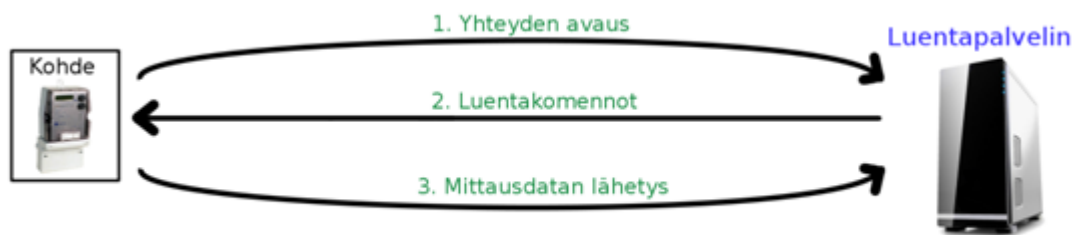
Arvo	Selite
f[Hz]	Taajuus
UL1[V]	L1 vaihejännite
UL2[V]	L2 vaihejännite
UL3[V]	L3 vaihejännite
IL1[A]	L1 vaihevirta
IL2[A]	L2 vaihevirta
IL3[A]	L3 vaihevirta
U12[V]	Pääjännite U12
U23[V]	Pääjännite U23
U31[V]	Pääjännite U31
UmaxL1[V]	L1 100ms:n maksimijännite
UminL1[V]	L1 100ms:n minimijännite
UmaxL2[V]	L2 100ms:n maksimijännite
UminL2[V]	L2 100ms:n minimijännite
UmaxL3[V]	L3 100ms:n maksimijännite
UminL3[V]	L3 100ms:n minimijännite
PstL1	L1 lyhyt välkyntäindeksi
PstL2	L2 lyhyt välkyntäindeksi
PstL3	L3 lyhyt välkyntäindeksi
DL1[%]	L1 jännitesärö
DL2[%]	L2 jännitesärö
DL3[%]	L3 jännitesärö
UdcL1[%]	L1 tasajännite
UdcL2[%]	L2 tasajännite
UdcL3[%]	L3 tasajännite

Taulukko 3: Sähkömittarin mittausjakso-tietotyypin sähkön laadun mittaukseen tarkoitetut arvot ja selitteet.

Arvo	Selite
PFL1	L1 tehokerroin
PFL2	L2 tehokerroin
PFL3	L3 tehokerroin
QfL1[%]	L1 perusaallon loisteho
QfL2[%]	L2 perusaallon loisteho
QfL3[%]	L3 perusaallon loisteho
Dmax[%]	Jännitesärön maksimi
U2/U1[%]	Jännitte-epäsymmetria
U2/U1max[%]	Jännitte-epäsymmetrian maksimi
PFmin	Tehokerroin minimi
U0/U1[%]	Nollakomponentti
U0/U1max[%]	Nollakomponentin maksimi
U3L1[%]	L1 jännitteen 3. harmoninen yliaalto
U3L2[%]	L2 jännitteen 3. harmoninen yliaalto
U3L3[%]	L3 jännitteen 3. harmoninen yliaalto
U5L1[%]	L1 jännitteen 5. harmoninen yliaalto
U5L2[%]	L2 jännitteen 5. harmoninen yliaalto
U5L3[%]	L3 jännitteen 5. harmoninen yliaalto
U7L1[%]	L1 jännitteen 7. harmoninen yliaalto
U7L2[%]	L2 jännitteen 7. harmoninen yliaalto
U7L3[%]	L3 jännitteen 7. harmoninen yliaalto
rejection	Vikatavu

2.3 Yhteydet

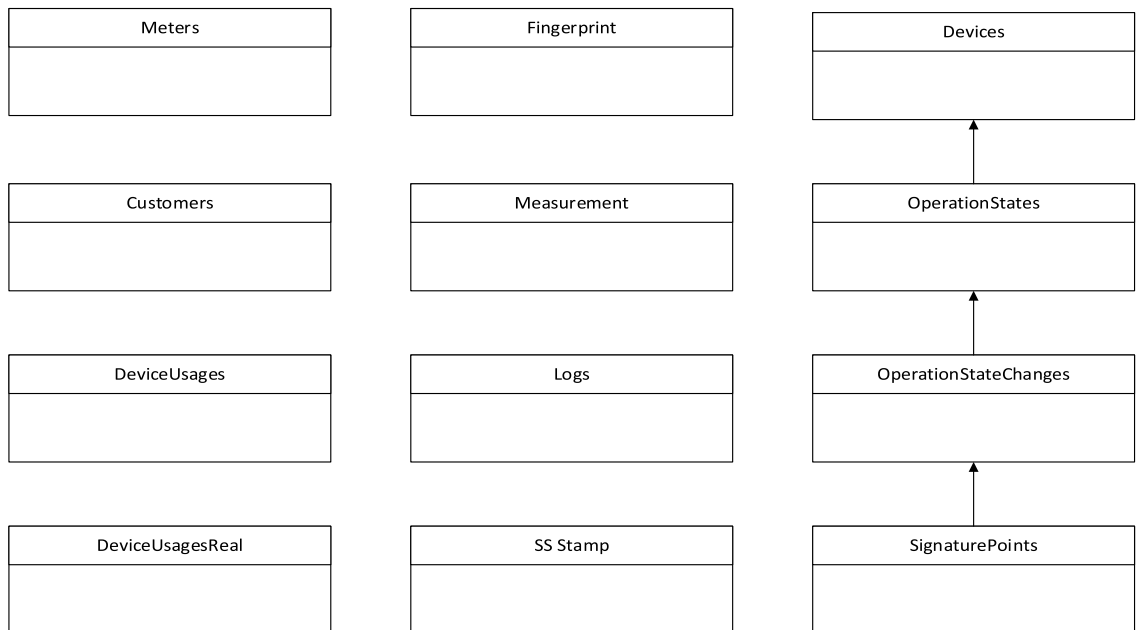
Mittarit muodostavat yhteyden palvelimelle joko ethernet-verkon tai 3g-modeemin avulla. Kuva 6 on havainnointi mittarin ja palvelimen välisestä kommunikaatiosta. Mittarit avaavat yhteyden palvelimelle päin. Näin on voitu toteuttaa se, että palvelimen ei välttämättä tarvitse tietää kuinka usein kutakin mittaria pitää lukea, vaan nämä on määritelty mittarin ohjelmassa. Tästä on myös se etu, että jos ethernet liittymällä varustettu mittari sijaitsee palomuurin takana, niin palomuriin ei tarvitse tehdä poikkeuksia mittarin kohdalla. Riittää että oman palvelimen päädyssä on tehty riittävä aukko palomuriin. Kun mittari on saanut avattua yhteyden palvelimelle, mittari jää odottamaan palvelimelta komentoja. Palvelin tarkistaa ensin onko avatun yhteyden päässä joku tiedossa olevista mittareista ja jos ei ole, niin palvelin sulkee yhteyden. Sen jälkeen kun mittari on tunnistettu, palvelin tarkistaa milloin viimeinen data on syötetty tietokantaan ja yrittää tämän jälkeen hakea mittarilta viimeisestä tapahtumasta eteenpäin dataa. Tiedon siirron jälkeen palvelin tarkistaa tietojen oikeellisuuden sekä järkevyyden. Kun tiedot on todettu järkeviksi, palvelin tallentaa tiedot tietokantaan.



Kuva 6, Tietojen lukeminen mittarista

2.4 Tietokanta

Tietokantoihin tallennetaan kaikki raakadata sekä raakadatasta analysoinnin kautta saatu tietodata. Meters taulu sisältää mittarin yksilöivät tiedot ja customer taulu sisältää asiakkaiden yhteystiedot. Mittarilta tuleva data menee fingerprints, measurement, logs ja ss-stamp tauluun, profiloijat käyttävät devices, operationstates, operationstatechanges sekä signaturepoints taulua, analysointiohjelmisto kirjoittaa deviceusages ja deviceusagesreal tauluihin. Kuva 7 on tietokantataulukoiden esittely. Tietokantojen taulujen tarkemmat kuvaukset löytyvät kappaleesta 3.1



Kuva 7, Se osa tietokannasta jota on oleellinen tässä työssä.

2.5 Analysointiohjelmisto

Analysointiohjelmisto etsii fingerprint-raakadatasta eri tunnistusreittejä, siten että se vertaa sormenjälkiä laitteiden tunnistusalueisiin ja etsii reittiä off-tilasta on-tilan kautta takaisin off-tilaan. Kun se löytää sellaisen reitin se kirjoittaa deviceusages tauluun käynnistysajan, sammutusajan sekä laskee laitteen kuluttaman sähkön tehonmuutoksien perusteella. Jos analysointi ohjelmisto löytää useamman tunnistetun reitin laitteelle määritellyn ajan sisällä se katsoo, että ne liittyvät samaan suurempaan käyttökertaa ja niputtaa ne yhteen deviceusagesreal-tauluun. Tämä on mahdollista esimerkiksi silloin, kun termostaatti ohjaa laitetta sen päällä ollessa.

2.5.1 Laitteiden määrittely

Koska eri sähkölaitteita on lähes ääretön määrä, täytyy käyttöpaikan laitteet määrittellä jokaisessa käyttöpaikassa erikseen. Hart jakoi tämän osion kahteen eri vaihtoehtoon, automaattiseen määrittelyyn ja manuaaliseen määrittelyyn. Laitteita voidaan määrittellä kahdella eri tavalla. Manuaalisessa vaihtoehdossa laitteet kytketään päälle ja sammutetaan. Tämän jälkeen katsotaan raakadatasta minkä suuruisen muutoksen se aiheutti ja etsitään sitä vastaava klusteri ja merkitään kyseinen klusteri laitteelle. Automaattisessa määrittelyssä etsitään mahdollisia on-off pareja ja tehdään niistä laitteita [1]. Tämän jälkeen voidaan analysointiohjelmiston tuottamista käyttöajankohdista, mikä laite on kyseessä.

2.5.2 Tunnistus

Laitteen tunnistus aloitetaan opettamalla järjestelmälle laitteet. Kun laitteet on tallennettu järjestelmään, niin järjestelmä osaa jatkossa tunnistaa laitteet automaattisesti. Järjestelmä tallentaa laitteen käytön alku ja loppuajat, sekä niiden tehomuutokset. Tämän jälkeen ohjelmisto laskee laitteen kuluttaman energian käytön pituuden sekä laitteen ottaman tehon perusteella. Näistä voidaan muodostaa laitteille profiili niiden käytöstä ja sähkön kulutuksesta.

2.6 Käyttäjryhmät

Käyttäjät voidaan jakaa kolmeen ryhmään. Ryhmät ovat jo osittain kuvattu kuvassa 2. Eri ryhmiä ovat käyttäjät, ylläpitäjät ja loppukäyttäjät.

2.6.1 Käyttäjät

Käyttäjiä voivat olla laitteita käyttävät ihmiset tai laitteita käyttävä taloautomaatio. Käyttäjän ei tarvitse olla tietoinen että sähkölaitteiden käyttöä tarkastellaan, mutta yksityisyyden puolesta se olisi suotavaa [3].

Ylläpitäjät tarkastelevat laitteiden luomia sormenjälkiä ja luovat näiden perusteella laitteiden tunnistuspintoja, jonka jälkeen laitteet näkyvät loppukäyttäjille. Profiloijat voivat nimetä laitteet etukäteen, jos ovat käyneet paikanpäälle tekemässä tunnistus käynnistyksiä tai profiloijat voivat jättää nimeämisen loppukäyttäjälle, jolloin loppukäyttäjä nimeää laitteen itse.

Loppukäyttäjät saavat nähdäkseen erilaisia tilastotietoja käyttämistään laitteista. Näihin tilastoihin kuuluvat mm. koska ja kuinka pitkään laitetta on käytetty, sekä laitteiden kuluttama energia. Tämän lisäksi loppukäyttäjät voivat nähdä kokonaiskulutuksen sekä milloin sähköä on kulutettu.

Tässä tapauksessa loppukäyttäjät ovat samoja ihmisiä kuin käyttäjätkin. Valistuneet kuluttajat voivat seurata omaa sähkönkulutustaan laitteiden päällä olo ajan sekä niiden kokonaiskulutuksen perusteella. Kun saadaan kuvaus siitä mihin sähköä kuluu, käyttäjät voivat vähentää omaa sähkönkulutustaan.

Lauri Vehviläinen tutki omassa diplomityössään mittarin soveltuvuutta vanhusten hoitoon ja totesi että siitä on apua sellaisten vanhusten hoidossa, jotka eivät tarvitse apua päivittäisissä askareissa. Vaan voidaan seurata toimeliaisuutta etänä ja käytä tarvittaessa tarkastamassa tilanne[4].

2.7 Käyttöliittymät

Käyttöliittymät voidaan jakaa kahteen ryhmään. Ylläpitäjien käyttöliittymiin millä hallinnoidaan laitteisiin liittyviä asioita sekä loppukäyttäjien käyttöliittymiin jolla voidaan tarkastella analysointiohjelmiston lopputuloksia.

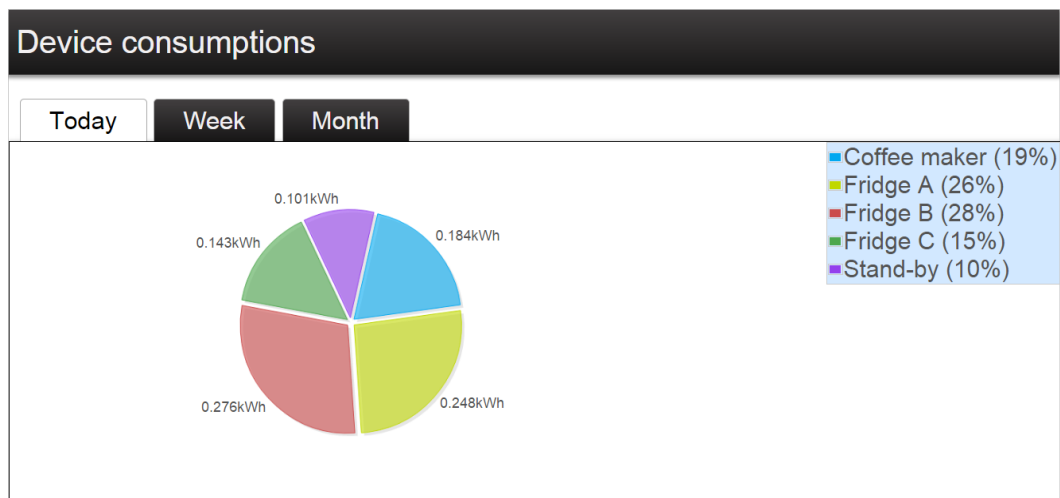
2.7.1 Hallinta ja konfigurointi

Analysointiohjelmisto hakee tietokannasta raakadatan lisäksi laitteiden arvot joiden perusteella se analysoi raakadataa ja näitä tietokannassa olevia arvoja hallitaan tällä hetkellä suorilla tietokantakomennoilla.

2.7.2 Tulosten tarkastelu

Lopputuloksia, käyttökeroja ja kokonaiskulutuksia, varten on luotu web-pohjainen ohjelmisto joka on suunniteltu käytettäväksi myös tablet-laitteilla.

WWW-sovelluksella voidaan katsella valmiita tuloksia. Siellä näkyvät hetkellinen kulutus 10min keskiarvona, kumulatiivinen kulutus tämän päivän, tämän viikon sekä tämän kuukauden osalta. Laitteiden kulutuskaavio, josta nähdään mitkä laitteet vievät eniten sähköä. Laitteiden tapahtumat, eli milloin laitetta on käytetty ja kuinka pitkään. ja sen lisäksi viikoittainen, kuukausittainen ja vuosittainen kulutus graafina



Kuva 8, Esimerkkikuva WWW-sovelluksesta

2.8 Kehitysympäristö ja aikaisemmat kehitystyökalut

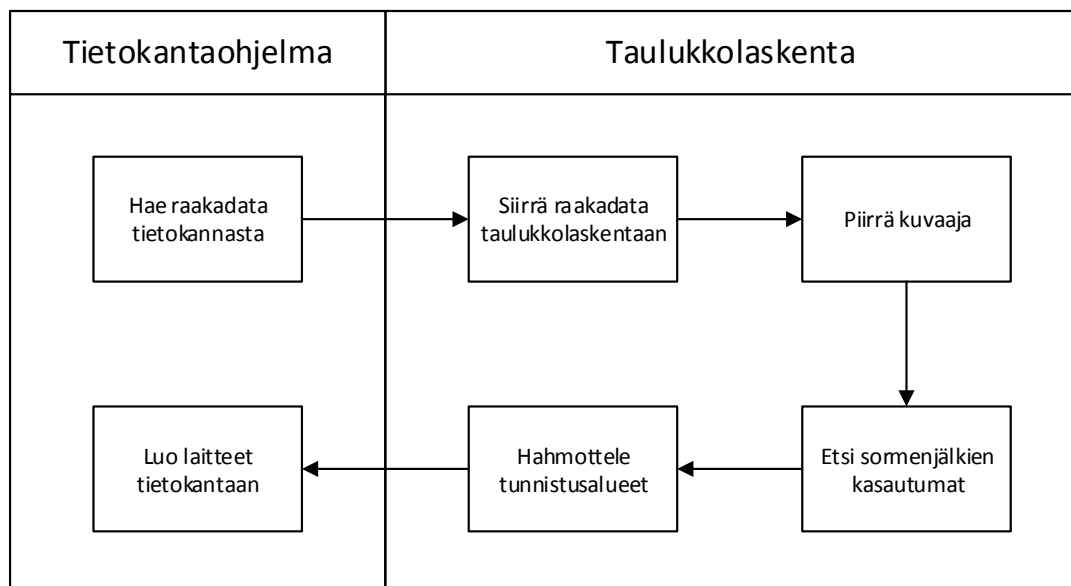
Kehitysympäristön laitteistona toimi HP Elitebook 6930p + HP Pavilion 23xi lisänäytöllä. Ja ohjelmistona toimi Microsoft Visual Studio Professional 2013. Koska kohde tietokoneessa on käytössä windows pohjainen käyttöjärjestelmä, valitsin toteutustavaksi windows pohjaisen ohjelman joka ohjelmoitiin C# ja .NET kielillä.

2.8.1 Analysointiohjelmisto

Aikaisemmin ei ole käytetty mitään ennalta määrättyä tekniikkaa, vaan jokainen osio on tehty sopivinta ohjelmistoa apua käyttäen. Analysointiohjelmisto on luotu käyttäen QT-ohjelmistoa. Web-sovellus on tehty toimimaan Apachen ja Djangon avulla. Luentapalvelin on toteutettu C++ sekä python-kielillä.

3 SÄHKÖNKULUTUKSEN PROFILOINTI

Järjestelmä nykytilassa toimii hyvin, mutta sen käytettävyys on huono, koska kaikki muutokset laitteiden analysointia varten pitää tehdä suoraan tietokantaan tietokantakomennoilla. Tämä on hidasta, koska tietokantakomennot voivat olla pitkiä ja vaikeasti muistettavia. Myös tietokannassa jo olevien tietojen tarkastelu on haastavaa koska ne ovat pääasiassa numeroita ja niitä on paljon. Tämän takia käytettävyttä lähdettiin parantamaan. Myös muut ohjelmat käyttävät samoja tietokantatauluja ei tietokannan muokkaaminen tullut kysymykseen.



Kuva 9, Raakadatan analysointi

Tietokannassa on myös taulujen keskeisiä riippuvuuksia. Esimerkiksi, jos halutaan luoda laitteelle tila, niin laitteen täytyy olla olemassa, jolle tila luodaan. Ja jos poistetaan laitetta, niin täytyy poistaa myös kaikki laitteen tilat. Samanlainen riippuvuus on tiloilla ja tilasiirtymillä sekä tilasiirtymillä ja tunnistuspisteillä.

3.1 Tietokannan taulut

Järjestelmä koostuu nykytilassa tietokannassa olevista tiedoista sekä tietoja käsittelevistä ohjelmista. Tietokannassa on omat taulunsa laitteille, tiloille tilasiirtymille sekä tunnistuspisteille.

3.1.1 Laitteet taulu

Laitteet tauluun on tallennettu eri laitteet. Taulussa on laitteen yksilöivä id numero, laitteen nimi ja vapaaehtoinen kuvaus tarkennusta varten. Tämän lisäksi taulusta löytyy valitsimet sille valvotaanko laitteen käyttöä, näkyvätkö laitteen tapahtumat loppukäyttäjälle ja määritetty aika jonka jälkeen katsotaan uusi käyttökerta alkaneeksi. Kuva 10 on esimerkki laitteet taulusta.

idDevice	name	description	monitored	visible	usageLimitMinutes	averagePower...
1	TV	Keskikerros	1	1	30	0
3	Oven		1	1	30	0
4	Vacuum cleaner		1	1	30	0
6	Hairdryer		1	1	30	0
7	Freezer		1	0	10	0
8	Fridge		1	0	10	0
9	Laundry machine		1	1	30	0

Kuva 10, Erään asiakkaan tietokantaan tallennetut laitteet

3.1.2 Tilat ja tilasiirtymät

Tila taulussa on merkittynä laitteen tila sekä kenen asiakkaan mihin laitteeseen tila kuuluu. Tämän lisäksi on tunniste, joka ilmaisee että onko tila niin sanottu nollatila. Nollatila ilmaisee että tässä tilassa laite on pois päältä. Analysointi ohjelma etsii eritilasiirtymävaihtoehtoista reittiä nolla tilasta on-tilan kautta takaisin nolla tilaa. Kun se sellaisen löytää, niin se luo laitteelle tapahtuman. Kuva 11 on esimerkki tilat-taulusta.

idOperation...	idDevice	idCustomer	description	offState
0	6	15	Pois Päältä	1
300	6	15	300w	0
1600	6	15	Päällä	0

Kuva 11, Erään laitteen eri tila-vaihtoehdot

Tilasiirtymät taulussa on tallennettuna mistä tilasta voidaan siirtyä mihinkin tilaan. Ja tämä tieto on liitetty aina yhden asiakkaan yhteen laitteeseen. Taulu on riippuvainen tila-taulusta, siten että sekä idFromState ja idToState vastaava tila ID täytyy olla tila taulussa. Kuva 12 on esimerkki tilasiirtymätaulun sisällöstä yhden laitteen kohdalla.

idDevice	idCustomer	idFromState	idToState
6	15	0	1600
6	15	300	0
6	15	1600	0
6	15	1600	300

Kuva 12, Kuva 11:n tilojen mahdolliset tilasiirtymät

3.1.3 Signaturepoints taulu

Signaturepoints taluun on tallennettu tilasiirtymien tunnistusalueiden kulmapisteet. Kulmapisteiden sisään jäävä alue toimii tunnistusalueena, eli kulmapisteitä voi olla 3-n kpl. Käytännössä suurin osa tilasiirtymistä määritellään suorakaiteen muotoisiksi sillä

saadaan riittävä tarkkuus, ja niiden luominen on helpompaa kuin esimerkiksi pyöreiden tai monikulmioiden. Kuva 13 on yhden laitteen tilasiirtymien kulmapisteiden arvot.

pointNro	idDevice	idFromState	idToState	q
1	6	0	1600	1550
2	6	0	1600	1550
3	6	0	1600	1700
4	6	0	1600	1700
1	6	300	0	-350
2	6	300	0	-350
3	6	300	0	-270
4	6	300	0	-270
1	6	1600	0	-1700
2	6	1600	0	-1700
3	6	1600	0	-1530
4	6	1600	0	-1530
1	6	1600	300	-1350
2	6	1600	300	-1350
3	6	1600	300	-1280
4	6	1600	300	-1280

Kuva 13, Kuvassa 11 olevien tilasiirtymien tunnustusalueiden kulmapisteet

3.1.4 Fingerprint taulu

Fingerprint taulussa on mittareilta tulleet tehojen muutokset. Tätä taulua analysointi ohjelma käyttää laitteiden käyttökertojen tunnistukseen. Kuvassa 14 on 8 tunnin tapahtumat yhdessä mitattavassa kohteessa.

Meter_ID	Timestamp	dTs	PL1W	QL1var	dPL1W	dQL1var	UL1V	PL2W	QL2var	dPL2W	dQL2var	UL2V	PL3W	QL3var	dPL3W	dQL3var	UL3V
1	2012-12-07 07:53:24	3.3	90	-40	0	0	234.1	218	221	146	113	231.8	40	50	0	0	233
1	2012-12-07 08:24:30	3.3	81	-40	0	0	234.3	111	108	111	108	231.9	79	50	0	0	233.5
1	2012-12-07 09:01:50	3.3	127	-49	0	0	234.5	155	110	155	110	232.7	52	-27	0	0	234.4
1	2012-12-07 09:06:03	3.3	131	-54	0	0	234.2	187	217	108	110	233.1	53	-27	0	0	234
1	2012-12-07 09:45:25	1.5	116	-52	0	0	234.4	1304	-4	1304	-4	232.1	50	-28	0	0	234
1	2012-12-07 09:48:37	1.8	123	-54	0	0	234.7	53	-4	-963	0	232.7	50	-28	0	0	234.1
1	2012-12-07 09:51:11	3.3	110	-48	0	0	234.3	146	108	98	112	232.9	51	-28	0	0	233.5
1	2012-12-07 09:55:26	1.5	121	-49	0	0	234.6	1087	110	966	2	232.2	52	-28	0	0	234.3
1	2012-12-07 09:55:37	1.8	117	-50	0	0	234.2	120	106	-967	7	232.3	51	-28	0	0	234.7
1	2012-12-07 10:02:55	1.5	126	-52	0	0	234.2	1096	104	979	-3	232.9	51	-28	0	0	234
1	2012-12-07 10:03:05	1.8	117	-50	0	0	234.7	119	108	-966	0	232.4	51	-28	0	0	234.1
1	2012-12-07 10:08:16	3.3	113	-46	0	0	234.1	197	110	150	114	232.3	49	-27	0	0	234.9
1	2012-12-07 10:10:42	1.5	117	-50	0	0	233.9	1108	106	983	0	232.3	49	-28	0	0	234.2
1	2012-12-07 10:10:53	1.8	117	-49	0	0	233.7	125	104	-966	8	233	51	-28	0	0	234.5
1	2012-12-07 10:18:38	1.5	106	-45	0	0	235.2	1104	110	981	4	232.8	50	-28	0	0	234
1	2012-12-07 10:18:48	1.5	119	-46	0	0	235	123	107	-966	-5	232.6	50	-27	0	0	234.4
1	2012-12-07 10:26:40	1.5	106	-45	0	0	234.5	1029	-12	982	-8	232.5	50	-28	0	0	234.7
1	2012-12-07 10:26:50	1.8	97	-44	0	0	234.1	47	-3	-966	0	233.2	50	-27	0	0	234
1	2012-12-07 10:39:37	3.3	97	-45	0	0	234.3	109	107	109	107	232.8	50	-27	0	0	234
1	2012-12-07 11:15:17	3.3	90	-43	0	0	234.5	151	111	151	111	232.5	49	-28	0	0	234
1	2012-12-07 11:27:02	3.3	12	-39	0	0	234.3	177	218	101	111	233	11	-27	0	0	233.3
1	2012-12-07 12:12:17	3.3	29	-40	0	0	234.2	106	108	106	108	232.3	10	-28	0	0	232.1
1	2012-12-07 12:23:02	3.3	22	-40	0	0	234.2	225	222	152	113	231.7	11	-27	0	0	232.7
1	2012-12-07 13:03:30	3.3	24	-39	0	0	234.2	111	108	111	108	232.4	10	-27	0	0	232.8
1	2012-12-07 13:27:58	3.3	27	-39	0	0	234	145	111	145	111	232.6	12	-27	0	0	233.1
1	2012-12-07 13:51:22	3.3	25	-39	0	0	233.7	99	109	99	109	232.7	38	49	0	0	233.9
1	2012-12-07 14:31:33	3.3	14	-39	0	0	233.6	157	111	157	111	231.9	10	-27	0	0	233
1	2012-12-07 14:31:39	3.3	14	-40	0	0	233.6	217	222	98	110	232	10	-27	0	0	233.3
1	2012-12-07 15:16:13	1.8	41	-16	0	0	234.3	204	611	161	585	231.7	11	-27	0	0	233.1
1	2012-12-07 15:16:15	2.1	44	-15	0	0	233.9	1507	308	1308	-298	232	10	-27	0	0	232.9
1	2012-12-07 15:17:12	1.8	42	-16	0	0	233.9	43	24	-1441	-225	232.1	51	-27	0	0	233
1	2012-12-07 15:24:08	3.3	117	-15	0	0	234	95	108	95	108	231.9	12	-27	0	0	233

Kuva 14, Raakataa suoraan tietokannasta haettuna

3.1.5 Device usages ja device usages real

Device usages tauluun analysointi ohjelma tallentaa laitteen tunnistuskerrat, eli kun se on löytänyt reitin nolla tilasta nollatilaan niin se luo uuden rivin device usages tauluun. Kuvassa 15 on esimerkki device usages taulusta, johon analysointiohjelmisto on kirjoittanut eri laitteiden tunnistuksia.

idUsage	idDevice	idCustomer	startTime	endTime	consumptionWh
17936	8	1	2013-05-01 00:53:21	2013-05-01 01:09:53	20.30209426927...
17937	9	1	2013-05-01 01:01:34	2013-05-01 01:18:40	29.33857872022...
17938	8	1	2013-05-01 01:37:31	2013-05-01 01:52:28	18.14675529710...
17939	9	1	2013-05-01 02:03:02	2013-05-01 02:19:29	28.0964355
17940	10	1	2013-05-01 01:40:52	2013-05-01 01:50:55	345.7757503817...
17941	8	1	2013-05-01 02:25:43	2013-05-01 02:41:44	19.55363004300...
17942	8	1	2013-05-01 03:12:53	2013-05-01 03:29:01	19.68325679899...
17943	9	1	2013-05-01 03:11:09	2013-05-01 03:27:51	28.39642618525...
17944	8	1	2013-05-01 04:00:14	2013-05-01 04:16:19	19.67931003767...
17945	9	1	2013-05-01 04:20:12	2013-05-01 04:36:43	28.36322637135...

Kuva 15, Esimerkki deviceusages-tilusta

Device usages real tauluun tallennetaan käyttökerrat. Osa laitteista voi mennä päälle ja pois monesti yhden käyttökerran aikana. Tällainen on esimerkiksi liesi. Pienemmillä tehoilla liesi vain kytkee lämmitystä päälle ja pois jolloin todellinen päällä olo aika jää pienemmäksi. Kuvassa 16 on esimerkki deviceusagesreal taulusta johon saman laitteen eri tunnistukset on niputettu yhdeksi käyttökerraksi.

idUsage	idCustomer	idDevice	startTime	endTime	consumptionWh
127954	1	1	2013-05-01 14:21:54	2013-05-01 15:05:01	1006.69417698
127955	1	1	2013-05-02 17:24:01	2013-05-02 18:08:35	886.291466457
127956	1	1	2013-05-04 11:24:22	2013-05-04 12:07:28	1009.89260539
127957	1	1	2013-05-05 10:48:18	2013-05-05 11:31:42	1025.14932598
127958	1	1	2013-05-12 09:30:11	2013-05-12 09:41:26	354.349446497
127959	1	1	2013-05-12 10:52:30	2013-05-12 10:53:36	34.2107138875
127960	1	1	2013-05-14 15:34:29	2013-05-14 16:16:58	980.327379881
127961	1	1	2013-05-16 20:07:40	2013-05-16 20:50:26	983.137252593
127962	1	1	2013-05-19 09:44:28	2013-05-19 10:26:44	973.958876195

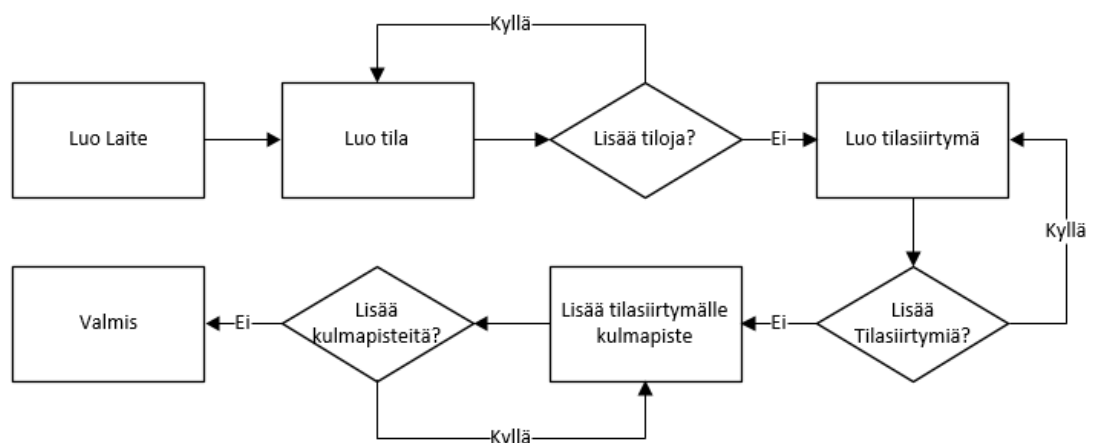
Kuva 16, Esimerkki deviceusagesreal-tilusta

4 TUNNISTUKSEN HALLINTA / ARKKITEHTUURI

Laitteen tunnistus alkaa sähköisistä sormenjäljistä eli fingerprinteistä. Jokainen sähkön tehon muutos rekisteröityy mittarille ja luo uuden sormenjäljen ja kirjaa sen tietylle ajanhetkelle. Kun jokin laite laitetaan päälle, tämä luo ominaistehoa vastaavan suuruisen muutoksen sähköverkonkuormana jonka mittari poimii. Käytännössä nämä sormenjäljet eivät ole täysin samansuuruisia, koska esimerkiksi sähköverkon jännite saattaa hieman vaihdella ja laite voi ympäristömuuttujista johtuen ottaa erimäärän tehoa.

Koska sormenjäljet eivät ole täysin samansuuruisia, tulee luoda eri tunnistusalueita joiden sisälle osuu suurin osa laitteen luomista sormenjäljistä. Ne voi osua hyvinkin pienelle alueelle tai sitten ne voi jakautua hyvin suurelle alueelle. Lauri Vehviläinen on diplomityössään tarkastellut kolmea eri laitetta ja huomannut niiden tunnistus alueiden vaihtelevan 10W-115W välillä.

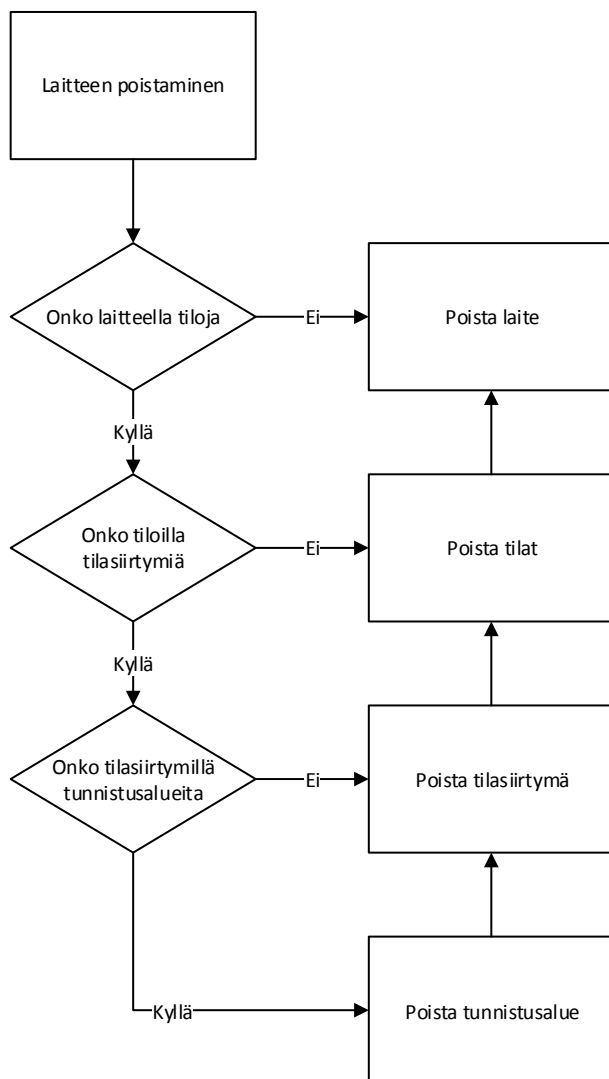
Kun tavoitteena on saada tunnistettua laitteen käyttökerta, tulee laitteen edetä eri tilojen välillä niin että löytyy reitti 0-tilasta 0 tilaan. Useimmissa tapauksissa tämä tarkoittaa että laitetaan laite päälle ja pois, mutta esimerkiksi liedellä yksi levy voi luoda jopa 5 eri tilaa ja tilojen välillä voidaan siirtyä mielivaltaisesti. Laitteiden luominen on pitkä prosessi ja sitä on kuvattu kuvan 17 vuokaaviossa. Samoin, kun jos halutaan poistaa jokin vanha laite, niin sitä poistettaessa täytyy muistaa poistaa myös kaikki sille kuuluvat tilat, tilasiirtymät ja tunnistusalueet. Kuvassa 18 on vuokaavio laitteen poistosta.



Kuva 17, Vuokaavio laitteen lisäämisestä, tietokantaan.

Suurin osa laitteista toimii on-off periaatteella, jolloin laite luo päälle mentäessä tietyn suuruisen muutoksen ja sammuessa vastakkaismerkkisen muutoksen. Jolloin nämä

ovat suhteellisen helppo tunnistaa pareiksi. Nämä tapahtumat ovat samaa suuruusluokkaa, mutta eivät välttämättä tarkalleen samoja, johtuen siitä että käynnistysvirta voi olla tietyn tyyppisillä laitteilla jonkin verran suurempi. Tämä johtuu siitä, että niissä oleva moottori/kompura lähtee liikkeelle paikoiltaan jolloin on enemmän vastusta kuin käytössä ollessaan. Kun tämä laite sammuu, niin moottorista vain katkaistaan virta ja se pysähtyy hiljalleen. Näitä laitteita varten loin automaattisen tarkastuksen joka etsii laitteiden sormenjäljistä ensin tapahtumien ryppäitä ja tämän jälkeen yrittää muodostaa näistä pareja etsimällä vastakkaismerkkisiä tapahtumien ryppäitä.

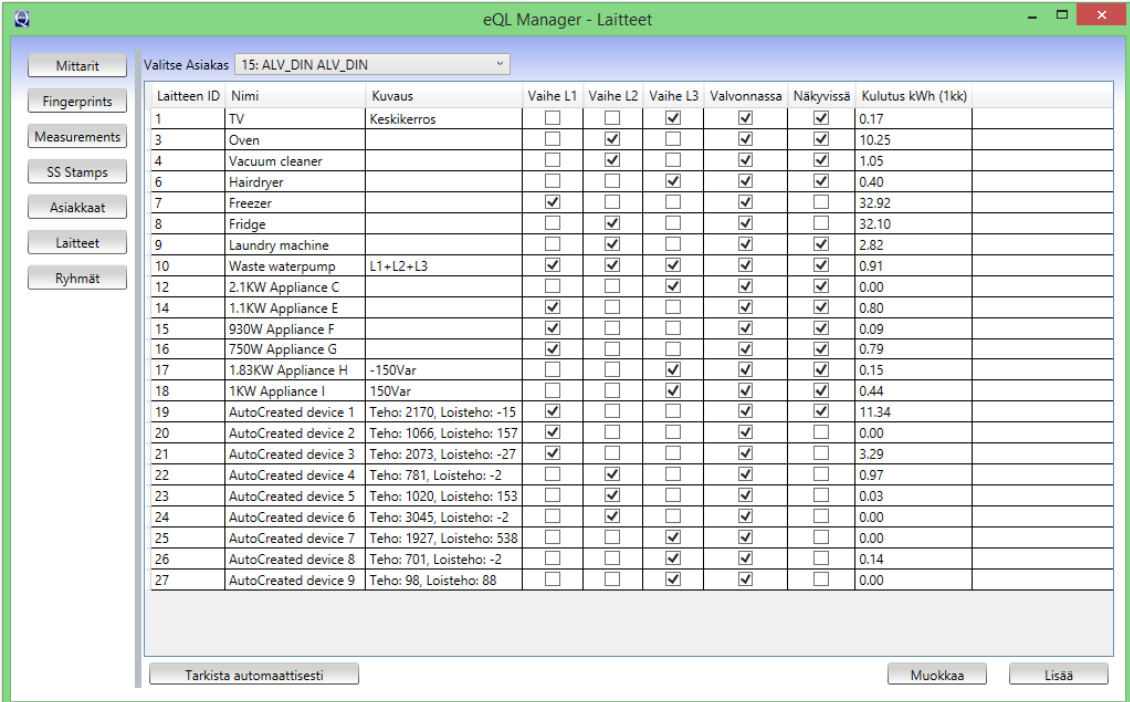


Kuva 18, Vuokaavio laitteen poistaminen

4.1 Laite

4.1.1 Laitteiden yleisnäkymä

Laitteita voidaan tarkastella yleisnäkymässä, jossa näkyvät asiakkaalle määritellyt laitteet ja missä vaiheessa ne ovat kiinni. Yleisnäkymässä on myös viimeisen kuukauden kulutus, josta voi nopeasti tarkastaa mitä luokkaa laitteet kuluttavat sähköä. Kuvassa Kuva 19 näemme esimerkin laitteiden yleisnäkymästä. Tarkemmat laitekohtaiset tiedot saadaan näkyviin yksi kerrallaan joko kaksoisnapsauttamalla halutun laitteen riviä tai valitsemalla se listasta ja painamalla muokkaa.



The screenshot shows the 'eQL Manager - Laitteet' application window. On the left, there is a sidebar with buttons for 'Mittarit', 'Fingerprints', 'Measurements', 'SS Stamps', 'Asiakkaat', 'Laitteet', and 'Ryhvät'. The main area displays a table of devices for 'Valitse Asiakas: 15: ALV_DIN ALV_DIN'. The table has columns for 'Laitteen ID', 'Nimi', 'Kuvaus', 'Vaihe L1', 'Vaihe L2', 'Vaihe L3', 'Valvonnassa', 'Näkyvässä', and 'Kulutus kWh (1kk)'. The data rows are as follows:

Laitteen ID	Nimi	Kuvaus	Vaihe L1	Vaihe L2	Vaihe L3	Valvonnassa	Näkyvässä	Kulutus kWh (1kk)
1	TV	Keskikerros	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.17
3	Oven		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	10.25
4	Vacuum cleaner		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	1.05
6	Hairdryer		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.40
7	Freezer		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32.92
8	Fridge		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	32.10
9	Laundry machine		<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	2.82
10	Waste waterpump	L1+L2+L3	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.91
12	2.1KW Appliance C		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.00
14	1.1KW Appliance E		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.80
15	930W Appliance F		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.09
16	750W Appliance G		<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.79
17	1.83KW Appliance H	-150Var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.15
18	1KW Appliance I	150Var	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	0.44
19	AutoCreated device 1	Teho: 2170, Loisteho: -15	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	11.34
20	AutoCreated device 2	Teho: 1066, Loisteho: 157	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00
21	AutoCreated device 3	Teho: 2073, Loisteho: -27	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	3.29
22	AutoCreated device 4	Teho: 781, Loisteho: -2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.97
23	AutoCreated device 5	Teho: 1020, Loisteho: 153	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.03
24	AutoCreated device 6	Teho: 3045, Loisteho: -2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00
25	AutoCreated device 7	Teho: 1927, Loisteho: 538	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00
26	AutoCreated device 8	Teho: 701, Loisteho: -2	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.14
27	AutoCreated device 9	Teho: 98, Loisteho: 88	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	0.00

At the bottom of the window, there are buttons for 'Tarkista automaattisesti', 'Muokkaa', and 'Lisää'.

Kuva 19, Tietokantaan tallennetut laitteet

4.1.2 Laitteen perustiedot

Laitteiden perustiedoissa on valittavissa millä vaiheilla laitetta esiintyy. Tämän lisäksi voidaan valita onko laite tunnistuksessa mukana sekä näkykö sen käyttökerrat www-näkymässä. Automaattisesti toimivia laitteita ei ole välttämättä mielekästä näyttää www-näkymässä, koska niiltä tulee niin paljon pieniä tapahtumia jotka vain turhaan täyttävät näkymän. Laitteiden perustiedoissa voi myös tarkastella löydettyjä tunnistuksia ja kulutusta halutulta aikaväliltä. Kuva 20 on näkymä erään laitteen perustiedoista.

The screenshot shows a web application window titled "eQL Manager - Laitteet". A sub-window titled "Laitteen 'Oven' Perustiedot" is open, displaying a form for creating a device. The form includes a dropdown menu for "Valitse Asiakas" with the value "15: ALV_DIN ALV_DIN", a text field for "Laitteen kuvaus", and a text field for "Laitteen nimi" containing "Oven". Below these are three tabs: "Perustiedot", "Tilat", and "Tunnistukset". The "Perustiedot" tab is active, showing several fields: "Näkyvissä" with a checked checkbox, "Valvonnassa" with a checked checkbox, "Käyttökerran pituus" with a text input containing "30", and "Keskimääräinen tehon kulutus" with a text input containing "0". There are also three checkboxes for "Vaihe L1", "Vaihe L2" (checked), and "Vaihe L3". At the bottom of the form are buttons for "Poista", "Tallenna", and "Lisää".

Kuva 20, Laitteen perustiedot

4.1.3 Laitteen luominen

Laite voidaan luoda halutessa kokonaisuudessaan, siten että sillä luodaan erikseen tilat ja tila siirtymät. Tällöin täytetään vain nimi ja muut kentät ja valitaan älä luo uusia tiloja automaattisesti ja painetaan tallenna. Kuva 21 vastaava sql komento olisi

```
INSERT INTO Devices (idDevice, idCustomer, name, description, monitored, visible, usageLimitMinutes, averagePowerW) VALUES (0, idCustomer, "nimi", "kuvaus", true, true, 30, 0);
```

Kuva 21, Uuden laitteen luominen

4.1.4 On/Off laitteen luonti

Ohjelmaan on tehty mahdollisuus luoda On/Off tyyppisiä laitteita, jolloin ohjelma luo automaattisesti 0 ja 1 tilat ja tilasiirtymät näiden välille. Tämän jälkeen tarvitsee vain luoda tilasiirtymille tunnustusalueet. Laite luodaan samalla tapaa kuin kappaleessa 4.1, mutta valitaan luo ”On/Off” tilat. Sql-komennoilla täytyisi ensin tarkistaa millä id numerolla laite luotiin ja syöttää laitteen luomislauseen lisäksi seuraavat komennot.

```
INSERT INTO OperationStates (idOperationState, idDevice, idCustomer,
description, offState) VALUES (0, idDevice, idCustomer, "Pois
päältä", 1);
```

```
INSERT INTO OperationStates (idOperationState, idDevice, idCustomer,
description, offState) VALUES (1, idDevice, idCustomer, "Päällä",
0);
```

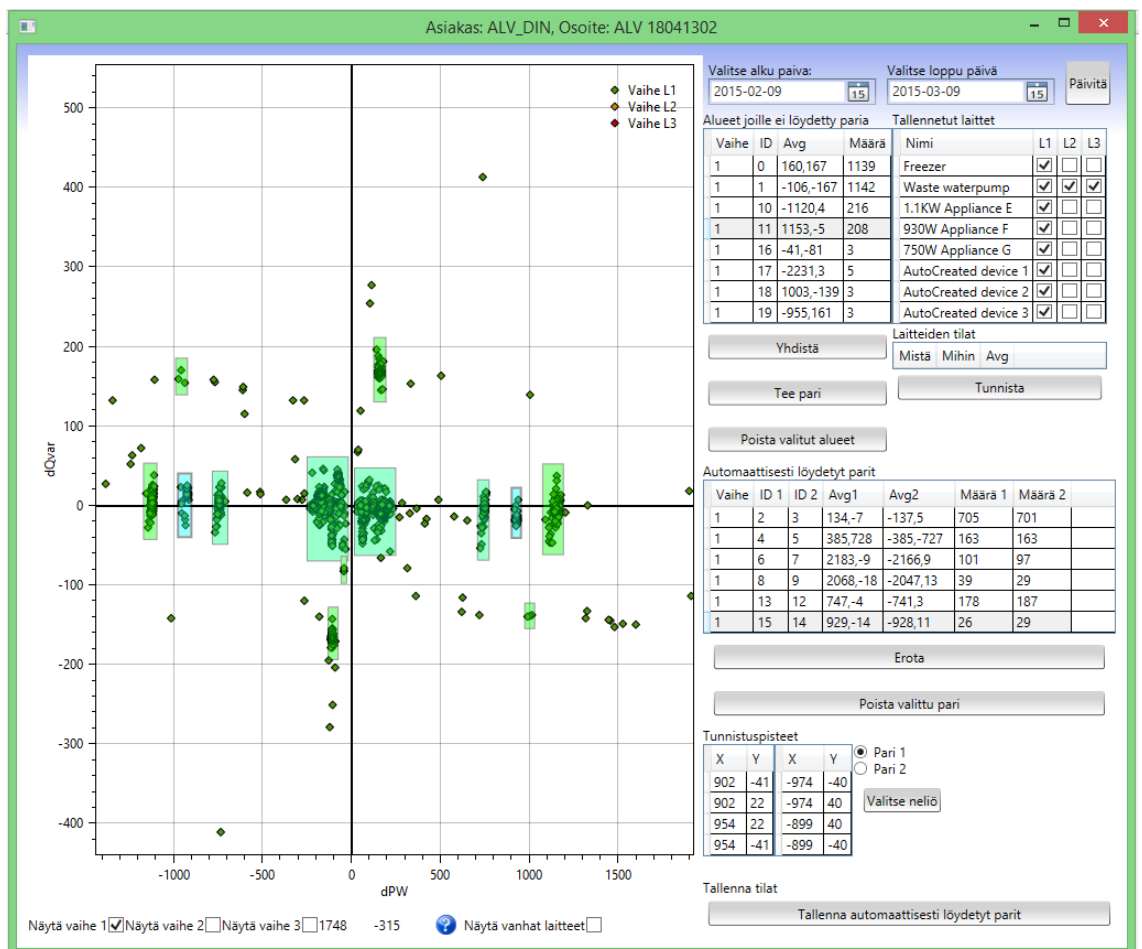
```
INSERT INTO OperationStateChanges (idDevice, idCustomer, idFrom-
State, idToState) VALUES (idDevice, idCustomer, 0, 1);
```

```
INSERT INTO OperationStateChanges (idDevice, idCustomer, idFrom-
State, idToState) VALUES (idDevice, idCustomer, 1, 0);
```

4.1.5 Automaattinen laitteen luonti

Automaattinen tarkastus etsii ensin sormenjäljistä klustereita. Kun kaikki klusterit on löydetty, tämän jälkeen ohjelma etsii suunnilleen samansuuruisia, mutta vastakkais-

merkkisiä alueita ja tekee näistä laite ehdotuksia. Myös klusterit joille ei löydy vastaparia otetaan talteen mahdollisia jatkotoimenpiteitä varten. Lopullinen arviointi laitteiden järjestyksestä jätetään kuitenkin ihmiselle tarkistettavaksi. Laitteiden käyttäytymismallien takia kaikki alueet eivät osu kohdalleen ja tietyt laitetypit aiheuttavat sen että alueista tulee tarpeettoman suuret. Kun alueet on luotu ja laitepariehdotukset on tehty, laitepariehdotuksia voi erottaa toisistaan, yksittäisiä alueita voi yhdistää suuremmaksi alueeksi ja kaksi yksittäistä aluetta voi yhdistää pariaksi. Tämän lisäksi tunnistusalueita voi suurentaa tai pienentää. Kuva 22 on suoritettu automaattinen tarkastus kahden päivän tapahtumilla ja yhden vaiheen osalta.



Kuva 22, Automaattitarkastus kahden päivän tapahtumilla ja yhden vaiheen osalta.

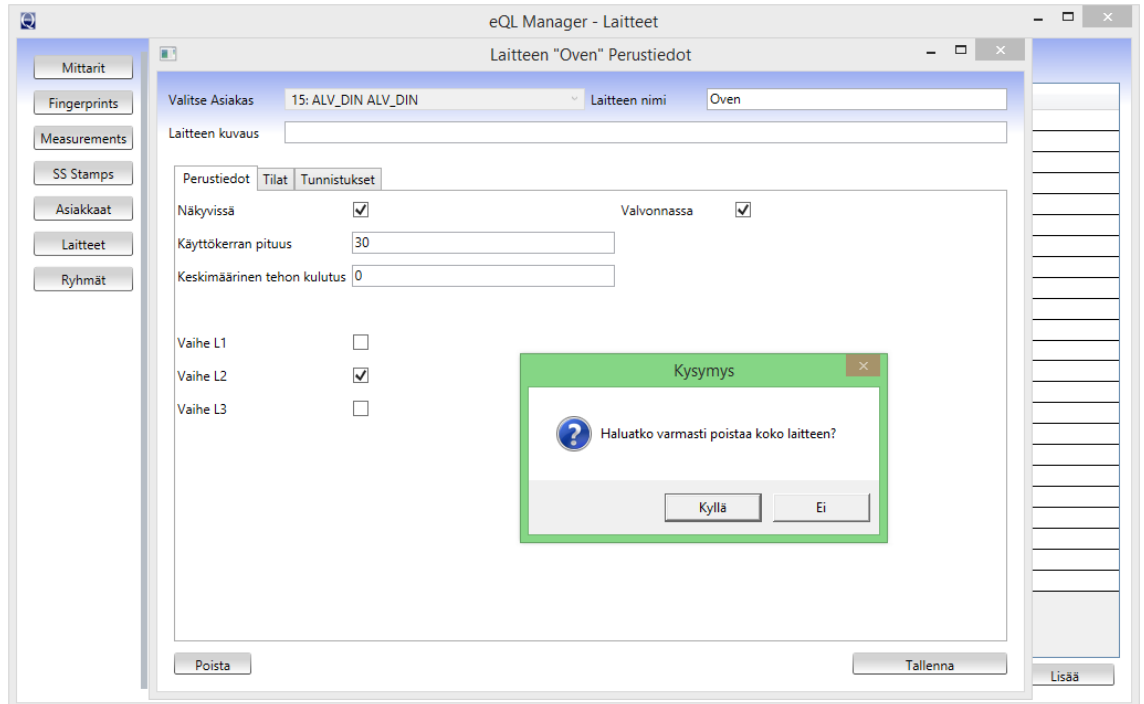
4.1.6 Laitteen muokkaaminen

Laitteen perustietoja voi muokata Kuva 20, perustietojen osalta suoraan perustietonäkymässä, ohjelma tallentaa muutokset kun ikkunan sulkee tallenna painikkeesta.

4.1.7 Laitteen poistaminen

Kun laitetta poistetaan, toimitaan Kuva 18 vuokaavion mukaan. Poistettaessa täytyy siis huomioida laitteen tilat, tilasiirtymät ja tunnistusalueet ja poistaa ne ennalta määrättyssä järjestyksessä ennen kuin laite itsessään voidaan poistaa. Ohjelma ottaa nämä

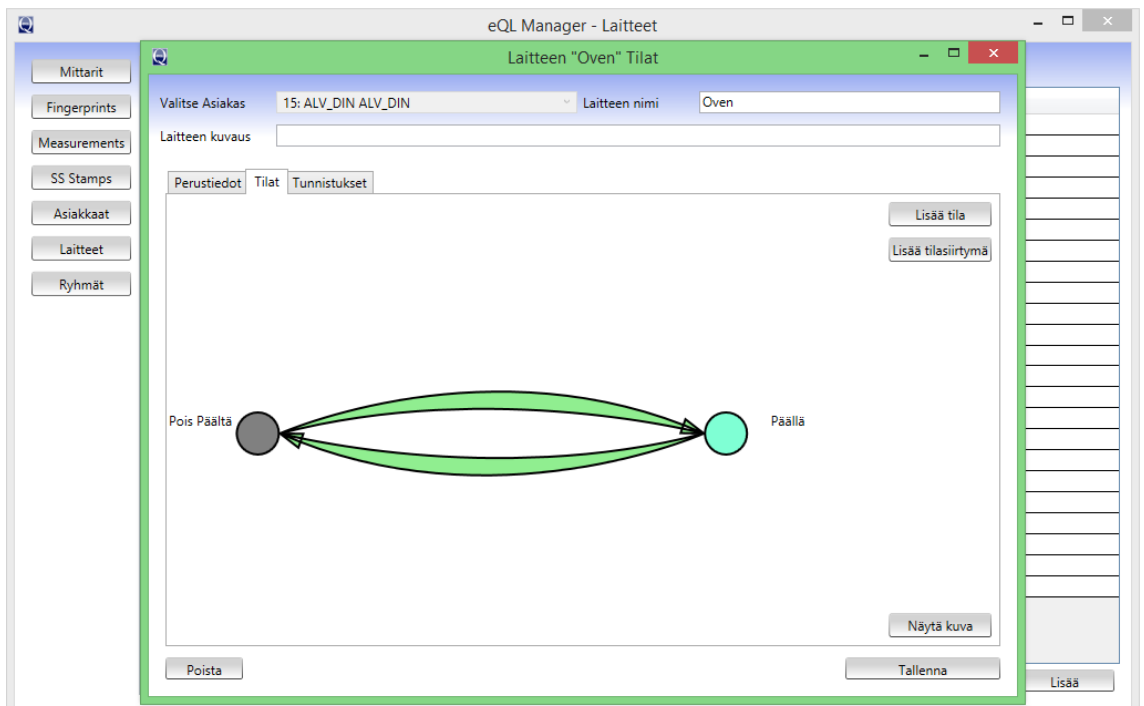
huomioon ja tekee ensin varmistuksen että laite halutaan todella poistaa, Kuva 23, ja tämän jälkeen poistaa ensin kaiken tarvittavan ja lopuksi poistaa itse laitteen.



Kuva 23, Laitteen poistamisen varmistus

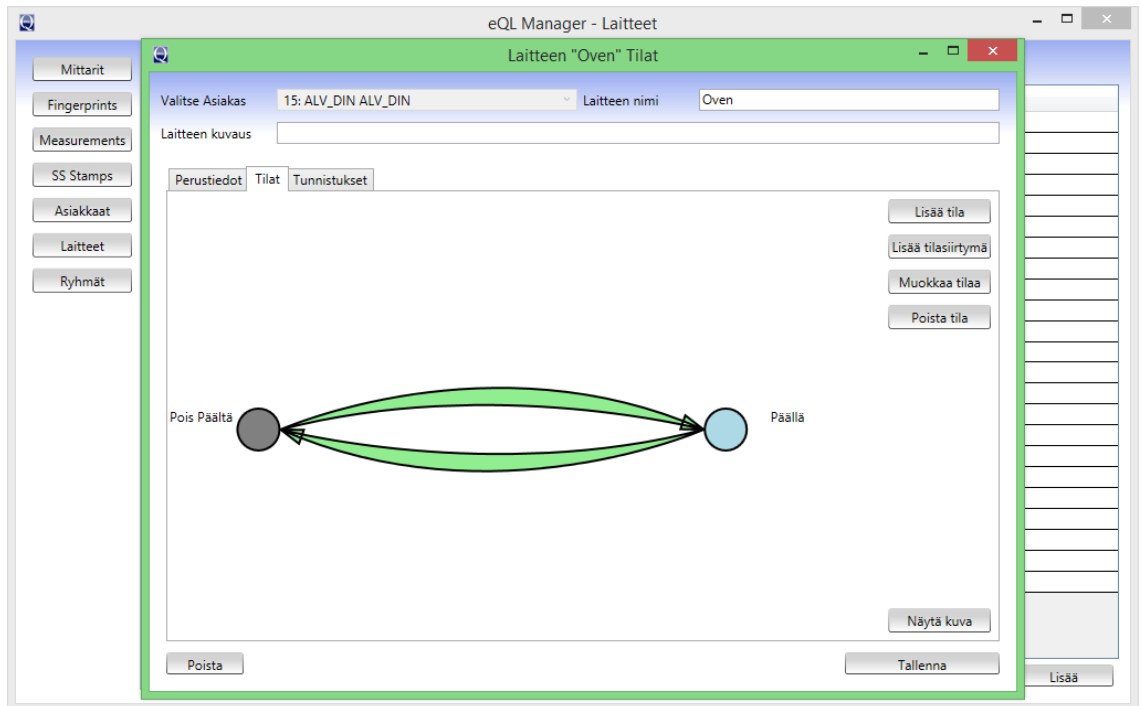
4.2 Tila

Tila esitetään ohjelmassa pallona, pallon väri ilmaisee onko laite on- vai off-tila. On tila kuvataan vihreällä pallolla ja off tila kuvataan harmaalla pallolla. Tämän lisäksi pallon vieressä on tilan kuvaus. Kuva 24 näemme esimerkin tilat välilehdestä.



Kuva 24, Tilat ja tilasiirtymät välilehti ilman valintaa

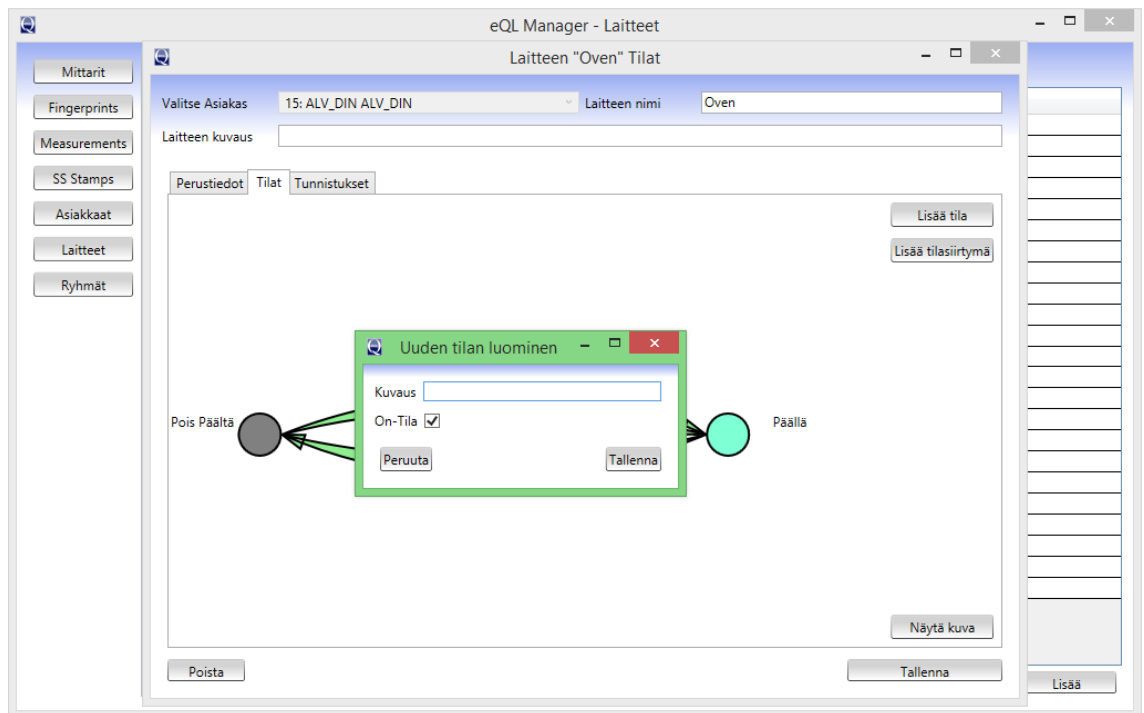
Jos tilaa halutaan muokata tai poistaa tila valitaan painamalla hiirellä sen päällä. Tämän jälkeen laitteen pallon väri muuttuu vaalean siniseksi kuvaamaan että tila on valittuna sekä ohjelmaan ilmestyy kuvaan Muokkaa tilaa ja Poista tila painikkeet. Kuva 25 näemme muutokset, kun tila on valittu.



Kuva 25, Tila valittuna

4.2.1 Tilan luominen

Kun luodaan uusi tila, niin tilalle tarvitsee antaa kuvaus tilasta, sekä tieto siitä onko tila on vai off tila. Kuva 26 on esimerkki uuden tilan luomisesta ja sen alapuolella on vastaa sql-komento



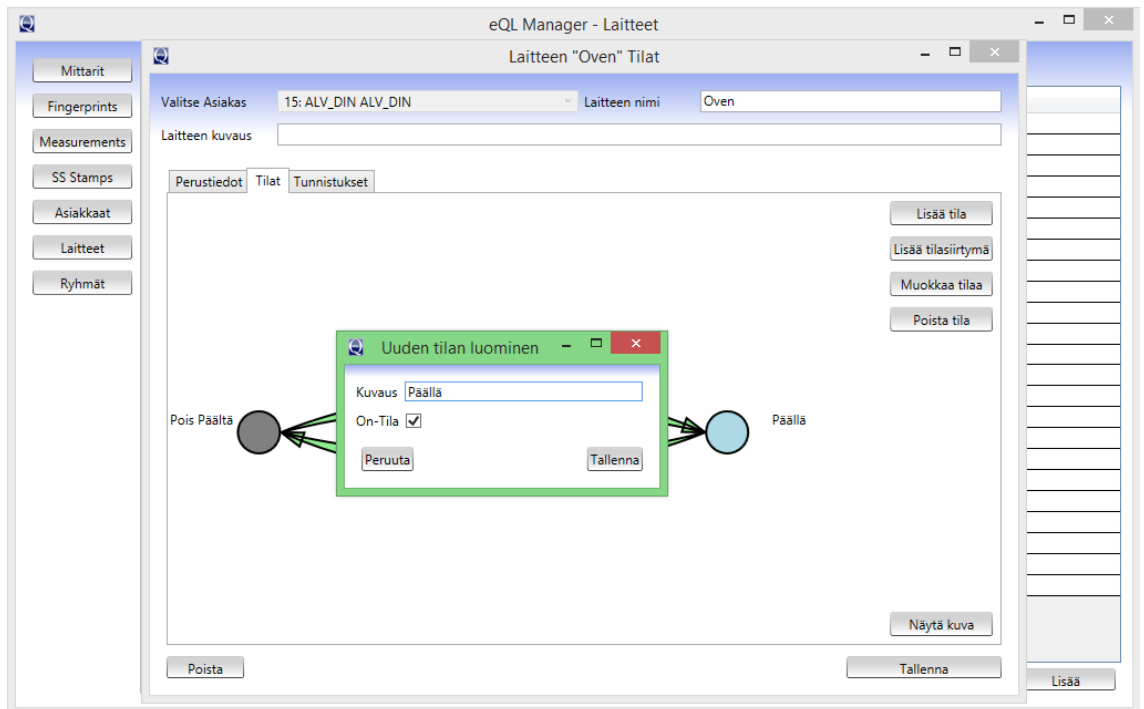
Kuva 26, Uuden tilan luominen

```
INSERT INTO OperationStates (idOperationState, idDevice, idCustomer, description, offstate) VALUES (0, "tähän laitteen id", "Tähän asiakkaan id", "OffTila");
```

4.2.2 Tilan muokkaaminen

Kun tilaa halutaan muokata, valitaan ensin tila jota halutaan muokata ja painetaan sen jälkeen muokkaa tilaa painiketta. Tämän jälkeen ilmestyy samanlainen ikkuna kuin uuden tilan luomisessa jossa on valmiiksi syötetty nykyiset tiedot kuvauksesta ja siitä onko laite on-tila. Tämän jälkeen tietoja voidaan muokata ja tallentaa uudet tiedot tallenna painikkeella. Sql-komentoja käytettäessä täytyisi ensin selvittää tilan yksilöivä id numero ja syöttää komento. Kuvassa 27 on esimerkki tilan muokkaamisen ikkunasta.

```
UPDATE OperationStates SET description = "Kuvaus" , offState = "off-tila" WHERE idCustomer = idCustomer and idDevice = idDevice and idOperationState = idOperationState;
```

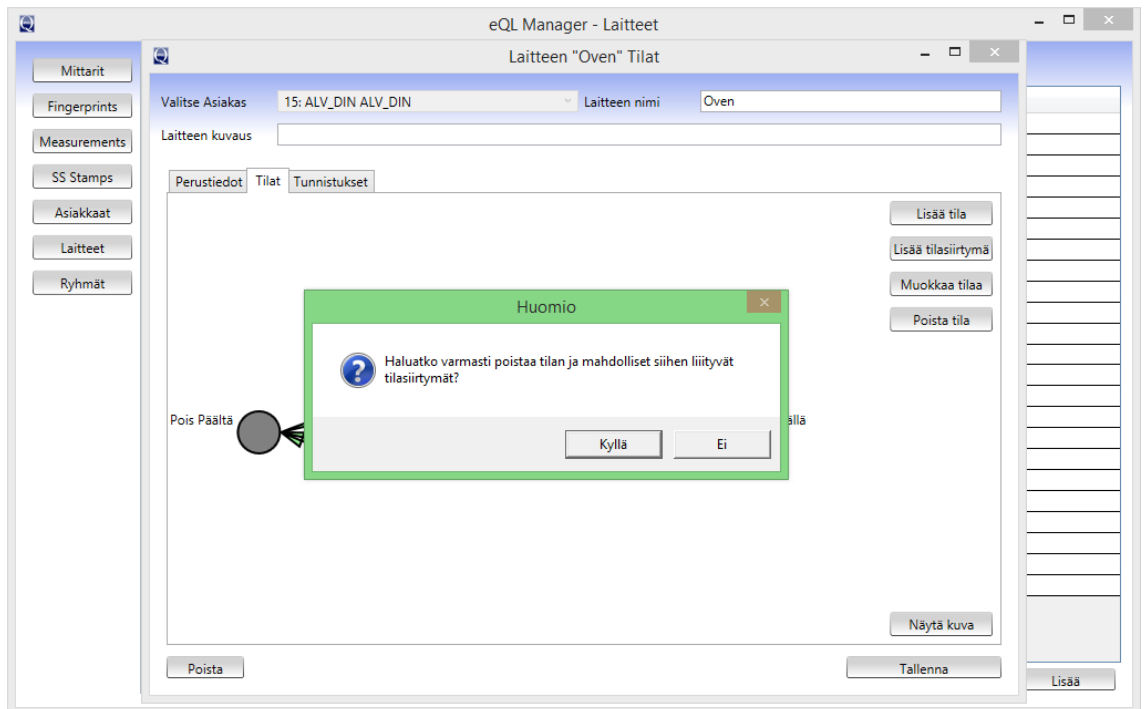


Kuva 27, Tilan muokkaaminen

4.2.3 Tilan poistaminen

Tilan poistamisessa täytyy ottaa huomioon myös tilasta lähtevät ja tilaan tulevat tilasiirtymät ja niiden tunnistusalueet. Ohjelma tekee ensin varmistuskysymyksen poistoon liittyen, Kuva 28, ja tämän jälkeen poistaa ensin tarvittavat tilasiirtymät ja niiden tunnistusalueet ja tämän jälkeen poistaa itse tilan.

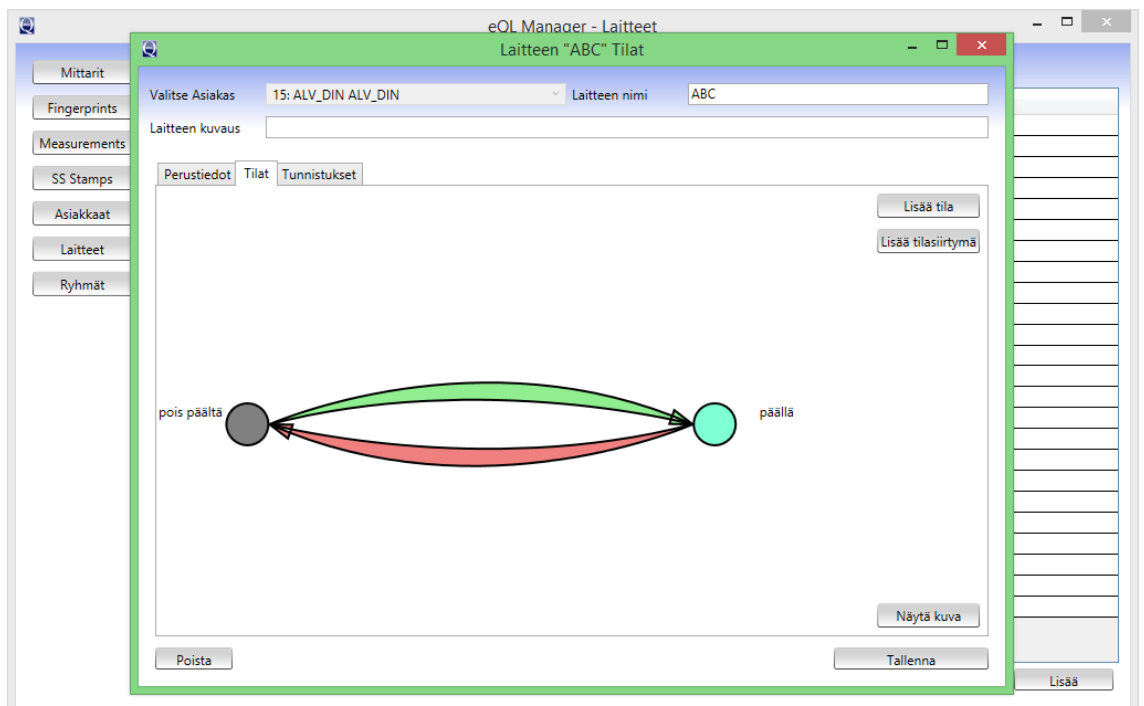
```
DELETE FROM OperationStates Where idOperationState = idOperation-
State
```



Kuva 28, Tilan poistamisen varmistus

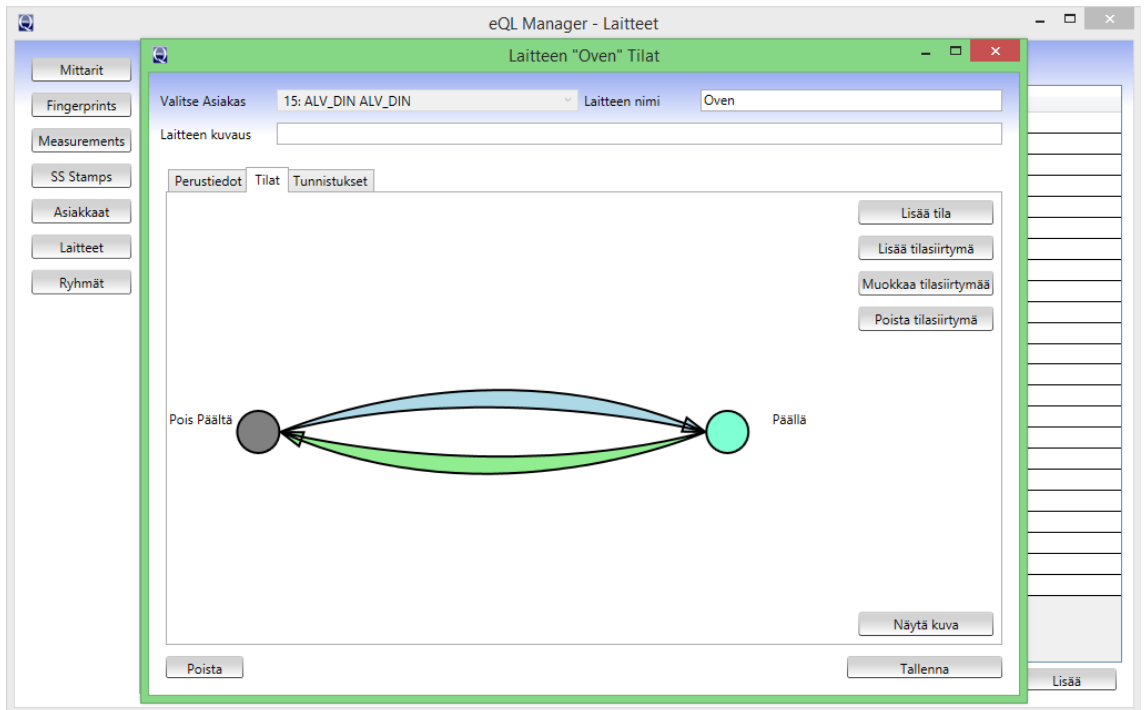
4.3 Tilasiirtymä

Tilasiirtymä kuvataan nuolella kahden tilan välillä. Nuoli on vihreä jos tilasiirtymälle on määritetty tunnustusalue ja punainen jos tilasiirtymälle ei ole määrätty tunnustus- aluetta, Kuva 29.



Kuva 29, Tilasiirtymät

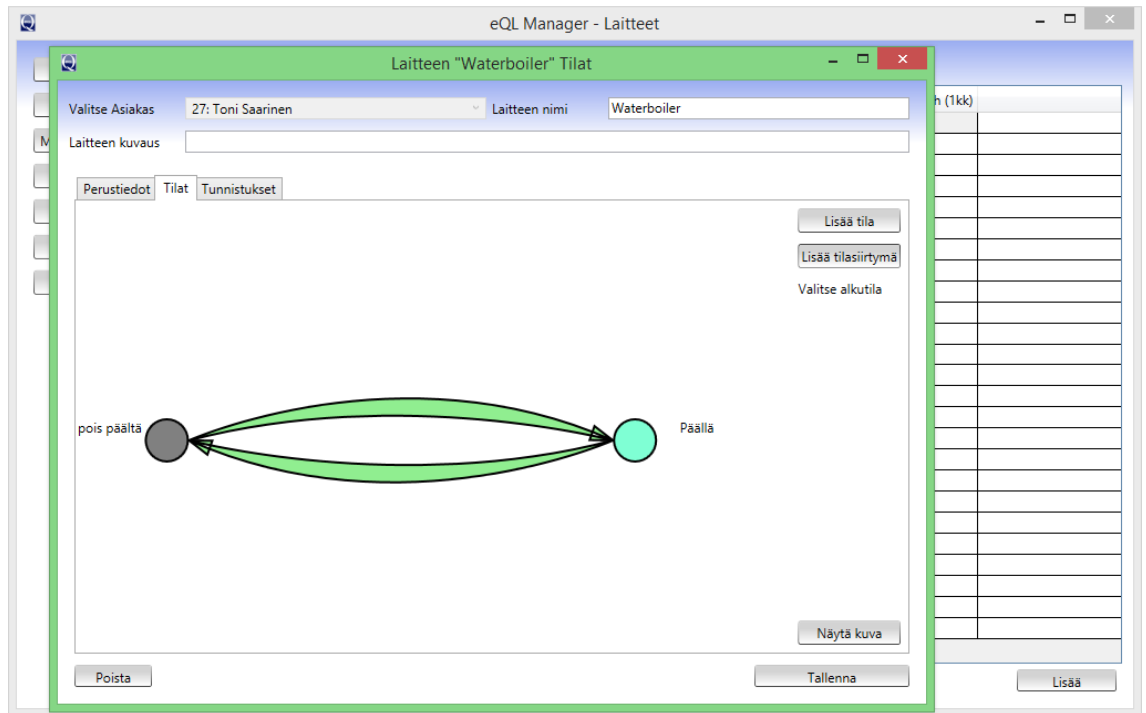
Tilasiirtymä voidaan valita niin että painetaan hiirellä sitä nuolta mitä tilasiirtymää halutaan muokata. Kun tilasiirtymä on valittuna, tilasiirtymä värjäytyy siniseksi ja tilasiirtymää koskevat painikkeet ilmestyvät. Muokkaa tilasiirtymää –painikkeesta voidaan muokata tilasiirtymän tunnistusaluetta ja poista tilasiirtymä –painikkeesta voidaan poistaa tilasiirtymä. Tällöin ohjelma poistaa automaattisesti myös tilasiirtymälle määritetyn tunnistusalueen.



Kuva 30, Tilasiirtymä valittuna

4.3.1 Tilasiirtymän luominen

Tilasiirtymä luodaan siten että painetaan ensin ”Lisää tilasiirtymä” painiketta ja tämän jälkeen painetaan ensin mistä tilasta ja lopuksi mihin tilaan. Ohjelma luo vastaavan tilasiirtymän tietokantaan ja piirtää kuvaajan ohjelmaan ja muistuttaa että tilasiirtymälle pitää vielä määrittää tunnistusalue. Kuvassa 31 esimerkki tilasiirtymän luomisesta.

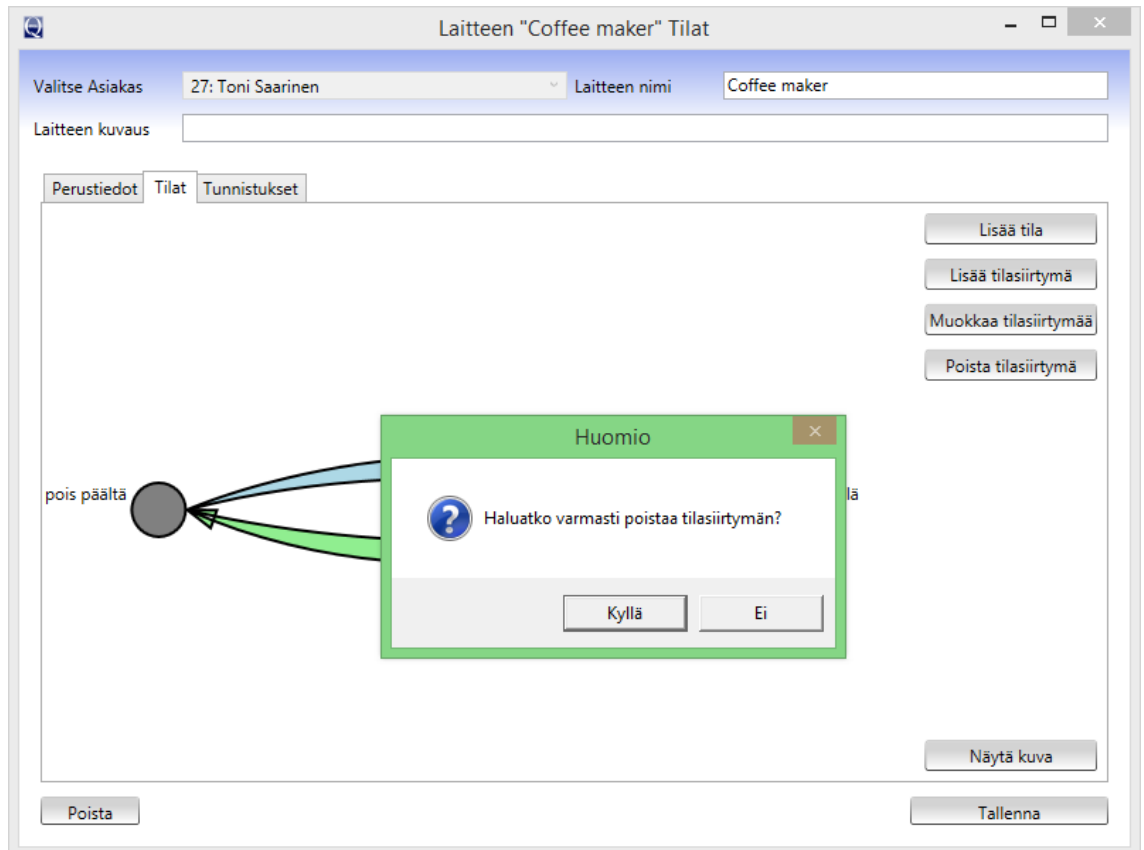


Kuva 31, Tilasiirtymän luominen

```
INSERT INTO OperationStateChanges (idDevice, idCustomer, idFromState, idToState) VALUES ("tähän luodun laitteen id", "Tähän asiakkaan id", 0, 1);
```

4.3.2 Tilasiirtymän poistaminen

Kun tilasiirtymää poistetaan, tulee myös poistaa tilasiirtymälle mahdollisesti määritetty tunnustusalue. Ohjelmassa tilasiirtymän poistaminen tapahtuu valitsemalla tilasiirtymää kuvaava nuoli ja painamalla poista tilasiirtymä. Tämän jälkeen ohjelma varmistaa, että käyttäjä haluaa varmasti poistaa tilasiirtymän ja tunnustusalueen. Jos käyttäjä vahvistaa poiston, niin ohjelma automaattisesti tarkastaa onko tilasiirtymällä tunnustusaluetta ja poistaa ensin sen ja sen jälkeen poistaa tilasiirtymän. Kuva 32 on esimerkki tilasiirtymän poiston varmistuksesta.



Kuva 32, Tilasiirtymän poiston vahvistaminen

4.4 Tunnistusalue

Tunnistusalue on alue jonka sisälle tilasiirtymän muutoksien tulisi osua. Tunnistusalue voi olla minkä muotoinen tahansa, mutta käytännössä helpoin määriteltävä ja tarkasteltava alue on suorakaiteenmuotoinen.

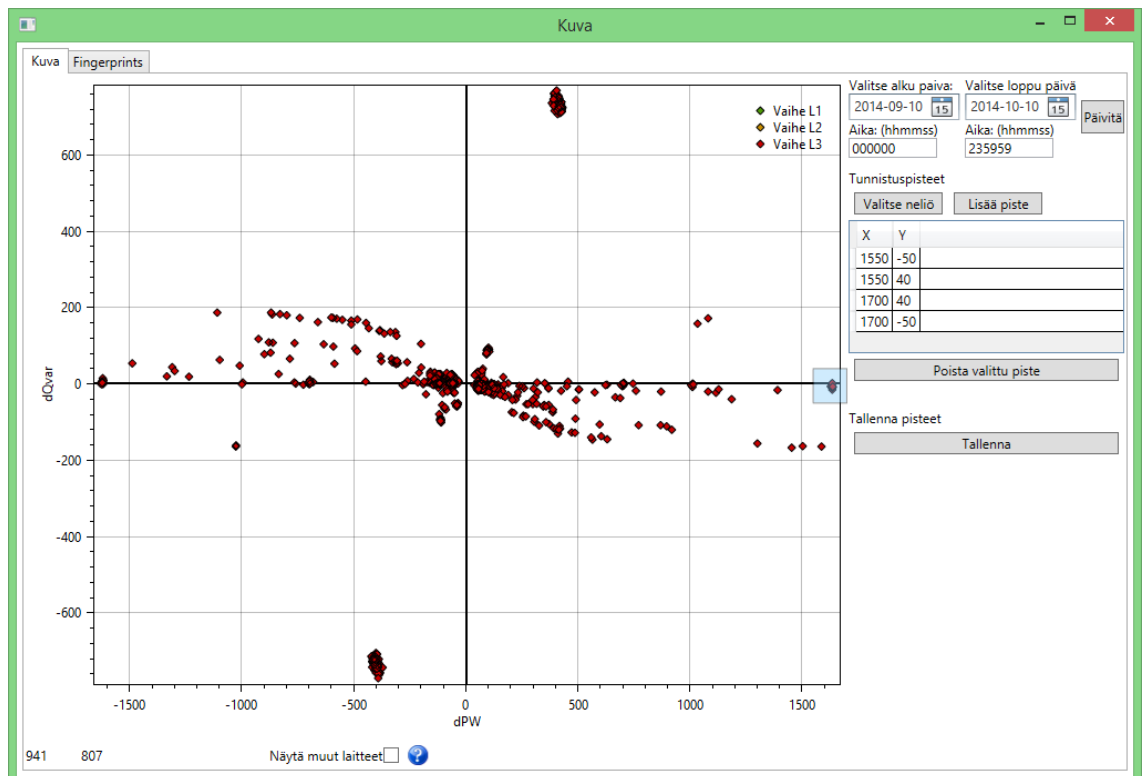
4.4.1 Tunnistusalueen luominen

Aikaisemmin täytyi siirtää raakadata excel:iin. Piirtää excel:llä kuvaaja. Tämän jälkeen täytyi arvioida kuvaajasta oikean kokoinen alue sekä arvioida tunnistusalueen kulmapisteiden arvot. Lopuksi arvioidut kulmapisteiden arvot syötettiin tietokantaan.

```
INSERT INTO SignaturePoints (
    pointNro, idDevice, idCustomer, idFromState, idToState, phase, p, q
) VALUES ("tähän laitteen id", "Tähän asiakkaan id", "Tila id mistä",
"tila id mihin", "mihin vaiheeseen laite on kytketty", tehon arvo,
loistehon arvo);
```

Tunnistusalueet voidaan määrittellä tilasiirtymä kerrallaan tai niin että tunnistusalueen määrittelyssä voidaan vaihtaa mitä tilasiirtymää käsitellään. Tilasiirtymää määriteltessä ohjelma hakee automaattisesti viimeisen kuukauden tapahtumat siltä vaiheelta mihin laite on kytketty. Tämän jälkeen haluttu tunnistusalue voidaan valita vetämällä hiirellä sen alueen yli mikä halutaan valita siirtymäalueeksi. Tunnistusalueen ei välttämättä tarvitse olla suorakaiteen muotoinen, vaan se voi olla minkä muotoinen tahansa.

Kuva 33 on määriteltyinä erään tilasiirtymän tunnustusalue. Muut muodot tarvitsee muodostaa käsin lisäämällä tai muokkaamalla kulmapisteiden arvoja.



Kuva 33, Yhden tunnustusalueen muokkaaminen

4.4.2 Tunnistusalueen muokkaaminen

Jo luotua tunnustusaluetta voi joutua muokkaamaan jos huomataan että aikaisemmin määritelty tunnustusalue ei ole riittävän suuri, jolloin osa laitteen tapahtumista osuu tunnustusalueen ulkopuolelle. Tai jos se tunnustusalue on liian suuri jolloin tunnustusalueen sisälle osuu myös muiden laitteiden tapahtumia. Tällöin valitaan se tilasiirtymä, jonka tunnustusaluetta halutaan muokata. Ohjelma hakee tietokannasta vanhan alueen ja piirtää sen kuvaajaan. Tämän jälkeen vanhoja kulmapisteitä voidaan muokata tai voidaan määrittää täysin uusi tunnustusalue.

4.5 Virhetilanteet ja huomaamattomat laitteet

Tässä kappaleessa käsitellään mahdollisia virhetilanteita ja laitteita joita ei voi huomata nykyisellä menetelmällä.

4.5.1 Kaksi laitetta menee samaan aikaan päälle.

Jos kaksi laitetta menee samaan aikaan päälle, niin ne luovat vain yhden tapahtuman joka on molempien tehojen yhteenlaskettu teho. Tällöin ei voida yksiselitteisesti sanoa mikä/mitkä laitteet menivät päälle.

4.5.2 Laitteen kokonaisteho on liian pieni

Mittarit on asetettu suodattamaan alle 50w suuruiset tapahtumat pois, koska laitteet käydessään vaihtelevat hieman ottamaansa tehoa, ja näin ollen näillä tapahtumilla ei ole merkitystä laitteiden kytkeytymiseen, joten ne on suodatettu pois.

4.5.3 Laitteen tehon muutos on niin hidas että sitä ei rekisteröidä.

Tapahtuman pituudelle on myös määrätty maksimi kesto, jonka se saa kestää. Tällöin laitetta ei tunnisteta, jos sen käynnistymisvaiheessa ei ole yhtään yli 50W tehonousua joka olisi riittävän lyhyt. Tällaisia laitteita on sellaiset joiden käynnistys tapahtuu hiljalleen joko kytkemällä laite päälle asteittain, tai että moottorin kierroksia nostetaan vähitellen.

4.5.4 Laite on kokoaika päällä

Jos laite on kokoaika päällä, niin silloin se ei luo mitään tapahtumia. Ja kun mitään tapahtumia ei ole, niin sitä on mahdotonta tunnistaa. Tällöin tämän laitteen kulutus näkyy vain pohjakulutuksena.

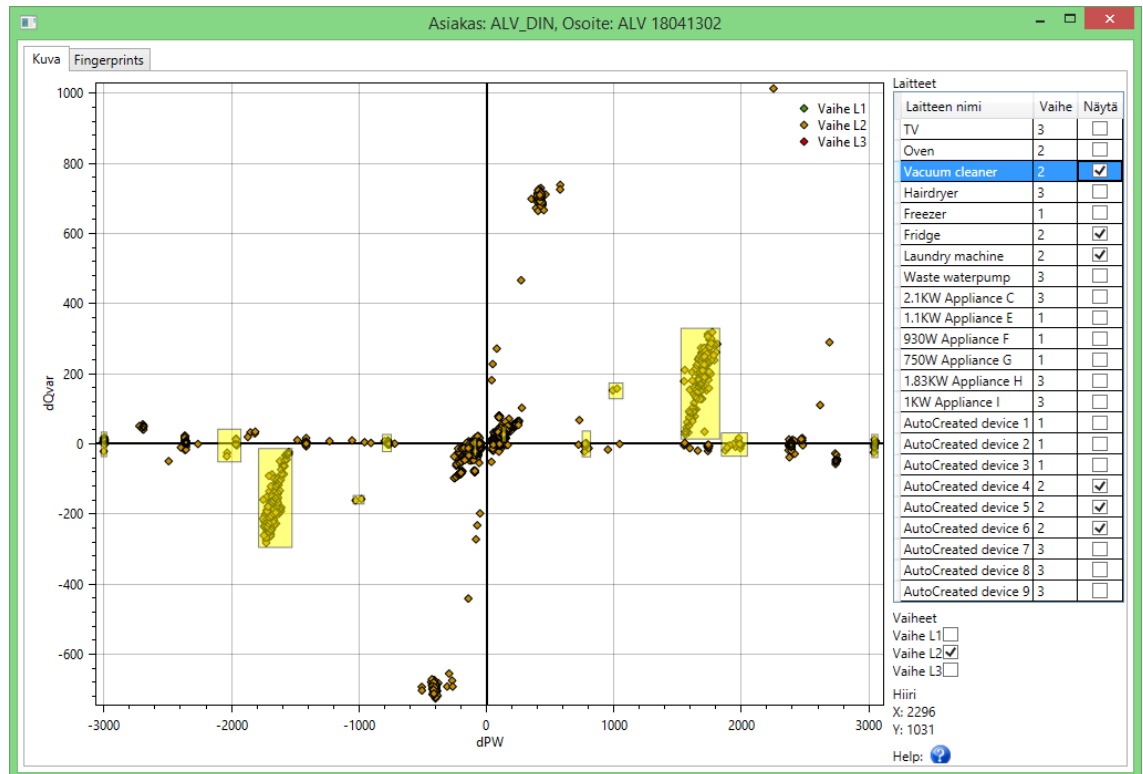
4.6 Sormenjälkien tarkastelu

Sormenjälkiä voi tarkastella erikseen sormenjäljet osiossa. Osiossa määritellään mil-
tä aikaväliltä sormenjäljet haetaan sekä mitä mittaria tarkastellaan. Tämän jälkeen ohjelma näyttää sormenjälkien raakaversio. Kuva 34 on erimerkki raakadataa haettuna tietokannasta.

Mittari ID	Aikaleima	dTs	P L1 (W)	Q L1 (var)	dP L1 (W)	dQ L1 (var)	U L1 (V)	P L2 (W)	Q L2 (var)	dP L2 (W)	dQ L2 (var)	U L2 (V)	P L3 (W)
20	26.02.2015 12:13:36	3.3	492	357	161	166	230.3	489	140	0	0	229	145
20	26.02.2015 12:03:54	2.2	331	190	-100	-166	230.5	483	141	0	0	230.2	144
20	26.02.2015 12:02:34	3.8	432	362	0	0	230.4	539	148	144	26	230.5	147
20	26.02.2015 12:00:24	3.4	495	355	162	165	230.1	392	118	0	0	231.7	104
20	26.02.2015 11:40:28	2.1	333	186	-105	-169	230.1	396	115	0	0	230.2	143
20	26.02.2015 11:29:18	3.4	492	357	160	169	231	396	118	0	0	230.5	147
20	26.02.2015 11:20:22	3.3	331	191	0	0	231.1	402	121	104	79	230.7	129
20	26.02.2015 11:09:12	2.2	334	186	-106	-167	230.4	299	39	0	0	230	102
20	26.02.2015 11:06:06	2.1	455	368	0	0	230.5	299	38	0	0	230.6	169
20	26.02.2015 11:06:00	2.1	454	366	0	0	230.8	299	38	0	0	230.5	143
20	26.02.2015 11:05:36	2.2	456	367	-120	1	230.4	299	38	0	0	230	88
20	26.02.2015 11:05:25	2.2	577	366	0	0	230.5	299	38	-96	-79	229.9	88
20	26.02.2015 10:57:47	3.3	633	360	162	164	229.6	396	114	0	0	228.9	89
20	26.02.2015 10:55:41	2.2	470	198	0	0	229.8	396	116	-97	-22	228.7	86
20	26.02.2015 10:52:18	3.4	469	202	0	0	230	537	142	140	26	227.8	85
20	26.02.2015 10:40:45	2.2	472	196	122	-3	229.1	395	118	0	0	229.1	87
20	26.02.2015 10:37:50	2.2	349	200	-108	-167	228.9	395	118	0	0	229.9	86
20	26.02.2015 10:36:50	2.2	457	369	0	0	229	397	116	-91	-22	227.8	87
20	26.02.2015 10:26:16	3.3	514	370	166	169	228.2	490	138	0	0	228.7	89
20	26.02.2015 10:25:01	3.4	347	201	0	0	229.4	533	145	137	27	229.4	86
20	26.02.2015 10:09:55	2.2	349	197	0	0	229.3	397	114	-92	-20	228.1	87
20	26.02.2015 10:06:22	2.2	348	200	-108	-168	229.4	490	138	0	0	228.8	86

Kuva 34, Sormenjäljet haettuna tietokannasta.

Jos ja tästä voi halutessaan piirtää XY-tason kuvaajan painamalla ”Katso kuva” painiketta. Kuvaajaan saa piirrettyä eri laitteiden tunnistusalueet. Kuva 35 on esimerkki ohjelman piirtämästä graafista.

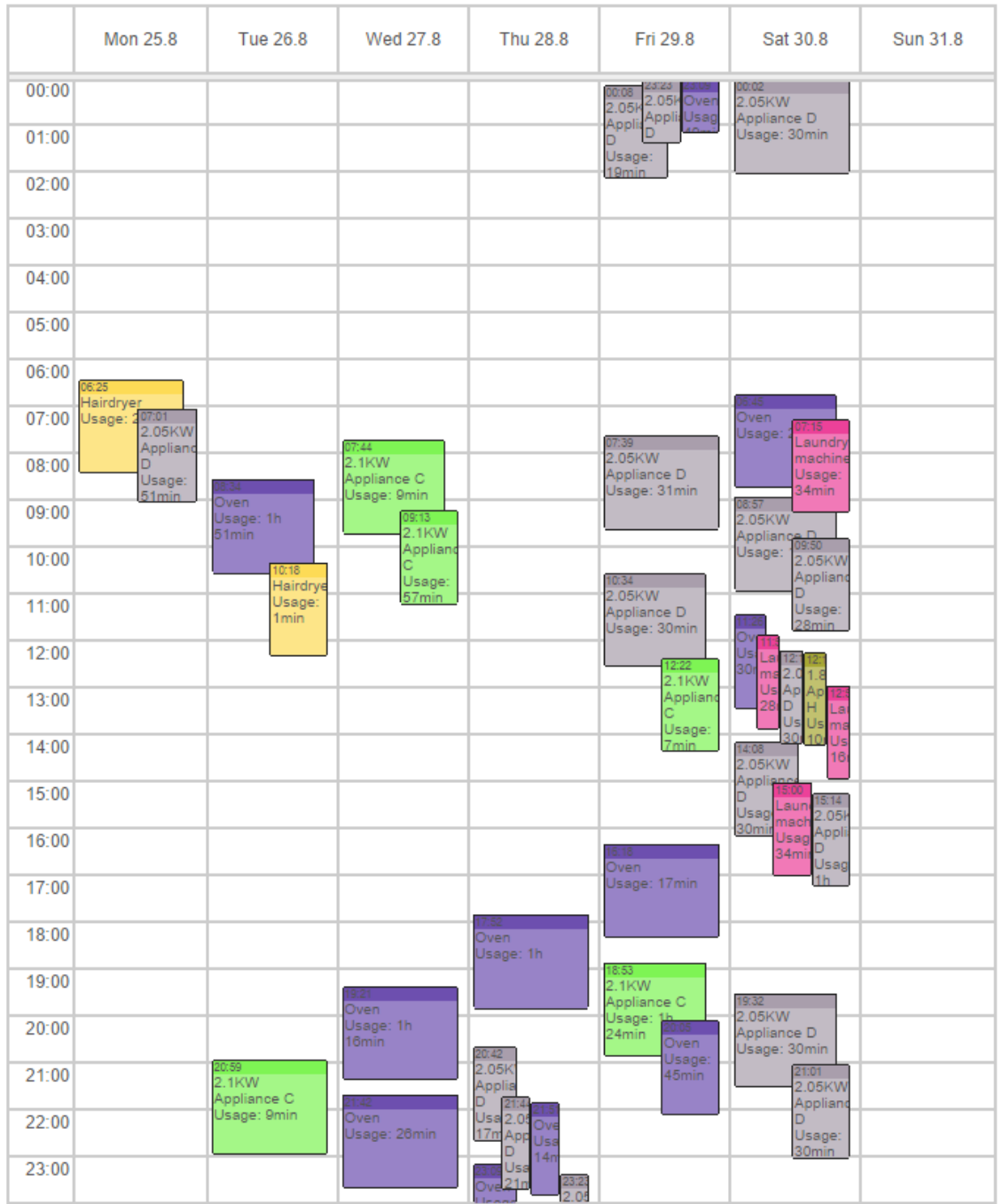


Kuva 35, Eri laitteiden ja sormenjälkien tarkastelua

4.7 Loppukäyttäjänäkymä

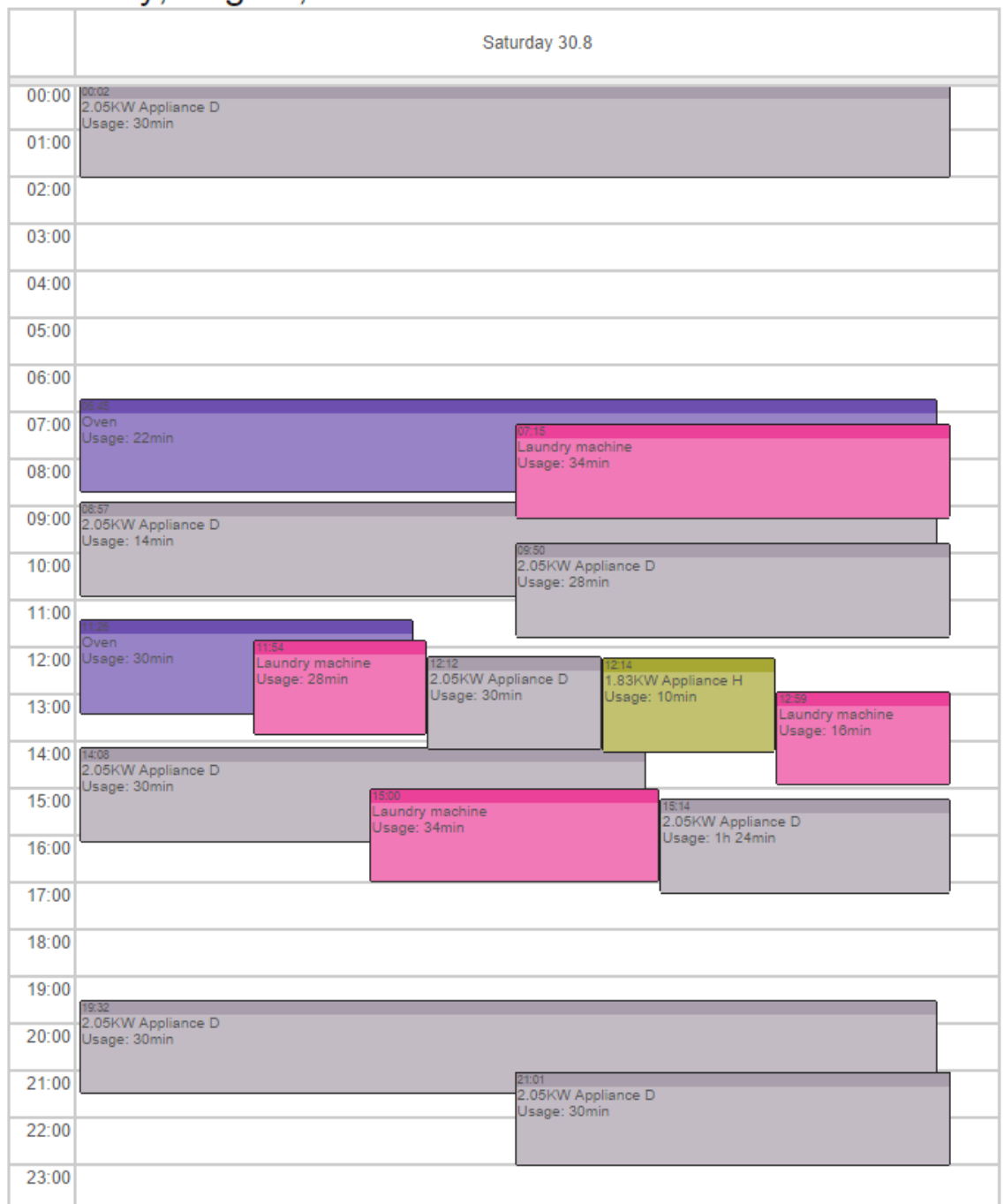
Loppukäyttäjä saa näkyville laitteiden Kuva 8, kulutusgraafin lisäksi käyttökerrat joissa näkyy laitteen nimi, päälle meno aika ja käyttökerran kesto. Kuva 36 on erään asiakkaan yhden viikon tapahtumat ma-la välillä ja Kuva 37 on tarkempi erittely saman viikon lauantain tapahtumista.

Week 35



Kuva 36, Yhden viikon tapahtumat

Saturday, Aug 30, 2014



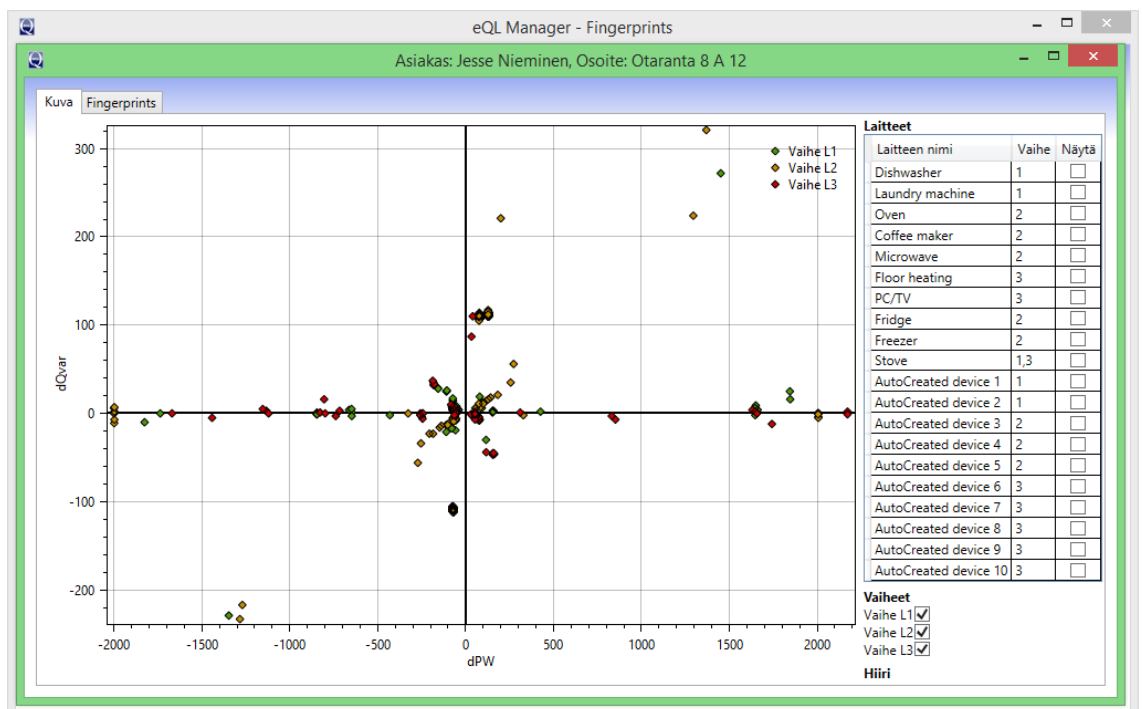
Kuva 37, Yhden päivän tapahtumat

5 SKAALAUTUVUUS ERI KOHTEISIIN

Nialm-menetelmä toimii sitä paremmin mitä vähemmän eri laitteita on käytössä. Myös laitteiden tyyppi vaikuttaa paljonko ne aiheuttavat erisuuruisia tapahtumia. Kaikista pahimpia laitteita ovat pyykinpesukone ja kuivausrumpu. Molemmat käyttävät lämmitystä ja rummun nopeuden säätöä samanaikaisesti jolloin ne luovat todella paljon erisuuruisia muutoksia ja näin ollen menevät helposti muiden laitteiden päälle.

5.1 Keskuslämmitteinen asunto

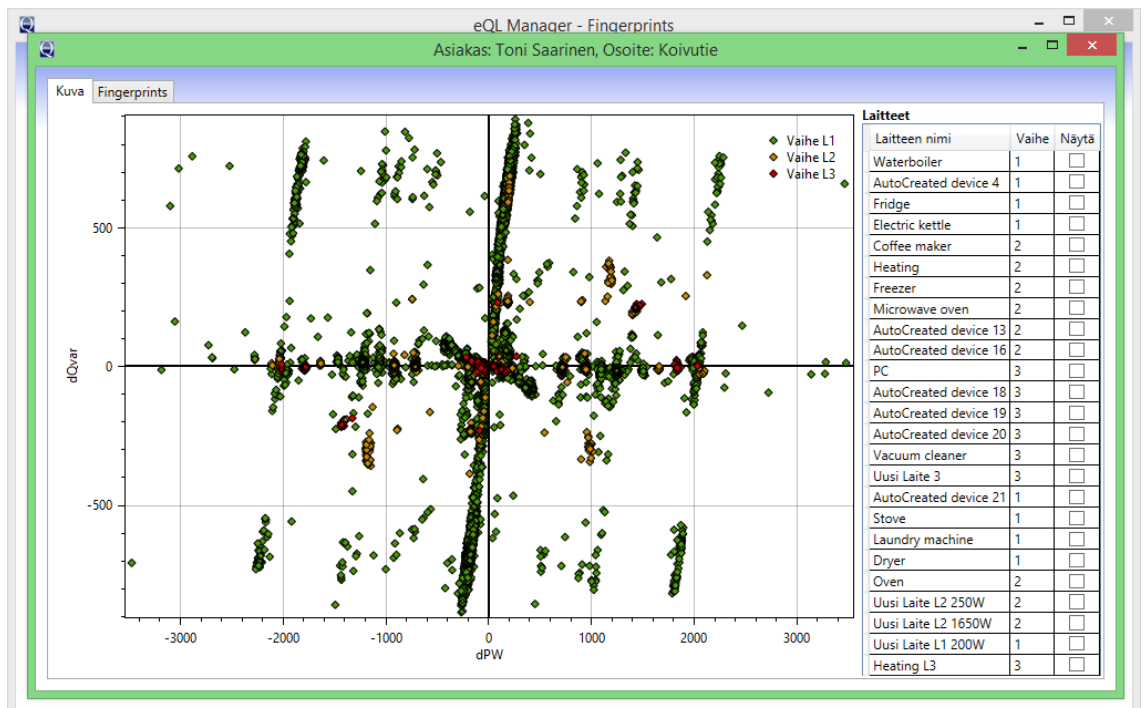
Keskuslämmitteinen asunto on tyypillisesti kerrostaloasunto tai omakotitalo jossa lämmitys on hoidettu keskitetysti. Tällöin asukkaiden käyttötottumus vaikuttaa suuresti käytetyn sähkön määrään. Kolmihenkinen perhe kuluttaa keskimäärin vuodessa 2400kwh [5]. Kun lämmitys ei tuota tapahtumia mittariin, niin silloin tapahtumien määrä riippuu vain ja ainoastaan asukkaiden sähkölaitteiden käytöstä. Ja näin ollen tapahtumien määrä on minimissä. Kuvassa 38 on kerrostaloasunnon yhden viikon tapahtumat.



Kuva 38, 1vk kerrostalo

5.2 Suorasähkölämmitteinen asunto

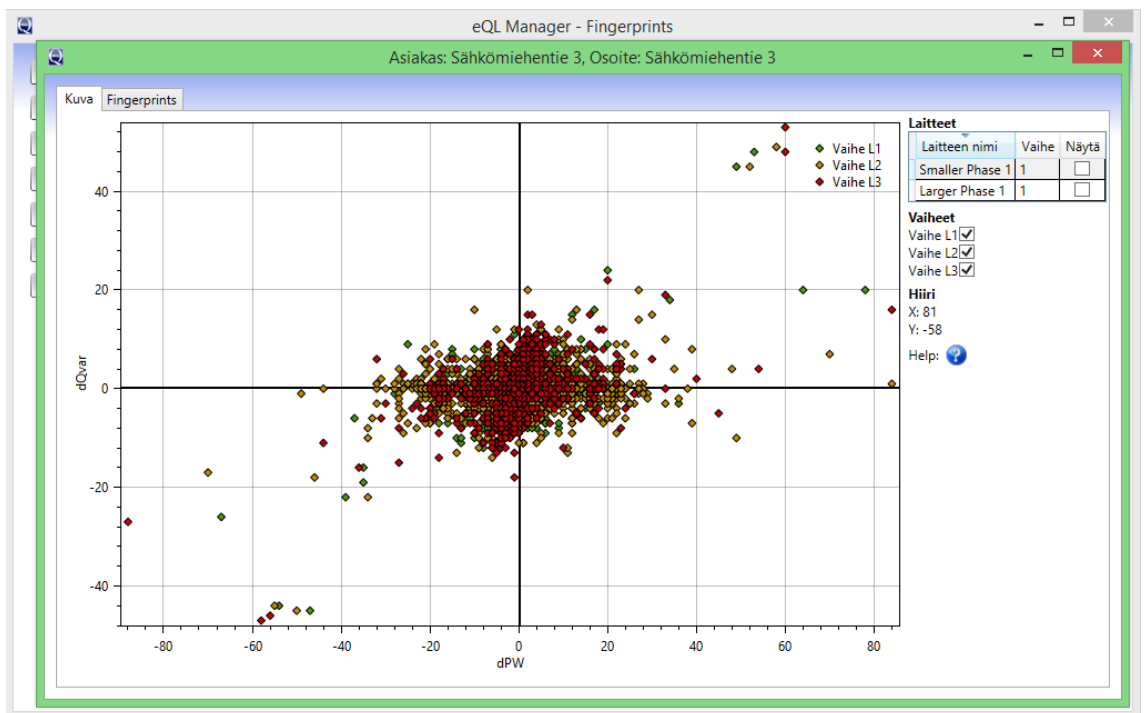
Suorasähkölämmitteisessä omakotitalossa sähkön suurin kuluttaja on lämmitys ja sen määrää voidaan vaikuttaa vain sisälämpötilaa muuttamalla. Nelihenkinen perhe kuluttaa keskimäärin vuodessa 19600kwh, josta huonelämmityksen osuus on 9600 ja lämpimän veden osuus on 3600kwh [5]. Koska lämmitys tapahtuu pääasiassa jokaisessa huoneessa olevan lämmityspatterin avulla, joita ohjataan termostaatin avulla niin nämä luovat paljon tapahtumia. Toisaalta jos patterit on hankittu keskitetysti samalta valmistajalta ja samansuuruisina, niin kaikkien näiden patterien tapahtumat osuvat samalle alueelle, jolloin ne ovat tietokannan mukaan yksi laite. Käyttökertoja näistä laitteista ei pysty tällä hetkellä erottelemaan, mutta sähkökulutus pystytään laskemaan eri tunnistuskertojen perusteella. Kuvassa 39 on sähkölämmitteisen omakotitalon yhden viikon tapahtumat.



Kuva 39, 1vk Sähkölämmitteinen omakotitalo

5.3 Laitos

Laitoksissa sähkökulutus voi olla ihan mitä tahansa maan ja taivaan väliltä. Myös eri laitteiden tapahtumia voi olla todella paljon. Eräässä testitapauksessa, jossa mittari oli sijoitettu pääkeskukseen päävirtakaapeleihin, yritettiin saada selville, voisiko mittarilla erotella laitoksen ylläpitoon kuuluvat laitteet esim. ilmanvaihto ja veden lämmitys erikseen. Mutta koska mittari oli sijoitettu 600A päävirtakaapeleihin, täytyi virta jakaa ensin 120:llä jotta siitä saataisiin mittarille sopiva suuruusluokka. Tämän johdosta menetettiin myös mittaustarkkuutta 120:llä. Tämä tarkoittaa sitä että 500W laite näkyy tietokannassa 4,17W laitteena. Ja koska mittari oli päävirtapiuhassa kiinni, niin silloin tähän mittariin jäi kaikki sormenjäljet mitä koko talossa tapahtui. Tästä aiheutui se että mittari täytyi tapahtumista joista ei voida erottaa yksittäisiä laitteita. Käytännössä tällaisiakin laitoksia voidaan mitata, koska niissä on pääjakokeskuksen jälkeen pienempiä jakokeskuk-
sia. Tällöin jokaiseen alajakokeskukseen täytyisi erikseen asentaa oma mittarinsa joilla mitataan aina yhtä laitoksen osiota kerrallaan. Kuvassa 40 on laitoksen yhden viikon tapahtumat.



Kuva 40, Laitoksen 1vk

6 ARVIOINTI

Mittaustuloksissa on jonkun verran heittelyä johtuen mittarin näytteenottokyvyn hitauteista, jolloin fingerprinteissä on ylimääräistä hajontaa. Tähän on tulossa muutos ja uusi nopeampi mittari on kehitteillä.

Analysointi ohjelmiston tunnistusalgoritmiin voisi kehittää lisäksi sellaisen joka etsisi kahden laitteen yhteenlaskettuja tehomuutoksia, esim tapahtuma 2300W olisikin kahden eri laitteen kytkeytyminen samaan aikaan, Esim 1300W+1000W.

6.1 Käytettävyys

Ohjelmaa lähdettiin alun perin kehittämään käytettävyys silmällä pitäen, koska aikaisemmin käytettävyys oli todella huonoa.

Nielsen jakaa käytettävyyden viiteen eri periaatteeseen [6]

- Opittavuus, ohjelman tulisi olla helppo oppia, käyttäjä voi nopeasti oppia käyttämään järjestelmää ja saamaan jotain aikaiseksi
- Tehokkuus, Kun käyttäjä on oppinut järjestelmän, tulisi järjestelmän käytön olla tehokasta.
- Muistettavuus, kuinka helppo käyttäjän on palata käyttämään ohjelmaa tauon jälkeen, niin ettei tarvitse opetella kaikkia alusta.
- Virheettömyys, Käyttäjän ei tulisi olla mahdollista tehdä virheitä, ja jos virheitä ilmenee, ne pitäisi saada korjattua heti jotta voidaan estää virheiden kasautuminen.
- Tyytyväisyys, Ohjelman tulisi olla miellyttävä käyttää, jotta sen käyttöä ei lykätäisi.

Ohjelmaa lähdettiin parantamaan näiden periaatteiden pohjalta.

Opittavuus parani huomattavasti, kun uudessa ohjelmassa käyttäjän ei tarvitse muistaa mitään komentoja ulkoa vaan ohjelma kysyy vain arvot ja sijoittaa ne oikealle paikalle komentoon. Tämän lisäksi jos käyttäjä ei muista mitä mikäkin arvo tarkoittaa ohjelma tarjoaa näkyville ohjeen josta selviää arvon tarkoitus ja muoto jossa se pitää antaa.

Tehokkuutta on ajateltu näppäinoikoteiden osalta siten että esc on aina peruuta ja enter on tallenna.

Muistettavuutta on ajateltu siten että kohteille on annettu niitä parhaiten kuvaavat nimet.

Virheettömyys on varmistettu siten, että jokainen syötetty tieto tarkastetaan ennen kuin se viedään eteenpäin ja jos mahdollista niin on käytetty moni valintaa käsin syöttämisen sijasta.

Tyytyväisyyttä on parannettu niin että ohjelman ulkoasu olisi mahdollisimman neutraali ja ohje tekstien ulkoasu olisi mahdollisimman positiivinen.

6.2 Koodirivit

Koodirivejä ohjelmaan tuli C# osalta 12323 ja .Net 5489. Tämän lisäksi kaavion piirtämiseen käytettiin kolmannen osapuolen lisäosaa.

6.2.1 Agile

Koodaustyö suoritettiin käyttämällä ketterää menetelmää jolloin ohjelmaan tehtiin aina pieni pala kerrallaan. Ensin suunniteltiin miltä osion tulisi näyttää ja tämän jälkeen pohdittiin parasta tapaa toteuttaa se. Lopuksi osio ohjelmoitiin, testattiin ja dokumentoitiin. Näin saatiin nopeasti ensimmäiset prototyypit loppukäyttäjille testattavaksi osio kerrallaan. Kun ensimmäinen iteraatio kierroksen jälkeen konsultoitiin loppukäyttäjiä ja kysyttiin tarvitseeko jotain muokata ja halutaanko osioon jotain toimintoja lisää.

7 YHTEENVETO

Tämä työ keskittyi sähköisten sormenjälkien hallinnoimiseen ja työssä tehtiin ohjelma jolla sähköisten sormenjälkien hallinta on mahdollisimman helppoa. Alkuperäinen tavoite luoda ohjelma jolla tietotekniikasta ymmärtämätön ihminen voisi, pienellä opastuksella, luoda käyttöpaikan laitteet ja tunnistusalueet saavutettiin hyvin.

7.1 Merkittävyys

Tämän ohjelman ansiosta nialm-menetelmän käyttäminen kotitalouksissa ja vanhus-ten on jatkossa paljon helpompaa ja laitteiden määrittelyyn ei tarvita tietotekniikan asiantuntemusta juuri ollenkaan. Näin ollen menetelmän soveltuvuutta voidaan lähteä testaamaan paljon laajemmassa mittakaavassa.

LÄHTEET

[1] Nonintrusive Appliance Load Monitoring, George W. Hart, Proceedings of the IEEE, Vol. 80 No. 12 December 1992

[2] Non-intrusive appliance load monitoring system based on a modern kWh-meter, Hannu Pihala, VTT energy, 1998

[3] Residential Energy Monitoring and Computerized Surveillance via Utility Power Flows, George W. Hart, IEEE Technology and Society Magazine, June 1989

[4] Seniorin sähkölaitteiden käytön valvonta sähkömittarilla, Lauri Vehviläinen, Diplomityö, 2011.

[5] Kotitalouksien sähkönkäyttö 2011, Tutkimusraportti 26.2.2013

http://www.motiva.fi/files/8300/Kotitalouksien_sahkonkaytto_2011_Tutkimusraportti.pdf

[6] Usability engineering, Jacob Nielsen, 1993, Academic press