

Sami Sippola

Kotitalouksissa käytettävät tyyppiä AA olevat sormiparistot ja -akut

Tekijä Otsikko Sivumäärä Aika	Sami Sippola Kotitalouksissa käytettävät tyyppiä AA olevat sormiparistot ja sormiakut 64 sivua 25.5.2011
Tutkinto	Sähköinsinööri
Koulutusohjelma	Sähkötekniikka
Suuntautumisvaihtoehto	Sähkövoimatekniikka
Ohjaaja	Lehtori, tekniikan lisensiaatti, Jarno Varteva
<p>Insinööriyössä käsitellään sormiakkuja ja -paristoja. Sormiakkuja pyrittiin mittauksissa käyttämään tehokkaasti samoin kuin kotitalouksissa käytetään niitä yleisesti. Työssä selvitettiin, miten niiden käyttö on kannattavaa ja miten helposti niitä voidaan vahingoittaa kotitalouksissa.</p> <p>Sormiakkujen ja sormiparistojen varauksia purettiin kameroilla. Sormiakkuja ladattiin eri tavoin ja kolmella laturilla. Erilaisten sormiakkujen ja -paristojen eroja pyrittiin selvittämään. Lataamisten ja syväpurkamisen vaikutuksia myös tutkittiin. Jännitemittauksia tehtiin digitaalisella yleismittarilla sormiparistoja ja -akkuja purettaessa tai sormiakkuja ladattaessa. Lisäksi tutkittiin itsepurkautumista ja lämpötilan vaikutuksia.</p> <p>Litiumparistolla riitti tehoa pitkään. Myös NiMH-sormiakut kestivät runsasta käyttöä. Muuten ei huomattu kovin suuria eroja ainakaan erimerkkisten NiMH-akkujen kesken. Huomattiin, että NiMH-sormiakkuja voitiin ladata NiCd-laturilla ja pikalaturilla ainakin muutaman kerran ilman haittavaikutuksia. Sormiakkuja voitiin myös syväpurkaa muutaman peräkkäisen käyttökerran päätteeksi aiheuttamatta haittoja välittömästi. Pakkanen ei näyttänyt kovin paljon vaikuttavan ainakaan uudehkohin sormiakkuihin. Tutkimukset olisivat vaatineet lisää käyttökertoja, jotta oltaisiin mahdollisesti saatu parempia tuloksia haitallisesta käytöstä ja erilaisten sormiakkujen eroista.</p>	
Avainsanat	sormiparisto, sormiakku, pikalataus, syväpurkaminen

Author Title	Sami Sippola Type AA Batteries Used in Households
Number of Pages Date	64 pages 25 May 2010
Degree	Bachelor of Engineering
Degree Programme	Electical engineering
Specialisation Option	Electrical Power Engineering
Instructor	Jarno Varteva, Senior Lecturer, Lic.Sc. (Tech)
<p>The aim of this Bachelor's thesis was to investigate type AA batteries. The aim was to investigate how finger batteries should be used and to identify some of the ways that easily damage the batteries in household use. The batteries were used as effectively as possible.</p> <p>Different disposable and rechargeable batteries were discharged by using cameras. Rechargeable batteries were used in many ways and loaded with three chargers. The NiMH batteries were charged with a rapid charger, in the normal way and in the way a NiCd battery is recharged. One finger battery was fully discharged by using separate resistors. The battery voltages were measured with a digital multimeter. The measurements were carried out while the finger batteries were discharged and loaded but also at other times. The aim was to find out the differences between the various batteries with regard to self-discharging and temperature changes.</p> <p>Good results were obtained with the disposable lithium battery and NiMH batteries. No significant difference was observed between the rechargeable NiMH batteries of different brands. Charging with a rapid charger didn't seem to damage the rechargeable batteries on the basis of a few charge cycles. It was possible to charge the NiMH batteries in the wrong way and also to perform a full discharge a few times with no negative effects. Moreover, frost did not seem to affect the results. More research is, however, needed in order to get more reliable results.</p>	
Keywords	Battery, rapid charge

# Sisällys

Tiivistelmä

Abstract

Sisällys

1	Johdanto	1
2	Sormiparistot ja -akut kotitalouksissa	2
2.1	Sormiakkujen ja -paristojen käytön eroaminen muiden jännitelähteiden käytöstä	2
2.2	Sormiakkujen ja -paristojen toimintaperiaatteita	3
2.3	Sormiakkujen ja -paristojen toimintaan liittyviä ilmiöitä	5
2.4	Sormiakkujen ja -paristojen jännitteen käyttäytymiseen liittyvät ilmiöt	8
2.5	Sormiparistojen ja -akkujen kannattava ja oikeanlainen käyttö kotitalouksissa	9
2.6	Sormiakkujen oikeanlainen lataaminen	10
2.7	Sormiparistojen ja -akkujen kannattava käyttö taloudellisesti	11
3	Yhteisiä asioita eri mittausten toteuttamisessa	14
3.1	Kameroiden käyttö mittauksissa	15
3.2	Sormiakkujen ja -paristojen käyttö mittauksissa	16
3.3	Laturit	18
3.4	Mittaukset kamerakäytöllä ja muissa vaiheissa	18
3.5	Muiden sähköpiirien käyttö mittauksissa	20
3.6	Epävarmuustekijöitä mittauksissa	21
4	Mittausten aloittaminen Canon PowerShot A710 -merkkisellä kameralla	23
4.1	Sormiakkujen ja -paristojen kestoajkojen vaihtelu kamerakäytössä	23
4.2	Tarkemmat jännitemittaukset Sanyo Eneloop -sormiakulle kamerakäytössä	25
4.3	Tarkemmat jännitemittaukset Sanyo Eneloop -sormiakulle kamerakäytössä	26
4.4	Sormiakkujen jännitteen käyttäytymisen erot ja yhtäläisyydet kamerakäytössä	28
4.5	Kertakäyttöparistojen mittaukset	30
4.6	Kertakäyttöparistojen ja -akkujen toiminta ja käytön kannattavuus	31

5	Lataaminen	33
6	Itsepurkautuminen	34
7	Mittaukset Canon PowerShot S5IS -merkkisen kameran avulla	36
7.1	Jännitteen käyttäytymisen tutkiminen	37
7.2	Käyttökertoja suurin piirtein kuvaavat mittaustulokset	38
7.3	Jännitteiden muutokset käyttökertojen aikana	41
7.4	Eri käyttökertojen mittaustulosten vertailu	42
7.5	Pakkasen vaikutukset sormiakkuihin	47
8	Syväpurkaminen, pikalataus ja väärinlataus	49
8.1	Toimintatavat ja sormiakkujen käyttö mittauksissa	49
8.2	Mittausten toteutuminen	51
8.3	Väärinlataamisen vaikutukset viidellä ensimmäisellä lautauskerralla	52
8.4	Mittaukset yhdessä Canon PowerShot S5IS- ja A710ISn -kameroilla	55
9	Yhteenveto	61
	Lähteet	64

## 1 Johdanto

Useissa kotitalouksien pienissä sähkölaitteissa käytetään jännitelähteenä tyyppiä AA olevia sormiparistoja eli sauvaparistoja tai sormiakkuja. Niitä käytetään paljon energi-  
anlähteenä. Ne ovat myös tavallisimpia kotitalouksien laitteisiin käytettäviä jänniteläh-  
teitä. Tyyppiä AA oleva jännitelähde on noin sormen kokoinen ja pyöreämuotoinen. Se  
on standardoitu maailmanlaajuisesti. Se soveltuu usein hyvin jännitelähteeksi. Sitä tar-  
vitaan, kun suunnitellaan ja tarvitaan laitteita, jotka vaativat sähköverkosta irrallista  
jännitelähdettä. Se on jo yleisyytensä ja teknisten mahdollisuuksien vuoksi ollut var-  
teenotettava vaihtoehto lukuisien kotitalouksien sähkölaitteiden teholähteeksi. Digitaal-  
isissa kameroissa käytetään vielä yleisesti tyyppiä AA olevia sormiparistoja tai -akkuja.  
Kyseisiä jännitelähteitä hyödynnetään lisäksi ainakin valaisemisessa ja musiikin ja radi-  
on kuuntelussa.

Sormiparistoja ja -akkuja on myytävänä runsaasti eri versioina. Niitä on tarjolla erihin-  
taisia ja erimerkkisiä. Kuluttajalle on tarjolla kaupoissa tyyppin AA jännitelähteeksi kerta-  
käyttöisiä sormiparistoja ja ladattavia sormiakkuja. Aiemmin tyyppiä AA olevat jännite-  
lähteet ovat olleet kertakäyttöisiä sormiparistoja. Myöhemmin ladattavat sormiakut  
ovat tulleet markkinoille ja yleistyneet. Nykyään ladattavia sormiakkuja kuluttajat osta-  
vat ehkä herkemmin kuin sormiparistoja.

Kotitalouksien sormiakkuihin ja -paristoihin liittyvässä insinööriyössä selvitetään sormi-  
paristoihin ja -akkuihin liittyviä ominaisuuksia. Lisäksi pyritään selkeyttämään sellaisia  
asioita, joita tavallinen kuluttaja ei mahdollisesti tiedä. Työssä tutkitaan erilaisten ja  
erimerkkisten paristojen ja akkujen eroja. Mittauksia on tehty tyyppiä AA oleville jänni-  
telähteille sopivilla laitteilla, joissa niitä tavallisesti käytetään, esimerkiksi tutkitaan,  
miten sormiparistot ja -akut yleensä toimivat ja miten ne eri laitteissa kuluvat. Sor-  
miakkujen lataamiseen liittyviä asioita selvitetään. Tutkitaan, mitä muutoksia tulee  
useiden käyttökertojen aikana, kun sormiakkuja puretaan loppuun ja sen jälkeen lada-  
taan useita kertoja uudelleen. Akkuihin liittyviä ilmiöitä esitellään sekä tutkitaan ainakin  
akkuihin liittyvää itsepurkautumista, muisti-ilmiötä, syväpurkamista ja lämpötilan vaiku-  
tuksia sormiakkuissa.

## 2 Sormiparistot ja -akut kotitalouksissa

### 2.1 Sormiakkujen ja -paristojen käytön eroaminen muiden jännitelähteiden käytöstä

Kotitalouksien laitteet voivat ottaa käyttöenergiansa yleisestä sähköverkosta. Ne voivat ottaa energiansa myös sähköverkosta irrallisista jännitelähteistä, kuten paristoista tai akuista. Etuna paristojen ja akkujen käytössä on, että laitteita voidaan kuljettua mukanaan. Suora yleisen sähköverkon käyttö yleensä vaatii, että laite on kiinni pistorasiassa. Yleisellä sähköverkolla ja irrallisilla jännitelähteillä on myös jotain yhteistä. Ne antavat mm. jännitteet kotitalouksien laitteille ja muille sähköpiireille, jotta sähköpiirit voivat toimia. Akkujen ja paristojen tehot loppuvat kuitenkin tietyn ajan kuluttua. Ainakin akkuja voidaan kuitenkin paristoista poiketen ladata uudelleen ainakin yleisen sähköverkon kautta.

Akkuja on monenlaisia kotitalouksien laitteissa ja muissa laitteissa. Tyyppiä AA oleva sormiakku tai -paristo on yleinen jännitelähde. Sen käyttö on kannattavaa kotitalouksien laitteissa, koska se on yleinen, ja se on standardoitu maailmanlaajuisesti. Sen etuna on myös käyttöä helpottavia tekijöitä. Kotitalouksien laitteissa käytetään myös litiumakkuja, jotka poikkeavat sormiakuista. Niissä litiumakut on muotoiltu ja toteutettu monimutkaisemmin ja käyttötarkoitukseen sopivammin ja turvallisemmin. Sellaisia litiumakkuja käytetään paljon tehollisena ainakin puhelimissa ja kannettavissa tietokoneissa sekä joissain kameroissa.

Standardin vuoksi tyyppiä AA olevat sormiakut ja sormiparistot ovat samankokoisia ja -muotoisia. Ne toimivat tietyillä jännitetasoilla. Niitä voidaan käyttää kotitalouksissa samoissa laitteissa. Useissa sormiakuista poikkeavissa litiumakuissa navat on piilotettu. Sillä on tarkoituksena, että akkuja ei päästä helposti lataamaan ja käsittelemään väärin. Tyyppiä AA olevien jännitelähteiden muoto on puolestaan yksinkertainen. Niiden navat ovat mahdollisimman avoimia. Ne eivät vaadi laitteilta tai käytöltä monimutkaisempia liittimiä. Muuten tyyppiä AA olevien jännitelähteiden sisältö ja toimintatapa voi olla monenlainen. Ne voivat toimia ja kulua eri tavoin.

Sormiakkuja ja -paristoja voidaan hankkia helposti, kun uutta tyyppiä AA olevaa teholähdettä tarvitaan erilaisissa tilanteissa. Kertakäyttöisen vaihtoehdon vuoksi uuden teholähteen voidaan saada nopeastikin tarvitsematta ladata. Siten esim. matkalle mentäessä ei tarvitse ottaa latauslaitetta mukaan tai vaivautua lataamaan sormiakkuja. Sormiakut ja -paristot ovat lisäksi usein kotitalouksien laitteisiin sopivankokoisia ja -muotoisia. Niitä on myös helppo käyttää. Litiumia sisältäviä jännitelähteitä on hyvien ominaisuuksiensa vuoksi myös tarvetta käyttää kotitalouksien laitteissa. Niiden etuna on ainakin keveys. Niitä on markkinoilla kertakäyttöisinä sormiparistoina. Sormiakkuina litiumia sisältävät jännitelähteet ovat harvinaisempia, vaikka tarvetta niille olisi monien etujensa vuoksi. Turvallisuustekijät ovat hidastaneet litiumakkujen kehittämistä tyyppiä AA oleviksi sormiakkuksi.

Paristo tai akku jännitelähteenä poikkeaa siitä jännitelähteestä, joka saadaan pistorasoiden kautta yleisestä sähköverkosta. Yleisestä sähköverkosta saadaan vaihtojännitettä. Siitä poikkeavasti akut ja paristot antavat tasajännitettä. Valtakunnan verkon jännite voidaan tasasuunnata helposti tasajännitteeksi. Useat laitteet myös tasasuuntaavat jännitteen sähkön käyttämiseksi. Yleisestä sähköverkosta tasasuunnattu jännite pyrkii olemaan tasaisempi kuin akun tai pariston kautta otettava tasajännite. Akussa tai paristossa jännite laskee koko ajan enemmän tai vähemmän käytössä. Se laskee myös, kun se on käyttämättömänä ja täysinäisenä. [1;2;3;4.]

## 2.2 Sormiakkujen ja -paristojen toimintaperiaatteita

Sormiakut ja -paristot toimivat jännitelähteinä ja antavat virtaa sähköpiireille. Sormiakkuja ja sormiparistoja voi olla sähköpiirissä yksi tai useampi vaikuttamassa sähköpiiriin tarkoituksenmukaisesti. Sähköpiirit toimivat puolestaan kulutuksen kannalta vastuksena jännitelähteelle. Yksinkertaisimmillaan jännitelähde on sarjassa vastuksen kanssa. Vastuksen suuruus vaikuttaa virran suuruuteen kääntäen verrannollisesti. Jännitelähteillä on myös sisäinen resistanssi. Vastus voidaan pienentää lähes äärettömäksi, eli jännitelähde voidaan oikosulkea. Silloin virtaa vastustaa vain akun sisäinen resistanssi.



Sormiakut ja -paristot toimivat varauksena. Niiden toiminta perustuu niiden sisällä olevan varauksen purkautumiseen sähköpiirissä. Mitä enemmän jännitelähde on varautunut, sitä tehokkaammin se voi pitää sähköpiiriä toiminnassa. Suurella varauksella jännitelähteellä on myös runsaasti energiaa. Jännitelähteellä on tietty kapasiteetti eli siihen mahtuva varuksien maksimimäärä. Koska sormiakkuja ladataan, voidaan kapasiteettia sanoa varauskyvyksi. Suurella varauskyvyllä paristo tai akku jaksaa pitää laitetta pitkään toiminnassa. Eri sormiakkujen valmistajilla on varauskyvyltään monentyyppisiä sormiakkuja. Siten akkujen ominaisuudet ja varauskyky riippuvat mallista. Myös mitä enemmän virtaa tarvitaan, sitä nopeammin varaukset purkautuvat.

Sormiparistojen ja -akkujen jännitelähde toteutetaan niin sanotusti sähköpareilla. Jännitelähteen toiminta toteutetaan akuilla ja paristoilla kemiallisesti. Navoille on valittu tietyt sopivat ja erilaiset yhdisteet. Sähköpari voi olla joitakin eri yhdistelmiä kahdesta eri aineesta. Siten akkujen ja paristojen toinen napa pyrkii luovuttamaan varauksia ja toinen napa ottamaan vastaan varauksia. Yhdistelmissä voi olla toinen aine esim. nikkeliä tai litiumia.

Navoissa käytettävät aineet voivat vaihdella kuluttajille tarjottavissa sormiakuissa ja -paristoissa. Sormiakut voivat olla sisällöltään (Nikkelimetallihybridi) NiMH-, (Nikkeli-kadmium) NiCd- tai (Litium-ion) Li-ion-akkuja. Myynnissä olevat sormiparistot ovat tavallisesti alkaliparistoja, ja joitain litiumparistoja on myös myynnissä. Käytännössä myynnissä olevat sormiakut ovat sisällön perusteella (Nikkelimetallihybridi) NiMH-akkuja. Siinä navat ovat erikseen nikkelille ja metallihydridille. Aiemmin käytetyt NiCd-akut poistettiin myynnistä, kun kadmium teki niistä myrkyllisiä. Alkaliparistot puolestaan tuottavat sähköenergiaa sinkin ja mangaanidioksidin välisissä reaktioissa.

Litiumia sisältävillä jännitelähteillä on paljon etuja. Litium on aineena kevyt. Litiumparistot ovat kevyempiä kuin NiMH-akut ja alkaliparistot. Litiumia sisältävien jännitelähteiden, varsinkin litiumakkujen kehittämiseen on liittynyt ongelmia. Litium on aineena epävakaa ja helposti lämpöä ja painetta kehittävä. Litiumakun lataamisessa ylilataus voi aiheuttaa räjähdysten. Myös haasteita tuo purkaminen ja muu käsittely asianmukaisesti. Litiumakkuja käytetään yleisesti, mutta litiumia sisältävät sormiakut ovat harvinaisempia. NiMH-sormiakut vielä teknisistä syistä yleisempiä. NiMH-akut kehittävät myös helposti lämpöä lataamisessa. Väärinlatauksessa ja väärinkäsittelyssä NiMH-akut eivät ole kuitenkaan niin alttiita räjähtämiselle kuin litiumakut.

Sähköpiirit voivat tuoda jännitelähteille erilaisia vaatimuksia. Kotitalouksissa toiset laitteet tarvitsevat tyyppiä AA olevien jännitelähteiden tehoa enemmän ja toiset vähemmän. Sähköpiirit voivat olla monenlaisia, ja ne käyttävät jännitelähteen energiaa eri tavoin. Tyyppiä AA olevat jännitelähteet voivat toteuttaa sähköpiirien vaatimuksia monin tavoin. Litiumakku on yleensä NiMH-akku parempi, kun se kykenee antamaan virtaa paremmin. Alkaliparisto on epäedullisempi sormiakkuihin verrattuna silloin, kun sähköpiiri tarvitsee nopeita vaihteluja virranotossa eli jännitepiikkejä. Alkalipari hyytyy helpommin jännitepiikkeihin kuin sormiakku.

Myös jännitelähteet voivat asettaa sähköpiireille vaatimuksia ja haasteita. Keskimääräinen jännitetaso vaihtelee tyyppiä AA olevilla jännitelähteillä. Kertakäyttöparistojen lähtöjännitteet ovat sormiakkuja suuremmat, ja ne toimivat sormiakkuihin verrattuna korkeammalla jännitealueella. Paristoihin ja akkuihin käytettävistä yhdisteistä litiumilla on suurin sähkökemiallinen jännite ja näin ollen myös suuri energiatiheys. Siten uudessa litiumparistossa lähtöjännite voi olla alkaliparistoon verrattuna vielä suurempi. Virallisesti sormiparistoilla nimellisjännite on 1,5 V ja sormiakuilla 1,2 V.

Jännitelähteitä on myös suunniteltu käytettäväksi kotitalouksien laitteissa monin tavoin. Sormiakkuja tai -paristoja voidaan tarvita enemmän tai vähemmän, jotta laite voisi toimia. Useat laitteet tarvitsevat kahdet sormiakut tai -paristot toimiakseen. Joissakin laitteissa tarvitaan niitä jopa kolme tai neljäkin kappaletta. Tyyppiä AA olevat jännitelähteet voivat olla laitteessa sarjaan- tai rinnankytkettynä. Rinnankytkentä pidentää käyttöaikaa, sarjaankytkentä puolestaan kasvattaa niiden yhteistä jännitettä. [1;2;3.]

### 2.3 Sormiakkujen ja -paristojen toimintaan liittyviä ilmiöitä

Akkujen ja paristojen jännite ei ole koko ajan aivan tasainen. Akkuja ja paristoja käytettäessä niiden jännite laskee varaustason pienentyessä. Jännitteen lasku on kuitenkin suhteellisen pientä suurimmassa osassa ajasta varauksien purkautuessa täydestä tilasta tyhjään tilaan. Jännitelähteen jännite riippuu siitä, miten varautunut jännitelähde on. Vaikka akuilla ja paristoilla nimellisjännitteet ovat 1,5 V ja 1,2 V, ne voivat kuvata vain suurin piirtein käyttöjännitettä. Sormiakut ja -paristot toimivat kotitalouksien laitteissa normaalisti 1,7–1,1 V jännitteellä. Jännite-erojen lisäksi ainakin NiMH-parin sisäinen resistanssi on paljon pienempi kuin alkaliparin.

Pariston tai akun teho ja käyttökyky heikkenee käytön aikana. Käyttökykyä voidaan arvioida jännitemittauksen avulla, koska jännite sen mukana laskee. Käyttökyky heikkenee myös itsestään. Myös ainakin pariston sisäinen resistanssi kasvaa varausten purkautuessa. Sillä on vaikutusta ainakin virtaa vähentävästi, mikä todennäköisesti vaikuttaa jännitteeseen. Siten jännite ehkä ei kerro selvästi, miten paljon kapasiteetista on käyttämättä, vaan sitä voidaan käyttää muuten varaustason arvioimiseen. Yleisesti 1,1 V:n jännitettä pidetään minimijännitteenä. Sillä jännitteen tasolla ainakin sormiakkua pidetään jo loppuun purkautuneena.

Paristo tai akku syväpurkautuu, kun akun tai pariston varaus puretaan alle normaalin minimitason. Jännite putoaa normaalin noin 1,1 V minijännitteen alapuolelle, ja jännitteen pudotus silloin on nopeaa. Akkua voidaan tarkoituksellisesti syväpurkaa eli purkaa kunnollisesti tyhjäksi ennen lataamista, tai se voi syväpurkautua itsestään. Nopean syväpurkauksen edellytyksenä on, että vastus tai jokin vastuksena toimiva väline tai laite ei lopeta toimintaa pienellä jännitteellä. Useiden kotitalouksien laitteiden sähköpiiri myös estää syväpurkamisen. Monet laitteet vaativat jännitelähteeltä sen verran tehoa, että käyttö ei enää onnistu, kun jännite laskee 1,1 V alemmaksi. Kuitenkin sormiakkuja voidaan syväpurkaa vaikkapa taskulampuilla tai rakentamalla sille sähköpiiri yksinkertaisien vastuksien avulla.

Sormiakun kapasiteetti muuttuu lähes aina, kun niitä käytetään uudelleen, mutta muutos on yleensä pientä. Oikeastaan akut kestävät kuitenkin aluksi ainakin satoja latauksia kapasiteetin juuri kärsimättä. Lisäksi normaalisti ladattavat sormiakut kestävät satoja ellei tuhansia käyttösyklejä, ennen kuin niiden ominaisuudet hiipuvat käyttökelvottomiksi. Lataamisilla on vaikutusta kapasiteetin muutokseen eri käyttösykliä aikana. Ainakin pikalatauksen on huomattu pienentävän kapasiteettia normaalilataamista nopeammin. Erot on huomattu tulevan kuitenkin vasta satojen lataussykliä jälkeen.

Myös akkujen käytöillä on vaikutusta kapasiteettiin. Jos akkua puretaan jatkuvasti saman määräisesti purkamatta välillä tyhjäksi, sen kapasiteetti alenee käytettyyn purkausmäärään. Ilmiötä kutsutaan muisti-ilmiöksi, joka vaivaa jonkin verran NiMH-akkua. Epäjärjestelmällisestä latauksesta johtuvat muisti-ilmiö voi näkyä akun purkausjännitteessä noin 0,2 V:n ylimääräisenä alentumisena. Muisti-ilmiötä ehkäistään syväpurkamalla akkua välillä ja varaamalla akut taas täyteen.

Syväpurkaminen lyhentää NiMH-akun käyttöikää merkittävästi. Kuitenkin muisti-ilmiön ehkäisemiseksi vaaditaan akun tyhjentämistä kokonaan välillä. Litiumakun yksi etu on, että muisti-ilmiötä ei siinä esiinny ollenkaan. Se puolestaan voi vaurioitua välittömästi ja menettää suurimman osan kapasiteetista syväpurkautuessaan.

Sormiakkuja voidaan käyttää kotitalouksissa vaihtelevasti. Niitä voidaan olla käyttämättä välillä jopa pitkään. Lataamisessakin voi olla vaihtelua ja epäjärjestelmällisyyttä. Ker- takäyttöparistot purkautuvat itsestään käyttämättömänä melko hitaasti. NiMH-akkujen itsepurkautuminen on puolestaan varsin nopeata. Niille on arvioitu itsepurkautumisen olevan jopa 20 % kuukaudessa. Litiumakuille luvataan itsepurkautumisen olevan puolestaan 5 % kuukaudessa. Tulevaisuudessa ehkä enemmän käytettävien litiumia sisältävien sormiakkujen itsepurkautuminen on otettava huomioon varsinkin tehon loputtua. Tyhjäksi jäänyt litiumakku on vaarassa syväpurkautua ja menettää kapasiteettiansa. Se on silti vaarana, vaikka litiumakkuihin yleensä kuuluu erillinen ohjainpiiri syväpurkautumisen ehkäisemiseksi.

Ympäristön lämpötila vaikuttaa sormiakkujen ja -paristojen toimintaan. Pakkasessa sormiakut menettävät tehoa ja eivät kykene antamaan virtaa niin hyvin kuin normaali- lämpötilassa. Akut voivat hyytyä käytettäessä ulkona kylmällä säällä. Ne palautuvat ennalleen, kun ne tuodaan lämpimään. Pakkasen vaikutukset akkuihin riippuvat siitä, kuinka monta kertaa sormiakkuja on käytetty. Vaikutukset voivat olla vähäisiä vielä uusina. Pakkanen vaikuttaa kapasiteettiin erityisesti elontaipaleen loppupuolella.

Käytännössä pakkasen vaikutukset vaihtelevat eri sormiakkujen kesken. Toisiin akkuihin pakkasen vaikuttaa vasta satojen latauksien jälkeen. Toisiin se vaikuttaa huomattavasti aikaisemmin. Yleensä litiumakku ja NiMH-akku kestävät pakkasta lähes yhtä huonosti. NiCd-akulla on ollut niitä parempi kesto pakkasta vastaan. Alkaliparistot lie- nevät parempia pakkasessa kuin sormiakut. Erikoiset litiumparistot puolestaan ovat parhaita pakkaskestävyydeltään. Muuten akkujen säilytyslämpötilalla ei ole säilytyksen kannalta kovin kriittisesti merkitystä. [1;2;3.]

## 2.4 Sormiakkujen ja -paristojen jännitteen käyttäytymiseen liittyvät ilmiöt

Kertakäyttöparistot ja sormiakut toimivat lähes nimellisjännitteiden eron mukaisesti vähän eri jännitealueilla. Tavallisesti kertakäyttöparistojen lähtöjännite on siis korkeampi kuin vasta ladattujen sormiakkujen jännite. Kaupasta juuri ostetut kertakäyttöparistot ovat yleensä melko varautuneita, kun niiden itsepurkautuminenkin on melko pientä. Uudessa alkaliparistossa jännite on siis noin 1,7–1,5 V. Litiumparistolla lähtöjännite voi olla yli 1,7 V.

Sormiakkujen jännite on ehkä maksimissaan noin 1,5 V. Pohjimmiltaan lataamisen lopussa on tarkoituksena, että sormiakut saadaan mahdollisimman varautuneiksi. Käytännössä sormiakkujen käytössä niiden lähtöjännitteet vaihtelevat. Sormiakkuja ei ladata käytännössä aina täyteen kapasiteettiin eli täydellisesti, eivätkä ne vaadi maksimi lähtöjännitettä toimiessaan tarkoituksenmukaisesti. Sopiva lähtöjännite on 1,3–1,5 V. Niillä varauksilla sormiakkuja voidaan käyttää tarkoituksenmukaisesti.

Käytössä, käyttämättömänä ja lataamisissa jännite käyttäytyy vaihtelevasti. Paristojen ja akkujen jännitteen lasku on ainakin suurempaa käytön alussa tai vasta latautuneina kuin myöhemmin. Siten jännite ei kerro selvästi, kuinka paljon kapasiteetista on käytämättä, vaan sitä voidaan käyttää muuten varaustason arvioimiseen. Jännite kuitenkin aina laskee varaustason pienentyessä. Se laskee myös itsepurkautumisessa, vaikka paristoja ja akkuja ei käytetä. Jännitemittauksilla voidaan tutkia hyvin akun tai pariston käyttäytymistä.

Sormiakut eivät voi pitää yleensä laitetta toiminnassa, kun niiden jännite laskee noin alle 1,1 V:n. Kertakäyttöparistoilla minimi käyttöjännite on puolestaan suurempi, ehkä noin 1,2 V. Vaikka jännitetaso on kertakäyttöparistoilla sormiakkuihin verrattuna suurempi, niiden varaus ei ole välttämättä pienemmästä minimijännitteestä johtuen suurempi. Ainakin sormiakuilla jännite voi laskea hetkellisesti jopa 0,9 V:iin niiden käytön lopussa. Kuitenkaan moni laite ei suhteellisesti toimi kauan alle 1,1 V:n jännitteellä. Jännite laskee varauksen loppuessa noin 1,1 V:ssa jyrkästi. Akkujen ja paristojen jännite saadaan laskemaan 1,1 V:sta nopeasti, jos purkamiseen on mahdollisuus. Paristo tai akku voidaan siten enemmän tai vähemmän syväpurkaa. Jännitteen voidaan saada reilusti tai vähän alle normaalin tyhjän akun jännitteen eli alle 1,1 V:n.

Akut poikkeavat paristoista siten, että akkuja voidaan varata uudelleen, ja ainakaan kuluttajat eivät voi paristoja varata oikein uudelleen. Akkujen lataamisessa navoille kohdistetaan tietty jännite ja virta eli teho yleiseen sähköverkkoon kytkemällä. Jännite taas nousee akkuja ladatessa. Sormiakkujen lataamisessa tarkoitus on varata sormiakku tyhjästä täyteen. Samalla tarkoitus on nostaa sormiakkujen jännitteet noin 1,1 V:sta 1,3–1,5 V:iin. Jännitteen muuttumista seuraamalla latauksessa voidaan päätellä lataukseen kuuluvia asioita. Yleensä, kun akun jännite latauksessa kääntyy laskuun, voidaan päätellä latauksen päättyneen. Todennäköisesti myös siinä vaiheessa akun lämpötila on alkanut jo viimeistään nousta. [1;3.]

## 2.5 Sormiparistojen ja -akkujen kannattava ja oikeanlainen käyttö kotitalouksissa

Kotitalouksissa tyyppiä AA olevia jännitelähteitä käytetään erilaisissa laitteissa. Niitä voi tarvita kotitalouksissa runsaasti ja myös moneen paikkaan. Sormiakkuja ja -paristoja tarvitaan taskulampuissa, pyöränlampuissa, erilaisissa leluissa, radioissa, kuuntelulaitteissa ja apuvälineissä sekä kameroissa. Ne kuluvat ja toimivat laitteissa monin tavoin. Hitaasti sormiakkujen tai -paristojen energiaa kuluttavia laitteita ovat langattomat tietokoneen hiiret ja kaukosäätimet. Useat digitaaliset kamerat ovat runsaasti sormiakkujen ja -paristojen energiaa kuluttavia laitteita. Energiaa vaaditaan varsinkin, kun kameroilla videoidaan. Erilaisilla sormiakkujen ja -paristojen laatuun ja tyyppiin liittyvillä asioilla on vaikutusta ja merkitystä käytössä.

Litiumia sisältävät tyyppiä AA olevia jännitelähteitä kannattaa käyttää hitaassa kulutuksessa, kun niiden itsepurkautuminen on vähäistä. Kamerassakin sitä voi olla kannattavaa käyttää, jos kameraa käytetään vähän. Samalla niiden käyttö kameroissa tai myös muissakin mahdollisissa laitteissa on kevyempää kuin muiden paristojen tai akkujen käyttö. NiMH-akut sopivat parhaiten tyyppiä AA olevan jännitelähteen runsaaseen kulutukseen. Niiden runsas itsepurkautuminen ei ole haitaksi, jos käyttö on tarpeeksi tiheää. Akkuja voi ladata helposti uudestaan ja nykyään myös lukuisia kertoja uudelleen. Sormiakkuja kannattaa käyttää jo ainakin ekologisista syistä runsaalla kulutuksella. Kertakäyttöparistoja välttämällä voidaan vähentää ongelmajätteen kertymistä.

Jännitetaso voi vaikuttaa laitteiden toimintakykyyn. Jotkin laitteet eivät välttämättä kunnolla toimi sormiakuilla, koska niillä on paristoihin verrattuna pienempi nimellijännite. Alkaliparistot eivät välttämättä anna aina tarpeeksi hyvin virtaa.

Sormiakut tai litiumia sisältävät jännitelähteet paremmin virtaa antavina voivat toimia paremmin kuin alkaliparisto. Alkaliparin kapasiteettia ei voida välttämättä käyttää niin hyväkseen kuin voidaan käyttää sormiakkujen kapasiteettia. Uudemmissa digitaalisissa kameroissa alkaliparistot voivat toimia kuitenkin paremmin kuin vanhemmissa kameroissa.

Laitteet voivat käyttää tyyppiä AA olevia jännitelähteitä vaihtelevasti. Useat kotitalouksien laitteet, kuten esim. kamerat, vaativat suurempaa tehoa, eivätkä syväpurkaa akkuja helposti. On kuitenkin laitteita, jotka eivät lopeta toimintaa, vaikka jännitelähteellä olisi varaus vähissä. Mm. jotkin valaisimet, kuten taskulamppu tai pyöränlamppu voivat toimia vielä jännitelähteellä, jonka teho on loppunut esim. kameran käyttämisessä. Valaisin on kuitenkin huomattavasti himmeämpi alle 1 V:in jännitteellä kuin sitä suuremmalla jännitteellä.

Taskulampuissa voi olla kahden tyyppiä AA olevan jännitelähteen sarjaankytkentä. Monimutkaisempi digitaalinen kamera voi vaatia neljä sormiparistoa tai -akkuja, jotka kytetään rinnan. Sormiakkujen tai -paristojen yhtäaikainen käyttö voi tuoda hankaluuksia. Kun akut ovat esim. kytkettynä rinnan, niiden käyttö on turvallisinta, kun sormiakut on ladattu yhtä aikaa. Lisäksi käyttöturvallisuutta parantaa, kun laitteessa käytettävät akut tai paristot ovat samanlaisia ja muuten samassa purkautumisvaiheessa. Akut tulisi laittaa laitteeseen lisäksi samaan aikaan. Eri purkautumisvaiheessa olevien paristojen tai akkujen välillä voi tapahtua purkautumista ja latautumista, minkä seurauksena voi alkaa kehittyä kaasua. Tämä voi johtaa pariston tai akun pokahtamiseen. [1;3;4.]

## 2.6 Sormiakkujen oikeanlainen lataaminen

Standardin vuoksi sormiakut ja -paristot mahtuvat samoihin latureihin. On huomioitava, että ei lataa vahingossa kertakäyttöparistoja. Käytännössä markkinoilla olevat laturit on tarkoitettu NiMH-akuille. Joissakin vanhemmissa latureissa voi olla kuitenkin aiemmin käytettävien NiCd-akkujen latausmahdollisuus. NiMH-akkuja voidaan ladata myös vahingossa NiCd-akuille tarkoitettulla latauksella. NiCd-akkuilla lataus on NiMH-akkujen lataukseen verrattuna tehokkaampaa. NiMH-akku on hitaampi latautumaan kuin NiCd-akku. NiCd-akkuja voitiin ladata kovemmalla teholla noin kolmessa tunnissa. NiMH-akkuja ladataan normaalilla tavalla noin 8 tunnissa.

Kaikilla lataamisilla ehdoton vähimmäislatausaika on 1 tunti. NiMH-akuille on pikalatureita, jotka lataavat tyhjät akut vähän alle neljässä tunnissa täyteen. Pikalaturi antaa suurempaa virtaa kuin normaali laturi. On arveltu, että pikalataus ei sovi NiMH-sormiakuille. Sen arvellaan heikentävän akkujen kapasiteettia nopeammin useiden käyttökertojen aikana. NiMH-akku kehittää ainakin latauksen aikana lämpöä. Akun kapasiteetin pitempään säilymisen kannalta varmintä on ladata NiMH-akku hitaasti 8 tunnin latauksilla.

Periaatteessa latauslaitteessa olevan merkkivalon mukaan voidaan päätellä, lataako laite. Merkkivalon vaihtuminen periaatteessa tarkoittaa sitä, että sormiakut on ladattu täyteen. Samalla latauslaite voi siirtyä kovemmasta lataamisesta ylläpitolataukseen merkkivalon vaihduttua. Kun latauslaitteissa ladataan akkuja, jotka eivät vastaa latauslaitteen merkkiä, voi latauslaitteen ja merkkivalon toiminta olla silloin tarkoituksenmukaisesta toiminnasta poikkeavaa. Merkkivalo ei välttämättä vaihdu normaalilatauksessa erimerkkisillä akuilla, vaikka akku olisi täynnä. Jos merkkivalo ei kunnolla toimi tai ei ole ylläpitolatausominaisuutta, akkuja voidaan siten helposti ladata liikaa. Ehkä noin kahdeksan tunnin normaalilatauksen jälkeen NiMH-akuilla jännite voi alkaa jo laskemaan. Samalla NiMH-akkujen lämpötila alkaa jo viimeistään nousta.

Mahdolliset tyyppiä AA olevat litiumakut vaativat omat laturinsa. Käytön lisäksi lataaminen vaatii litiumakuilta erilaisia asioita. Akut voivat helposti räjähtää, jos niitä ladataan väärin. Latureissa akkujen täyteen varautumisen tunnistamisominaisuus on turvallisuuden ja akkujen kestävyuden kannalta edullinen ominaisuus, varsinkin litiumakuilla. Litiumakun latausaika voi olla jopa alle 1 tunnin, eikä akku juurikaan lämpene sen aikana. Useissa litiumakuissa on monimutkainen suojapiiri, joka katkaisee sähköisen yhteyden akkuun, jos se havaitsee yli- tai alijännitettä tai liian korkean lämpötilan. Ilman suojapiiriä akun lataaminen ja jopa käyttö on vaarallista räjähdysvaaran vuoksi. [1;2;3;4;5.]

## 2.7 Sormiparistojen ja -akkujen kannattava käyttö taloudellisesti

Tyyppiä AA olevien paristojen ja akkujen kannattavuutta taloudelliselta kannalta selvitetiin tutkimalla niiden hintoja. Sormiakkujen ja -paristojen sekä latureiden hinnat käytiin tarkastamassa muutamista pääkaupunkiseudun kaupoista lokakuussa 2010 (taulukko 1, ks. seur. s.; taulukko 2, s. 13).



Hintoja käytiin tutkimassa Prismassa Espoon Olarissa, Helsingin Ruoholahden Citymarketissa ja Verkkokaupassa sekä Helsingin Kampissa Anttilassa. Kaupoissa oli litiumparistoja, alkaliparistoja sekä monenlaisia NiMH-akkuja ja niiden latureita. NiMH-akkuja oli useita erimerkkisiä, ja niiden varauskyvyssä oli vaihtelua. Kannattavuuden vertailemiseksi sormiakuille ja -paristoille laskettiin yksikköhinnat.

Alkaliparistoilla yksikköhinnat olivat noin 1 €, litiumparistolla yksikköhinta oli jo 2,5 €. Sormiakuille yksikköhinnoiksi saatiin 2,5–5 €. Kertakäyttöinen litiumparisto maksoi saman verran kuin halvin Liebermann-merkinen ladattava sormiakku. Keskimääräinen yksikköhinta sormiakuilla oli noin 4 €. Sanyo Eneloop -merkkiselle sormiakulle saatiin kaksi yksikköhintaa, koska se oli myynnissä neljän ja kahdeksan kappaleen paketeissa. Tyyppiä AA olevia sormiakuja oli myytävänä ainakin erilaisilla varauskyvyillä 1 900–2 700 mAh. Hinnat riippuivat ehkä paljon kaupasta, ja joissain tapauksissa varauskyky nosti hintaa. Oli mahdollista, että hinta-laatu-suhteella oli vaikutusta ainakin akkujen ikään. (Taulukko 1; taulukko 2, ks. seur. s.).

Taulukko 1. Kertakäyttöparistojen ja sormiakkujen hinnat

Kertakäyttöparistojen merkki	Kuvaus	Kauppa	Yksikköhinta/ kpl
Rainbow	alkaali	Prisma	0,625 €
Philips	litium ultra	Prisma	2,500 €
Energizer	ultra+	Citymarket	1,198 €
Sormiakkujen merkki	Varaus / mAh		
Lenmar	2 500	Verkkokauppa	3,325 €
-"-	2 700	-"-	4,225 €
Liebermann	1 900	-"-	2,500 €
Sanyo eneloop	2 000	-"-	4,475 € / 3,6125 €
Sony	2 500	-"-	3,975 €
-"-	2 000	-"-	3,225 €
Energizer	2 450	Citymarket	3,238 €
-"-	2 650	-"-	3,500 €
-"-	2 200	-"-	3,738 €
Panasonic	2 600	Anttila	5,000 €
-"-	2 100	-"-	5,000 €
Varta	2 100	-"-	
-"-	2 700	-"-	5,000 €
Philips	2 600	Prisma	5,000 €
Duracell	2 000	-"-	4,000 €
GP ReCyko	2 100	-"-	3,875 €

Aivan selvää ei ollut, oliko kannattavampaa käyttää sormiakuja vai sormiparistoja. Kannattavuus riippui siitä, kuinka monta käyttökertaa tarvittiin jännitelähteille.

Yhden sormiakun hinta oli suurempi kuin yhden sormipariston hinta. Muutamalla käyttökerralla oli jo sormiakut edullisempi vaihtoehto kuin sormiparistot. Kun sormiakkujen hinnassa otettiin huomioon laturin hinta, sormiakut olivat vielä kannattavampia runsaammalla käytöllä. Kannattavuuden arviointia hankaloitti se, että käyttökertojen pituudet ja käyttöominaisuudet saattoivat vaihdella eri sormiakuilla ja -paristoilla.

Kertakäyttöparistoja kannatti selvästi ostaa, kun tyyppiä AA olevia jännitelähteitä tarvittiin esim. vain kaksi. Kertakäyttöparistoja voitiin alkaa käyttää jo pienemmillä kustannuksilla. Kertakäyttöparistoja hankkimalla jännitelähteiden lisäksi niitä varten ei tarvinnut ostaa laturia. Kertakäyttöparistojen ja sormiakkujen käyttöön jouduttiin joka tapauksessa investoimaan enemmän kuin yhden sormiakun tai -pariston hinnan verran. Sormiparistoja tai -akkuja oli ostettava kahden, neljän tai kahdeksan kappaleen pakeissa. Yleensä niitä myytiin neljän kappaleen pakeissa. Sormiakkuja hankittaessa ei tarvinnut välttämättä investoida laturiin, jos sellainen oli ennestään. Sormiakkuja voitiin ostaa erikseen. Sormiakkuihin jouduttiin investoimaan erikseen 10–20 € ja sormiparistoihin 2,5–5 €.

Akuille oli merkkejä vastaavia latureita, joihin mahtui ladattavaksi maksimissaan neljä tai kaksi sormiakkuja. Kun tarvittiin laturia, laturin mukana tuli myös vastaavia sormiakkuja. Latureilla oli hintaa 10–25 €. Tavallisten latureiden hinta oli 10–21 €, ja pikalaturi maksoi noin 25 €. Laturin hintaan kuului mukana tulevia sormiakkuja sen verran, kuinka paljon laturissa maksimissaan voitiin ladata. Mukana tulleille sormiakuille oli tietty varauskyky. Todellinen latureiden hinta saatiin, kun mukana tulleiden sormiakkujen yksittäiset hinnat vähennettiin latureiden ostohinnoista. Latauslaitteiden todellisiksi hinnoiksi voitiin arvioida 5–10 €. (Taulukko 2.)

Taulukko 2. Sormiakkujen latauslaitteiden hinnat

Merkki	Mukaan tulevat paristot	Kauppa	Hinta / kpl
Sanyo Eneloop	2 kpl	Verkkokauppa	20,90 €
Sanyo pikalaturi	2 kpl	-"-	24,90 €
Sanyo Eneloop	4 kpl (1 900 mAh)	-"-	20,90 €
Sony	4 kpl (2 500 mAh)	-"-	
Liebermann	2 kpl (2 100 mAh)	-"-	9,90 €
Lenmar	4 kpl (2 500 mAh)	-"-	19,90 €
Energizer	4 kpl (2 000 mAh)	Citymarket	19,95 €
Eenergizer	4 kpl (2 000 mAh)	-"-	19,95 €

### 3 Yhteisiä asioita eri mittausten toteuttamisessa

Insinööriyön mittaukset tehtiin syksyn 2010 ja talven 2011 aikana kahden kameran ja digitaalisen yleismittarin avulla. Kameroilla tehtiin mittauksia monina päivinä useiden kuukausien aikana. Syksyllä 2010 alettiin tehdä mittauksia Canon PowerShot A710IS -merkkisellä kameralla. Sillä purettiin erimerkkisiä sormiparistoja ja -akkuja. Mittauksilla saatiin selville asioita jännitteen yleisestä käyttäytymisestä sormiakuissa ja -paristoissa. Mittauksilla selvitettiin sormiparistojen ja -akkujen eroja käytössä ja muuten. Tarkoituksena oli saada selville kannattavuuteen liittyviä asioita. Kameralla videoitiin paristot tai akut loppuun tekemällä samalla jännitemittauksia.

Sormiakkuihin liittyvien ilmiöiden ja lataamisen tutkiminen aloitettiin myöhemmin syksyllä. Canon PowerShot A710IS -kameran, jännitemittarin ja tavallisen vanhan laturin avulla alettiin tehdä mittauksia väärinlataamisen tutkimiseksi. Itsepurkautumista alettiin tutkia tekemällä joillekin käyttämättömille sormiakuille ja -paristoille jännitemittauksia. Mittausten avuksi saatiin myöhemmin Canon PowerShot S5IS -kamera. Sillä saatiin purettua useita sormiakkuja ja tehtyä mittauksia tehokkaammin. Kun asioiden tutkimuksia oltiin aloitettu PowerShot A710IS -kameran avulla, helpotettiin jatkamista niitä PowerShot S5IS -kameran avulla. PowerShot S5IS -kameran avulla tehtiin mittauksia eri sormiakkujen käytön kannattavuuksien tutkimiseksi. Talvella 2011 sen avulla tehtiin mittauksia väärinlataamisen tutkimisen lisäksi syväpurkamisen ja pikalataamisen tutkimiseksi.

Insinööriyön mittauksissa keskityttiin tekemään jännitemittauksia, kun sormiakkujen tai -paristojen varauksia purettiin kameroilla. Kameroiden käyttäminen vei mittauksista eniten aikaa. Mittaukset sisälsivät myös erilaisia lataamisia ja jännitemittauksia lataamisissa. Lisäksi mittaukset sisälsivät joissain tapauksissa sormiakkujen syväpurkamista yksinkertaisella vastuspiirillä. Mittauksiin kuului myös jonkin verran jännitemittauksia aikoina, jolloin sormiakkuja ei erityisemmin käytetty. Useita ilmiöitä, yleistä toimintaa ja kannattavuutta selvitettiin jännitemittauksilla, joita tehtiin sormiakkujen ja -paristojen purkamisen aikana. Lataamista normaalilla tavalla tutkittiin erikseen jännitemittauksien perusteella lataamisessa.

Pikalatausta ja väärinlatausta tutkittiin lataamisissa tehtyjen mittausten perusteella. Erityisesti niitä lataamisia tutkittiin jännitemittausten perusteella, joita tehtiin eri tavalla poikkeavalla tavalla ladatuille sormiakuille niiden purkamisien aikana. Syväpurkamisen vaikutuksia tutkittiin kameran ja jännitemittarin lisäksi yksinkertaisen vastuspiirin avulla. Syväpurkamisen tutkimiseksi jännitemittauksia tehtiin, kun vastuspiirillä syväpuretuja sormiakkuja purettiin kameralla. Lämpötilan vaikutuksia kulutukseen selvitettiin jännitemittausten avulla, kun sormiakkuja purettiin kameroilla kylmässä. Monia muita ilmiöitä tutkittiin myös jännitemittauksilla, kun sormiakkuja purettiin. Itsepurkautumisen ja muiden ilmiöiden tutkimiseksi tehtiin jännitemittauksia lataamisien ja käyttöjen välisinä aikoina tai muuten käyttämättömänä.

### 3.1 Kameroiden käyttö mittauksissa

Mittauksissa käytetty Canon PowerShot S5IS -merkkinen kamera toimi neljällä ja Canon PowerShot A710 -merkkinen kamera kahdella rinnan kytketyllä tyyppiä AA olevalla jännitelähteellä. PowerShot S5IS -digitaalikamera oli pienempään PowerShot A710IS -digitaalikameraan verrattuna ainakin teknisiltä ominaisuuksilta parempi ja monimutkaisempi. Se oli myös tehokkaammalta näyttävä ja jäməkämmän näköinen sekä isompi. Ainakin videoinnissa äänen laatu oli PowerShot S5IS:ssä PowerShot A710IS:ää parempi.

Canon PowerShot A710IS -merkkisen kameran erotuskyky oli 7,1 megapikseliä. S5IS:llä oli 8 megapikselin erotuskyky. Molemmilla kuvauksen tarkkuus oli asetettu 640 \* 480:ksi ja videointinopeus tai videoinnin kuvausnopeus oli 30 kuvaa sekunnissa. Kameroissa oli paljon yhteistä. Poikkeavaa oli PowerShot S5IS:ssä suurempi paristojen määrä ja vähän paremmat ja tehokkaammat ominaisuudet. Kameroilla oli mahdollisuus ottaa videota ja valokuvaa sekä katsella niitä kameran takana olevalla näytöllä.

Kameroihin käytettiin Transcend-merkkisiä 2 gigatavun tai 4 gigatavun muistikortteja. PowerShot A710IS -kamerassa käytettiin pääasiassa 2 gigatavun suuruista muistikorttia, jolloin siihen saatiin mahtumaan noin 17 minuuttia videota. PowerShot S5IS -kameralla käytettiin 4 gigatavun muistikorttia, kun sillä voitiin videoida muistikortin täyteen noin vähän päälle 30 minuuttia. Mittauksissa kameroilla videoitiin yhteen me-noon niin kauan kuin oli mahdollista.

PowerShot A710IS -kameralla videointi keskeytyi itsestään ainakin kerran muistikortin aikana. Kamera ei voinut ottaa noin vähän päälle 9 minuuttia pitempään videota yhteen menoon normaaleissa kuvausolosuhteissa. PowerShot S51S -kamera kykeni ottamaan videota puolestaan katkeamatta koko muistikortin ajan. PowerShot A710IS -kamera käynnistettiin kahden gigatavun muistikorttia käytettäessä yleensä kerran kunkin muistikortin käytön aikana. Pakkasessa ja pimeässä saattoi onnistua videoiminen pitempäänkin yhtäjaksoisesti.

Kameroissa nykyajan digitaalikameroille tyypilliseen tapaan takana olevaa pientä näyttöä voitiin hyödyntää videoinnissa ja valokuvien ottamisessa. Näytön avulla voitiin myös katsella otettuja videoita ja kuvia. Sitä voitiin käyttää sekä kuvien että videoiden katseluun ja kuvien ja videoiden ottamiseen. Kamerat voitiin asettaa toiminta- tai katselutilaan. Toimintatilassa kameran päälle kytkemisessä kamera asettui valmiustilaan. Silloin se oli valmis aloittamaan videoinnin tai valmis ottamaan kuvia. PowerShot A710IS:ssa kameran linssi tuli siis päälle kytkemisessä esiin ja takana oleva pieni näyttö oli minuutin ajan päällä näyttäen linssin antamaa kuvaa. Katselutilassa kameran päällä olevassa tilassa takana oleva näyttö näytti jotain muistissa olevaa kuvaa viisi minuuttia yhteen menoon, ellei kuvaa vaihdettu.

### 3.2 Sormiakkujen ja -paristojen käyttö mittauksissa

Mittauksissa käytettiin useita erilaisia sormiakkuja ja paristoja, joita hankittiin lokakuussa 2010 hintatutkimusten yhteydessä. Hankintoja suoritettiin hintatutkimusten mukaisilla hinnoilla ja niiden mukaisista kaupoista (taulukko 1, s. 12; taulukko 2, s. 13). Eri-merkkisiä ja monenlaisia sormiparistoja ja -akkuja hankittiin niiden erojen tutkimiseksi ja kannattavuuksien vertailemiseksi. Ostettiin varauskyvyltään noin 2 000 mAh:n Sanyo Eneloop-, Liebermann-, Sony-, Duracell-, GP ReCyko- ja Energizer -merkkisiä sormiakkuja (taulukko 1; s. 12). Lisäksi hankittiin varauskyvyltään 2 500 mAh:n suuruisia Sony-merkkisiä sormiakkuja kapasiteettierojen vaikutusten tutkimiseksi. Hankittiin myös kertakäyttöisiä Philips-merkkisiä litiumparistoja ja Rainbow- ja Energizer -merkkisiä kertakäyttöparistoja. Niiden avulla voitiin tutkia, miten kannattavaa oli käyttää kertakäyttöisiä tai ladattavia tyyppiä AA olevia jännitelähteitä.

Kaikkia erilaisia ostettuja tyyppiä AA olevia jännitelähteitä ostettiin useita. Paristoja ja akkuja ostettiin pääasiassa neljän kappaleen paketeissa.

Ladattavia Sanyo Eneloop -merkkisiä sormiakkuja ostettiin kahdeksan kappaleen pakkettina, ja kertakäyttöisiä Philips-merkkisiä litiumparistoja ostettiin kahden kappaleen pakkettina. Useita sormiakkuja käytettiin vähän niiden erojen tutkimiseksi. Enemmän hankittuja Sanyo Eneloop -sormiakkuja käytettiin paljon erilaisten ilmiöiden ja lataamisien tutkimiseksi. Myös varauskyvyltään 2 000 mAh:n suuruisia Sony-sormiakkuja käytettiin normaalia enemmän monenlaisten asioiden tutkimiseksi Sanyo Eneloop -sormiakkujen mukana.

Käytettävät sormiakut ja -paristot olivat uusia kaikkien mittausten alussa. Useiden sormiakkujen käyttö jäi kahteen tai muutamaan käyttökertaan. Jännitemittauksia saatettiin tehdä yhden käyttökerran verran. Joillekin sormiakuille tehtiin useita käyttökertoja ja mittauskertoja. Sormiakut merkattiin niin, että tiedettiin, miten niitä oltiin käytetty. Samoja sormiakkuja käytettiin yleensä saman ilmiön tai asian tutkimiseen.

Videointimittaukset pyrittiin tekemään mahdollisimman ladatuilla sormiakulla. Sormiakut olivat mittauksissa ainakin kerran ladattu, mutta kuitenkin mahdollisimman uusia, ja mahdollisimman vähän kertaa ladattuja. Akut pyrittiin lataamaan mahdollisimman sopivasti. Lähtöjännitteiksi pyrittiin saamaan päälle 1,3 V. Kaikissa sormiakkuja sisältävissä mittauksissa ne oltiin ladattu ja käytetty ainakin kerran havainnollisempien tuloksien aikaansaamiseksi. Ne oltiin käytetty joskus useaankin kertaan, kun videointimittaukset pyrittiin aloittamaan mahdollisimman suurilla alkujännitteillä.

Tarkoituksena oli, että Sanyo Eneloop -sormiakkuja käytettiin siten, että ne olivat mukana eri mittauksissa. Siten voitiin vertailla mittauksia. Sanyo Eneloop -sormiakkua käytettiin lähes kaikissa mittauksissa ja monien ilmiöiden tutkimuksissa mukana. Useissa mittauksissa käytettiin sormiakkuja yhtä aikaa, joissa niiden merkit tai käsittelytavat vaihtelivat. Niissä huomattiin, että jännitteet saattoivat vaihdella eri sormiakkujen kesken silloin paljon. Eroja huomattiin, kun samoja toimenpiteitä suoritettiin usean kerran peräkkäin. Osat vaihtuivat jännitteen suuruuksien osalta käyttökerran vaihtuessa. Sony-sormiakku ja Sanyo Eneloop -sormiakku toimivat usein yhtä aikaa mittauksissa. Kun Sony-sormiakkua käytettiin yhtä aikaa muiden sormiakkujen kanssa, loppui teho useasti, kun Sony-sormiakulla oli pienempi jännite. Sony-sormiakku useasti latautui Sanyo Eneloop -sormiakun kanssa samalla latauksella Sony-akkua pienempään jännitteeseen.

### 3.3 Laturit

Erilaisten lataamisien suorittamiseksi käytettiin kolmea erilaista laturia. Kaksi niistä oli tavallista laturia ja yksi pikalaturi. Mittauksia varten hankittiin uuden tavallisella tavalla NiMH-sormiakkuja lataavan Liebermann-merkkisen laturin. Hankittiin myös Sanyo Eneloop -merkkisen pikalaturin pikalatauksen tutkimiseksi. Lisäksi käytettiin tavallisella tavalla lataavaa Lenmar-merkkistä laturia, jolla voitiin ladata NiMH-akkujen lisäksi myös NiCd-sormiakkuja. Sitä käytettiin väärinlataamisen tutkimiseen. Laturit voitiin kytkeä yleisiin pistorasioihin eri tavoin: tavalliset laturit suoraan ja pikalaturi johdon kautta. Latureissa oli merkkivalo, joka paloi lataamisen aikana ja jonka väri vaihtui merkinä laturin mukaisen latausajan umpeen kulumisesta.

Lenmar-merkkinen laturi kykeni lataamaan neljää tai kahta tyyppiä AA olevia sormiakkua, neppariakkuja ja tyyppiä AA olevia akkuja. Siinä olevalla kytkimellä valittiin, ladattiinko Ni-Cd- vai Ni-MH -akuille kuuluvalla tavalla. Ni-MH-sormiakkuille kuuluvalla tavalla latausajaksi annettiin 8 tuntia, Ni-Cd-sormiakkuille noin 3,5 tuntia. Laturissa ollut valo vaihtui punaisesta vihreäksi merkinä latausajan umpeen kulumisesta tai latauksen loppuun viemisestä.

Liebermann-merkkinen laturi kykeni lataamaan vain kahta Ni-Mh-tyyppistä sormiakkua. Punaisen latausajan valon oli tarkoitus vaihtua vihreäksi latausajan umpeen kulumisen merkiksi. Se harvoin näytti vihreätä, vaikka latauksessa oltiin pidetty pitkään. Parhaiten merkkivalo toimi Liebermann-merkkisillä akuilla. Sanyo Eneloop -pikalaturilla voitiin ladata kahta Ni-Mh-sormiakkua. Pikalaturi latasi sormiakut noin kolmen ja puolen tunnin aikana. Punainen latausajan merkkivalo sammui merkinä latauksen päättymisestä.

### 3.4 Mittaukset kamerakäytöillä ja muissa vaiheissa

Sormiakkuja tai -paristoja purettiin videoimalla mahdollisimman yhteen menoon niin pitkään kuin tehoa riitti. Videoitiin useita muistikortteja. Videoitiin niin pitkään, kunnes muistikortti tuli täyteen, paristojen tai akkujen virta loppui tai videointi muuten katkesi itsestään. Muistikortin tullessa täyteen vaihdettiin se toiseen tyhjään korttiin. Muistikortin vaihdon jälkeen pyrittiin jatkamaan videointia ja saamaan käyttökerta loppumaan mahdollisimman nopeasti. Muistikorttia jouduttiin vaihtamaan useaan kertaan käyttökertojen aikoina.

Sormiakkuja tai -paristoja purettaessa kameroilla mitattiin jännitelähteiden jännitteitä yleensä useaan kertaan käyttökertojen aikana. Tavallisimmin jännitemittauksia tehtiin muistikortin vaihdon yhteydessä. Silloin jännitteet oli helppo mitata. Jännitteet otettiin myös ylös käyttökerran alussa ja sormiakkujen tai -paristojen tehojen loppuessa käyttökerran lopussa. Jännitemittausten perusteella tehtiin kuvaajat eri asioiden tutkimiseksi tai havainnollistamiseksi. Joitakin asioita tarkasteltiin myös taulukoiden avulla. Jännitemittauksia tehtiin välillä myös muulloin kuin purkamisen aikana. Jännitemittauksia tehtiin välillä purkamisen jälkeen, latauksessa ja latauksen jälkeen sekä mahdollisissa videointiin liittyvissä tauoissa.

Jännitemuutoksia oli vaihtelevasti. Purkamisen aikana jännitemittauksia tehtiin tavallisesti vakio välein. Muina aikoina ja muissa käytön eri vaiheissa jännitemittaukset onnistuivat helpommin ja tiheämmin. Niitä myös pyrittiin tekemään tiheään silloin, kun havaittiin tai oli odotettavissa suuria jännitemuutoksia. Saatiin monenlaisia asioita ja ilmiöitä kuvaavia jännitekäyriä. Jännitekäyrissä kuvattiin jännitteiden käyttäytymistä ajan funktiona. Jännitekäyrien ajat mitattiin ja laskettiin muistikortin videoiden pituuksien perusteella sormiparistojen ja -akkujen purkamisen ajalta. Muuten ajat laskettiin ja mitattiin mittausajankotien perusteella. Insinööriyön kuvaajissa y-akselilla oli sormiparistojen tai -akkujen jännitteet ja x-akselilla toimintoon kuluneet ajat.

Monesti tulokset pystyttiin jo ennakkolta suurin piirtein arvioimaan, kun samantyyppistä toimintaa tutkittiin useaan kertaan. Siten voitiin arvioida mm. jännitemuutosten vaihtelut. Jännite esim. saattoi pysyä pitkään lähes samana ja muuttua jossain kohdassa nopeasti. Ensimmäisissä mittauksissa tehtiin jännitemittauksia tiheämmin kuin myöhemmissä mittauksissa talvella. Varsinkin sormiakkuja ja -paristoja purettaessa tehtiin jännitemittauksia tiheämmin insinööriyön mittausten alussa kuin myöhemmin.

Mittausvälit vaikuttivat siihen, kuinka realistisesti voitiin kuvata jännitteiden käyttäytymistä. Useasti käytetyt mittausvälit olivat liian pitkiä nopeiden jännitevaihteluiden kuvaamiseksi tarpeeksi realistisesti ainakin myöhemmissä mittauksissa. Kamerakäytössä jossain vaiheessa jännitemittauksien tekeminen vakiintui siten, että niitä tehtiin noin joka toisen muistikortin vaihdon yhteydessä.



Canon PowerShot S5IS -kameralla yhden käyttökerran aikana kortti vaihdettiin maksimissaan 7 kertaa. Kun lähtöjännite oli pienempi, mutta vielä siedettävä, tarvitsi muistikorttia vaihtaa vain neljä kertaa käyttökerran aikana. Aina muistikortin vaihdon yhteydessä jännitteitä ei edes tutkimusten helpottamiseksi mitattu. Välillä ilmiöiden tutkimista helpotettiin, kun tarkasteltiin vain lähtö- ja loppujännitteitä sekä videoinnin kestoja.

Canon PowerShot A710IS -kameralla saatiin selkeämpiä käyriä jännitemittauksilla. Jo pienempien muistikorttien ansiosta niitä jouduttiin vaihtamaan tiheämmin. Mittauksia oli helpompi tehdä myös tiheämmin. PowerShot A710IS -kamera kuitenkin kykeni videoimaan lyhyemmän aikaa samoilla akuilla tai paristoilla kuin PowerShot S5IS -kamera. Muistikortteja kuitenkin vaihdettiin PowerShot A710IS -kameralla suhteellisesti enemmän aina yhden käyttökerran aikana.

Jännitteet pyrittiin mittaamaan digitaalisella yleismittarilla mahdollisimman nopeasti kortin vaihdon yhteydessä tai koko videointikerran lopussa. Se pyrittiin mittaamaan mahdollisimman nopeasti aina virran katkeamisen jälkeen. Otettiin ylös videokuvan kesto täysinäisestä muistikortista, jonka jälkeen se tyhjennettiin uudelleen käytettäväksi. Kun sormiakut tai sormiparistot tyhjenivät niin, että käyttö ei enää onnistunut, mitattiin loppujännite. Sitä ennen kamerat olivat näyttäneet akuissa merkkiä, että jännitelähteen teho oli vähissä.

Latauksessa jännitemittauksia välillä tehdessä jouduttiin ottamaan sormiakut pois latauksesta hetkellisesti, ja laittamaan ne uudelleen latautumaan. Lenmar-laturilla merkkivalo ilmoitti katkaisun jälkeen seuraavat 8 tuntia, että sormiakut eivät olleet täynnä. Se ilmoitti myös samalla jatkavansa lataamista. Kun lataamisen aikana tehtiin useita mittauksia, pidettiin sormiakkuja latauksessa muuten kuluneen ajan perusteella.

### 3.5 Muiden sähköpiirien käyttö mittauksissa

Sormiakkujen ja -paristojen tutkimiseen oli käytettävissä myös elektroniikka harrastajien rakennussarja. Sen avulla voitiin toteuttaa sähköpiiri irrallisten komponenttien ja kiinnitysalustana toimivan piirilevyn avulla. Sormiparisto tai -akku voitiin kytkeä piiriin jännitelähteeksi. Jännitelähteen navat voitiin yhdistää sähköpiiriin metallijohtimilla piirilevyn kautta. Kytkentöjä voitiin muuttaa piirilevyllä komponenttien metallijohtopätkien avulla ja komponentit voitiin kytkeä tarvitsematta juottaa piirilevyyn.

Elektronisella rakennussarjalla rakennetun sähköpiirin avulla voitiin kuluttaa sormiparistoja ja -akkuja. Kotitalouksien laitteet saattoivat kuluttaa jännitelähteitä epätasaisesti. Epätasainen kulutus oli ainakin mahdollista monimutkaisen sähköpiirin ansiosta. Rakennussarjalla voitiin toteuttaa mahdollisimman yksinkertainen sähköpiiri. Yksinkertaisen vastuksen piirillä saatiin varaukset purkautumaan suhteellisen tasaisesti. Käytössä olevan rakennussarjan avulla oli kuitenkin mahdotonta toteuttaa massiiviset mittaukset, joita tarvittiin insinööriyössä. Ensinnäkään tarpeeksi pientä vastusta ei heti löydetty, jotta kulutus oltaisiin saatu tarpeeksi nopeaksi. Myös sähköpiirissä kytkennät olivat välillä heikkoja, mikä aiheutti paljon virheitä. Sormiakkuja ja -paristoja purettiin siis kameroilla.

Kameroilla ei voitu syväpurkaa sormiakkuja. Rakennussarjoilla se onnistui. Yksinkertaisella vastuspiirillä syväpurettiin sormiakkuja syväpurkamisen tutkimiseksi. Syväpurkamista varten tehtiin sähköpiiri, jossa useampia vastuksia kytkettiin rinnan ja siten saatiin mahdollisimman pieni vastus. Käytännössä neljä rakennussarjasta löytynyttä pientä vastusta kytkettiin rinnan. Minimissään noin 18,6 ohmin vastusta voitiin käyttää syväpurkamisen tutkimisessa.

### 3.6 Epävarmuustekijöitä mittauksissa

Oli vaikea arvioida, kuinka epätasaisesti kamerat tarvitsivat tehonlähteen tehoa. Yksinkertaisen vastuksen avulla tehon kulutus olisi ollut tasaista. Muuten itse tehdyllä yksinkertaisella piirillä olisi ollut muita epävarmuuksia. Videota otettaessa tehoa otettiin ehkä kuitenkin suhteellisen tasaisesti. Erialaisten jännitelähteiden kulutuksen vertailemiseen kameran käyttö sopi hyvin. Se sopi varsinkin, kun tutkittiin sormiakkujen ja -paristojen käytön kannattavuutta kotitalouksissa.

Mittauksissa pyrittiin saamaan mahdollisimman selkeät todelliset jännitteen arvot. Siten jännitemittaukset usein pyrittiin tekemään mahdollisimman nopeasti, kun jännite muuttui välillä nopeasti. Nopeudella oli merkitystä varsinkin mittauksissa käytön ja lataamisen aikana. Kun välillä jännitemittausten ajankohdat perustuivat kännykän kellonaikaan, saatiin ajat suurin piirtein minuutilleen. Joissakin vaiheissa oli nopeita jännitemuutoksia jo minuuteissa. Siten kellonkin käyttö saattoi tuoda karkeita tuloksia.

Kamerakäytön aikana jännitteen käyttäytymisen kuvauksessa ajat laskettiin muistikorttien videoiden pituuksien perusteella. Siten saatiin karkeutta kuvaajiin, kun sormiakkujen energiaa kului myös muuten kuin videoinnin aikana. Kamera pysyi välillä valmiustilassa enemmän tai vähemmän ennen videointia tai videoinnin jälkeen. Valmiustila kulutti sormiakkuja ja -paristoja paljon, välillä jopa yhtä paljon kuin videokuvaukset. Jo kameran avaaminen ja objektiin aukaiseminen vei huomattavasti energiaa. Lisäksi oli myös muita sormiparistoja ja -akkuja runsaasti kuluttavasti tekijöitä. Ainakin itsepurkautumisesta aiheutui usein häviöitä varsinkin, kun mittaukset kestivät joskus useita päiviä. Kulutusta oli hankala kovin virheettömästi päätellä.

Oli vaikea arvioida, miten kuvauskohde ja kuvaaminen vaikuttivat, kuinka paljon kamerat tarvitsivat tehoa videoinnissa. Todennäköisesti himmeämpi tai pimeämpi ja rauhallisempi kuvauskohde saattoi tarvita vähemmän tehoa kuin valoisampi ja liikkuvampi sekä äänekkäämpi kuvauskohde. Sormiakut kestivät joskus pitempään kuin tavallisesti, mikä saattoi johtua kuvausolosuhteista. Videointimittauksissa vaihteli valaistus. Illalla mittauksia tehdessä kuvauskohde oli luonnollisesti pimeämpi kuin päivällä. Joskus kuvauskohde oli hyvin rauhallinen, ja ainakin äänen taso vaihteli eri mittauksissa.

Mittausvirheitä saattoi tulla myös muuten jännitemittauksista. Myös jännitemittari saattoi näyttää joskus enemmän tai vähemmän virheellisesti. Varsinkin mittarin akun läheisyydessä loppuaan saattoi virhettä tulla jopa huomattavasti. Joistakin tuloksista jouduttiin sellaisen ilmiön vuoksi olla välittämättä. Kun jännitemittarilla tehtiin mittaukset nopeasti, saattoi tulla helposti myös huolimaton tulos.

## 4 Mittausten aloittaminen Canon PowerShot A710 -merkkisellä kameralla

Kaikkia hankittuja erilaista tyyppiä AA olevia jännitelähteitä kokeiltiin Canon PowerShot A710IS -kameralla syksyllä 2010. Niitä kokeiltiin ainakin yhden käyttökerran verran, joitakin sormiakkuja hiukan useamman käyttökerran verran enemmän. PowerShot A710IS -kamera tarvitsi toimiakseen kahta paristoa tai sormiakkuja purkautumaan yhtäaikaisesti. Kun sormiakkuja ja -paristoja kokeiltiin, käytettiin kamerassa yhtä aikaa kahta samanlaista sormiakkuja tai -paristoa. Kaikkia erilaisia jännitelähteitä tarvittiin parillinen määrä kokeiluun.

Yleistä tuntumaa pyrittiin saamaan tyyppiä AA olevien jännitelähteiden toiminnasta, yleisistä ominaisuuksista ja kulumisista. Aluksi haettiin tuntumaa, miten jännite käyttäytyy, ja mitä olivat jännitelähteiden kestoajat. Myöhemmin muissa mittauksissa käytetyt sormiakut oltiin kokeiltu ainakin kerran PowerShot A710 -kameralla. Haettiin tuntumaa siihen, kuinka PowerShot A710IS -kameralla voidaan toteuttaa insinööriyöhön liittyviä pohjimmaisia pyrkimyksiä.

Aluksi keskityttiin tutkimaan enemmänkin erilaisten jännitelähteiden käytön kannattavuutta kuin tiettyjä ilmiöitä. Pyrittiin vertailemaan jännitteen käyttäytymistä ja kulutusta mittausten ja jännitelähteiden kesken. Tehtiin vertailuja, kun samoilla sormiakkuilla oli eri lähtöjännite. Muutamaa hankittua kertakäyttöparistoa kokeiltiin insinööriyön mittausten alkuvaiheissa PowerShot A710IS -kameralla kertakäyttöparistojen käytön kannattavuuden tutkimiseksi. Samoin kameralla kokeiltiin varauskyvyltään 2 500 mAh:n sormiakkuja kokeilemisen vuoksi. Muissa mittauksissa ja muilla laitteilla ei enää kertakäyttöparistoja ja 2 500 mAh:n sormiakkuja käytetty insinööriyön aikana myöhemmin.

### 4.1 Sormiakkujen ja -paristojen kestoajojen vaihtelu kamerakäytössä

Aivan ensimmäisessä mittauksessa Sanyo Eneloop -merkkisillä sormiakkuilla saatiin videota vähän alle 2 tuntia. Aivan aluksi käytettyjä Sanyo Eneloop -sormiakkuja kokeiltiin myös purkaa kameralla uudelleen täyteen lataamisen jälkeen. Kun saatiin samat akut ladattua uudelleen edellistä vähän täydemmäksi, saatiin 160 minuuttia videota. Kun havaittiin tulosten perusteella siedettäväksi tehdä mittauksia, jatkettiin muiden sormiakkujen purkamista. Kokeiltiin purkaa kahta muuta samanlaista ja saman merkkistä sormiakkuja, jotta voitiin selvittää, miten hyvä mittaustapa oli.

Kun muita toisenlaisia sormiakkuja purettiin loppuun, voitiin verrata tuloksia useisiin Sanyo Eneloop -sormiakun mittauksiin.

Sanyo Eneloop -sormiakun lisäksi useita käyttökertoja tehtiin myös Sony- ja Liebermann -sormiakuille, joiden varauskyky oli 2 000 mAh. Käyttökerrat tehtiin samoille sormiakuille tai joillekin toisille samanlaisille sormiakuille. Lähtöjännitteet vaihtelivat samojen sormiakkujen eri käyttökertoilla. Samalla kesto aika vaihteli lähtöjännitteen mukaan. Duracell- ja GP Recyko -sormiakuille tehtiin vain yhdet mittaukset eli yhdet käyttökerrat. Lähtöjännitteen lisäksi myös jännitelähteen tyypillä oli vaikutusta kesto aikaan. Tavallisesti sormiakut kuluivat käyttökertoilla päälle 110 minuutissa. Pisimpään sormiakuista kesti Sony-merkkinen 2 500 mAh:n sormiakku. Kaikista jännitelähteistä pisimpään kesti kertakäyttöinen litiumparisto. Muut kertakäyttöiset sormiparistot kestivät videointia suhteellisen lyhyen ajan. (Taulukko 3.)

Taulukko 3. Erilaisten sormiparistojen ja -akkujen kamerakäytön tuloksia, kun kameralla videoitiin

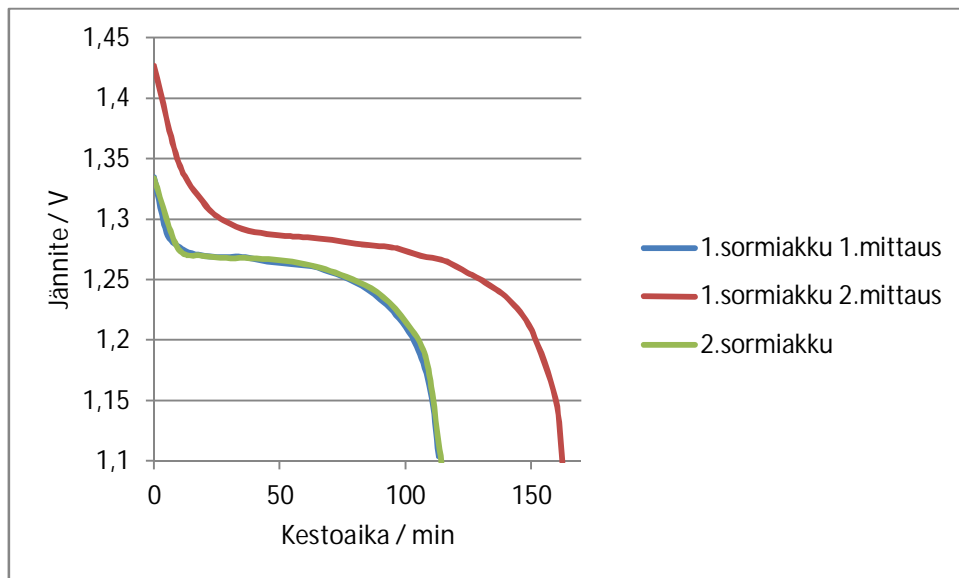
	Lähtöjännite / V	Loppujännite / V	Kesto aika / min
Sanyo Eneloop 1.mittaus	1,335	1,104	113,1
Sanyo Eneloop 2.mittaus	1,427	1,099	162,3
Sanyo Eneloop 3.mittaus	1,334	1,099	114,25
Liebermann 1.mittaus	1,279	1,109	34,83
Liebermann 2.mittaus	1,346	1,1	117
Sony 1.mittaus	1,302	1,077	110,17
Sony 2.mittaus	1,374	0,96	144
Sony 2 500 mAh	1,421	1,033	172,9
Duracell-sormiakku	1,326	1,154	113,5
Gp ReCyko-sormiakku	1,38	1,086	135,5
Litiumparisto	1,875	1,23	207
Energizer alkaline	1,625	1,215	92,5
Rainbow	1,615	1,2455	62

Sormiakuille saatiin yhtä mittausta lukuun ottamatta päälle 110 minuutin kesto aikoja. Lähtöjännitteet olivat päälle 1,3 V, kun kestoajat olivat päälle 110 minuuttia. Kun Liebermann-sormiakku kokeiltiin 1,279 V:n lähtöjännitteellä, saatiin kestoajaksi tavallista huomattavasti pienemmän eli noin 35 minuuttia. Sanyo Eneloop-, Duracell- ja Liebermann -sormiakkuja kokeiltiin mitata noin 1,33 V:n lähtöjännitteellä. Silloin purkautumiseen kestoajoiksi saatiin noin vähän alle kaksi tuntia.

Lähes saman kestoajan saatiin myös Sony -sormiakun ensimmäisellä käyttökerralla, vaikka lähtöjännite oli 1,3 V. Kun tehtiin mittauksia sormiakuille ainakin yli noin 1,375 V:n lähtöjännitteellä, saatiin reilusti päälle kahden tunnin purkautumisen kestoja. GP Recyko -sormiakulla lähtöjännite oli vähän suurempi kuin oli Sony-sormiakun toisessa mittauksessa. Sony-sormiakulla oli kuitenkin lähes 10 minuuttia pitempi kestoaika. (Taulukko 3, ks. edell. s.).

#### 4.2 Tarkemmat jännitemittaukset Sanyo Eneloop -sormiakulle kamerakäytössä

Jännitemittauksia tehtiin aluksi tehokkaammin kuin myöhemmin. Ensimmäisissä mittauksissa Sanyo Eneloop -sormiakuille tehtiin jännitemittauksia jopa noin yhden tai viiden minuutin välein. Ensimmäisistä Sanyo Eneloop -sormiakujen mittauksista saatiin havainnolliset jännitteen käyttäytymistä kuvaavat käyrät sormiakujen purkautumisesta. Huomattiin, että kunkin käyttökerran alussa sormiparistojen tai -akkujen jännite laski aluksi jyrkemmin. Noin käyttökerran puoleenväliin saakka jännitteen lasku hidastui. Jännite laski hyvin hitaasti tai lähes pysyi jollain jännitteen tasolla ainakin puolet käyttökerran ajasta käyttökerran puolella välissä. Noin puolesta välistä loppua kohden alkoi jännitteen lasku taas kiihtyä. Käyttökerran lopussa jännitteen lasku oli taas hyvin jyrkkää (kuva 1).

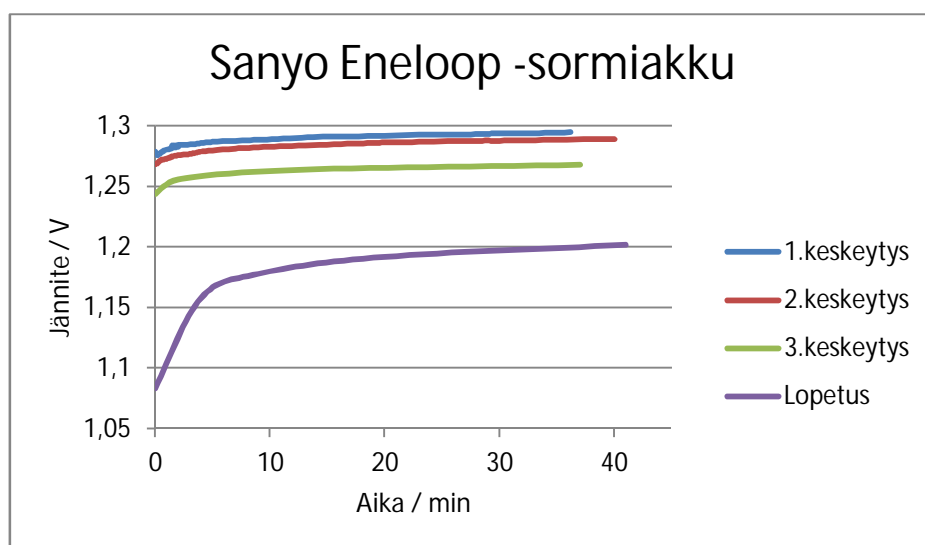


Kuva 1. Sanyo Eneloop -merkkisten sormiakujen jännitteiden käyttäytymiset kamerakäytössä, kun otettiin videoita

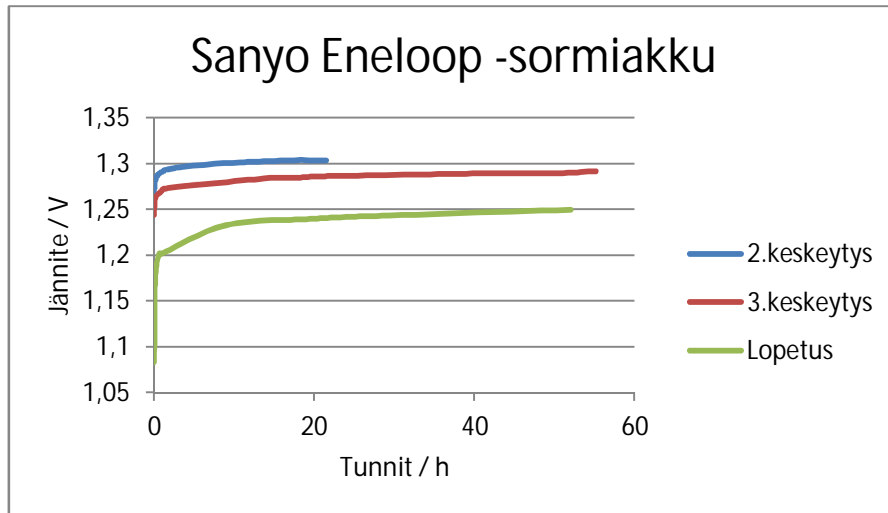
Ensimmäisten Sanyo Eneloop -sormiakkujen mittauksissa huomattiin lähtöjännitteen vaikutuksen keston ja jännitekäyrään. Kun sormipariston mittaukset aloitettiin noin 1,33 V:n lähtöjännitteellä, noin käyttökerran puolessa välissä jännite oli puolet ajasta noin 1,275–1,25 tasolla. 0,1 V suuremmalla lähtöjännitteellä samantyyppinen jännite-taso ilmeni noin 1,29–1,26 jännitteenä. Saman Sanyo Eneloop -sormiakun eri käyttö-kerroilla alussa suuremmalla lähtöjännitteellä jännitteen jyrkkä lasku oli pitempää kuin pienemmällä lähtöjännitteellä. Kun toisia Sanyo Eneloop -sormiakkuja käytettiin samalla tavalla, huomattiin jännitekäyrissä yhteneväisyyksiä. Samanlaisilla sormiakuilla jännitteen kuvaajat kulkivat myös samaa rataa käyttökertoilla, kun lähtöjännitteet olivat sa-moja.

#### 4.3 Tarkemmat jännitemittaukset Sanyo Eneloop -sormiakulle kamerakäytössä

Sanyo Eneloop -sormiakkujen mittauksessa videointia ei suoritettu aivan yhteen put-keen, vaan välillä tuli katkoksia ennen sormiakkujen loppuun purkamista. Katkoksen aikana kokeiltiin tehdä jännitemittauksia. Käyttämättömiltä sormiakuilta purkautumisen katkaisun jälkeen mitattiin välillä jännitettä. Ainakin jonkin aikaa jännitteen huomattiin nousseen merkittävästi. Jännite nousi heti katkaisun jälkeen nopeimmin ja hidastui ajan kuluessa (kuva 2). Sanyo Eneloop -sormiakkujen käytössä katkaistiin mittaukset useaan kertaan eri varaustilanteissa. Huomattiin, että mitä suurempi jännitteen lasku oli ennen katkaisua sitä suurempi jännitteen nousu oli katkaisun jälkeen. Sen huomattiin ainakin sormiakkujen tehon loppumisen jälkeisen jännitteen käyttäytymisestä.

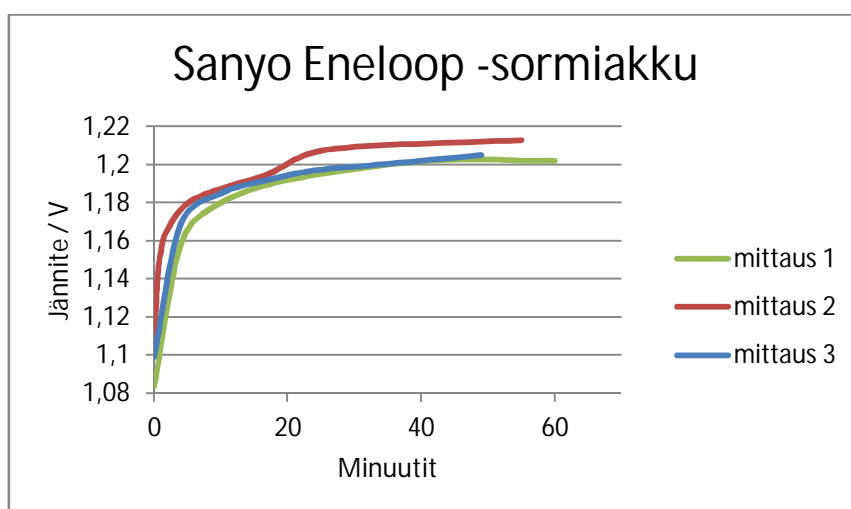


Kuva 2. Jännitteiden muutokset sormiakkujen käytön keskeytyksissä ja lopettamisen jäl-keen/minuutit



Kuva 3. Jännitteiden muutokset sormiakkujen käytön keskeytyksissä ja lopettamisen jälkeen/tunnit

Huomattiin jännitteen alkavan asettumaan jollekin tasolle alun nousun jälkeen, kun varausten purkaminen keskeytettiin käyttökerran aikana ja loputtua. Mitä suuremman jännitteen pudotuksen aikana käyttö oltiin katkaistu, sitä suuremmaksi saatiin ero katkaisujännitteen ja lopullisen jännitetason välillä (kuva 3). Lopulliset jännitetasot näyttivät myös nousevan sitä korkeammalle, mitä varautuneemmasta tilanteesta oltiin lähdetty. Purkamista jatkettaessa jännite laski taas nopeasti purkautumiseen kuuluvalla varaustilanteen tasolle. Kun mittausvälit olivat tarpeeksi pitkiä, eivät katkaisusta aiheutuneet jännitteen nousut näkyneet kuvaajissa. Purkausten jälkeen eri Sanyo Eneloop -merkkisten sormiakkujen jännitteet nousivat suurin piirtein samaa rataa (kuva 4). Pieniä eroja oli jännitteen radoissa, mikä riippui luultavasti loppujännitteestä.

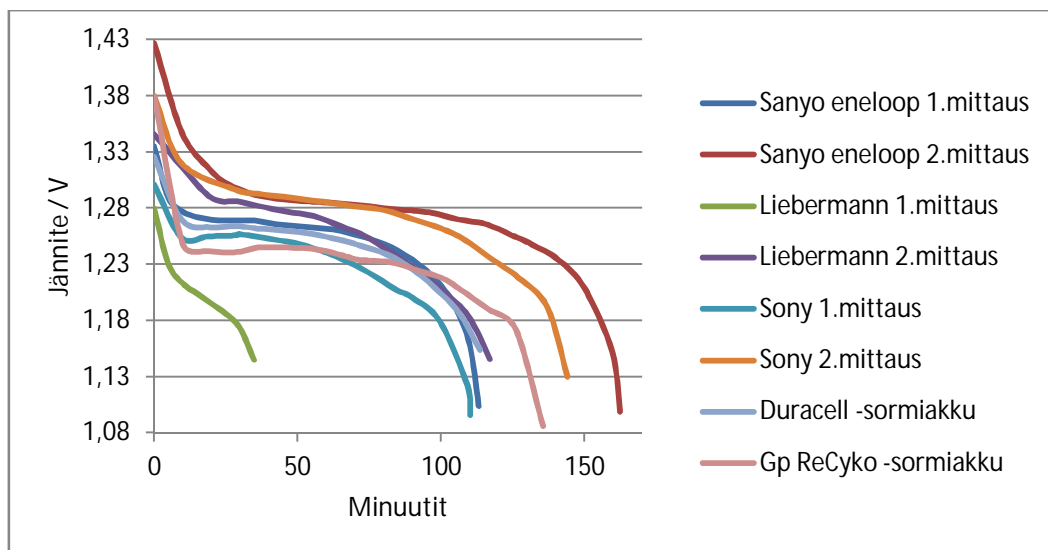


Kuva 4. Sanyo Eneloop- merkkisillä ladattavilla sormiakuilla jännitteen kasvu kamerakäytön jälkeen



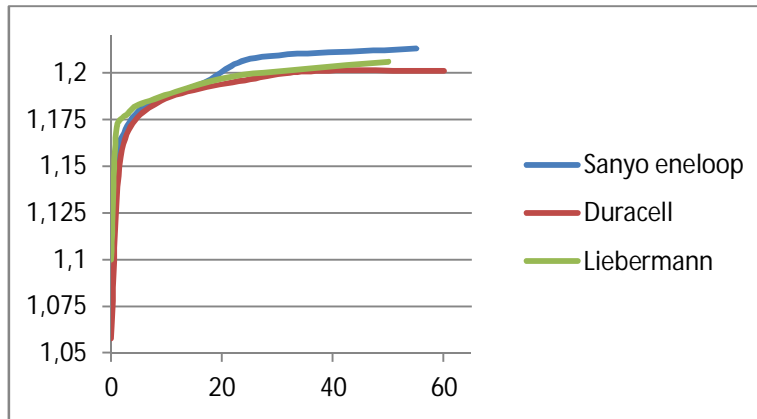
#### 4.4 Sormiakkujen jännitteen käyttäytymisen erot ja yhtäläisyydet kamerakäytössä

Canon PowerShot A710IS -kameralla yhtä aikaa purettujen kahden saman merkkisen sormiakun jännitteet samoilla lähtöjännitteillä kulkivat mittauksissa samaa rataa. Lopussa saattoi olla eroja enemmänkin jonkin verran. Samanlaisilta ja samalla varaustasolla olevista sormiakuista toinen saattoi pudottaa jännitteen aivan lopussa jyrkästi lähelle 0,9 V. Toinen sormiakku saattoi lopettaa purkauksen puolestaan selvästi suuremmalla jännitteellä. Loppujännite saattoi olla toisessa esim. vähän alle yhden voltin ja toisessa päälle 1,1 V. Samaan aikaan purettujen sormiakkujen jännitteissä saattoi siis olla lopussa hetkellisesti enemmänkin eroa.



Kuva 5. Jännitemittausten käyrät eri merkkisillä sormiakuilla, kun niitä käytettiin Canon PowerShot A710IS -kamerassa

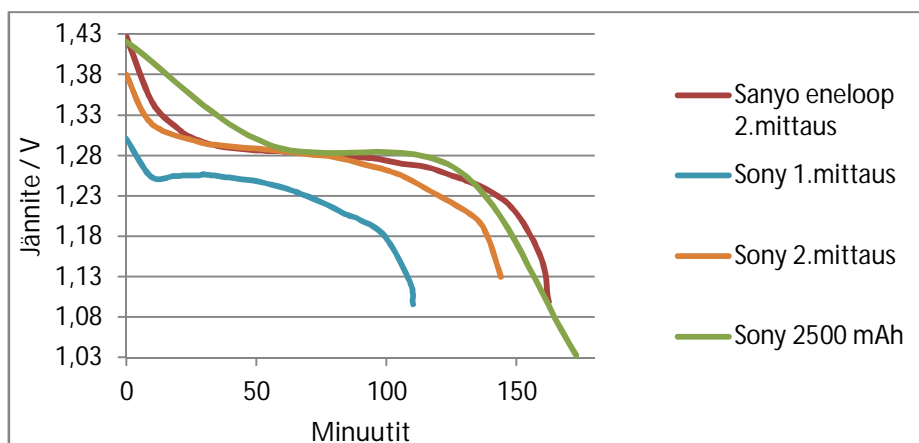
Jännitekäyrät erimerkkisten sormiakkujen mittausten välillä myös kulkivat ainakin suurin piirtein samantyyppisesti. Gp ReCyko -sormiakuilla käyrä kulki muita hiukan poikkeavalla tavalla. Se alussa laski nopeasti noin 1,25 V:n tasolle, ja oli siinä melko pitkään. Alun tiheästi tehdyt jännitemittaukset muuttuivat pian harvemmin tehtäviksi mittauksiksi. Lopulta vakiintui mittausten tekeminen vain muistikortin vaihdon yhteydessä vähintään sen noin 17 minuutin välein. Mittausten helpottamiseksi välit harvenivat, vaikka jännitemittausten tekeminen oli PowerShot A710IS -kameralla vielä suhteellisen helppoja. Kuvaajien useista käyristä huomattiin mittausvälien vaikutukset (kuva 5). Jännitteet käyttäytyivät myös muilla merkeillä käyttökertojen jälkeen samalla tavalla kuin Sanyo Eneloop -merkkisillä sormiakuilla käytön jälkeen (kuva 6, ks. seur. s.).



Kuva 6. Eri merkkisillä sormiakuilla jännitteen kasvu niiden toisen käyttökertojen jälkeen

Sony-merkkisellä sormiakuilla kokeiltiin varauskyvyltään 2 000 mAh:n ja 2 500 mAh:n tyyppiä erikseen varauskyvyn vaikutuksen tutkimiseksi. Huomattavaa vaikutusta ei ollut suuremmalla varauskyvyllä kestoaikaan. Kun 2 500 mAh-version Sony-merkkistä sormiakkua kokeiltiin, saatiin sille korkea lähtöjännite. Siten sille saatiin myös pitkä kesto-aika. Sille saatiin pitempi kesto-aika kuin esim. Sanyo Eneloop -merkkiselle sormiakulle, vaikka Sanyo Eneloop -sormiakulla oli vähän suurempi lähtöjännite. Siten voitiin huomata varauskyvyn kasvun vaikuttaneen tuloksiin. Toisaalta Sony-merkkiset akut vaikuttivat yleisesti ottaen melko pitkäkestoisilta Canon PowerShot A710IS:ällä tehdyissä ensimmäisissä mittauksissa.

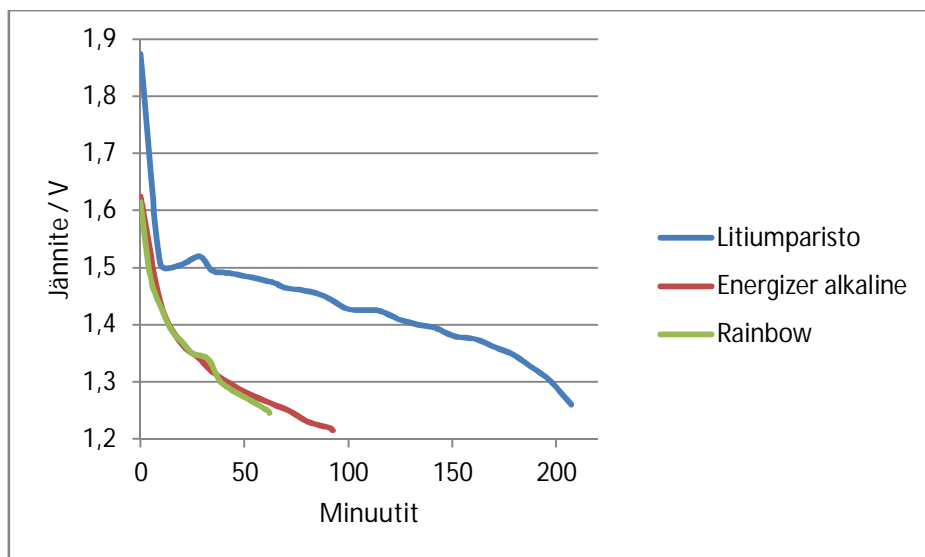
Pitkien mittausvälien vuoksi varauskyvyltään 2 500 mAh:n Sony-sormiakun jännitekäyrästä saatiin melko karkean kuvaajan (kuva 7). Jännitteitä ei mitattu ainakaan jokaisen muistikortin vaihdon yhteydessä. Käyrä saatiin kulkemaan kuitenkin suurin piirtein muiden sormiakujen käyrien mukaisesti.



Kuva 7. Varauskyvyltä 2 500 mAh olevan Sony-merkkisen sormiakun jännitekäyrä yhdessä muiden Sony-merkkisten ja yhden Sanyo Eneloop -merkkisen sormiakun kanssa

#### 4.5 Kertakäyttöparistojen mittaukset

Kertakäyttöparistojen kesken huomattiin paljon tehon keston vaihteluja purkausmittauksissa. Energizer-merkkisellä alkaliparistolla kesto oli 90 minuuttia, Rainbow-merkkisellä 60 minuuttia. Litiumparistot kestivät Canon PowerShot A710 -kamerassa tehdyssä mittauksessa selvästi alkaliparistoja pitempään, noin 207 minuuttia. Jännite käyttäytyi paristoilla purkausten aikana sormiakkuihin verrattuna hiukan eri tavalla (kuva 8). Jännitteen lasku ei kiihtynyt käytön lopussa kovinkaan paljon tai ei juuri ollenkaan. Litiumparisto vähän kaartoi käyrää lopussa alaspäin, kun lyhyempikestoiset alkaliparistot eivät puolestaan ollenkaan.



Kuva 8. Kertakäyttöparistojen jännitteiden käyttäytyminen, kun Canon PowerShot A710 -kameralla videoitiin

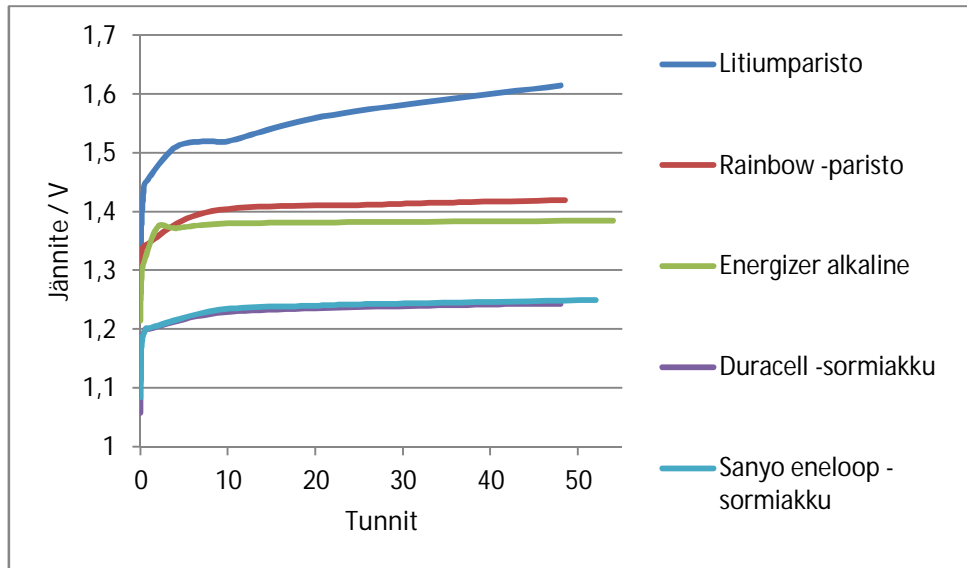
Litiumparistolla oli nopea jännitteen pudotus korkeasta lähtöjännitteestä suurin piirtein 1,5 V:n nimellisjännitteeseensä käytön alussa. Nimellisjännitteen tasolta huomattiin, että jännite jatkoi laskua suhteellisen hitaasti ja tasaisesti loppuun asti. Alkaliparistotkin laskivat jännitettä aluksi jyrkästi, mutta ei niin jyrkästi kuin litiumparisto. Alun jälkeen jännitteen lasku hidastui tasaisesti, mutta jatkoi laskua kuitenkin loppuun asti suhteellisen nopeasti. Kaikilla kertakäyttöparistoilla käyttö loppui jo päälle 1,2 V:n jännitteellä. Litiumparistot kestivät ainakin kaksi kertaa pitempään kuin Energizer-sormiparisto samanlaisessa kokeessa. Litiumparistot kestivät jopa kolme kertaa pitempään kuin Rainbow-merkkiset paristot.

#### 4.6 Kertakäyttöparistojen ja -akkujen toiminta ja käytön kannattavuus

Kertakäyttöparistojen hinnat saatiin suurin piirtein samansuuruisiksi, kun otettiin huomioon kestoajat. Hintavertailun mukaan Rainbow-paristo oli noin neljä kertaa ja Energizer-paristo ainakin kaksi kertaa litiumparistoa halvempi. Kestoajat olivat lähes vastavissa suhteissa. Koska litiumparisto oli kevyt, se oli siten myös erityisesti kannattava. Sormiakkuihin verrattuna litiumparisto kesti tehon purkamisessa huomattavasti pitempään. Se kesti keskimäärin ainakin kolmasosan pitempään. Muut kertakäyttöparistot olivat ainakin kaksi kertaa lyhytkestoisempia kuin sormiakut keskimäärin samantyyppisissä mittauksissa.

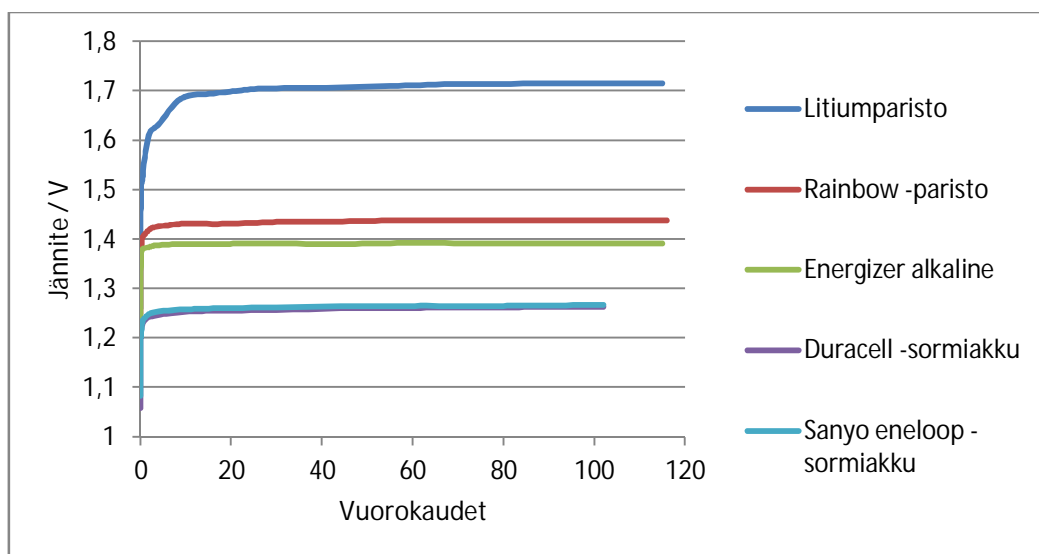
Tyyppiä AA olevien jännitelähteiden runsaalla käytöllä saatiin sormiakkujen käytöstä rahallisesti kannattavampaa. NiMH-akut olivat suhteellisen halpoja jo aiemman hintavertailun mukaan. Niillä oli myös suhteellisen pitkiä kestoja, kun pienellä kameralla otettiin videota. Tuloksista päätellen ei ollut ihme, vaikka haluttiin kehittää litiumsormiakkuja ja saada sellainen markkinoille. Siitä voitiin saada myös kevyempi sormiakku vaihtoehto. Litiumakun, kuten myös litiumpariston tiedettiin myös kestävän käytön lisäksi pitempään varautuneena käyttämättömänä.

Sormiakkujen varaustilanne vaikutti kestoaikaan. Mittaustuloksista huomattiin, että jännite ei suoraan kuitenkaan kertonut varaustilannetta. Sormiakkujen lähtöjännitteen suurentamisella 1,4 V suuremmilla jännitteillä ei saattanut olla merkittäviä vaikutuksia kestoajojen pidentämiseen. Vaikka Liebermann-sormiakulla lähtöjännite ei ollut paljoa alle 1,3 V, se jaksoi kuvata videota yllättävän vähän. Liebermann-sormiakku oli ollut ilmeisesti melko huonossa varaustilassa lähtötilanteessa jo vähän alle 1,3 V jännitteellä (taulukko 3, ks. s. 24).



Kuva 9. Erilaisten sormiparistojen ja -akkujen jännitteiden nousut käytön jälkeen/tunnit

Loppujännitteet olivat lähtöjännitteiden lisäksi sormiparistoilla huomattavasti suurempia kuin vastaavat arvot sormiakkuilla. Jännitteitä mitattiin kertakäyttöparistoilla myös käytön jälkeen. Huomattiin alkalipariston asettuneen 10 tunnin päästä 1,4 V:iin, kun sormiakut asettuivat noin 1,25 ja 1,3 V:n väliin. Sen sijaan litiumparisto asettui noin 20 vuorokauden kuluttua jopa 1,7 V:n jännitteeseen. Loppujännitteen tasosta sormiakut ja alkaliparistot nostivat käytön jälkeen jännitettä ainakin sen 0,15 V. Litiumparisto suu- resta loppujännitteestä huolimatta nosti jännitteensä käytön jälkeen jopa 0,4 V ylemmäksi. Siihen kului aikaa myös enemmän. (Kuvat 9 ja 10.)



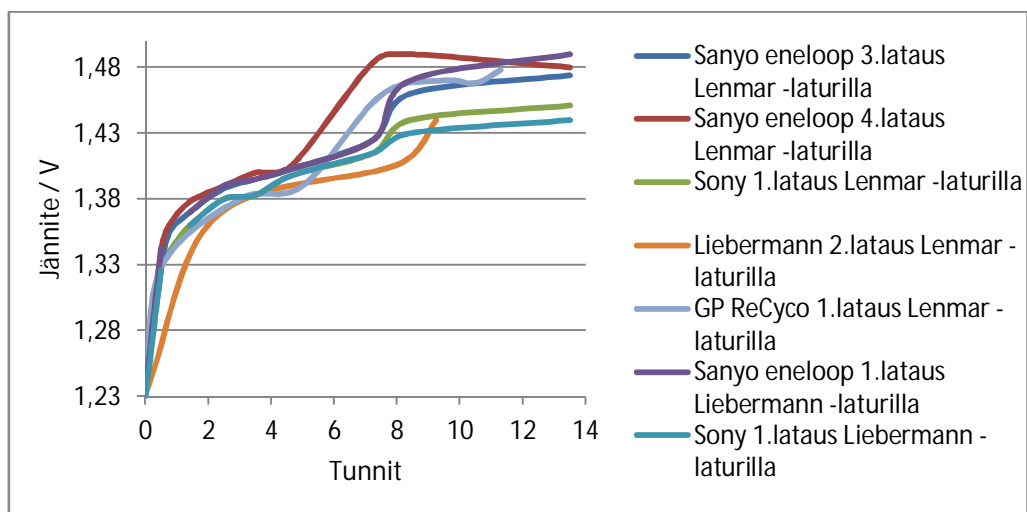
Kuva 10. Erilaisten sormiparistojen ja -akkujen jännitteiden nousut käytön jälkeen/vuorokaudet

## 5 Lataaminen

Insinööriyössä ladattiin paljon sormiakkuja normaalilla tavalla Lenmar- ja Liebermann -merkkisillä latureilla. Lataamisista tehtiin tarkempia mittauksia tai seurattiin muuten lataamiseen liittyviä asioita. Latureilla ladattiin lähes tyhjiä sormiakkuja. Liebermann -laturia käytettäessä sitä ei saatu lopettamaan latausta ja antamaan merkkiä latauksen loppuun suorittamisesta järkevään aikaan. Lenmar-laturi ilmaisi latauksen päättymisestä tietyn ajan kuluttua. Sormiakkujen jännitteet kuitenkin vaihtelivat, vaikka laturi oli näyttänyt vihreätä valoa. Ilmeisesti laturista puuttui ominaisuuksia, jotka olisivat varanneet akkuja jännitteen perusteella.

PowerShot A710IS -kameralla tehtyjen mittausten jälkeisessä latauksessa tutkittiin jännitteen käyttäytymistä tarkemmin. Lataamista keskeytettiin useaan kertaan, ja tehtiin jännitemittauksia. Mittauksia tehtiin vaihtelevasti, toisissa tapauksissa suhteellisen tiheästi, toisissa vain pari kertaa koko latauksen aikana. Koska mittauksia tehtiin alun jälkeen useissa tapauksissa harvemmin, jännitekäyristä ei saatu osittain kovin havainnollisia. Nopeita jännitemuutoksia oli vaikea arvioida ja havainnollistaa tuloksien avulla latauksien loppupuolilta. Huomattiin latureiden lataavan sormiakkuja noin 8 tunnissa.

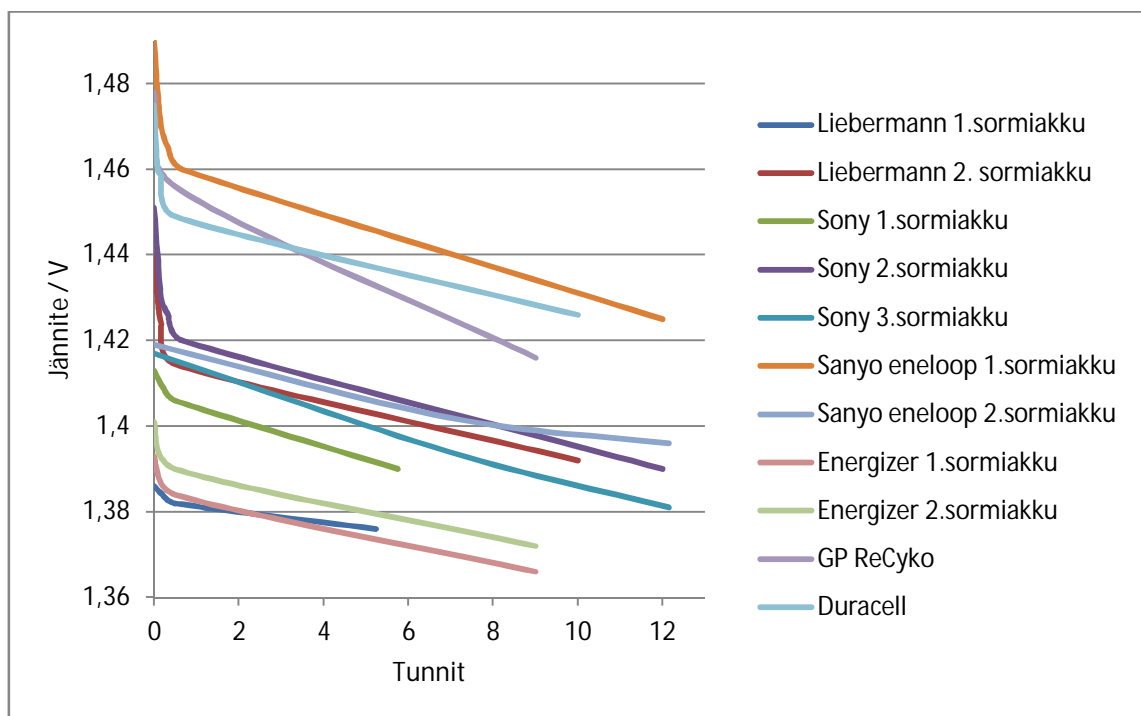
Huomattiin jännitteen nousevan lataamisen alussa nopeasti. Noin tunnin lataamisen jälkeen jännitteen nousu pienentyi ja tasaantui. Jossain vaiheessa lataamisen puolivälin jälkeen tai loppupuolella jännitteen kasvu alkoi kiihtyä. Loppuun liittynyt nopea jännitteen kasvu ei kestänyt kuitenkaan pitkään. Sen jälkeen jännite kasvoi hitaasti tai alkoi jossain vaiheessa laskea. (Kuva 11.)



Kuva 11. Eri sormiakkujen jännitteen muutos latauksessa

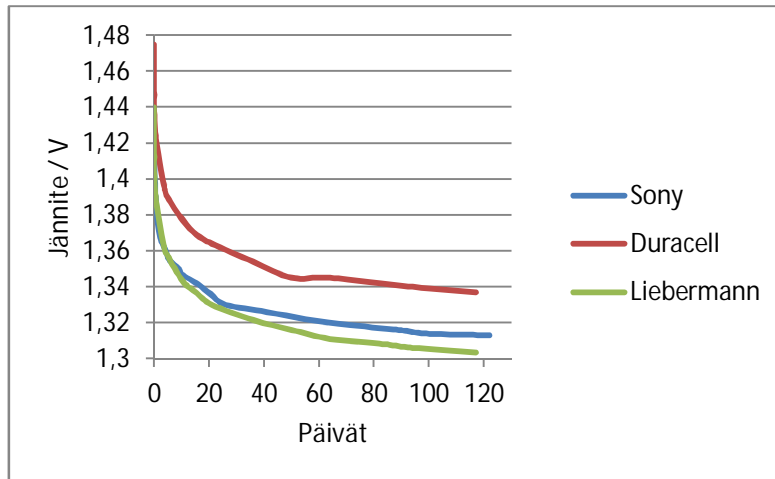
## 6 Itsepurkautuminen

Useiden eri sormiakkujen jännitteen käyttäytymistä tutkittiin latautumisen jälkeen. Vaikka Energizer-merkkiselle sormiakulle ei tehty mittauksia purkautumisessa ja latauksessa, tehtiin sille mittauksia lataamisen jälkeen. Osa käytetyistä sormiakuista, joita oltiin käytetty ehkä kerran tai pari kertaa, jätettiin käyttämättä lataamisen jälkeen pidemmäksi aikaa. Niille tehtiin jännitteen mittauksia itsepurkautumisen tutkimiseksi. Jännitteen käyttäytymistä seurattiin aluksi tiheämmin kuin myöhemmin. Itsepurkautumista tutkittiin myöhemmin noin viikon tai kahden viikon välein kuukausien ajan. Myös joitain kertakäyttöparistoja jätettiin käyttämättä itsepurkautumisen tutkimiseksi. (Kuva 12.)



Kuva 12. Sormiakkujen itsepurkautuminen/tunti

Jännitteet putosivat latautumisen jälkeen alussa nopeasti. Ne hidastuivat tasaisesti ajan kuluessa. Duracell-merkkisellä sormiakulla heti lataamisen jälkeen jännite oli Sony-merkkistä sormiakkua noin 30 mV suurempi. Sama ero oli suurin piirtein vielä noin neljän kuukauden kuluttua lataamisen lopusta. Ero oli ehkä vähän pienentynyt. Liebermann-merkkisen sormiakun ja Duracell-merkkisen sormiakun jännite-ero oli siinä ajassa melkein pä kasvanut. Kuitenkin kolmessa kuukaudessa jännite oli laskenut noin 130 mV. (Kuva 12; kuva 13, ks. seur. s.)



Kuva 13. Sormiakkujen itsepurkautuminen/päivä

Mittausten perusteella oli hankala päätellä, oliko itsepurkautuminen tasaista, ja miten paljon se oli. Lähdetiedot antoivat sen kuvan, että itsepurkautuminen oli vakio ja varaustilanteesta riippumaton. Jännite kuitenkin muuttui epätasaisesti. Se saattoi kertoa vain siitä, että jännitteen muutos ei liittynyt suoraan varaustilanteen muutokseen. Se saattoi korostua varsinkin, kun sormiakku oli lähes tyhjä tai täysi. Epäselvää oli, että tarkoitettiinko itsepurkautumiselle annetuilla arvioilla jonkinlaista keskiarvoa. Epäselvää oli, että riippuko itsepurkautuminen jonkin verran myös varaustilanteesta.

Lähdetietojen antama 20 % arvo NiMh-sormiakkujen itsepurkautumiselle vaikutti mitaustulosten perusteella ehkä liian suurelta. Se olisi tarkoittanut kolmessa kuukaudessa varaustason alentumista noin 50 %:een. Mittauksista voitiin huomata, että kolmessa kuukaudessa itsepurkautuminen ei ehkä vaikuttanut varaustasoon kuitenkaan niin paljon (kuva 13). Mittaustulosten perusteella realistisempi vaihtoehto itsepurkautumiselle olisi voinut olla ehkä ennemminkin 20 % vuodessa. Itsepurkautumisen huomattiin olleen huomattavasti pienempi kuitenkin kertakäyttöparistoilla kuin sormiakuilla. Neljän kuukauden aikana kahdet eri merkkiset alkaliparistot menettivät jännitettä vain noin 10 mV. Itsepurkautuminen vaikutti ainakin monta kertaa vähemmän kertakäyttöparistoilla (Taulukko 4).

Taulukko 4. Kertakäyttöparistojen itsepurkautuminen neljän kuukauden aikana

	Jännite / V (06.10.2010)	Jännite / V (08.02.2011)	Muutos / %
Rainbow 1.paristo	1,616	1,605	0,68 %
Rainbow 2.paristo	1,618	1,606	0,74 %
Energizer 1.paristo	1,628	1,619	0,55 %
Energizer 2.paristo	1,627	1,617	0,61 %



## 7 Mittaukset Canon PowerShot S5IS -merkkisen kameran avulla

Canon PowerShot S5IS -kameralla tehtiin neljälle eri merkkiselle sormiakulle useita käyttökertoja ja samalla mittauksia. Sanyo Eneloop-, Liebermann-, Sony- ja Duracell -merkkiselle sormiakulle tehtiin 17 käyttökertaa. Ne purettiin PowerShot S5IS -kameralla yhtä aikaa loppuun. Uudelleen purkamiseksi ne ladattiin aina välillä tehon loputtua normaalilla tavalla Lenmar-merkkisellä laturilla täyteen. Lukuvuoden 2010–2011 aikana tehdyillä mittauksilla monien asioiden tutkimiseksi käyttökerrat toteutettiin mahdollisimman yhteen menoon.

Kyseiset yhdet Sanyo Eneloop-, Liebermann-, Sony- ja Duracell -merkkiset sormiakut tulivat käytetyksi huomattavasti enemmän muihin sormiakkuihin verrattuna. Tekemällä massiiviset mittaukset kyseisille samantyyppisille sormiakuille tutkittiin muutoksia useiden käyttökertojen aikana. Käyttökertojen välillä kyseisiä sormiakkuja ei käytetty mihinkään muuhun. Kyseisiä sormiakkuja ei oltu käytetty aikaisemmin paljoa enempää kuin kahden käyttökerran verran jollain muulla laitteella.

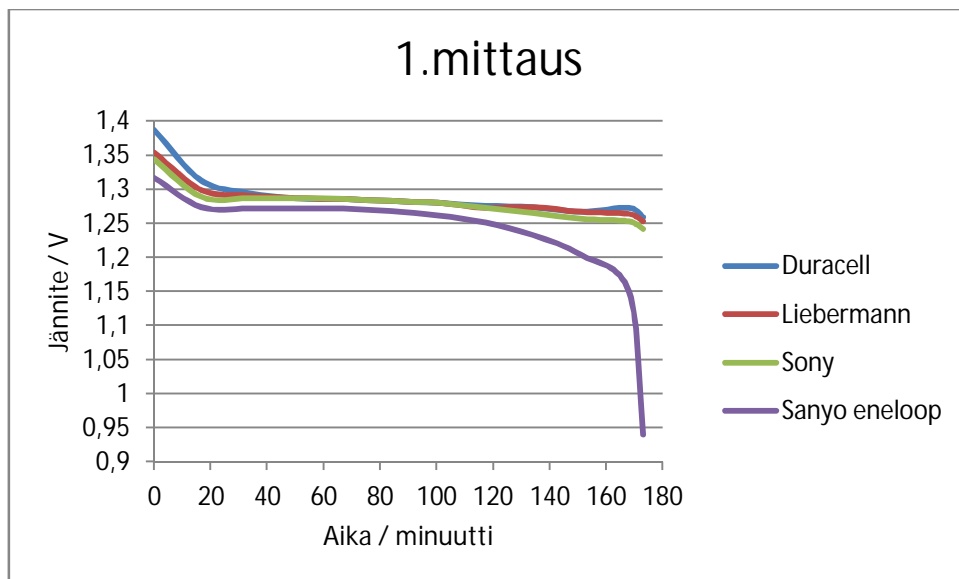
Sormiakkuja purettiin PowerShot S5IS -kameralla pääasiassa videoimalla muistikortille videota. Toisella käyttökerralla PowerShot S5IS -kameralla kyseisille sormiakuille tehdystä mittauksessa sormiakut purettiin valokuvia ottamalla. Yksi käyttökerrasta käytettiin pakkasen vaikutuksen tutkimiseen. Pakkasessa kokeiltiin suorittaa mittauksia sekä purkaa sormiakkuja kameralla mahdollisimman kylmässä 14. käyttökerralla. Viimeinen eli 17. mittaus toteutettiin siten, että PowerShot S5IS -kameralla videoitiin pimeässä.

Mittauksissa pyrittiin tutkimaan eroja käyttökyvyn muutoksissa erimerkkisten akkujen kesken. Samoja sormiakkuja kokeiltiin useita kertoja, että voitiin perustella niiden käytön kannattavuutta erityisesti kertakäyttöparistojen suhteen. Useiden käyttökertojen perusteella tarkoituksena oli selvittää eroja kannattavuudessa erimerkkisten sormiakkujen kesken. Jännitemittauksia tehtiin paljon alun ja lopun lisäksi myös välillä, kun kameralla videoitiin. Lähtökohtana oli, että mittauksilla saatiin selvitettyä mahdollisia ilmiöitä, jotka ilmenivät jännitteiden käyttäytymisien muutoksista.

## 7.1 Jännitteen käyttäytymisen tutkiminen

Jännitemittauksia tehtiin eri käyttökerroilla vaihtelevasti. Myös havaittiin, että muistikorttiin tallentunut videon pituus vaihteli. Havaittiin myöhemmin selviä vaihteluja, koska ainakin valaistustasossa oli muutoksia. Muistikortti videoitiin täyteen tavallisesti noin 32–34 minuutissa. Poikkeavasta valaistustasosta tai olosuhteista johtuen muistikortti tuli täyteen parhaimmillaan vasta 42 minuutissa. Muistikortin tavallista hitaampaa täyttymistä havaittiin pääasiassa kuitenkin vain viimeisessä ja 14. käyttökerralla. Niissä mittaukset tehtiin joko pimeässä tai pakkasessa. Pääasiassa muistikorttiin saatiin noin 33 minuuttia videota.

Jännitekäyrää varten jännitemittauksia otettiin pääasiassa muistikortin vaihdon yhteydessä sormiakkujen purkamisien välillä. Ensimmäisellä käyttökerralla muista poikkeavasti kokeiltiin mitailla jännitteitä useasti. Muistikorttia vaihdettiin 5–7 kertaa, kun otettiin videoita käyttökerroilla 3–17. Muistikortti vaihdettiin 6 kertaa 11 käyttökerralla. Yhden kerran saatiin otettua 8 muistikorttia videota, eli muistikortti vaihdettiin 7 kertaa. Kolmessa tapauksessa muistikorttia vaihdettiin 5 kertaa. Käyttökerroilla 3–17 jännitemittauksia tehtiin kahdeksassa tapauksessa joka toisen kortin vaihdon yhteydessä purkamisen aikana. Muuten tehtiin jännitemittauksia tavallista tiheämpää tai harvemmin vaihtelevasti.



Kuva 14. Canon PowerShot S5IS -kameralla jännitteen käyttäytyminen 1.käyttökerralla

Jännite käyttäytyi PowerShot S5IS -kamerassa tehdyissä mittauksissa melko lailla odotusten mukaisesti. Ensimmäisessä mittauksessa saatiin jännitekäyristä vielä selkeitä (kuva 14, ks. edell. s.). Kun mittausvälit harvenivat myöhemmillä käyttökerroilla, niistä oli mahdollista saada vain suhteellisen karkeita kuvaajia. Vaihtelevat jännitteiden mittausvälit tuottivat jännitteen käyttäytymisen vertailuun hankaluuksia. Varsinkin käyttökerran alussa pitkä mittausväli ei enää kuvannut kovin realistisesti alun jännitteen käyttäytymistä. Käyttökerroilla tyypillistä kuitenkin oli, että erimerkkisten sormiakkujen jännitekäyrät kulkivat hiukan eri reittejä.

Aloitusjännitteet ja lopussa olevat jännitteet vaihtelivat erimerkkisten sormiakkujen kesken. Muuten käyttökertojen aikana purkausmittauksissa eroja oli vähemmän. Sormiakkujen jännitteet olivat käyttökertojen puolessa välissä myös lähempänä toisiaan. Sormiakkujen jännitteet toimivat samantyyppisesti ja pääasiassa lähellä toisiaan. Jokin sormiakuista pudotti jännitteensä lopussa jyrkästi alle yhden voltin. Se samalla teki eron muiden sormiakkujen jännitteisiin.

## 7.2 Käyttökertoja suurin piirtein kuvaavat mittaustulokset

Jokaiselta 17:ltä käyttökerralta saatiin ainakin alku- ja loppujännitteet. Lisäksi saatiin se, kuinka pitkään voitiin videoida lähtötilanteesta sormiakkujen tehon loppumiseen. Toisella valokuvaukseen käytetyllä käyttökerralla saatiin tietenkin poikkeavasti keston sijasta vain kuvien kappalemäärä. PowerShot S5IS -kamera kykeni tuottamaan lähes neljä tuntia videota samoilla noin 2 000 mAh:n sormiakuilla yhden käyttökerran aikana. Yhteensä 7 kortilla eli kuudella kortin vaihdolla otettiin noin 200–230 minuutin videota. (Taulukko 5, ks. seur. s.)

Taulukko 5. Canon PowerShot S5IS -kameralla videointimittausten tuloksia, kun siinä käytettiin neljää erimerkkistä sormiakkua

	Jännitteet	Duracell	Liebermann	Sony	Sanyo Eneloop	Pituus	Ajankohta
1.mittaus	alku / V	1,387	1,354	1,344	1,317	173 min	20.10.2010
	loppu / V	1,259	1,253	1,242	0,94		
Valokuvaus	alku / V	1,428	1,392	1,397	1,42	1904 kpl	21.10.2010 – 02.11.2010
	loppu / V	1,184	1,188	1,169	1,082		
						Aika / min	
3.mittaus	alku / V	1,423	1,388	1,391	1,43	230	3.11.2010
	loppu / V	1,162	1,198	0,928	1,207		
4.mittaus	alku / V	1,445	1,409	1,406	1,453	236,4	4.11.2010
	loppu / V	1,174	1,2	0,922	1,206		
5.mittaus	alku / V	1,366	1,33	1,342	1,363	191,85	27.11.2010 – 08.12.2010
	loppu / V	1,211	1,207	0,96	1,224		
6.mittaus	alku / V	1,454	1,409	1,406	1,454	206	9.12.2010
	loppu / V	1,209	1,211	0,946	1,22		
7.mittaus	alku / V	1,454	1,412	1,41	1,456	216,2	11.12.2010
	loppu / V	1,193	1,204	0,934	1,205		
8.mittaus	alku / V	1,442	1,415	1,406	1,459	185,4	12.12.2010 – 08.01.2011
	loppu / V	1,269	1,266	0,985	1,281		
9.mittaus	alku / V	1,422	1,39	1,4	1,433	206,45	10.1.2011
	loppu / V	1,207	1,213	0,933	1,22		
10.mittaus	alku / V	1,45	1,406	1,407	1,45	213,45	11.1.2011
	loppu / V	1,201	1,203	0,956	1,209		
11.mittaus	alku / V	1,452	1,408	1,411	1,452	223,7	12.1.2011
	loppu / V	1,181	1,195	0,947	1,193		
12.mittaus	alku / V	1,443	1,415	1,408	1,457	212,5	13.1.2011
	loppu / V	1,192	1,207	0,959	1,211		
13.mittaus	alku / V	1,422	1,391	1,393	1,43	210,5	14.1.2011
	loppu / V	1,196	1,203	0,944	1,203		
Pakkasessa	alku / V	1,468	1,417	1,434	1,468	233,85	15.1.2011 – 16.01.2011
	loppu / V	1,14	1,16	1,126	1,122		
15.mittaus	alku / V	1,458	1,394	1,429	1,421	230,9	17.1.2011
	loppu / V	1,178	1,11	1,197	1,074		
16.mittaus	alku / V	1,456	1,386	1,422	1,403	209,9	18.1.2011
	loppu / V	1,219	0,955	1,225	1,144		
Pimeässä	alku / V	1,457	1,383	1,419	1,397	197,2	19.1.2011
	loppu / V	1,24	0,914	1,244	1,168		

Tavallisesti kamerassa käytetyt sormiakut purettiin loppuun yhteen putkeen saman päivän aikana. Ainakin kahdella videointikäyttökerralla tuli välissä kahden tai kolmen viikon paussi. 5. ja 8. käyttökerta kesti niin monta päivää, että niistä ei oikein voitu tarkastella realistisesti. Niissä myös saatiin otettua videota poikkeuksellisesti alle 200 minuuttia. Itsepurkautuminen oli todennäköisesti vaikuttanut tuloksiin. Pakkasessa tehty mittaus vei kaksi päivää, mutta se ei todennäköisesti vaikuttanut tuloksiin kovin heikentävästi.

Huomattiin, että lähtöjännite oli ainakin ensimmäisellä ja viidennellä käyttökerralla pieni. Ehkä mittaukset oli aloitettu sen verran myöhään, että oli ollut tarpeeksi pitkää itsepurkautumista ennen käyttöä. Lataamisen ja käyttökerran aloituksen väli oli saattanut olla sen verran pitkä, että varauksia oli purkautunut itsestään. Se oli vaikuttanut selvästi siten, että tehoa riitti suhteellisen lyhyelle ajalle.

Käyttökerroilla 1–13 havaittiin yhtäläisyyksiä. Pääasiassa Sony- ja Liebermann-merkkisten sormiakujen lähtöjännitteet olivat noin 30 mV matalampia kuin Duracell- ja Sanyo Eneloop -merkkisillä sormiakuilla. Pääasiassa Sony-merkkinen sormiakku laski jännitteen jyrkästi lopussa ja vaikutti ensimmäisenä heikentyvän. Kahdella ensimmäisellä käyttökerralla ainoastaan Sanyo Eneloop -merkkinen sormiakku oli poikkeavasti tavallaan vähän heikommassa tilassa. Ensimmäisellä käyttökerralla poikkeavasti lähtötilanne oli muihin verrattuna heikompi.

Lukuun ottamatta viidettä ja kahta ensimmäistä käyttökertaa lähtöjännitteet olivat suurin piirtein kahdella eri tavalla käyttökerroilla 1–13. Noin kolmella käyttökerralla alussa kahdet sormiakut olivat noin 1,4 V:n tasolla ja muut kaksi noin 1,43 V:n tasolla. Seitsemällä käyttökerralla kahdet sormiakuista olivat alussa noin 1,41 V:n tasolla ja muut 1,45 V:n tasolla. Käyttökerroilla 3–13 Liebermann-merkkisellä sormiakulla lähtöjännite oli Sony-sormiakun kanssa suurin piirtein samansuuruinen, joskus jopa alhaisempi. Silti Liebermann-sormiakun loppujännite oli Sanyo Eneloop- ja Duracel -sormiakujen luokkaa, joskus jopa suurin kaikista sormiakuista.

Jännitteiden kannalta roolit alkoivat muuttua toisenlaisiksi, kun päästiin pakkasessa tehdylle mittaukselle. Liebermann-merkkinen sormiakku alkoi lähtö- ja loppujännitteiden perusteella heikentyä.

Myöhemmin tultua 15. käyttökerralle alkoi myös Sanyo Eneloop -sormiakku heikentyä. Voitiin ehkä niinkin päätellä, että Sony- ja Duracell -sormiakut pysyivät samoilla lähtöjännitteen tasoilla loppuun saakka. Duracell-sormiakku jatkoi ainakin vahvaa näyttöä edelleen. Sony-merkkinen sormiakku ei ensimmäisenä enää alkanut hyytymään, vaan pikemminkin Liebermann-merkkinen akku. Lisäksi Sanyo Eneloop -merkkisellä akulla oli merkkejä hyytymisistä Liebermann-akun mukaisesti. Mahdollista oli, että 14. käyttökerran jälkeen Sony-sormiakku alkoi toimia vain vähän korkeammilla jännitetasoilla. Loppujännitteet olivat ehkä tasaisempia 14.mittauksen jälkeen. (Taulukko 5, s. 39.)

### 7.3 Jännitteiden muutokset käyttökertojen aikana

Muiden käyttökertojen kuin ensimmäisen mittauksen jännitteen käyttäytymisen tutkimiseksi nähtiin paremmaksi vertailla jännitteitä muuten kuin kuvaajilla. Joiltakin käyttökertoilta oltiin saatu jännitemittauksien tuloksia suurin piirtein samoilta ajoilta. Esim. joiltakin käyttökertoilta saatiin tuloksia, kun videointia oltiin suoritettu käyttökerralla 64–67 minuutin ajan. Lisäksi osalla käyttökertoista saatiin tulos neljän tai kuuden muistikortin käytön jälkeen, eli noin 132 ja 199 minuutin hetkillä. Sopivien käyttökertojen alkujännitteiden vaihteluja voitiin verrata joidenkin purkautumisvaiheiden jännitevaihteluihin. (Taulukko 6.)

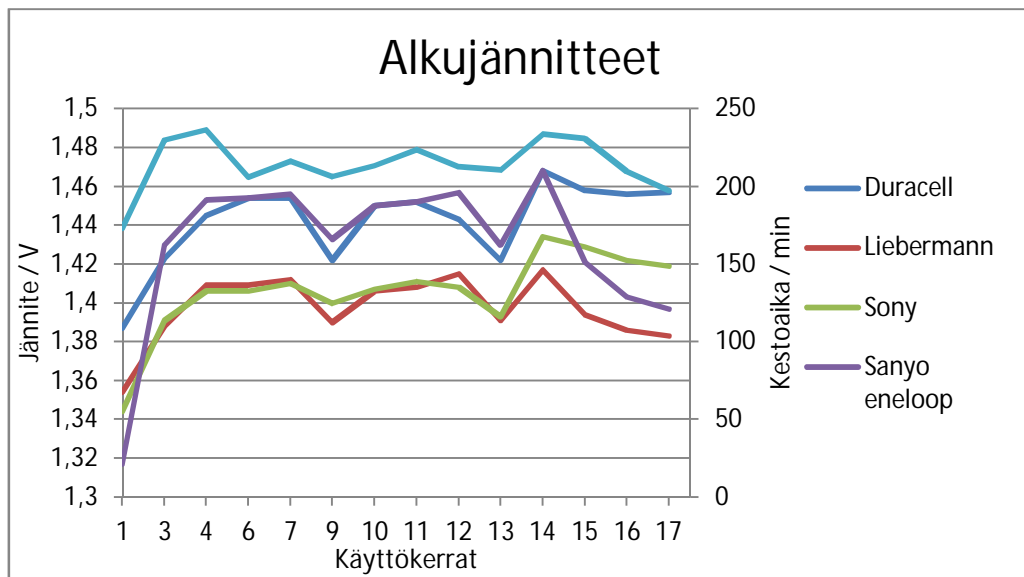
Taulukko 6. Jännitteiden vaihteluvälit käyttökertojen tietyillä ajankohdilla

Aika / min	Jännitteet / V			
	Duracell	Liebermann	Sony	Sanyo Eneloop
0	1,458–1,422	1,415–1,383	1,429–1,391	1,457–1,397
64–67	1,309–1,301	1,304–1,292	1,316–1,307	1,31–1,298
129–133	1,291–1,281	1,282–1,266	1,299–1,275	1,295–1,282
196–200	1,245–1,224	1,238–1,172	1,257–1,161	1,258–1,197

Huomattiin jännitteissä olleen eroja huomattavasti enemmän noin 65 minuutin kohdalla kuin oli alkujännitteissä. Eroja huomattiin olleen vähän 65 minuutin kohdalla, kun verrattiin erimerkkisten sormiakkujen tuloksia. Jännitteet olivat pudonneet noin 130 minuutin kohdalla noin 10–20 mV 65 minuutin kohtaan verrattuna. Vähän enemmän oli eroja 130 minuutin kohdalla eri käyttökertojen välillä. 130 minuutin kohdalla eri merkiset sormiakut olivat kuitenkin vielä suurin piirtein samoilla jännitealueilla. Noin 200 minuutin kohdalla eroja oli huomattavasti aikaisempaa enemmän. (Taulukko 6.)

#### 7.4 Eri käyttökertojen mittaustulosten vertailu

Kestoajat riippuivat paljon sormiakkujen lähtötilanteesta, eli siitä, kuinka varautuneita sormiakut olivat lähtötilanteessa. Sitä varten tarkasteltiin kaikkia muita käyttökertoja paitsi toista, viidettä ja kahdeksatta käyttökertaa. Arvojen muutoksia tarkasteltiin muiden käyttökertojen välillä. Havaittiin, että kun lähtöjännitteet pyrkivät suurenemaan, pyrki kestoajakin kasvamaan. Kun lähtöjännitteet pyrkivät puolestaan pienenemään, pyrki kestoajakin lyhenemään (kuva 15).



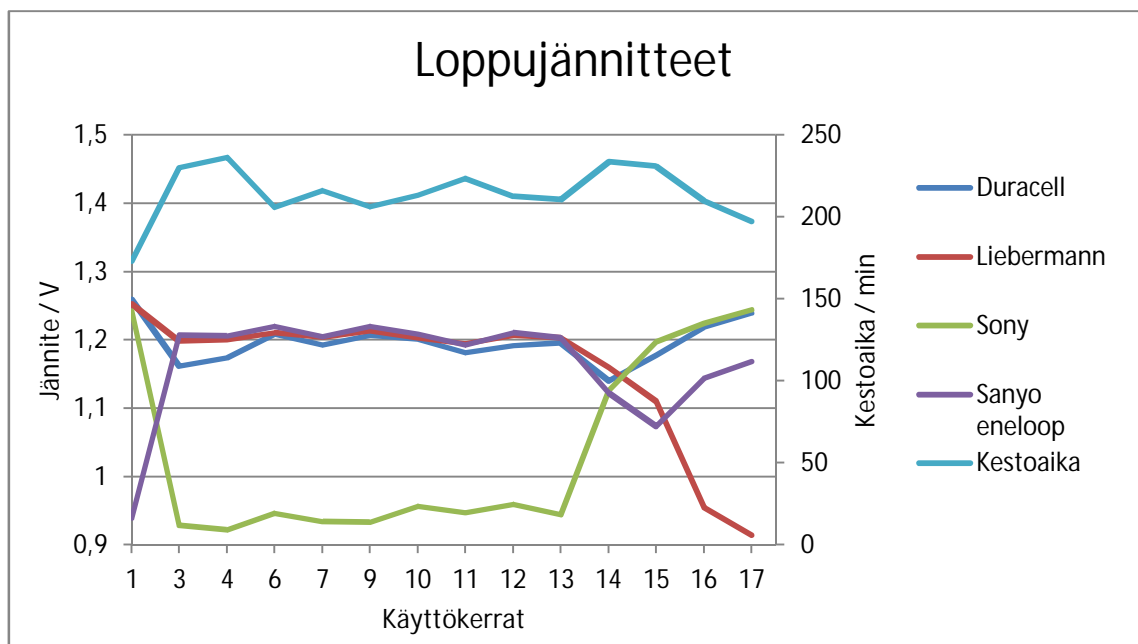
Kuva 15. Käyttökertojen välillä sormiakkujen alkujännitteiden ja kestoajojen muutokset

Lähtöjännitteet olivat ehkä eri sormiakkuilla sopivilla tasoilla ainakin muilla kuin 14. käyttökerralla. 14. käyttökerralla lähtöjännitteet olivat normaalia korkeampia. Liebermann-sormiakku ei pystynyt nostamaan lähtöjännitettä muiden mukana. Se jäi noin 30 mV normaalia alemmaksi. Se myös jäi ainakin sille lähtöjännitetasolle tai jopa entisestään heikentyi myös lopuille käyttökerroille. Ainakin 15. käyttökerran jälkeen Sanyo Eneloop -sormiakku alentui lähtöjännitteen kannalta matalammalle jännite- tai käyttötasolle, jopa alle Sony-sormiakun. Sanyo Eneloop -merkkinen sormiakku alkoi tavallaan siis myös hyytyä. Duracell- ja Sony -sormiakut jatkoivat ainakin lähtöjännitteen perusteella ehkä entiseen samaan malliin kuin oli toiminut alusta lähtien. (Kuva 15.)

Käyttökertojen loppujännitteet vaihtelivat, mikä vaikutti siihen, miten pitkään saatiin videota. Kun loppujännitteet pyrkivät pienenemään, pyrki kestoajakin pitenemään.

Loppujännitteiden pyrkiessä puolestaan suurenemaan, pyrki kesto aika myös lyhenemään. Huomattiin, että loppujännitteiden suhde kesto aikojen kanssa toimi päinvastaisesti, kuin lähtöjännitteet toimivat suhteessa kesto aikoihin. Pääasiassa Sony-merkkisen sormiakun jännite laski jyrkästi lopussa alle yhden voltin. Muilla sormiakkuilla olisi ollut vielä noin 1,2 V:n jännite.

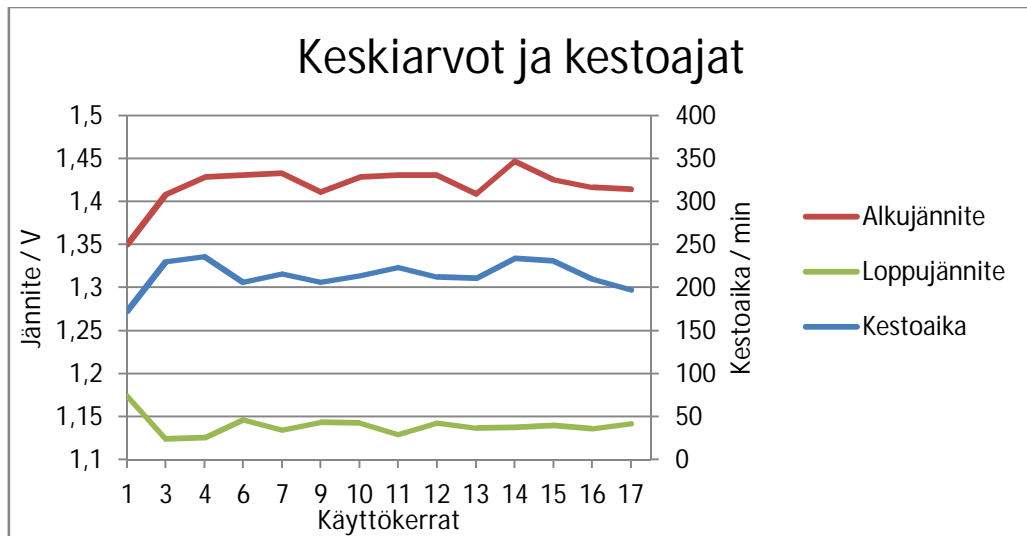
Käyttökertoilla 3–13 Sony-merkkisen sormiakun johdolla yhteisteho loppui kunkin käyttökerran lopussa. Käyttökertoilla 14 ja 15 loppujännitteet olivat tasaisempia niissä kuin monilla muilla käyttökertoilla, joissa tavallisesti yksi alitti selvästi muut loppujännitteet. Liebermann-sormiakku ajautui 15. käyttökerran jälkeen lopussa käyttökertoissa tavallaan heikoimmaksi sormiakuksi. Sen loppujännitteet olivat alhaisia verrattuna muihin sormiakkuihin. Sony-sormiakku vaikutti muuttuneen vähiten heikoimmaksi sormiakuksi loppujännitteen kannalta. (Kuva 16.)



Kuva 16. Joillakin käyttökertoilla sormiakkujen loppujännitteiden ja kesto aikojen muutokset

Tarpeelliseksi nähtiin tarkastella neljän sormiakun alku- ja loppujännitteiden keskiarvoja. Havaittiin, että kesto ajoista saatiin sitä suurempia mitä korkeampia olivat alkujännitteiden keskiarvot ja mitä matalampia olivat loppujännitteiden keskiarvot. Kesto aika pyrki kasvamaan, kun lähtöjännite pyrki kasvamaan tai loppujännite laskemaan eri käyttökertojen suhteen. Kesto aika pyrki myös laskemaan päinvastaisella tavalla. (Kuva 17, ks. seur. s.)

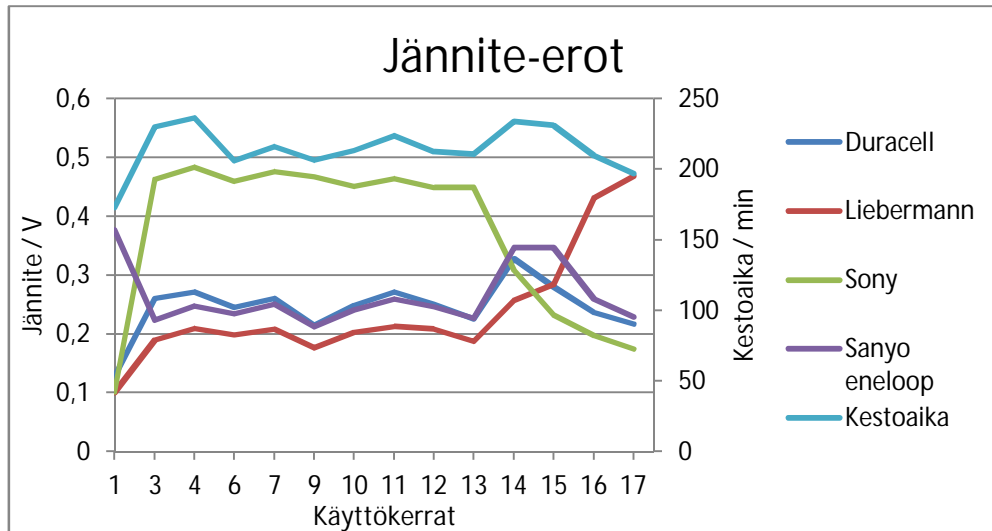




Kuva 17. Alku- ja loppujännitteiden keskiarvot valituilla käyttökerralla

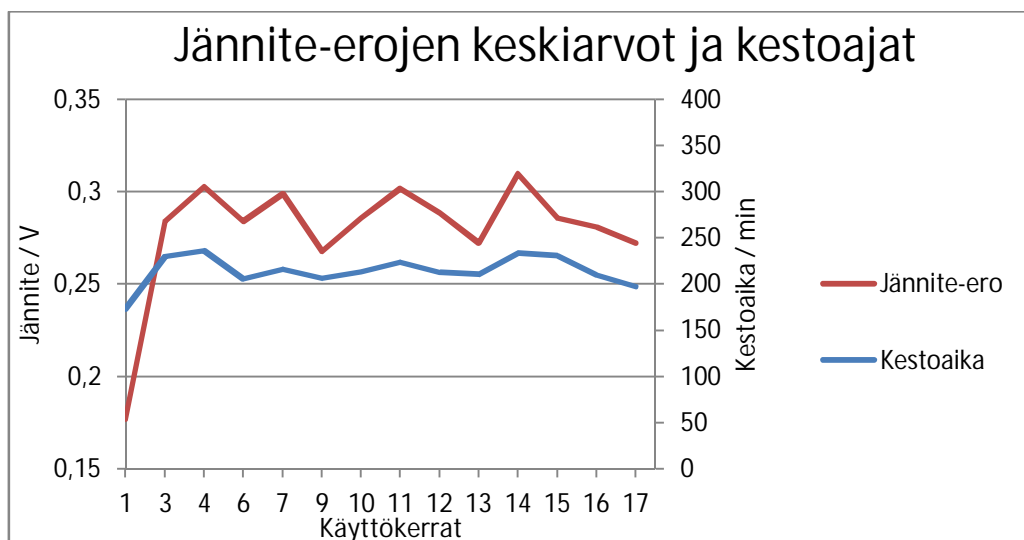
Käyttökerralla 3 ja 4 loppujännitteet olivat keskimäärin hiukan matalampia kuin muilla myöhemmillä käyttökerralla. 3., 9. ja 13. käyttökerralla lähtöjännitetasot ja muut jänniteasetelmat olivat suurin piirtein samanlaisia. Silti 9. ja 13. käyttökerta jaksoi antaa tehoa videointiin ainakin 20 minuuttia vähemmän kuin 3. käyttökerralla. Myös samantyyppisillä jännitetasoilla ja jänniteasetelmilla neljännellä ja 6. käyttökerralla huomattiin kestoajan pientymistä. Niissä 6. käyttökerralla kestoaja oli ainakin 30 minuuttia lyhyempi, kuin oli neljännellä käyttökerralla. Syytä siihen voitiin selittää osittain loppujännitteiden eroilla. Käyttökerralla 11 saatiin suhteellisen pitkästi videointia, ja siinä silloin loppujännitteet olivat suhteellisen alhaisella tasolla.

Käyttökertojen 14 ja 15 välillä havaittiin, että kestoaja ei muuttunutkaan, vaikka lähtöjännite laski ja loppujännite pysyi samana. Toisaalta käyttökerralla 16 saatiin edelliseen käyttökertaan verrattuna lyhyemmän kestoajan, vaikka lähtöjännitteet ja loppujännitteet pysyivät suurin piirtein samana. Käyttökerran 14 tulokseen saattoi vaikuttaa epätavallisen korkea lähtöjännite. Myös pakkasella oli omat vaikutuksensa. Käyttökerralla 16 loppujännitteiden tulokset eivät olleet niin tasaisia kuin edellisellä käyttökerralla. Käyttökerralla 16 yksi sormiakku vaikutti yhteisen purkautumisen loppumiseen enemmän kuin muut sormiakut. Kestoaja lyheni viimeisellä käyttökerralla verrattuna edelliseen myös ehkä Liebermann-sormiakun entistä selvemman hyytymisen vuoksi. Samalla lähtöjännitteet vähän laskivat. Näköjään pimeässä videokuvaaminen ei ainakaan tuottanut parempia tuloksia. (Kuva 17; kuva 18, ks. seur. s.)



Kuva 18. Käyttökertojen aikaisten jännitteiden pudotusten vaihtelu sormiakuilla yhdessä kesto-aikojen vaihtelun kanssa.

Kesto aika pyrki siis pienenemään, kun alku- ja loppujännitteiden ero eli jännitteen pudotus pyrki kapenemaan ja päinvastoin. Huomattiin, että varsinkin lopussa alle 1 V:iin purkautuvan sormiakun jännite putosi huomattavasti muita sormiakkuja enemmän (kuva 18). Keskimääräinen alku- ja loppujännitteiden eron käyrä kulki myös muutamia poikkeuksia lukuun ottamatta kestoajan mukaan (kuva 19). Suhteessa jännitteen pudotus vaihteli enemmän kuin kesto aika. Toisin sanoen suuremmat lähtöjännitteet ja pienemmät loppujännitteet eivät pienentäneet kuitenkaan kovin runsaasti kesto aikaa suhteellisesti. Toisin sanoen kestoajat olivat suhteellisen pitkiä, vaikka alkujännite ei ollut korkea ja jännite lopussa ei pudonnut keskimäärin jyrkästi.

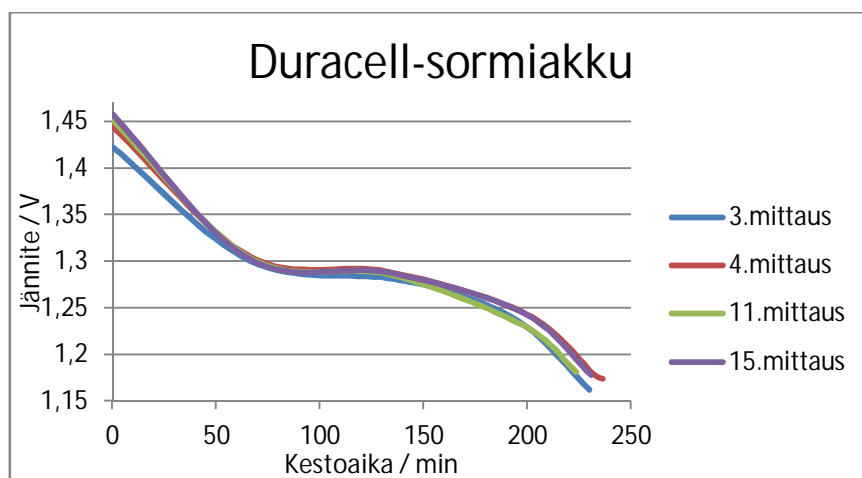


Kuva 19. Jännitteen pudotuksen keskiarvo yhdessä kestoajan kanssa

Käyttökertoja tarkasteltuna kokonaisuutena huomattiin, että kestoajat olivat vähän pienehköjä neljännen käyttökerran jälkeen 13. käyttökertaan saakka. Oli vaikea arvioida, ehtikö jonkinlaista yleistä hyytymistä tapahtua sormiakuilla 13. käyttökerran aikana. Vielä 13. käyttökerralla saatiin kuitenkin suhteellisen pitkään videointia eli noin 3,5 tuntia videota. 14. ja 15. kerralla saatiin suhteellisen pitkiä kestoja. Niissä saatiin suurin piirtein saman verran videota kuin kolmannella ja neljännellä kerralla, noin 230 minuuttia.

Ainakin Liebermann- ja Sanyo eneloop -merkkisillä sormiakuilla huomattiin tavallista suurempaa jännitteen pudotusta myöhemmillä käyttökerralla. Kolmannella käyttökerralla saatiin samanlaisia tai ainakin pienempiä lähtöjännitteen arvoja kuin 16. kerralla. Myöhemmällä eli 16. kerralla sormiparistot antoivat kuitenkin vähemmän aikaa tehoa kuin aikaisemmillä käyttökertoilla. Toisaalta jo 6. käyttökerralla saatiin suurin piirtein 16. käyttökerran kanssa vastaavia tai jopa sitä suurempia lähtöjännitteiden arvoja. Käyttökertoilla kestot olivat kuitenkin samaa luokkaa. Käyttökerralla 6 vaikutti toisaalta Sony-sormiakun nopea hiipuminen. Hiipumis-ilmiö oli taas 16. käyttökerralla loppunut.

Mittausten tuloksista oli vaikea päätellä, paljonko akkujen kapasiteetti ehti heikentyä 17:n käyttökerran aikana. Havaittavissa oli ainakin jotain hiipumista ainakin Liebermann- ja Sanyo Eneloop -merkkisen sormiakun osalta. Suorastaan jännitekäyristä ei voitu päätellä muutoksia 17 käyttökerran aikana muuten kuin yksittäistapauksissa. Esimerkiksi Duracell-merkkisen sormiakun jännitekäyrä oli samantyyppinen ensimmäisissä ja myöhemmillä käyttökertoilla (kuva 20).



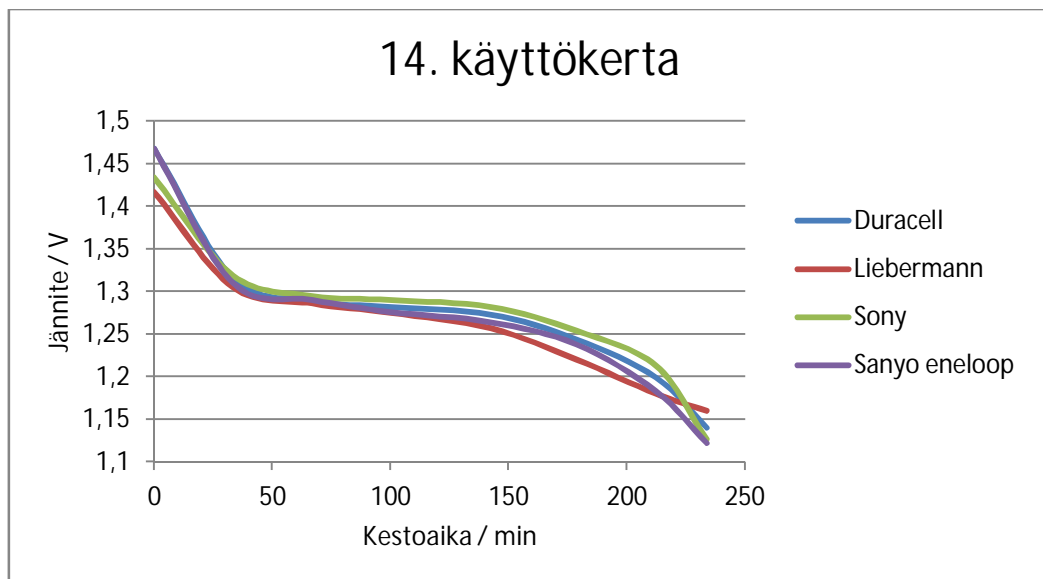
Kuva 20. Duracell-merkkisen sormiakun jännitekäyrä eri käyttökertoilla

## 7.5 Pakkasen vaikutukset sormiakkuihin

Käyttökerralla 14 videoitiin ulkona noin 10°–20° pakkasessa, mutta osittain myös sisätiloissa ja jääkaapin pakastelokerossa. Muistikortin havaittiin täyttyvän pakkasessa ainakin vähän hitaammin kuin normaalisti, kun otettiin videota. Taipumusta oli silloin, että muistikorttiin saatiin videota normaalia pitempään. Joskus muistikortti täyttyi vasta noin 36 minuutissa. Kun yhden muistikortin verran videoitiin jääkaapin pakastelokerossa, saatiin muistikortti täyteen vasta noin 42 minuutissa. Jääkaapin pakastelokeron pimeyttä pyrittiin välillä poistamaan laittamalla sinne taskulamppuja. Tosin huomattiin, että niillä ei saatu valaistusta lähellekään päivänvalon ja huoneen valaistuksen tasolle.

Pakastelokerosta saatujen tulosten perusteella saatiin idean kokeilla purkaa sormiakut pimeässä huoneessa, joka toteutui viimeisellä käyttökerralla. Pimeässä tehdyillä mittauksilla saatiin muistikortteihin 37–43 minuuttia videota. Pimeyden havaittiin vaikuttavan selvästi siihen, kuinka paljon videointi vei muistia. Jostain syystä kuitenkin pakkasessa videointi ei ollut niin paljon muistia vievää kuin normaalilämpötilassa. Syynä saattoi olla ulkona ollut yksipuolisempi kuvauskohde.

Pakkasessa toteutetulla käyttökerralla jokaisen muistikortin vaihdon yhteydessä toteutettiin jännitemittauksia. Saatiin suhteellisen havainnollinen kuvaaja. Sillä käyttökerralla jännitteet eivät poikkeavasti hajonneet varsinkaan loppupuolella. (Kuva 21.)



Kuva 21. Jännitteiden käyttäytyminen kylmässä

Käyttökerralla 14 lähtöjännitteet olivat korkeat. Loppujännitteistä mikään ei erityisesti pudonnut muita alemmaksi. Kuitenkin keskimääräinen loppujännite oli normaalia matalampi ja siten keskimääräinen jännitteen pudotus suuri. Kesto-aika oli myös tavallista pidempi. Pakkasella ei vaikuttanut olleen ainakaan sellaisia vaikutuksia, että kesto-aika olisi lyhentynyt paljon. Juuri pakkasessa tehdyille mittauksille sattui sormiakkujen jännitteiden tasaisuus. Voitiin vain arvella, oliko pakkasella ollut vaikutusta siihen, että varaukset purkautuivat tasaisemmin. Voitiin myös vain arvella, kykenivätkö yksittäisten sormiakkujen jännitteet laskemaan pakkasen vuoksi lopussa mitenkään erityisen alas. Lähtöasetelma oli aiempaa poikkeavampi käyttökerralla, mutta kuitenkin hajontaa oli jännitteissä alussa ja väleissä ainakin yhtä paljon kuin aiemmin.

Vaikka kuvaus oli yksipuolisempaa ja vähemmän muistia vievää, havaittiin tehoa kuitenkin kuluneen ainakin normaaliin tapaan. Havaittiin tehon kulutuksen olleen enemmänkin riippuvainen videointiin käytetystä ajasta kuin videoinnin viemästä muistista. Kun videota otettiin jääkaapin pakastelokerossa, huomattiin yksipuolisen kuvauskohteen vaikutukset. Siellä pimeys vaikutti siihen, että video tarvitsi tavallista vähemmän muistia muistikortilta. Huomattiin muistikortin siellä täyttyneen hitaammin kuin jopa sitä aiemmin ulkona pakkasessa. Jo viimeisellä käyttökerralla pimeässä tehdyssä mittauksessa varmistettiin yksipuolisten kuvauksien vaikutukset. Siitä saatiin varmistus, että teho kului pääasiassa videointiin käytetyn ajan mukaan.

## 8 Syväpurkaminen, pikalataus ja väärinlataus

Syväpurkamisen, pikalatauksen ja väärinlataamisen vaikutuksia sormiakkuihin tutkittiin erikseen insinööriyön aikana. Mittaukset tehtiin eri aikaan ja muilla sormiakuilla kuin kannattavuutta ja yleistä toimintaa tutkivissa mittauksissa. Mittauksissa käytettiin kuitenkin samoja kameroita. Syväpurkamista ja erityisien lataamisten vaikutusten tutkimista varten oli omat sormiakut, joille toteutettiin useita käyttökertoja. Sormiakkuja purettiin kameroilla pääasiassa yhtä aikaa, ja samalla tehtiin mittauksia. Sormiakkuja käytettiin muuten tarkoituksenmukaisesti.

Pikalatauksen tutkimiseen valittu sormiakku aina pikaladattiin käytön jälkeen, jotta voitiin tutkia pikalatausta. Väärinlataukseen valittua sormiakkua aina ladattiin väärin purkamisen jälkeen väärinlataamisen tutkimiseksi. Syväpurkamisen tutkimiseksi yhtä sormiakkua syväpurettiin aina kameralla purkamisen jälkeen, mutta ladattiin normaalisti sen jälkeen. Syväpurkaminen toteutettiin yksinkertaisella vastuspiirillä. Väärinlataus toteutettiin Lenmar-laturilla, jossa NiMH-sormiakkua ladattiin NiCd-akulle tarkoitetulla latauksella.

Mittauksissa eri sormiakkuja tarkoituksellisesti pikaladattiin ja ladattiin väärin sekä syväpurettiin niiden asioiden tutkimiseksi. Jännitemittauksia tehtiin niin purkamisten että lataamistenkin yhteydessä. Selvitettiin muutoksia ja lataamisten vaikutuksia useiden käyttökertojen aikana. Väärinlatauksen, pikalatauksen ja syväpurkauksen tutkimustuloksia vertailtiin tavallisella tavalla tehtyjen videointimittausten tuloksiin.

### 8.1 Toimintatavat ja sormiakkujen käyttö mittauksissa

Väärinlatauksen tutkiminen aloitettiin pikalatauksen ja syväpurkamisen vaikutusten tutkimista aiemmin. Aluksi väärinlatauksen tutkimisessa käytettiin PowerShot A710IS -kameraa. Yhtä uutta Sony-merkkistä sormiakkua ja yhtä uutta Sanyo Eneloop -merkkistä sormiakkua käytettiin väärinlatauksen tutkimiseen. Niitä purettiin PowerShot A710IS -kameralla ja ladattiin Lenmar-laturilla Ni-Cd-latauksella yhtä aikaa. Myöhemmin pikalataamisen ja syväpurkamisen vaikutusten tutkiminen aloitettiin, ja niitä alettiin tekemään väärinlataamisen tutkimisen kanssa yhtä aikaa. Erityisten asioiden tutkimisen yhdistämisen tarkoituksena oli helpottaa tutkimuksia. Yhtäaikaisessa tutkimisessä käytettiin sekä PowerShot A710IS -kameraa että PowerShot S51S -kameraa.

Pika- ja väärinlataamiseen liittyvissä tutkimuksissa tarvittiin kahta sormiakkua, koska laturit eivät muuten toimineet. Molemmilla kameroilla voitiin purkaa yhtä aikaa yhteensä kuutta sormiakkua. PowerShot A710IS -kameraan tarvittiin 2 sormiakkua ja PowerShot S51S -kameraan 4 sormiakkua. Koska väärinlatauksessa käytettiin kahta erimerkkistä sormiakkua, valittiin pikalatauksen tutkimiseksi akut samalla tavalla. Pikalatauksen tutkimiseen käytettiin siis myös yhtä uutta Sony-merkkistä sormiakkua ja yhtä uutta Sanyo Eneloop-merkkistä sormiakkua. Siinä käytettiin kuitenkin toisia akkuja kuin väärinlatauksen tutkimisessa.

PowerShot A710IS -kamerassa alettiin purkaa Sony-merkkisiä sormiakkuja, kun kaikkia ilmiöitä alettiin tutkia yhtä aikaa. PowerShot S51S -kameralle jäi purettavaksi väärin- ja pikalatauksen tutkimiseen liittyvät Sanyo Eneloop -merkkiset sormiakut. Jotta voitiin käyttää PowerShot S51S -kameraa, tarvittiin lisää sen käyttöön sormiakkuja. Jotta mittauksista saatiin mahdollisimman yksinkertaisia, tarvittiin PowerShot S51S -kameran käyttöön kahta Sanyo Eneloop -merkkistä sormiakkua lisää. Koska syväpurkamisen tutkimukset eivät vaatineet kahta sormiakkua, valittiin yksi lisätty Sanyo Eneloop -sormiakku syväpurkamisen tutkimuksia varten. Koska syväpurkamisen tutkimiseen liittynyt sormiakku vaati lataamista normaalilla tavalla, jouduttiin toinen lisätty sormiakku lataamaan myös normaalilla tavalla. Siten voitiin tutkia syväpurkamisen vaikutuksia lataamisen vaikutuksien kanssa yhtä aikaa.

PowerShot S51S -kameraan tarvittiin siis yksi normaalilla tavalla käytettävä sormiakku, toinen uusi sormiakku ja yhteensä neljäs Sanyo Eneloop -sormiakku. Sellaiseksi otettiin Sanyo Eneloop -sormiakku, joka oli aiemmin ollut mukana PowerShot S51S -kameralla tehdyissä kannattavuuteen liittyvissä mittauksissa. Siten uusilla mittauksilla voitiin jatkaa kannattavuuteen ja toimintakykyyn liittyviä tutkimuksia useiden käyttökertojen aikana. Siten voitiin myös vertailla tutkittaviin ilmiöihin liittyviä mittaustuloksia normaalisti käytetyn sormiakun mittaustuloksiin. Kyseinen sormiakku oli käynyt läpi aiemmin ainakin 17 käyttökertaa PowerShot S51S -kameralla. Käytettyä sormiakkua ladattiin syväpurkamisen tutkimiseen tarkoitetun uuden sormiakun kanssa yhtä aikaa Liebermann-merkkisellä laturilla.

Molemmilla kameroilla purettiin sormiakut yhtä aikaa. PowerShot S5IS -kameralla purettiin neljää Sanyo Eneloop -sormiakkua ja PowerShot A710IS -kameralla kahta Sony-sormiakkua. Käytännössä PowerShot S5IS -kameralla tutkittiin kaikkia kolmea asiaa, ja PowerShot A710IS -kamera toimi tutkimusten apuna. PowerShot A710IS -kameralla kuitenkin Sony-sormiakuista toinen sormiakku kuului pikalatauksen tutkimuksiin ja toinen väärinlataamisen tutkimuksiin. Aluksi väärinlataamisen tutkimiseksi PowerShot A710IS -kameralla toteutettiin neljä käyttökertaa. Kun syväpurkamisen, pika- ja väärinlataamisen tutkiminen yhdistettiin, tehtiin molemmilla kameroilla 8 käyttökertaa.

## 8.2 Mittausten toteutuminen

Väärinlataamisen tutkimiseksi aluksi ladatut sormiakut käytettiin tyhjäksi Canon PowerShot A710 -kameralla ja väärinladattiin neljä kertaa. Sen jälkeen alettiin tutkia eri ilmiöitä yhdessä. Väärinlatauksen tutkimusta jatkettiin yhdessä muiden ilmiöiden tutkimusten kanssa. Ennen aloittamista sormiakut ladattiin täyteen. Väärinladatut sormiakut ladattiin viidennen kerran väärin NiCd-sormiakuille tarkoitetulla latausohjelmalla. Kolme muuta Sanyo Eneloop -merkkistä sormiakkua ja toinen Sony-sormiakku ladattiin täyteen normaalilla tavalla.

Kaikki kuusi sormiakkua purettiin yhdessä Canon PowerShot S5IS ja Canon PowerShot A710 -kameroiden kanssa. Ensimmäisen yhteisen purkamisen jälkeen aloitettiin varsinaiset pikalatauksien ja syväpurkamisen tutkimuksiin liittyvät toimenpiteet. Entisellä tavalla jatkettiin väärinlataamista ja siihen liittyviä tutkimuksia. Tietyt mukana olleet sormiakut pikaladattiin, tietyt väärinladattiin, toteutettiin syväpurkaminen ja normaalilataus. Molemmilla kameroilla yhteinen purkaminen ja sen jälkeiset toimenpiteet toistettiin noin seitsemän kertaa.

Väärinlatauksen tutkimista jatkettiin Canon PowerShot S5IS- ja Canon PowerShot A710IS -kameroiden avulla yhdessä pikalatauksen ja syväpurkauksen vaikutuksien tutkimuksien kanssa. Canon PowerShot S5IS- ja Canon PowerShot A710IS -kameroilla purettiin sormiakut suurin piirtein yhtä aikaa. Aina, kun Canon PowerShot S5IS -kameralla oli saatu sormiakut purettua loppuun, laitettiin syväpurkauksen tutkimuksiin käytetty sormiakku syväpurkautumaan. Syväpurkaminen toteutettiin elektroniikan rakennussarjalla kootun vastuspiirin avulla.



Kun Canon PowerShot S5IS -kameran lisäksi PowerShot A710IS -kamera oli purkanut sormiakkunsa loppuun, suoritettiin väärinlataukset ja pikalataukset. Syväpurkauksessa odotettiin, että jännite oli tarpeeksi pudonnut. Sen jälkeen ladattiin syväpurettu sormiakku normaalisti sopivaan jännitteeseen yhdessä aiemmin ja normaalilla tavalla käytetyn sormiakun kanssa.

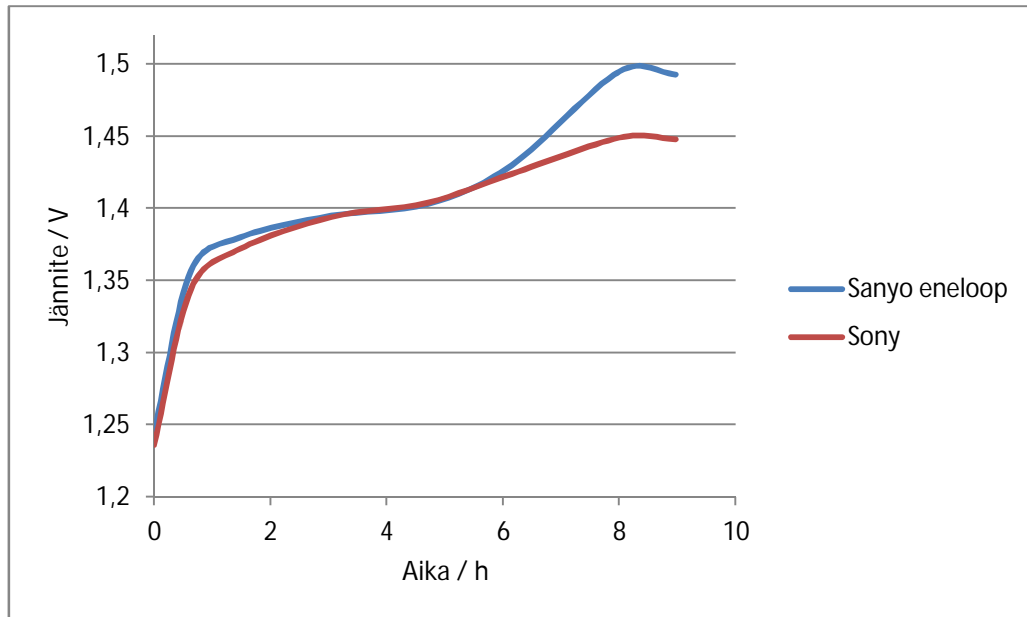
Käyttökertoja suoritettiin 8 kertaa, kun useita ilmiöitä tutkittiin yhtäaikaaisesti. Sormiakut saatiin purettua PowerShot A710IS -kameralla nopeammin PowerShot S5IS -kameraan verrattuna. Purkuoperaatiot molemmilla kameroilla saatiin silti ainakin aloitettua ja lopetettua suurin piirtein samaan aikaan. Purkamisilla oli taipumusta venyä useiden päivien ajalle, kun toteutettiin erityisten lataamisten ja syväpurkamisen yhtäaikainen tutkiminen. Ensimmäinen ja kahdeksas kyseisellä tavalla toteutetuista mittauksista saatiin vietyä läpi yhdessä päivässä. Muut mittaukset venyivät vaihtelevasti kahdesta päivästä kahteen viikkoon. Kahdet mittauksista veivät aikaa neljä päivää, kahdet niistä viikon. Viiden niistä mittauksista kesti kaksi päivää.

Kuudes mittauksista puolestaan saattoi olla realistinen tarkasteltavaksi, kun purkamistoimenpiteet veivät aikaa vain kaksi päivää. Tavallisesti, kun oli saatu sormiakut tarkoituksenmukaisesti ladattua, ei jäänyt pitkiä aikoja seuraavaan purkaustoiminnan aloittamiseen kameroilla. Ainoastaan kuudennella ja seitsemännellä kerralla lataamisten ja käytön aloituksen väli oli muutamia päiviä.

Väärinlataaminen toteutettiin vaihtelevasti. Siihen käytetyllä Lenmar-merkkisellä laturilla saatiin ladattua NiCd-latauksella noin 3,5 tuntia. Kun se noin 3,5 tunnin jälkeen ilmoitti latauksen loppumisesta, se siirtyi ilmeisesti ylläpitolataukseen. Usein jatkettiin kuitenkin latausta laittamalla sen uudelleen lataukseen, kun laturi oli ilmoittanut latauksen päättymisestä. Jännite saatiin vielä nousemaan jatkamalla latausta 3,5 tunnin jälkeen. Pikalataus oli puolestaan tehokasta. Yhdellä noin neljän tunnin lataamisella saatiin jännitteen nousemaan hyvin nopeasti.

### 8.3 Väärinlataamisen vaikutukset viidellä ensimmäisellä latauskerralla

Väärinlatauksen tutkimuksissa aluksi ensimmäisen lataamisen aikana tehtiin jännitemittauksia useasti. Ensimmäisellä latauskerralla annettiin väärinlatauksen kestää päälle 8 tuntia. Lataus lopetettiin, kun jännite oli noussut lähelle 1,5 V. (Kuva 22, ks. seur. s.)



Kuva 22. Jännitteen käyttäytyminen ensimmäisessä väärinlatauksessa

Ensimmäisen väärinlataamisen jälkeen huomattiin sormiakut säilyneen melko normaaleina. Ne ainakin purkautuivat Canon PowerShot A710IS -kameralla tavallisella tavalla. Saatiin lähes 150 minuuttia videota, kun lähtöjännitteet olivat noin 1,4 ja 1,43 V. Huomattavaa oli Sanyo Eneloop -merkkisen sormiakun jännitteen pudotus Sony-merkkiseen akkuun verrattuna.

Väärinlatauksen tutkimista katsottiin aiheelliseksi jatkaa samalla tavalla sen neljän käyttökerran verran ensimmäisen käyttökerran tulosten perusteella. Väärinlataaminen oli neljällä ensimmäisellä kerralla vaihtelevan pituisia. Toisessa väärinlatauksessa huomattiin, että laturi ilmoitti latauksen loppuun suorittamisesta 3,5 tunnissa, kun ladattiin yhtäjaksoisesti keskeyttämättä. Jännite oli 1,386 V molemmissa sormiakuissa, kun laturin valo näytti vihreätä.

Latauksissa myöhemmin huomattiin sormiakkujen jännitteiden nousevan ensimmäisen 3,5 tunnin jälkeen, kun akut laitettiin uudelleen väärinlataamaan. Jännite saatiin nousemaan lataamalla sormiakkuja pitempään kuin 3,5 tuntia, kun latausta katkottiin välillä jännitemittausten tekemiseksi. Lähtöjännitteistä saatiin vaihtelevien väärinlatauksien vuoksi vaihtelevia purkamistoimenpiteissä. Canon PowerShot A710IS -kameralla saatiin siten vaihtelevan pituisia kestoja videoille, jotka saivat tehonsa väärinladatuilta sormiakuilta. (Taulukko 7, ks. seur. s.).

Taulukko 7. Ensimmäisten väärinlatauskertojen alku- ja loppujännitteitä ja kestoajoja, kun Canon PowerShot A710 -kameralla videoitiin

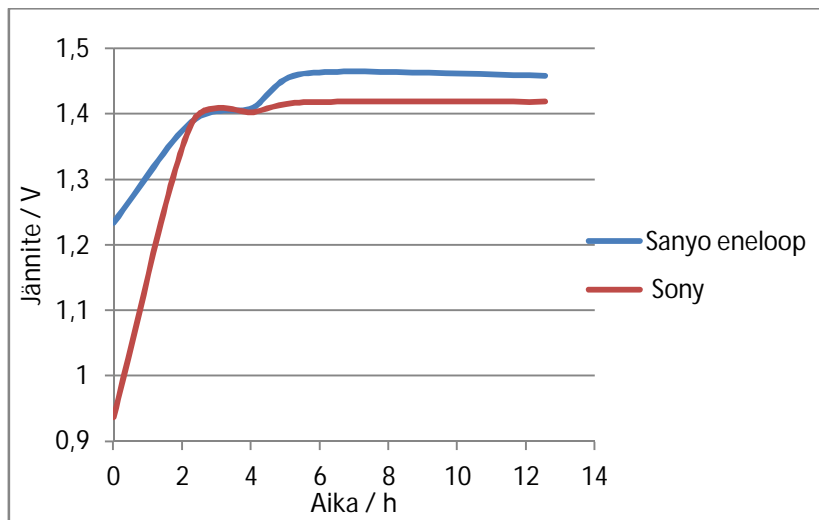
Käyttökerta	Jännite	Sanyo Eneloop	Sony	Kesto aika / min	Päivämäärä
1	alku / V	1,434	1,394	148,333	22.10.2010
	loppu / V	0,986	1,156		
2	alku / V	1,366	1,349	75,1	3.11.2010
	loppu / V	1,199	0,937		
3	alku / V	1,355	1,328	89,32	12.1.2011
	loppu / V	1,234	0,937		
4	alku / V	1,409	1,409	151,2	14.1.2011
	loppu / V	1,148	1,043		

Toisella ja kolmannella käyttökerralla saatiin purettua sormiakkuja yllättävän lyhyen ajan. Lähtöjännitteet olivat ensimmäiseen kertaan verrattuna matalia. Ne olivat matalia väärinlatauksien lyhyiden kestoajansa ansiosta, jotka toteutettiin niiden käyttökertojen purkamisoperaatiota varten. Kolmannessa väärinlatauksessa mitattiin eli hetkellisesti katkaistiin jännite kerran latauksen aikana kahden tunnin kuluttua lataamisen aloituksesta. Lopullinen jännite saatiin nousemaan jo yli 1,4 V:n jo noin vähän päälle neljän tunnin latauksella.

Toisella ja kolmannella käyttökerralla kuitenkin lataamisen ja käytön aloituksen väli oli pitkä. Kuitenkin lähtöjännitteiden perusteella kestoajat olivat suhteellisen lyhyitä verrattuna aiemmin samalla kameralla tehtyjen mittausten tuloksiin. Aiemmin tehdyissä mittauksissa molemmat tyyppiä AA olevat jännitelähteet olivat olleet samaa merkkiä. Niissä mittauksissa oltiin saatu pitempiä kestoajoja kuin uusissa mittauksissa vastaavilla lähtöjänniteasetelmilla. Väärinlatausmittauksessa toisella ja kolmannella käyttökerralla tuloksiin vaikututti Sony-sormiakun nopeampi hiipuminen Sanyo Eneloop -sormiakkuun verrattuna.

Neljännelle väärinlataukselle tehtiin jännitemittauksia myös tavallista enemmän. Väärinlataamista voitiin suorittaa ainakin sen 8 tuntia niin, että jännite nousi, kun oltiin aloitettu tyhjästä tilasta lataamaan (kuva 23, ks. seur. s.). Neljännessä väärinlatauksessa huomattiin jo jännitteen laskeneen lähes 12 tunnin lataamisella. Neljännellä purkamistoimenpiteellä saatiin toisen ja kolmannen huonoista tuloksista huolimatta hyvät tulokset.

Sillä saatiin videoita yllättävän pitkään. Se osoitti, että väärinlataus ei ainakaan ollut vaikuttanut sormiakkuihin vielä kovin haitallisesti.

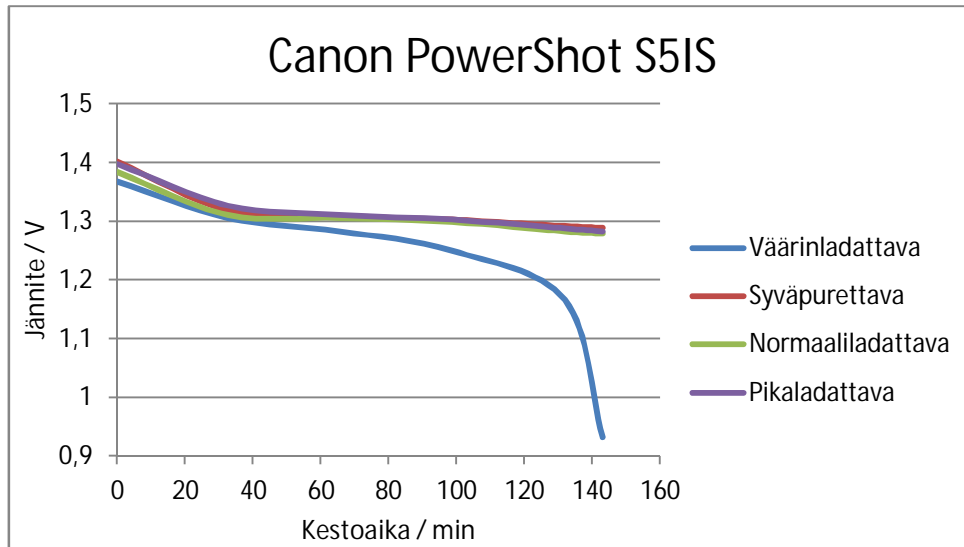


Kuva 23. Jännitteen käyttäytyminen neljännessä väärinlatauksessa

Viidennellä väärinlatauksella sormiakkuja pidettiin sormiparistoja latauksessa 11 tuntia katkaisematta. Laturi oli näyttänyt vihreää valoa eli ilmoittanut latauksen loppuun suorittamisesta jo noin 3,5 tunnin lataamisen aloittamisen jälkeen. Jännitteet olivat lataamisen jälkeen 1,387 V molemmilla sormiakkuilla. Laturi oli todennäköisesti vain ollut ylläpitolatauksessa 3,5 tunnin jälkeen.

#### 8.4 Mittaukset yhdessä Canon PowerShot S5IS- ja A710ISn -kameroilla

Väärinlatauksessa aiemmin mukana olleet edelleen mukana olevat sormiakut olivat heikoimmat sormiakut molemmissa kameroissa. Sitä ne olivat jo ensimmäisessä molempien kameroiden yhteispurkamisessa. Canon PowerShot A710IS -kamerassa lähtöjännite oli väärinlataukseen osallistuneella Sony-sormiakulla toista Sony-sormiakku hiukan heikompi. Kuitenkin väärinladattava sormiakku hyytyi yllättävän nopeasti, kun toisella kameran sormiakulla olisi ollut tehoa vielä pitkään. Alle 80 minuutin suoritus oli yllättävän lyhyt vastaavilla lähtöasetelmilla. Canon PowerShot S5IS -kameralla väärinlatauksessa mukana ollut sormiakku hyytyi samalla tavoin yllättävän nopeasti (kuva 24, ks. seur. s.). Noin 140 minuutin kesto aika oli huomattavan heikko verrattuna lähtöasetelmiin. Väärinlatauksen ja sormiakkujen purkautumisen välillä oli 10 päivää aikaa tosin itsepurkautumiseen.



Kuva 24. Eri tavalla tutkittavien Sanyo Eneloop -sormiakkujen jännitteiden käyttäytyminen ensimmäisessä yhteisessä mittauksessa.

Vaikka purkaustoimenpiteet saattoivat kestää pitkään, saatiin niistä eri kerroilla ensimmäistä lukuun ottamatta ainakin kohtuullisia tuloksia. Väärinladattavat sormiakut olivat molemmissa kameroissa tavallisesti heikoimpia sormiakkuja myös ensimmäisen jälkeen toteutetuilla kerroilla. Väärinlataukseen käytetyt sormiakut varsinkin PowerShot A710 -kameran tapauksessa saivat yleensä huomattavasti muita alhaisempia loppujännitteitä. (Taulukko 8.)

Taulukko 8. Yhteisten erilaisiin lataamisiin ja syväpurkaamiseen liittyvien mittauksen tuloksia Canon PowerShot A710IS -kameralla

Mittauskerta	Jännitteet	Pikaladattava	Väärinladattava	Kesto aika (min)	Päivämäärä
1	alku / V	1,407	1,352	77,35	25.1.2011
	loppu / V	1,293	0,939		
2	alku / V	1,389	1,382	138,5	27.1.2011 – 01.02.11
	loppu / V	1,198	0,96		
3	alku / V	1,392	1,396	157,5	2.2.2011 – 10.02.11
	loppu / V	1,122	1,088		
4	alku / V	1,417	1,41	154,9	11.2.2011 – 15.02.11
	loppu / V	1,166	0,957		
5	alku / V	1,382	1,386	146,7	18.2.2011 – 01.03.11
	loppu / V	1,174	0,951		
6	alku / V	1,295	1,302	142	8.3.2011 – 09.03.11
	loppu / V	1,165	0,965		
7	alku / V	1,357	1,363	137,4	15.3.2011 – 23.03.11
	loppu / V	1,162	0,985		
8	alku / V	1,391	1,39	146,3	25.3.2011
	loppu / V	1,166	0,962		

Lähtöjännitteet olivat ainakin PowerShot S5IS -kameralla käytetyllä väärinladatulla sormiakulla pääasiassa alhaisempia muihin verrattuna kuin korkeampia. Siihen saattoi vaikuttaa lataus. Tavallisimmin väärinlataukseen käytetyt sormiakut ladattiin kahteen kertaan 3,5 tuntia kestävän latauksen ajan. Kerran ennen kolmatta kertaa tehtiin enemmän jännitemittauksia ja saatiin varattua sormiakkuja tavallista pitempään väärällä tavalla. Väärin lataamisella ei kuitenkaan saatu jännitettä nostettua kovin ylös. (Taulukko 9.)

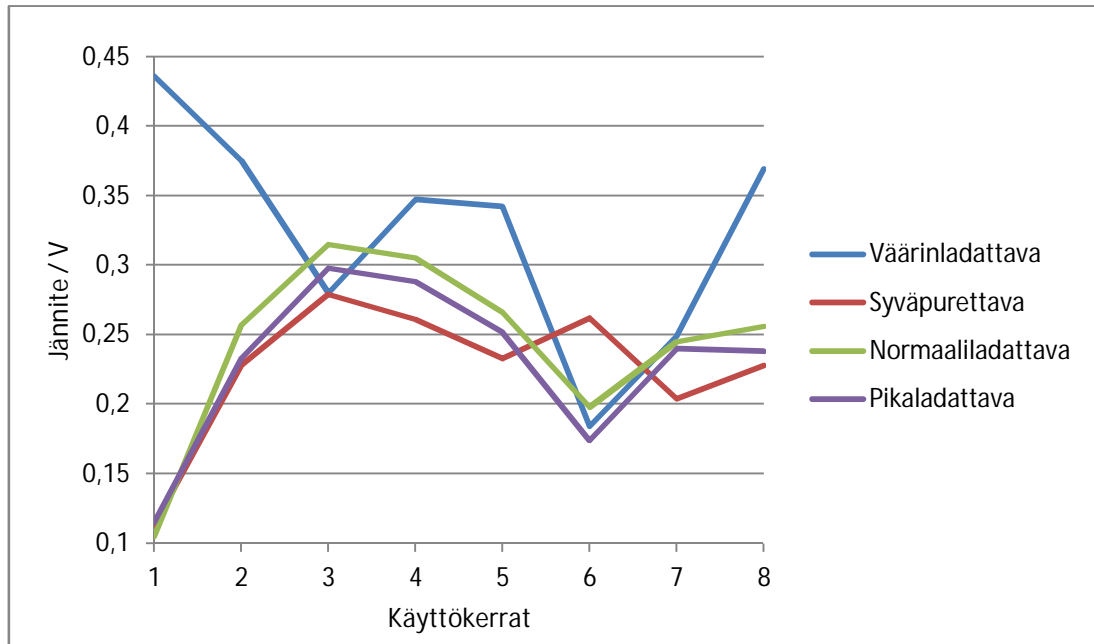
Taulukko 9. Yhteisten pika- ja väärinlataamiseen sekä syväpurkaamiseen liittyneiden mittausten tuloksia Canon PowerShot S5IS -kameralla

Mittauskerta	Jännitteet	Väärinladattava	Syväpurettava	Normaaliladattava	Pikaladattava	Kesto aika (min)	Päivämäärä
1	alku / V	1,368	1,402	1,384	1,398	143	25.1.2011
	loppu / V	0,932	1,289	1,279	1,283		
2	alku / V	1,406	1,435	1,434	1,411	215,7	27.1.2011
	loppu / V	1,031	1,207	1,177	1,178		- 01.02.11
3	alku / V	1,43	1,47	1,468	1,422	247	2.2.2011
	loppu / V	1,15	1,191	1,153	1,124		- 10.02.11
4	alku / V	1,443	1,446	1,445	1,447	247,3	11.2.2011
	loppu / V	1,096	1,185	1,14	1,159		- 15.02.11
5	alku / V	1,412	1,422	1,418	1,414	237,65	18.2.2011
	loppu / V	1,07	1,189	1,152	1,162		- 01.03.11
6	alku / V	1,393	1,383	1,393	1,396	220,9	8.3.2011
	loppu / V	1,209	1,121	1,195	1,222		- 09.03.11
7	alku / V	1,397	1,403	1,396	1,395	236	15.3.2011
	loppu / V	1,148	1,199	1,151	1,155		- 23.03.11
8	alku / V	1,406	1,427	1,429	1,424	237	25.3.2011
	loppu / V	1,037	1,199	1,173	1,186		

Väärinladattavilla sormiakkuilla jännite yleensä putosi muihin sormiakkuihin verrattuna enemmän, vaikka lähtöjännite olisi ollut suurempi. Normaalitavalla ladattavasta sormiakusta, jota ei syväpurettu, havaittiin aiempien käyttökertojen vaikutuksen. Se näkyi mm. siinä, että kyseinen sormiakku pudotti jännitettään videointikertojen aikana enemmän kuin pikaladattava sormiakku.

Syväpurettava sormiakku pudotti yleisesti jännitettään käyttökertojen aikana vähiten muihin yhtä aikaa käytettyihin sormiakkuihin verrattuna.

Ensimmäisellä yhteisellä purkaukerralla erot jännitteiden pudotusten kesken olivat melko pienet syväpurettavan ja pikaladattavan sormiakun kesken. Varsinkin neljännellä purkaukerralla huomattiin jännitteen pudotuksen olleen pienempi syväpurettavalla sormiakulla kuin pikaladattavalla sormiakulla. Viimeisellä kerralla eroja huomattiin vielä. Vaikea oli arvioida, ehtikö erot kaventua. (Kuva 25.)

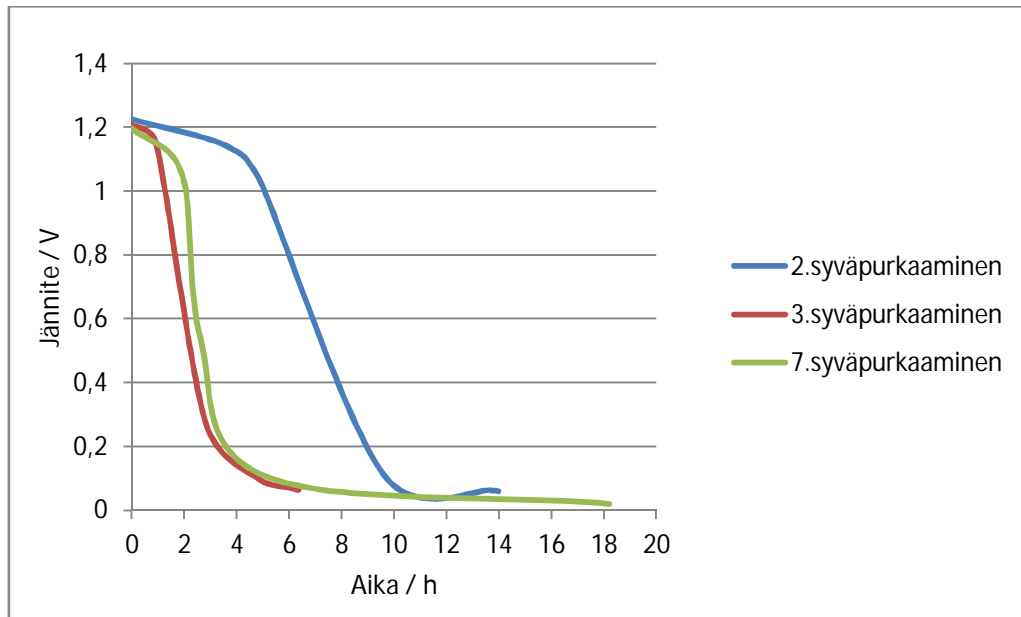


Kuva 25. Jännitteen pudotukset Canon PowerShot S5IS -kameralla tehdyllä pika- ja väärinlaataamisen sekä syväpurkauksen tutkimiseen tähtäävillä mittauksilla.

Syväpurkamiseen tarkoitettu sormiakku laitettiin heti purkautumisen jälkeen syväpurkautumaan sähkötekniikan rakennussarjalla kyhätylle laitteelle. Mittauksiin liittyi epävarmuutta syväpurkamisessa piiriin kytkeytyneiden napojen heikkojen kosketuksien vuoksi. Pääasiassa kuitenkin vastuksen jännite oli melko lähellä pariston jännitettä. Noin 1,15–1,225 V:n jännitteistä syväpurettiin sormiakku noin 0,2–0,02 V:n jännitteeseen.

Sormiakku saatiin purkaantumaan huomattavasti loppuun yhden illan aikana noin 18,6  $\Omega$ :in vastuksen läpi. Aluksi käytettiin noin 33  $\Omega$ :in vastusta. Kun huomattiin sen vievän liikaa aikaa, vaihdettiin kolmannelle syväpurkamisen kerralle se pienemmäksi 18,6  $\Omega$ :ksi. Purkamiseen kulunut aika siten huomattavasti lyheni. Purkamisessa tyypillistä oli, että jossain vaiheessa jännite laski jyrkästi joskus 1–0,3 V:n välillä.

Sen jälkeen pieni jännite alkoi pienentyä hyvin hitaasti (kuva 26). Välittömästi sormiakun poisottamisen jälkeen laitteesta jännite nousi tavallisesti noin 0,8–0,9 V:iin.



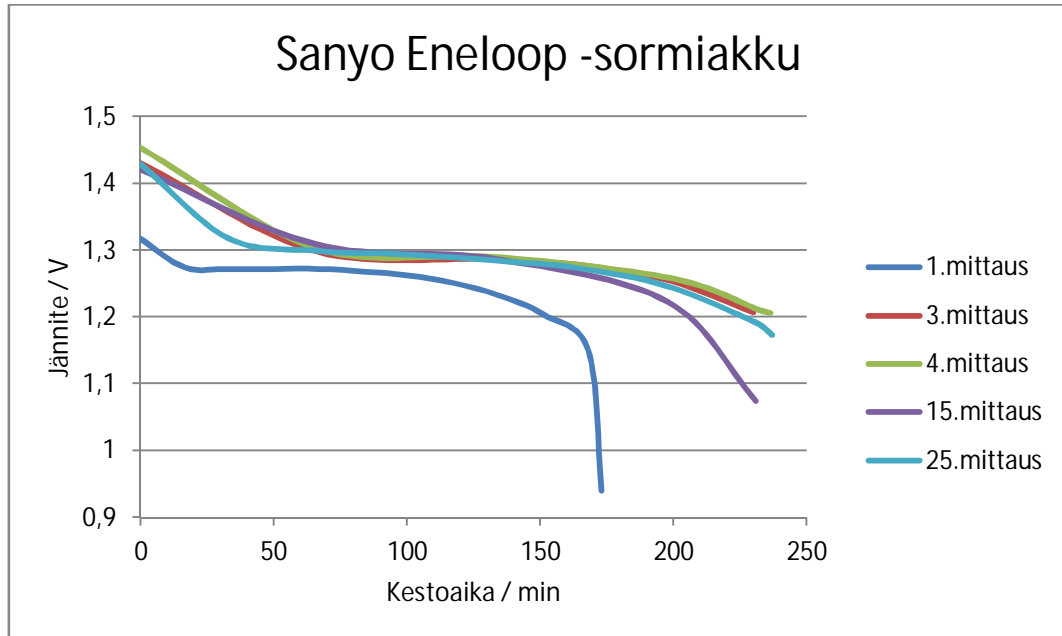
Kuva 26. Syväpurkamisissa jännitteen käyttäytyminen Sanyo Eneloop -merkkisellä sormiakulla

Syväpuretulla oli selvästi syväpurkamattomaan verrattuna alhaisempi jännite aina, kun ne laitettiin lataukseen. Syväpurettu sormiakku kiri normaalilla tavalla käytetyn sormiakun kiinni samaan jännitteeseen yhteisessä latauksessa kuitenkin aika hyvin. Kuidennella käyttökerralla ainoastaan pieni lähtöjännite aiheutti ongelmia. Syväpurkamiseen käytetty sormiakku vaikutti sillä käyttökerralla poikkeavasti muihin verrattuna heikoimmalta sormiakulta.

Erityisempää väsymistä ei ollut havaittavissa useiden käyttökertojen aikana, kun tutkittiin sormiakkuja eri tavoilla. Väärinlataamisen vaikutukset poikkeuksetta näkyivät jonkin verran useiden käyttökertojen aikana. Selvästi useamman kuin kahdeksan käyttökerran jälkeen erilaiset käyttövaikutukset olisivat todennäköisesti tulleet paremmin esiin. Niitä olisi tullut esiin varmasti mm. pikalatauksen aiheuttamina. Jatkuva syväpurkaminen ei olisi pitänyt olla ainakaan pitemmän päälle hyväksi. Kuitenkaan kahdeksalla kerralla ei tapahtunut pahempia muutoksia. Normaalilla tavalla voitiin saada yhdelle sormiakulle 25 käyttökertaa kahdeksan yhteisen käyttökerran jälkeen.



Vielä 25. kerta tuotti samantyyppisen jännitekäyrän kuin oltiin saatu vielä sen neljännellä ja kolmannella käyttökerralla (kuva 27). Silti käytetty sormiakku vaikutti heikommalta kuin pikaladattava ja syväpurettava sormiakku.



Kuva 27. Jännitteen käyttäytyminen normaalilla tavalla käytettävällä Sanyo Eneloop -sormiakulla aiempien ja uudempien mittauksen aikana

## 9 Yhteenveto

Insinööriyön mittauksien tuloksista voitiin päätellä, että ainakin kaupoissa myytävät sormiakut soveltuivat hyvin käytettäväksi ainakin digitaalikameroihin. Ne soveltuivat hyvin kohtuullisen pienitehoisiin laitteisiin. Kuluttajalle tarjottavat sormiparistot olivat digitaalikamerakäytössä yllättävän heikkoja, paitsi vasta tarjolle tulleet litiumparistot. Jos haluttiin käyttää sähkölaitetta mahdollisimman pitkään, kannatti hankkia litiumparistot. Toiseksi kannattavinta siltä kannalta oli hankkia sormiakut, jotka kannatti ladata mahdollisimman täyteen juuri ennen käyttöä.

Huomattavasti lyhyemmän aikaa sormiakkuihin ja litiumparistoihin verrattuna tehoa jaksoivat antaa muut sormiparistot eli alkaliparistot. Mitä pitempään kertakäyttöparistoa haluttiin käyttää, sitä kalliimman kertakäyttöpariston kannatti ostaa. Siten sormiparistot olivat taloudellisesti yhtä kannattavia keskenään. Sormiparistoihin verrattuna taloudellisesti kannattavammaksi sormiakut tulivat viimeistään ehkä noin 20 käyttökerran jälkeen.

Erimerkkisillä sormiakuilla oli hintaerojen lisäksi eroja kestävyudessa ja ominaisuuksissa. Sony-merkkisellä sormiakulla oli vaihtelevasti eroja muihin kapasiteetiltaan samantasoisiin sormiakkuihin. Yhden käyttökerran perusteella oli vielä hankala arvioida eroja tai varsinkaan sitä, mikä oli hinta-laatu-suhde. Sormiakut jaksoivat antaa tehoa runsaasti sen mukaan, miten varautuneita ne olivat. Varaustilaa voitiin päätellä lähtöjännitteestä. Lähtöjännitteet vaihtelivat ja käyttöajat niiden mukana. Aluksi Sanyo Eneloop-, Sony-, Liebermann-, Duracell- ja GP ReCyko -merkkiset sormiakut voitiin arvioida suurin piitein lähes yhtä hyväksi.

Eroja olisi saattanut tulla selvemmin erilaisten sormiakkujen välille vasta, kun oltaisiin toteutettu enemmän käyttökertoja. Sony-sormiakku toimi melko usealla käyttökerralla muita matalammalla jännitealueella. Sitä ei saatu usein ladattua kovin suureen jännitteeseen, ei ainakaan niin suureen, kuin jotkin muut vastaavat muunmerkkiset saatiin. Sony-sormiakku myös pudotti jännitteen hyvin alas useilla kerroilla lopussa kamerakäytössä. Joitain eroja tuli, kun verrattiin Sanyo Eneloop-, Sony-, Liebermaan- ja Duracell-merkkisiä akkuja usean käyttökerran aikana.

Tuloksista voitiin kuitenkin päätellä, että sormiakuilla oli hyvät mahdollisuudet sormiparistoja parempaan kannattavuuteen. Muutoksia tuli yleisesti melko vähän, vaikka sormiakkuja käytettiin lähes 20 kertaa.

Hinnat vaikuttivat hiukan akkuihin. Vuoden 2010 lokakuussa aikaisten hintojen mukaan Liebermann- ja Sony -sormiakku olivat halvempia kuin Sanyo Eneloop -merkkinen akku. Liebermann-sormiakku oli halvin. Hinta-asetelmat olivat sellaisia vielä samassa liikkeessä. Eri kaupassa myytävällä Duracell-sormiakulla hinta oli suurin piirtein samaa luokkaa kuin Sanyo Eneloop -sormiakulla. Kun ostettiin Sony-merkkisiä sormiakkuja, oli 2 000 mAh:n sormiakku selvästi halvempi kuin 2 500 mAh:n sormiakku. 2 500 mAh:n sormiakku oli tehokas yhden käyttökerran perusteella. Käyttöaika ei kuitenkaan ehkä tullut pitemmäksi hinta-eron mukaisesti.

Insinöörityön tuloksista voitiin päätellä, että sormiakkuihin ja -paristoihin liittyy monta asiaa, joita ei kuluttaja tiedä. Jännite muuttui tiettyjen lainalaisuuksien mukaan. Sormiakku ja -paristo ei antanut koko ajan samaa jännitettä käytön aikana kuin tavallisesti moni olisi voinut kuvitella. Sähköparien välillä tapahtui muutoksia niin toiminnan aikana kuin käyttämättömänä. Lataaminenkaan ei ollut välttämättä aivan yksinkertainen ilmiö kuin tavallisesti ehkä kuviteltiin. Insinöörityössä huomattiin, että sormiakkujen itsepurkautuminen ei ehkä ollut niin suuri NiMH-sormiakuilla kuin saatettiin yleensä käsittää. Tosin sen huomattiin olevan merkittävää. Työssä tuli myös esille, että pakkanen ei kovin paljoa vaikuttanut tuloksiin.

Insinöörityön tuloksista voitiin päätellä myös, että sormiakkuja voitiin ladata Ni-Cd-latauksella huoletta usean käyttökerran verran. Samoin pikalatauksella ei ollut haittavaikutuksia muutamalla käyttökerralla. Myös tulosten mukaan sormiakkuja voitiin syväpurkaa usean kerran käytön jälkeen tulosten suuresti heikentymättä. Huomattiin jopa jo vähäisellä syväpurkamisella olleen positiivisia vaikutuksia. Normaalikäytössäkään ei tullut suuria muutoksia useilla käyttökerroilla. Käyttökertoja oli liian vähän useiden tavoitteiden saavuttamiseksi. Vielä alle 10:llä tai alle 20 käyttökerralla ei saatu runsaasti muutoksia käyttökerrojen välillä. Käyttökertoja olisi tarvinnut moninkertaisesti enemmän, siten myös olisi saanut kulumaan aikaa työhön huomattavasti enemmän.

Pikalatauksen, väärinlatauksen ja syväpurkamisen vaikutukset eivät vielä suuresti näkyneet muutamien käyttökertojen aikana. Normaalikäytössä 17:lla tai 25:llä käyttökerroilla joitain viitteitä muutoksista oli.

Insinöörityöstä olisi tullut mielenkiintoisemmaksi ja huomattavasti monipuolisemmaksi, jos sitä olisi laajennettu litiumia sisältäviin sormiakkuihin. Se olisi tuonut työhön enemmän ajankohtaisuutta. Myös olisi tarvinnut investoida työhön huomattavasti enemmän rahaa. Mielenkiintoista olisi ollut kokeilla litiumakuille syväpurkamista ja mittauksia pakkasessa. Jos olisi ollut varaa käyttää enemmän aikaa, olisi alkaliparistoja voitu kokeilla pakkasessa. Jotta olisi voitu saada parempia tuloksia, mittauksia olisi pitänyt vielä jatkaa.

## Lähteet

- 1 Internet: Wikipedia, asiasanalla akku. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Akku>>. Luettu 26.1.2011.
- 2 Internet: Wikipedia, asiasanalla paristo. <<http://fi.wikipedia.org/wiki/Paristo>>. Luettu 26.1.2011.
- 3 Internet: Tiede lehden keskustelu. <<http://www.tiede.fi/keskustelut/viewtopic.php?t=4901>>. Luettu 26.1.2011.
- 4 Internet: Yle. <[http://yle.fi/alueet/satakunta/2010/08/ala\\_lataa\\_sormiparistoa\\_1897887.html](http://yle.fi/alueet/satakunta/2010/08/ala_lataa_sormiparistoa_1897887.html)>. Luettu 26.1.2011.
- 5 MBnetin nettisivut. <<http://www.mbnet.fi/nettijatkot/2005/02/akku/>>. Luettu 26.1.2011.

