



# ICT-laitteiden elinjakson jatkaminen ja kunnossapidon tehostaminen

Petteri Hanhimäki

Opinnäytetyö, ylempi AMK

Joulukuu 2023

Elinkaaren hallinta -tutkinto-ohjelma (YAMK)

**Hanhimäki, Petteri**

**ICT-laitteiden elinjakson jatkaminen ja kunnossapidon tehostaminen.**

Jyväskylä: Jyväskylän ammattikorkeakoulu. Joulukuu 2023, 72 sivua.

Elinkaaren hallinnan tutkinto-ohjelma. Opinnäytetyö ylempi AMK.

Julkaisun kieli: suomi

Julkaisulupa avoimessa verkossa: kyllä

## **Tiivistelmä**

ICT-materiaalin elinjakson hallinta, kunnossapito ja yleisesti ICT-materiaalin hankkiminen ovat kohdanneet uusia haasteita globalisaation kohdattua viime vuosien aikana uudenlaisia haasteita Covid19-pandemian ja Venäjän aloittaman Ukrainan hyökkäyssodan aiheuttamien muutosten seurauksena. Puolustusvoimat kouluttaa henkilökuntaa, reserviläisiä sekä kumppaneita ja muita viranomaisia toimimaan poikkeusoloissa ja yhteiskunnan häiriötiloissa. Kouluttamiseen tarvitaan usein ICT-materiaalia, joka voi olla joko kiinteissä luokkatiloissa, koulutusta varten käyttöönotettavassa tilassa tai operatiivisessa käytössä olevaa.

Työn tehtävänä oli selvittää, voidaanko käytössä olevien laitteiden elinjaksoa jatkaa tietoturvallisesti sekä pystytäänkö kunnossapitoa tehostamaan siten että se parantaa laitteiden käytettävyyttä. Työn alkutilannekuvan tarkentamiseksi tehtiin kvantitatiivinen kysely lähtökohtien ja tärkeimpien parannuskohteiden kartoittamiseksi. Työ toteutettiin toimintatutkimuksena osallistamalla osa työn toimeksiantajan organisaation henkilöstöä osaksi tutkimusta. Kyselyn tuloksia verrattiin yleisiin laitevikoihin samankaltaisissa laitteissa.

Opinnäytetyön tuloksina havaittiin, että laitteiden käyttö eri tietoturvaluokissa, laitteiden akut, laitteiden rajapinnat sekä niissä käytettävät lisälaitteet ja suuri laitteiden kirjo aiheuttavat haasteita ylläpidon/kunnossapidon ja koulutuslaitteista vastaavien henkilöiden työtehtävissä. Työn tuloksena laadittiin työohjeita kunnossapitotoimiin akkujen kunnon, laitteiden tietoturvaluokkien turvalliseen käsittelyyn sekä hankintojen ohjaamiseen.

Opinnäytetyön johtopäätöksinä todettiin, että hankintoja tulee pyrkiä ohjaamaan siten että laitteiden kirjo on pienempi ja että laitteissa on tarvittavat ominaisuudet, kunnossapidon osalta akkujen kuntoa tulee jatkossa seurata säännöllisesti ja että laitteissa käytettävien muistivälineiden merkitsemiseen tulee kiinnittää vielä enemmän huomiota. Laitteiden elinkaari on usein jatkettavissa suunniteltua pidemmäksi, jos massa-muisti ja akku ovat kunnossa sekä laitteiston rauta (Hardware) on ohjelmistotuen piirissä.

## **Avainsanat (asiasanat)**

Elinkaari, tietoturva, julkiset hankinnat, tieto- ja viestintäteknikka, kunnossapito, puolustusvoimat

## **Muut tiedot (salassa pidettävät liitteet)**

-

**Hanhimäki, Petteri**

### **Extending life cycle and improving maintenance of ICT-material**

Jyväskylä: JAMK University of Applied Sciences, December 2023, 72 pages.

Master's Degree Programme in Lifecycle Management. Master's thesis.

Permission for open access publication: Yes

Language of publication: Finnish

### **Abstract**

Information and communication technology (ICT) material life span activities, upkeep and purchasing of ICT material has become even more challenging after recent challenges in globalization. Covid-19 pandemic and war in Ukraine started by Russia made many countries to realize that current methods in supply chain are not that robust in current state of global markets. Finnish defense forces trains personnel, conscripts, reservists and other security authorities to operate in state of emergency or other threats. This training often requires ICT material that could be located in class rooms, deployed in temporary training facilities or used for operational purposes.

Target of this thesis was to clarify if life span of training ICT-material can be continued without risking data security, or safety when storing and operating the material. Life span extension could be achieved by improving upkeep, measuring device health to get information about service need and improving training of service personnel. Activity analysis and query for personnel were conducted to get more details about the challenges. Query responses were compared to openly available failure information with similar material.

As a result of the thesis short operating manuals were created to improve upkeep and storage of material which has contained classified information. Query results revealed that using material in several security classification is problematic for storing material and also re-use of material is complicated. Device batteries create problems as condition of batteries can vary a lot. Big variety in current material makes challenges when preparing material for training event.

The conclusion of the thesis was that life span can be continued by improving upkeep. Health of batteries shall be monitored as well as health of mass memories. If life span is continued, software support for hardware must be checked to avoid unnecessary risk by software vulnerabilities. To reduce the variety in material procurement process shall be participated by giving requirements in enough early state. Mass memory devices shall be marked properly to enable safe storing and reusing.

### **Keywords/tags (subjects)**

Product life span, data security, public procurement, information and communications technology, upkeep, defensive forces

### **Miscellaneous (Confidential information)**

-

## Sisältö

<b>1</b>	<b>Johdanto</b> .....	<b>4</b>
1.1	Toimintaympäristö ja työn tarkoitus.....	4
1.2	Työn tilaajaorganisaatio .....	5
<b>2</b>	<b>Materiaalin elinjakso ja siihen liittyvät toiminnot</b> .....	<b>8</b>
2.1	Kunnossapito laitteen elinjakson aikana.....	8
2.2	Käyttövarmuus .....	11
2.3	Laitteiden varastointi .....	17
2.4	Kiintolevyjen elinkaari .....	22
<b>3</b>	<b>Julkiset hankinnat</b> .....	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>Elektroniikan ikääntyminen</b> .....	<b>28</b>
4.1	Erilaisia syitä ikääntymiselle.....	28
4.2	Yleisiä syitä vikaantumiseen.....	31
4.3	Yleisiä kannettavien tietokoneiden laitevikoja .....	32
<b>5</b>	<b>Kehitystyön toteutus</b> .....	<b>33</b>
5.1	Kehittämistyön menetelmä: toimintatutkimus .....	33
5.2	Kehittämistyön tutkimuskysymys ja rajaaminen .....	35
5.3	Henkilöstölle tehty kysely .....	35
5.4	Kehittämistyön aineisto, kehityskohteiden valinta.....	36
5.5	Aineiston analyysi.....	47
<b>6</b>	<b>Tulokset</b> .....	<b>48</b>
<b>7</b>	<b>Pohdinta</b> .....	<b>51</b>
	<b>Lähteet</b> .....	<b>54</b>
	<b>Liitteet</b> .....	<b>60</b>
	Liite 1. Puolustusvoimien organisaatio 31.12.2022 .....	60
	Liite 2. Kyselykaavake.....	61
	Liite 3. Työohje akun kunnan seuraamiseksi .....	66
	Liite 4. Työohje turvaluokitellun massamuistin merkitsemiseksi ja varastoimiseksi .....	68
	Liite 5. Työohje akun kunnan seuraamiseksi (uusi versio).....	69
	Liite 6. Ohje akkupalon sammuttamiseen .....	71
	Liite 7. Hankintojen ohjaaminen vaatimuslistalla .....	72

## Kuviot

Kuvio 1. Puolustusvoimien organisaatio .....	6
Kuvio 2. Pääesikunnan alaiset laitokset .....	6
Kuvio 3. PVJJK:n organisaation osat .....	7
Kuvio 4. Yleinen elinjaksomalli.....	8
Kuvio 5. Elinjaksojen hierarkisuus.....	9
Kuvio 6. Kunnossapitolajit osana kunnossapitoa.....	11
Kuvio 7. Käyttövarmuuden osatekijät.....	12
Kuvio 8. Covid-19 vientirajoituksia .....	15
Kuvio 9. Käytettävyyden parantaminen.....	16
Kuvio 10. Toimintatutkimuksen eteneminen .....	34
Kuvio 11. Kyselyn vastausvaihtoehdot.....	36
Kuvio 12. Koulutuslaitteiden kirjo, kannettavat tietokoneet. ....	36
Kuvio 13. Laitteiden osuudet järjestettynä määräosuuden mukaan. ....	37
Kuvio 14. Vastaajien koulutustausta.....	38
Kuvio 15. kunnossapidon ja varastoinnin työkokemuksen riittävyys.....	39
Kuvio 16. Kunnossapidon perehdytyksen/koulutuksen riittävyys.....	39
Kuvio 17. Vaaratilanteisiin perehdyttäminen. ....	40
Kuvio 18. Ohjelmistoyhteensopivuusongelmat laitteistojen kanssa.....	40
Kuvio 19. Laitteen akkujen vaikutukset. ....	41
Kuvio 20. Reaaliaikakellon paristo/akkuvarmennukset aiheuttama ongelmat.....	41
Kuvio 21. Laitteiden käyttö eri tietoturvaluokissa.....	42
Kuvio 22. Massamuistin vaihtamisen rajoitukset. ....	42
Kuvio 23. Laitteiden mekaanisten vikojen aiheuttamat haasteet. ....	43
Kuvio 24. Näppäimistöjen aiheuttamat haasteet.....	43
Kuvio 25. Laitteiden liitántärajapintojen aiheuttamat haasteet. ....	44
Kuvio 26. Lisälaitteiden puuttumisen aiheuttamat haasteet. ....	44
Kuvio 27. Samanlaisten laitteiden riittämättömyys.....	45
Kuvio 28. Varastolaitteiden määrien aiheuttamat haasteet. ....	45
Kuvio 29. Laitteiden varastoinnin/varastokirjanpidon haasteet. ....	46
Kuvio 30. Laitteiden hankintojen toimituksen hitauden haasteet. ....	46
Kuvio 31. Laitteiden suorituskykypuutteiden haasteet.....	47
Kuvio 33. Laitetyypin laite A nykyinen akunkunto prosentteina alkuperäisestä.....	48
Kuvio 34. Laite B ja Laite C viallisten akkujen kapasiteetti, akku 1.....	49

Kuvio 35. Laite B ja laite C viallisten akkujen kapasiteetti, akku 2.....49

### **Taulukot**

Taulukko 1. Kannettavien tietokoneiden käyttö- ja säilytysympäristö. .... 18

Taulukko 2. Kiintolevyn uusiokäyttö ylikirjoittamisen jälkeen .....23

# 1 Johdanto

## 1.1 Toimintaympäristö ja työn tarkoitus

Laitteiden ja järjestelmien elinkaari sekä elinjakso voivat olla kovin erilaisia laitteesta ja järjestelmästä riippuen. Kortelaisen, Komosen, Laitisen, Valkokarin ja Hanskin (2021) julkaisussa tietämysperusteinen elinjakson hallinta IEC 60300-1 mukainen elinjaksomalli vaiheistaa elinjakson yleistäen konseptiin, kehittämiseen, toteutukseen, käyttöön, parantamiseen ja käytöstä poistoon. Käytöstä poisto voi tarkoittaa sitä, että laite aloittaa toisen elinjakson uudella käyttäjällä. Elinkaari käsitteenä on laajempi ja kattaa tuotteen vaiheet raaka-aineista aina jätteen loppukäsittelyyn saakka. Raskasrakenteisen koneen elinjakso ja myös elinkaari voi olla kymmeniä vuosia, kun taas yrityskäytössä kannettavan tietokoneen käyttöikä on usein vain kolme vuotta. Tuon jälkeen kannettavan tietokoneen elinjakso tuossa käyttöympäristössä päättyy mutta laitteen elinkaari voi jatkua, vaikka yksityisen kuluttajan ostamana opiskelukäytössä. Informaatio- ja viestintätekniikan materiaalin (ICT eli information and communication technology) kehitys on edelleen varsin nopeaa ja uusien laitesukupolvien markkinoille tuloa nopeuttaa uusien verkkostandardien julkaiseminen ja laitteiden liittäminen. Aiemmin uusia laitesukupolvia kiritti markkinoille myös laitteiden kasvava suorituskyky, kannettavien laitteiden koon pieneneminen ja akkuteknologian kehittyminen. Mukana kuljetettavien laitteiden elinjakson hallinnasta akut ovat yksi merkittävistä haastealueista. ICT-materiaalin osalta laitteiden akkuja ei ole standardoitu koon tai liitettävyyden osalta ja eri laitevalmistajat käyttävät muotoilultaan erilaisia ratkaisuja, vaikka itse akkukennot olisivat samoja akkupaketissa. (Kortelainen, Komonen, Laitinen, Valkokari & Hanski 2021, 18–19.)

COVID19-viruksen aiheuttama pandemia aiheutti monia muutoksia työelämään ympäri maailmaa ja materiaalin saatavuus heikkeni merkittävästi pitkäksi aikaa. Erityisesti ICT-materiaalin tarve kasvoi niin työelämässä, kouluissa kuin yksityisillä ihmisilläkin. Monissa kouluissa siirryttiin etäopetukseen ja työpaikoilla etätöitä tehtiin aiempaa enemmän. Nopea muutos vaikutti myös Puolustusvoimien toimintatapoihin ja aiheutti haasteita koulutusten järjestämisessä. Monet lähiopetuksena suunnitellut koulutukset muutettiin etänä pidettäväksi koulutustilaisuuksiksi. Nämä toimintaympäristön muutokset aiheuttivat nopeasti erilaisia tarpeita koulutuslaitteiden määriin ja käyttöympäristöihin. Aiemmin koulutus saattoi olla turvaluokitellussa järjestelmässä, mutta nyt ainakin osa koulutuksesta saatettiin pitää julkisissa palveluissa turvaluokitellun ympäristön sijasta.

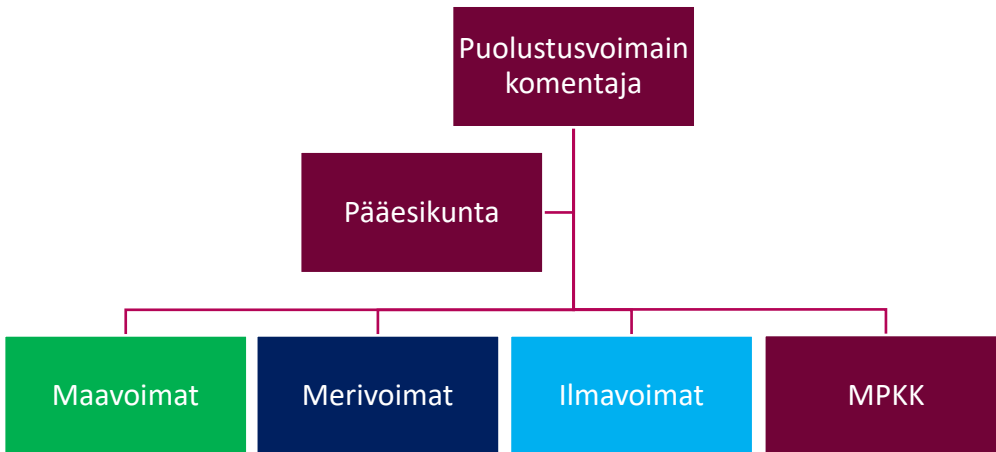
Näihin ympäristön aiheuttamiin muutoksiin pyrittiin vaikuttamaan tämän opinnäytetyön tuloksilla. COVID-19 vaikutusten vuoksi aiempien koulutukseen varattujen turvaluokiteltujen järjestelmien käyttöön varattujen tietokoneiden sijasta tarvitaan julkisessa internetissä toimivia laitteita ja mahdollisesti jollain tietyllä käyttöjärjestelmällä varustettuna. Uusien koneiden hankkiminen on julkisten hankintojen käytäntöjä noudattamalla hidasta. Hankintavaiheeseen vaikuttaminen laitteiden vaatimusten osalta on osa työn tulosten hyödyntämistä. Ajantasainen ja luotettava varastojen tilannekuva, laitteiden kunnossapito-ohjeet, laitteiden kunnan seuranta ja elinjakson pidentäminen eri keinoin voivat parantaa yleisesti ICT-laitteiden käytettävyyttä Puolustusvoimissa tai muissa organisaatioissa, joissa vastaavanlaisia laitteita ja niiden käyttötapauksia on.

Kehittämistyö tehtiin Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskukselle. Puolustusvoimilla on monenlaista materiaalinhallintaa, elinjaksomalleja, kunnossapidon ohjeistusta Puolustusvoimien sisällä, sekä yhdessä Puolustusvoimien strategisten kumppaneiden kanssa. Kehitystyön aiheena oli Puolustusvoimien tieto- ja viestintäteknikkamateriaalin varastoinnin ja varastolaitteiden käyttämisen tehostamiseksi sekä laitteiden elinjakson pidentämiseksi. Kehittämistyön tarkoituksena oli saada koulutuksessa ja harjoituksissa käytettävien ICT-laitteiden elinjaksoa pidennettyä sekä niiden käyttöä monipuolistettua vaarantamatta eri turvaluokkien tietojenkäsittely-ympäristöjen vaatimusten toteutumista. ICT-materiaalilla on valmiudellisia vaatimuksia ja Suomen turvallisuustilanteen kiristyessä ei voida olettaa, että edes kaupallista materiaalia on välttämättä ostettavissa nopealla toimitusajalla tilanteen niin vaatiessa. Koulutuslaitteiden kunnossapitoa parantamalla ja mittaavaa kunnonvalvontaa lisäämällä voidaan toimintaa tehostaa.

## **1.2 Työn tilaajaorganisaatio**

Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus on Puolustusvoimien pääesikunnan alainen laitos. Yhteensä Puolustusvoimilla on normaaliolojen vallitessa palkattua henkilökuntaa noin 12 000. Varusmiehiä ja vapaaehtoista asepalvelusta suorittavia naisia koulutetaan vuosittain noin 22 000. Puolustusvoimien normaaliolojen organisaatio on kuviossa 1. Puolustusvoimien koko organisaatio on liitteessä 1. Maanpuolustuskorkeakoulu (MPKK) on myös osa Puolustusvoimia ja vastaa korkeakoulutaisesta opetuksesta.

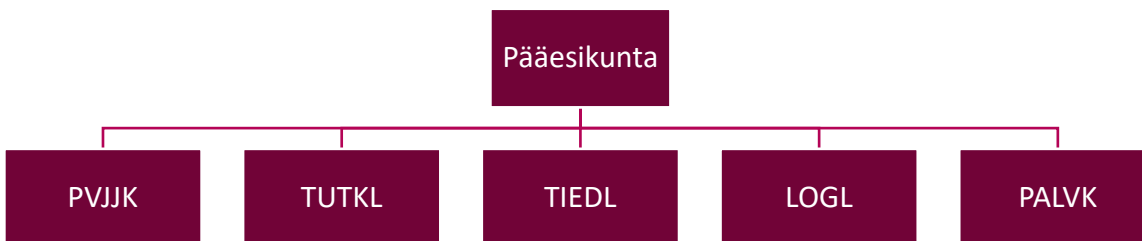




Kuvio 1. Puolustusvoimien organisaatio (Tietoa meistä n.d., muokattu)

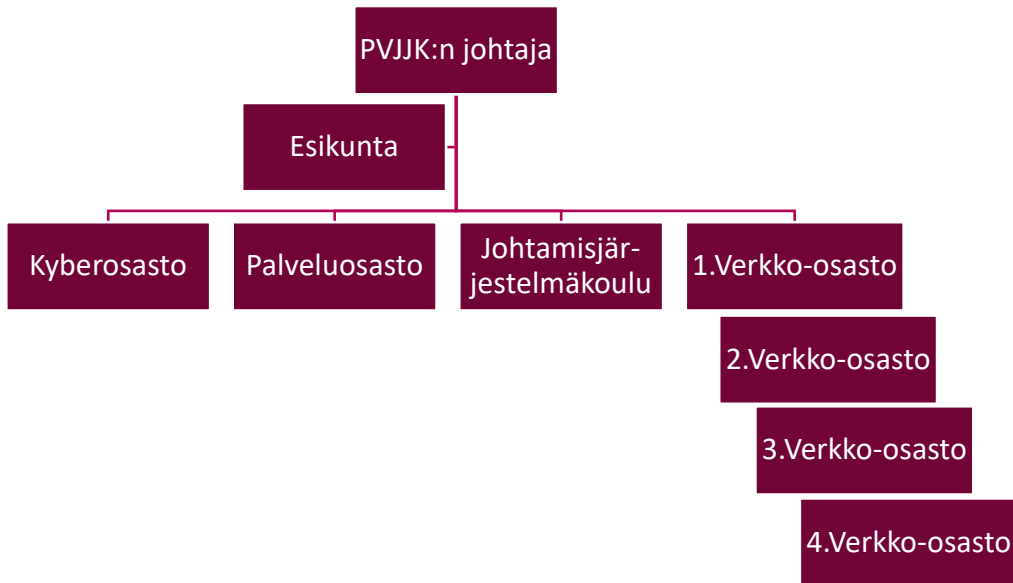
Puolustusvoimia johtaa Puolustusvoimain komentaja, hänen alaisiaan ovat Pääesikunnan päällikkö, Maavoimien komentaja, Merivoimien komentaja, Ilmavoimien komentaja ja Maanpuolustuskorkeakoulun rehtori. Pääesikunta ohjaa sen alaisten laitosten toimintaa. Liitteessä 2 on Puolustusvoimien organisaatio kokonaisuutena.

Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus (PVJJK) kuviossa 2 muiden pääesikunnan alaisten laitosten rinnalla.



Kuvio 2. Pääesikunnan alaiset laitokset (Tietoa meistä n.d., muokattu)

Pääesikunnan alaisia laitoksia ovat PVJJK:n lisäksi Tutkimuslaitos (TUTKL), Tiedustelulaitos (TIEDL), Logistiikkalaitos (LOGL) ja Palvelukeskus (PALVK). Järjestelmäkeskus on osa Logistiikkalaitosta ja Logistiikkalaitos osineen suorittaa suurimman osan Puolustusvoimien hankintoja ja vastaa myös suurelta osin kunnossapidosta yhdessä yhteistyökumppanien kanssa. (Tietoa meistä n.d.)



Kuvio 3. PVJJK:n organisaation osat (Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus n.d., muokattu)

PVJJK kostuu esikunnasta, palveluosastosta, neljästä verkko-osastosta, kyberosastosta ja Johtamisjärjestelmäkoulusta. PVJJK:n palveluksessa on noin 500 työntekijää ja se järjestää Puolustusvoimien yhteiset tietotekniset palvelut, jonka lisäksi päätehtäviin kuuluu myös kyberpuolustus. PVJJK:n esikunta toteuttaa hankintoja. Johtamisjärjestäkoulu antaa täydennyskoulutusta koko Puolustusvoimien henkilökunnalle ja toteuttaa kybervarusmiesten erikoiskoulutuksen. Verkko-osastot toimivat eri puolilla Suomea tukien Puolustusvoimien muita osia. (Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus n.d.; Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus 2019.)

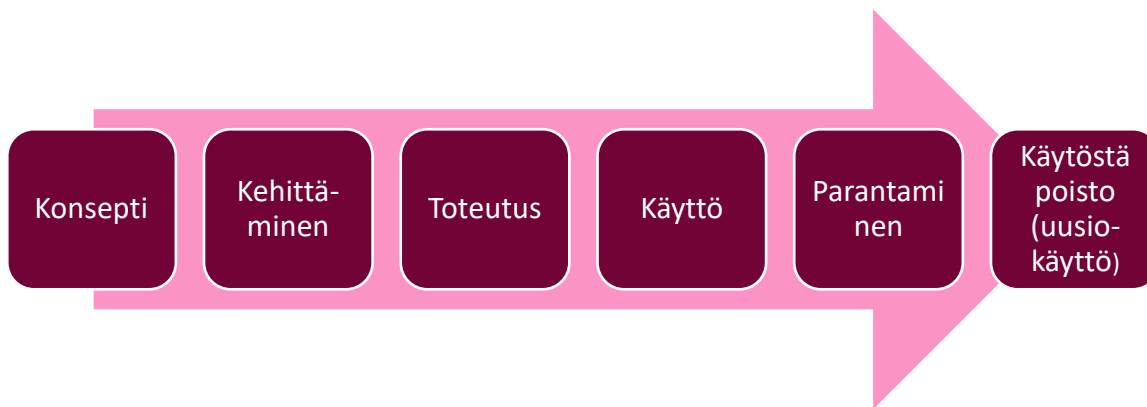
Logistiikkalaitoksen ja koko Puolustusvoimien yhtenä strategisena kumppanina toimii Millog Oy, joka on mukana PVLOGL:in (Puolustusvoimien Logistiikkalaitos) Varastoinnin tasonnosto- projektissa (VARTNTN23). Projektin tavoitteena mainitaan Millogin asiakaslehdessä (2020) varastojen sisällön tarkempi ja ajanmukaisempi tilannekuva. Varastojen toimintatapojen, tekniikan ja ohjeiden yhdenmukaistamisella tehostetaan toimintaa ja varastotilojen käyttö on tehokkaampaa, kun tarpeet ja varastojen sisältö kohtaavat. Patria on enemmistöosakkaana Millog Oy:ssä. (Lusa 2020, 26.)

## 2 Materiaalin elinjakso ja siihen liittyvät toiminnot

### 2.1 Kunnossapito laitteen elinjakson aikana

Kunnossapitoa ovat standardin mukaan *kaikki kohteen elinjakson aikaiset tekniset hallinnolliset ja liikkeenjohdolliset toimenpiteet, joiden tarkoituksena on ylläpitää tai palauttaa kohteen toimintakyky sellaiseksi, että kohde pystyy suorittamaan vaaditun toiminnon* (SFS-EN 13306:2017 2017, 4).

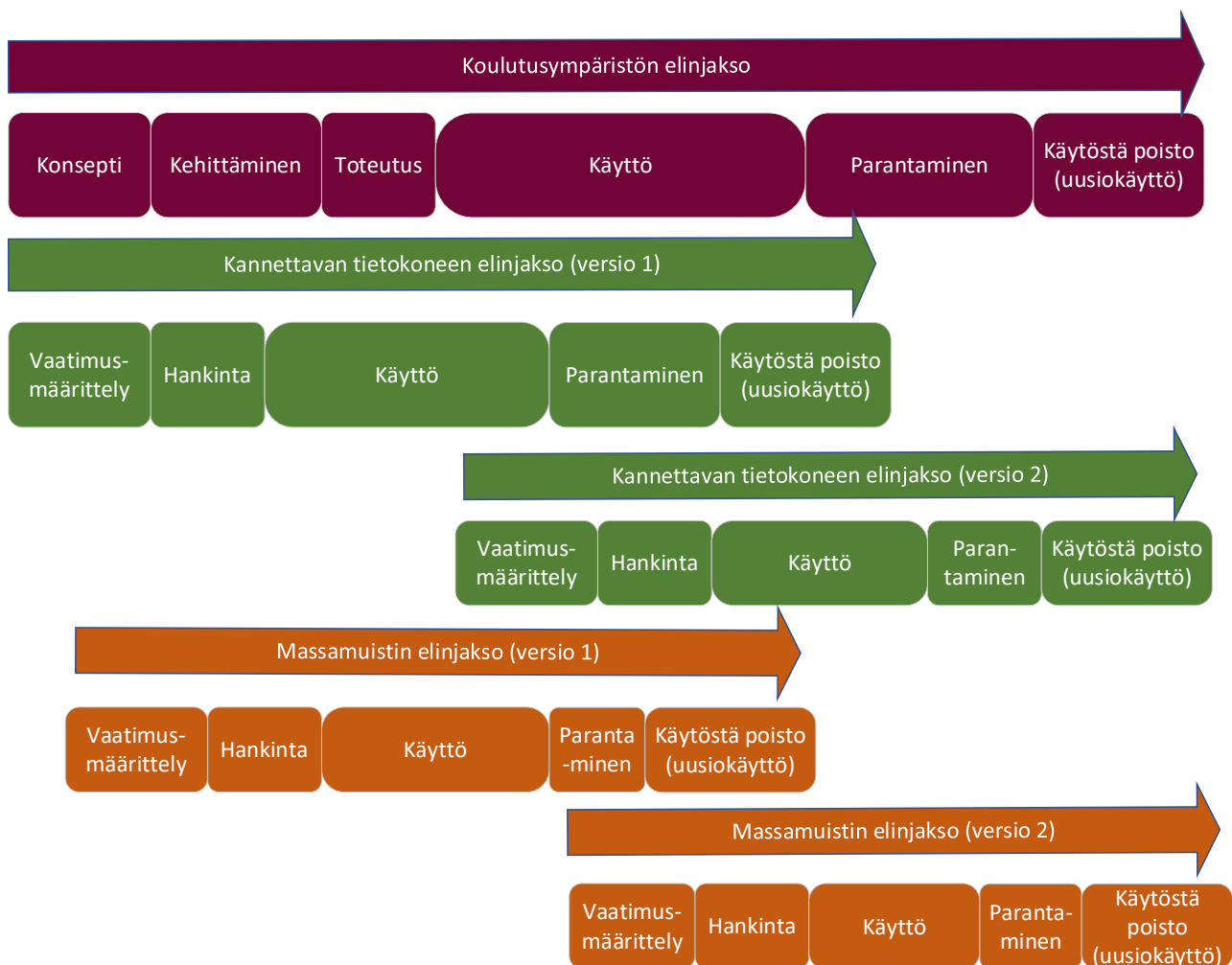
Elinjakso termiin liittyy englanninkielisen termin, Life cycle, takia epäselvyyttä. Tuo sana kääntyy sekä elinjaksoksi, että elinkaareksi. IEC 60300-1:2014 määritelmän mukaan Tuotteen tai järjestelmän elinjakso koostuu eri vaiheista, jotka ovat kuviossa 3.



Kuvio 4. Yleinen elinjakso malli (IEC60300-1 2014, muokattu).

Elinkaari käsitettä käytetään yleisesti ympäristötieteissä, mutta kestävän kehityksen periaatteiden käytön lisääntyessä sitä käytetään laajemmin. Elinkaari sisältää tuotteen tai järjestelmän vaiheet raaka-aineiden hankinnasta aina siihen saakka, että siitä syntyvät jätteet loppu käsitellään. Järjestelmän eri osakokonaisuuksilla on usein oma elinjaksonsa. Esimerkinomaisesti tutkimuskohteen koulutusjärjestelmä koostuu eri kokonaisuuksista kuten päätelaitteista (kannettava tietokone), palvelimesta ja reitittimestä. Koko järjestelmän elinjakson aikana päätelaitteita voi olla erilaisia samoin palvelin voi vaihtua elinjakson aikana. Myös osakokonaisuuksien osilla voi olla vielä omat elinjaksonsa. Kannettavan tietokoneen massamuisti HDD voidaan vaihtaa rikkoontumisen jälkeen, vaikka SSD massamuistiksi samalla parantaen laitteen kokonaissuorituskykyä. Kuvio 5 havainnollistaa edellistä esimerkkiä, jossa vaiheen kesto eri kokonaisuuksissa voi olla eri pituinen. Kuviossa 5 oleva esimerkin käytännön sovelluksessa kannettava tietokone korvataan oman käyttöikänsä

päätyttyä toisella vastaavanlaisella laitteella, joka täyttää käyttöympäristön vaatimukset. Järjestelmän osakokonaisuus (kannettavan tietokone) korvaaminen (vaatimusmäärittely, hankinta ja käyttöönotto) täytyy olla aloitettu ennen kuin edellistä versiota voidaan poistaa käytöstä. Lisäksi laitteiden osia voidaan joutua vaihtamaan elinjakson aikana, esimerkiksi akun elinkaari voi olla niin lyhyt, että niitä vaihdetaan kannettavan tietokoneen elinjakson aikana useita. Samoin palvelimen tai kannettavan tietokoneen massamuistien elinkaari voi suurten muuttuvien datamäärien ollessa käyttökohteen rasitteena olla huomattavasti lyhyempi kuin itse palvelimen. Myös massamuistin elinkaarivaihto täytyy tehdä suunnitellusti siten että korvaava massamuisti on vaihdettavissa (hankinta suoritettu, tuote varastossa) samalla hetkellä, kun edellisen käytöstä poisto alkaa.



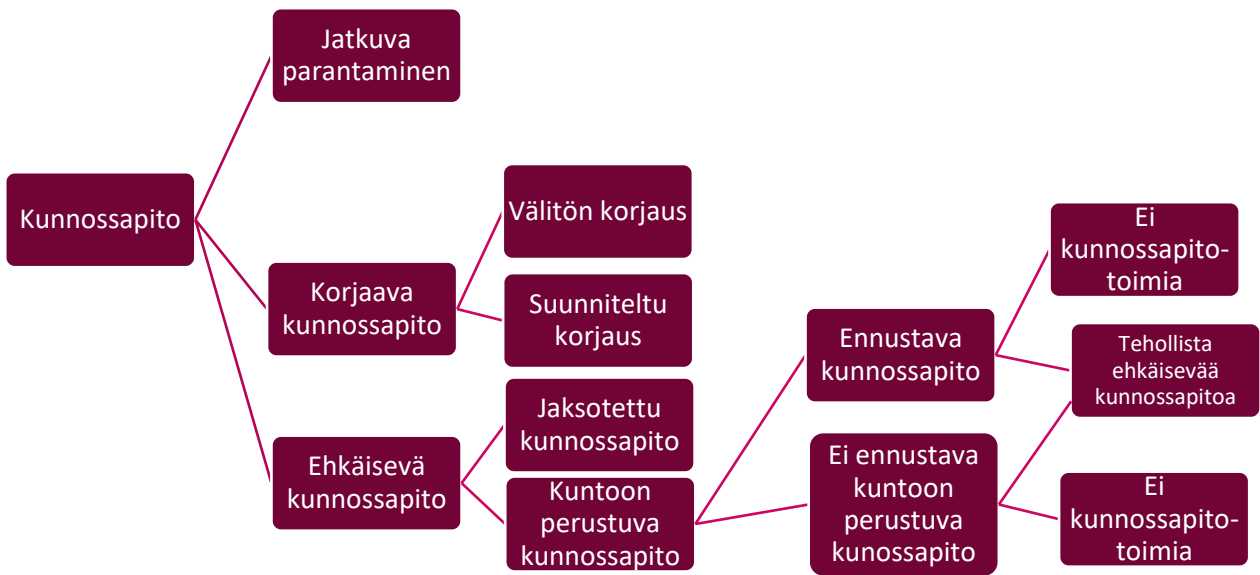
Kuvio 5. Elinjaksojen hierarkisuus (Ahonen ym. 2012, 16, muokattu).

## **Vika, vikaantuminen, vikatila, häiriö**

Vika on tila, jolloin laite ei kykene suorittamaan haluttua toimintoa. Vika aiheutuu yleensä vikaantumisesta. Mikäli vikaantuminen tapahtuu järjestelmässä alemman tason osassa ja sen toiminnon korvaa rinnakkainen osa, kutsutaan vikaantuneen osan aiheuttamaa tilaa häiriöksi. Vikatilaksi ei lueta tilannetta, jossa laite ei kykene toimimaan ennalta suunnitellun tapahtuman tai resurssipuulan vuoksi. Vikaantuminen on tapahtuma, jossa laite on kyvytön toteuttamaan haluttu toimintoa. (SFS-EN 13306:2014, 11–12.).

## **Kunnossapitolajit**

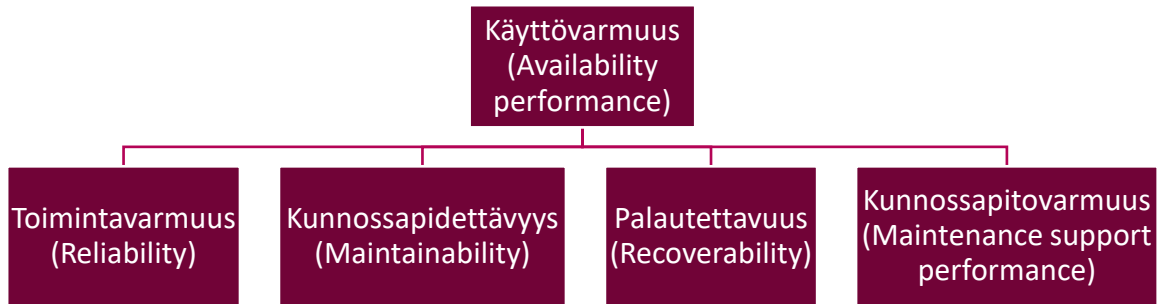
Kunnossapidon tehtävinä voidaan pitää tuotantolaitteiden toimintakunnossa pitämistä, vikaantuneiden laitteiden korjaamista sekä käyttövarmuuden parantamista. Näitä tehtäviä voidaan suorittaa eri tavoilla omin toimenpitein, kunnossapitoa ulkoistamalla tai kumppanuuksien avulla. Korjaavan kunnossapitostandardin, SFS-EN13306:2017, mukaisesti kunnossapito voidaan jakaa kahteen päälajiin: kunnossapitoon, joka muuttaa olennaisesti käyttövarmuuden ominaisuuksia ja kunnossapitoon, joka ei olennaisesti muuta käyttövarmuuden ominaisuuksia. Standardissa olennaisia käyttövarmuuden ominaisuuksien muutoksia kutsutaan parantamiseksi. Ei olennaisia käyttövarmuuden ominaisuuksien muutoksia ovat ehkäisevä kunnossapito ja korjaava kunnossapito. Kunnossapito-toimia voidaan tehdä ennen vikaantumisen havaitsemista ja vikaantumisen havaitsemisen jälkeen. Ennen vikaantumisen havaitsemista olevia toimia kutsutaan ehkäiseviksi toimiksi ja vikaantumisen havaitsemisen jälkeisiä toimia korjaaviksi toimiksi. (Kunnossapito, 2019, 4) Korjaava kunnossapito jakaantuu edelleen välittömään korjaavaan kunnossapitoon ja siirrettyyn korjaavaan kunnossapitoon. Ehkäisevä kunnossapito jakaantuu havaittavuuden mukaan jaksotettuun kunnossapitoon ja kuntoon perustuvaan kunnossapitoon. Mikäli huononemista ei havaita, käytetään jaksotettua kunnossapitoa. Mikäli havainto huononemisesta on mahdollinen, käytetään kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Jos huononemiskehityksestä on prognoosi (tietoon perustuva ennuste), käytetään ennustavaa kunnossapitoa ja jos prognoosia ei ole käytetään ei-ennustavaa kuntoon perustuvaa kunnossapitoa. Sekä ennustavassa että ei-ennustavassa kunnossapidossa reagoidaan huonontumiseen ja silloin tehdään tehollista ehkäisevää kunnossapitoa. Eri kunnossapitolajit on esitetty kaaviokuvana kuviossa 6. (Kunnossapito, 2017, 54.)



Kuvio 6. Kunnossapitolajit osana kunnossapitoa (SFS-EN 13306:2017, 54, muokattu).

## 2.2 Käyttövarmuus

Käyttövarmuus on kohteen kyky suorittaa vaadittu toiminto, silloin kun muuten edellytykset toiminnon toteuttamiselle täyttyvät (IEC 60050-192, 2015). Käyttövarmuutta jollekin kohteelle voidaan soveltaa järjestelmälle, yksittäiselle koneelle, laitteelle tai komponentille. Käyttövarmuus koostuu toimintavarmuudesta, kunnossapidettävyydestä, palautettavuudesta ja kunnossapitovarmuudesta. Palautettavuus on osa kunnossapidettävyyttä, mutta voidaan ajatella sen olevan myös erillinen osakokonaisuus. Palautettavuus on järjestelmän tai laitteen kyky palauttaa itsenäisesti kohteen toimintaan vaikuttava tieto. Osa palautettavuutta ja kunnossapidettävyyttä on se, että käytettäviin ohjelmistoihin on pääsy tarvittavalla hetkellä. Ohjelmistoihin pääsy tietyllä hetkellä liittyy kunnossapitovarmuuden kykyyn suorittaa vaadittu tehtävä tehokkaasti. Käyttövarmuudesta puhuttaessa ymmärretään sen tarkoittavan luotettavuutta, luotettavuuteen kuuluvat lisäksi vielä kestävyys (Durability), turvallisuus (Safety) ja kyberturvallisuus (Security). Käyttövarmuuden osatekijät kuviossa 7.



Kuvio 7. Käyttövarmuuden osatekijät (Kortelainen, Komonen, Laitinen, Valkokari & Hanski, 2021, 20, muokattu)

### Käytettävyys

Käytettävyttä (Availability) voi kuvata käyttövarmuuden mittarina, miten suuren osan ajasta laite, järjestelmä tai palvelu on käytettävissä kyseisellä ajanjaksolla. Käytettävyys ilmoitetaan yleensä prosentteina ja sen komplementti on epäkäytettävyys (Unavailability). Käytettävyttä kuvaa siis lyhyesti kaava  $A$  (Käytettävyys) on käytettävissä oleva aika jaettuna ajalla, joka on suunniteltu käytettäväksi. Jos käytettävyys on 90 %, on epäkäytettävyys 10 %.

Toimintavarmuuteen vaikuttavat laitteen rakenne, materiaalit, mitoituksen huomiointi suunnittelussa, huollon tarve ja toteutus huomioitu suunnittelussa, laitteen hankintavaiheen onnistuminen ja käyttöhenkilöstön kyvyt. Kunnossapidettävyyteen vaikuttaa vian havainnoinnin helppous, laitteen luokse päästävyys, laitteen varaosien standardisointi. Kunnossapitovarmuuteen vaikuttavat hallinto ja kunnossapitäjät, työmenetelmät, huolto-ohjeet, työkalut ja varaosat. Kunnossapitoon liittyvät oleellisesti usein käytetyt seuraavat mittarit

MTTR, Mean Time To Repair tarkoittaa toipumisaikaa, keskimääräistä korjausaikaa. Termiä käytetään seurattaessa kunnossapidon suorituskykyä vikojen korjauksessa. MTTF, Mean Time To Failure tarkoittaa keskimääräistä vikaantumisaikaa. MTBF, Mean Time Before Failure tarkoittaa keskimääräistä vikaantumisväliä, aika laitteen vikaantumiseen sen edellisestä korjauksesta. Odotusaika, MTTR ja MTTF muodostavat yhdessä vikaantumisvälin.

## **Käyttövarmuuden osatekijöiden merkitys**

Käyttövarmuuden osatekijät ja niiden huomioiminen vaikuttavat elinjaksokustannuksiin. Tuotteen tai palvelun epäkäytettävyydestä aiheutuvat kustannukset voivat olla merkittävä kustannustekijä, kun aikataulu voi olla kriittinen tutkimuskohteena olevan koulutustilaisuuden mahdollistamien koulutuslaitteiston kohdalla. Vaikka tutkimuskohteen laite tai järjestelmää ei tuota mitään myytävää tuotetta voi sillä olla merkittävä vaikutus osaamiseen ja sitä kautta henkilöstön suorituskykyyn. Tarpeettomia kustannuksia voi aiheutua myös matkakustannuksista ja palkoista, kun koulutukseen määrätty henkilöstö on ja käsketty koulutukseen ja koulutuksen alussa havaitaan, että koulutuslaitteisto/järjestelmä ei toimi. Mikäli laitteiden/järjestelmän palauttaminen käyttökuntoon kestää esimerkiksi puolet koulutusajasta voi sillä olla seurannaisvaikutus, jossa koko koulutus joudutaan siirtämään vuodella eteenpäin. Epäkäytettävyyuskustannuksia voi aiheuttaa koulutusympäristössä se, että korvaava palvelu voidaan joutua hankkimaan muualta, kun varsinainen järjestelmä ei ole käytettävissä.

## **Ohjelmiston käytettävyys**

Ohjelmistoista puhuttaessa mutta myös yleisesti toiminnosta puhuttaessa sekoittuvat monesti termit helppokäyttöisyys ja käytettävyys. Standardi ISO 9241 määrittelee käytettävyyden tarkoituksen mukaisuudeksi, tehokkuudeksi ja tyytyväisyydeksi, jolla tuotteen määritellyt käyttäjät saavuttavat määritellyt tavoitteet tietyssä käyttöympäristössä. Tämän mukaisesti käytettävyys koostuu opittavuudesta, tehokkuudesta, muistettavuudesta, virheettömyydestä ja miellyttävyydestä. Myös tästä käytetään monesti englanniksi usability sanaa, mutta tässä opinnäytetyössä käytettävyydellä tarkoitetaan kunnossapidollista käytettävyyttä, ellei erikseen toisin mainita. (Käytettävyys, 2021, 6)

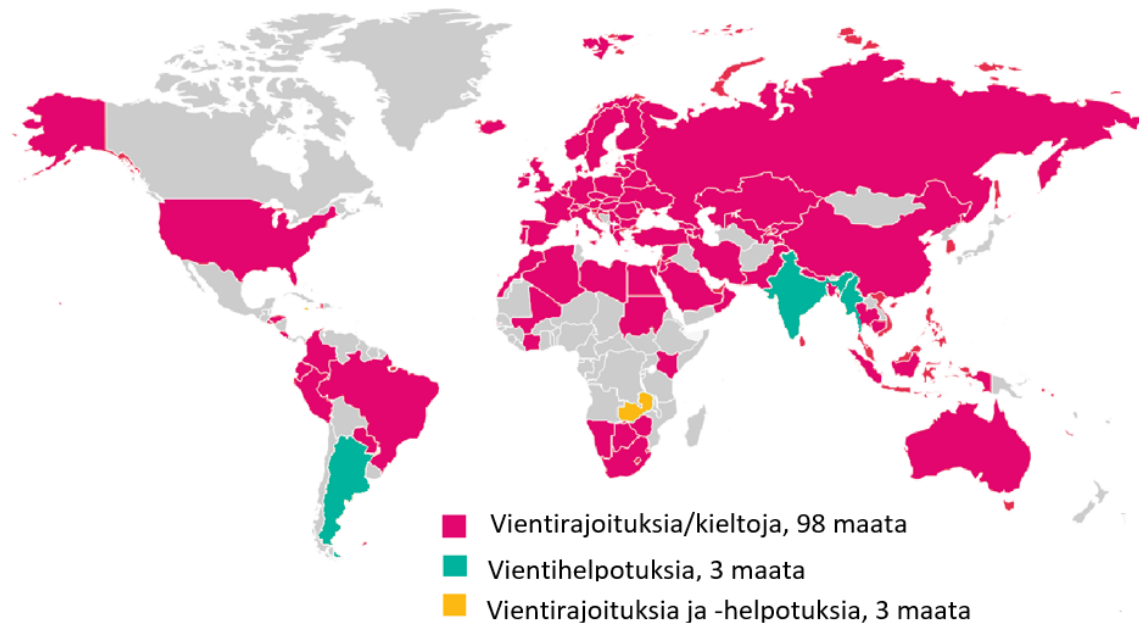
Koulutusympäristön ICT-materiaalin osalta laitteiden vikaantumisesta ei ole valmistajien toimittamaa vikaantumistietoa ja Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskuksessa laajemman tiedonkeräminen käynnistetään tässä tutkimuksessa tuotettujen havaintojen perusteella. Mikäli hankituissa laitteissa ilmenee turvallisuusriskejä (safety: sähköturvallisuus, paloturvallisuus), on niiden osalta tiedonjakelu sovittu Järjestelmäkeskuksen kautta. Tällä pyritään siihen että työ- ja palveluturvallisuutta vaarantavat laitteet saadaan poistettua työympäristöstä.



## Kunnossapidon kehitys ja merkitys

Globalisaatio on mahdollistanut ja osittain myös pakottanut yritykset ja muut toimijat ajattelemaan kunnossapitomenetelmiä sekä niiden vastuita kilpailukyvyyn säilyttämiseksi uudelleen. Waeyenberghin ja Pintelonin mukaan yleinen näkemys kunnossapidosta 2000-luvun alusta on ollut kumppanuus, jossa kunnossapito ja käyttö tukevat toisiaan. (Waeyenbergh & Pintelon 2002, s. 301). Waeyenberghin ja Pintelonin (2002) kunnossapitomenetelmien mukainen vuodesta 2000 eteenpäin ollut käynnissä strategian optimointi, ulkoistaminen ja informaatioteknologian kehittyminen sai uusia haasteita viimeaikaisten suurien globaalien muutosten myötä. Kunnossapidon ulkoistaminen voi olla edelleen yrityksen tai julkisen toimijan strategian mukaista mutta kunnossapidon varmuutta ja omien kriittisten toimintojen varmuutta ajatellaan kriittisemmin kuin aiemmin. Korona sivuvaikutuksineen on lykännyt Ollilan (2020) artikkelin mukaan kunnossapidon seisokkeja ja vaikeuttanut kunnossapidon henkilöstöressurssien saatavuutta. Kunnossapidon henkilöstöressurssien saatavuutta on rajoittanut sairastapaukset, sekä ulkomailta tulevan kunnossapitohenkilöstön liikkuvuuden rajoittuminen karanteeni- ja liikkuvuusrajoitusten vuoksi. (Ollila 2020).

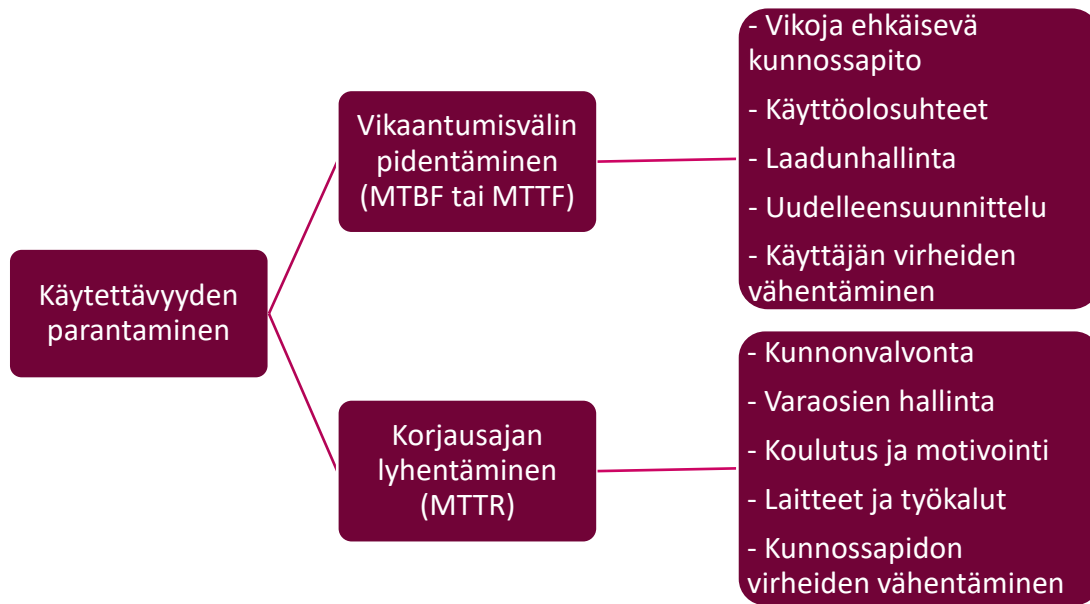
Varaosien saatavuutta on heikentänyt niin globaalin logistiikan ongelmat korona-aikana kuin paikalliset yksittäiset ongelmat kuten Evergreen-varustamon Ever Given-aluksen jumiutuminen Suezin kanavaan maaliskuussa 2021 (Yle, 2021). Nämä globalisaation mahdollistamat ja aiheuttamat ongelmat ovat saaneet monet huoltovarmuuteen liittyvät alat miettimään kunnossapitoaan sekä materiaalivirtojaan myös valmistusaineiden osalta uudelleen. Logistiikan kannalta häiriöitä aiheutui etenkin merikonttikuljetuksissa ja lentorahdissa, eikä heikko kannattavuus alalla ole parantanut mahdollisuuksia poistaa riskiä vielä vaikka Koronan vaikutus on pienentynyt (Huoltovarmuuskeskus 2020, 17). Nyholmin kirjoituksen mukaan kunnossapidon kuumimpana trendinä on tällä hetkellä ennustettavuus, jota digitalisaatio tukee (Nyholm 2023). Kuviossa 8 näkyvät eri maiden asettamat vientirajoitukset tai -helpotukset Covid-19 pandemian aikana, kuvan tilanne on syyskuulta 2022 (ITC Market Access Map 2022).



Kuvio 8. Covid-19 vientirajoituksia (ITC Market Access Map 2022, muokattu)

### Käytettävyyden parantaminen

Käytettävyyttä voidaan parantaa pidentämällä vikaantumisväliä tai lyhentämällä korjausaikaa. Vikaantumisväliä voidaan parantaa lisäämällä rinnakkaisuutta mutta tämä tapa lisää kuluja monimutkaistamalla järjestelmää. Käyttövarmuuden parantamisen keinoja on jaoteltu kuviossa 9. Korjausajan lyhentämisessä on suuri merkitys sillä, että varaosia on saatavissa tarvittaessa, kunnossapito-ohjeet ovat saatavilla ja että kunnossapitohenkilöstö on tavoitettavissa ja heidän työpanostaan on mahdollista käyttää kyseisen järjestelmän korjaukseen. Varaosien saatavuuden parantaminen voi vaatia paikallisia varastoja kriittisten varaosien kohdalla. Laitteiden tai järjestelmien kunnonvalvonta voi mahdollistaa osien tilaamisen ennen varsinaista osan vikaantumista, mikäli kunnonvalvonnan antama tieto mahdollistaa ennakoinnin. Korjausajan lyhentäminen ja korjauksen mahdollistaminen vaatii lisäksi sen, että varaosien, ohjeiden, kunnossapitohenkilöiden lisäksi myös tarvittavat työkalut ovat saatavissa.



Kuvio 9. Käytettävyyden parantaminen (Ahonen, Ellman, Franssila, Hietala, Jännes, Multanen, Mäkiranta, Saarinen, Valkokari, Venho-Ahonen & Välisalo 2012, 30, muokattu)

### Varmuskopiot käyttövarmuuden osana

Varmuskopiot ovat oleellinen osa varautumista laiterikkoihin sekä tietoturvaan. Standardi 27001 ohjeistaa varastoimaan varmuuskopiot eri paikassa kuin missä tietoa käsitellään tavallisesti. Kansallinen turvallisuus auditointikriteeristö (KATAKRI 2011) ohjeistaa säilyttämään varmuuskopiot eri sortumatilassa. Tämä pienentää riskiä altistua paikkaan liittyviltä uhilta kuten tulipaloilta, tulvilta, ryöstöiltä tai sabotaasilta. Mikäli organisaatio joutuu esimerkiksi tiedot salaavan kiristyshaittaohjelman uhriksi voi toisen varmuuskopion säilyttäminen eri paikassa antaa mahdollisuuden palauttaa tiedot tästä toisesta varmuuskopiosta, joka ei ole altistunut kiristyshaittaohjelmalle. Oleellinen osa varmuuskopion tekemistä on tunnistaa mitkä tiedot ovat kriittisiä, varmuuskopion palauttamisen testaaminen (KATAKRI 2011, 100)

3-2-1 muistisääntö varmuuskopioista tarkoittaa, että alkuperäinen ja kaksi kopiota samasta tiedosta. Kaksi eri järjestelmissä ja yksi varmuuskopioista on fyysisesti eri paikassa eikä kiinni samassa järjestelmässä. Tämän 3-2-1 periaatteen on ensimmäisenä tuonut julkiseen käyttöön Peter Krogh. Tätä varmuuskopiointimenetelmää suosittaa edelleen Yhdysvaltain standardisointi- ja teknologia-instituutti National Institute of Standards and Technology, NIST. Heidän ohjeensa mukaan syytä on ensiksi tunnistaa mistä varmuuskopiot otetaan, mitkä ovat toiminnalle kriittisiä tiedostoja

liiketoiminnan arvon mukaan priorisoituina. Sen jälkeen määritetään palautumisaika, missä ajassa tieto saadaan palautettua. Määritellään varmuuskopioinnin ajoitus, kuinka vanhoja varmuuskopiot voivat olla toimintojen palauttamiseen. Määritellään eri järjestelmien riippuvuudet, jotta palautusriippuvuudet tai järjestys voidaan määritellä. Määritetään mitkä varmuuskopiot säilytetään offline-säilytyksessä ja niiden palautusaikatavoitteet (recovery time objective, RTO) ja palautuspistetavoitteet (recovery point objective, RPO). Tehdään suunnitelma, miten tehdään useampi varmuuskopio tiedon turvaamiseksi. Kehitetään vaste- ja palautumisprosessit sekä käytännöt varmuuskopioiden ja varmuuskopiointijärjestelmien käyttämiseksi. Määritetään asianmukaiset tekniset ratkaisut varmuuskopioiden luomiseksi. Määritetään vaihtoehtoiset työskentelytilavaihtoehdot. Tunnistetaan mahdolliset laki- ja säädösperusteiset tietojen säilyttämisvaatimukset. Testataan palautussuunnitelma. (RTO) on aika jonka järjestelmän osa voi olla palautusvaiheessa ilman että se vaikuttaa negatiivisesti organisaation toimintaan. Palautuspistetavoite (RPO) on varmuuskopion tavoitepiste, jossa palataan versioon vahingon tapahtumisen jälkeen ilman merkittäviä vaikutuksia. RPO ilmoitetaan yleensä, sekunteina, minuutteina tai tunteina. Pahimmillaan palautuspistetavoitteessa häviävä data on juuri ennen seuraavan varmuuskopion ottamista. (Protecting data from ransomware and other data loss events 2020.)

### **2.3 Laitteiden varastointi**

Kannettavia laitteita, joissa on litiumakku, suositellaan valmistajien toimesta säilyttämään siten että, akullinen laite sammutetaan ja akku suositellaan ladattavaksi noin 50 % kapasiteettiin. Applen tukisivujen mukaan akku tulisi säilyttää alle 32 °C lämpötilassa ja akku tulisi ladata uudestaan 50 % varaukseen joka kuudes kuukausi. (Apple tukisivusto, 2023)

Dell suosittelee laitteiden akkuja säilytettävän 0–35°C lämpötilassa, siten että akku ei ole liitettyinä virtalähteeseen. Akku voi olla irrotettu laitteesta tai kytkettynä laitteessa. Dell suosittelee myös, että laitteita ei pinota päällekkäin vaan että ne sijoitettaisiin telineen avulla pystysuoraan vierakkain. (Dell tukisivusto, 2023)

Kannettavien laitteiden säilyttämisessä varastoissa tulee huomioida lämpötilan lisäksi ainakin seuraavia asioita: akkujen turpoaminen, litiumakkujen säilyttäminen kiinni laitteessa vs. irrotettuna, irrotettu akku purkautuu hitaammin. Massamuistien ja muiden elektroniikkakomponenttien ikäänntyminen voi olla nopeampaa korkeammissa lämpötiloissa. Säilytys kosteassa tilassa altistaa

elektroniikan mahdolliselle kondenssivedelle ja siten taas piirilevyjen, johtimien ja komponenttien liitosten hapettumiselle.

Litiumakkujen varastoinnissa ja lataamisessa tulee huomioida turvallisuusnäkökulmat (safety), litiumakkujen tulipalovaara perustuu lämpökarkaamisilmiöön, mutta palovaaran lisäksi ihmiselle keskeinen vaaratekijä on akkujen sisältämät myrkylliset aineet. Erityisesti vaaraa aiheuttaa akkupalon yhteydessä leviävä vetyfluoridi. Samassa tilassa olevat muut materiaalit kuten tietokoneiden kotelot ja piirilevyjen yhteydessä olevat materiaalit voivat tuottaa vaarallisia kaasuja. (Teollisuuden Litium-ioniakut ja turvallisuus 2019, 11.)

Taulukossa 1 koostettuna kolmen eri valmistajan rajoitteita laitteiden käyttö- ja säilytysolosuhteista kosteuden ja lämpötilan osalta. Toimituspakkauksessa on tyypillisesti kosteutta imevä silikaageelirakeita sisältävä pussi, jolla pienennetään tiivistyvän kosteuden riskiä. Taulukon tiedot on koostettu Applen, Dellin ja Lenovon tukisivustoilta esimerkinomaisesti.

Taulukko 1. Kannettavien tietokoneiden käyttö- ja säilytysympäristö (Apple 2020; Dell Latitude E6540 2015, 69–70; Lenovo 13 käyttöohje 2017, 10, muokattu).

Ympäristön olosuhde	Valmistaja 1	Valmistaja 2	Valmistaja 3
Lämpötila (käyttö)	0– +40 °C	+5– +35 °C	+10– +35 °C
Kosteus (käyttö)	5–90 % RHD	8–95 % RHD	0–90 % RHD
Lämpötila (säilytys)	-20– +65 °C	+5– +43 °C	-25– +45 °C
Kosteus (säilytys)	5–95 % RHD	5–95 % RHD	0–90 % RHD
Lisähuomio	Ei tiivistyvä kosteus	Ei tiivistyvä kosteus	Ei tiivistyvä kosteus

### Massamuistien vanheneminen: SSD

Puolijohdelevyt, joista yleisesti käytetään nimitystä SSD (Solid State Disc), ovat yleisin uusissa kannettavissa tietokoneissa tällä hetkellä käytetty massamuisti. Massamuisti säilyttää tilansa laitteen virtojen sammuttamisen jälkeen, toisin kuin käyttömuisti RAM (Random Access Memory).

Massamuisti voi olla eMMC (embedded Multi Media Card), UFS (Universal Flash Storage), tai esimerkiksi joko SATA (Serial AT Attachment) M2 NVMe (Non Volatile Memory express)/PCIe (Peripheral Component Interconnect Express) rajapinnassa oleva tuote, jossa on flash-muistia, kontrolleri ja mahdollisesti välimuistia. Flash-muisti on näissä massamuisteissa tyypillisesti jotain seuraavista NAND-teknologioista: SLC NAND (Single level cell), MLC NAND (Multi level cell), TLC NAND (tri level cell), QLC NAND (Quad level cell) tai 3DNAND. Samaan muistisoluuun talletetaan useampia bittejä, SLC NAND:issä solun tila voi olla 0 tai 1, MLC NAND:issä tila voi olla 00, 01, 10, 11. NAND-teknologiassa, yksittäistä tavua tai solua ei voida lukea tai kirjoittaa (ohjelmoida) vaan lukeminen ja ohjelmointi tapahtuu sivuissa. Sivun koko vaihtelee teknologian ja valmistajan ratkaisun mukaan sekä vaatii teknologiaa tukevan ohjelmiston. SSD-massamuisteissa itse teknologia on piilotettu massamuistin rajapinnan taakse ja laitteen ohjelmisto pitää huolen oikeanlaisesta tavasta lukea muistia, kirjoittaa sinne, tarvittavasta virheenkorjauksesta, muistisolujen tasaisesta kulumisesta, mahdollisesta virkistystarpeesta sekä viallisten muistialueiden korvaamisesta ehjillä. Massamuistilla on tietty määrä muistia muistialueiden korvaamiseen ja tämä vara-alue voi vaihdella eri valmistajien ja eri tuotteiden välillä. SK Hynixin käyttämä markkinointitermi 4D NAND tarkoittaa sitä, että muistisolujen lisäksi kerroksittain on myös muistipiirin muita osia, jotka ovat muistipiirin rajapinnassa kerroksittain muistisolujen kanssa ja siten piipinta-alaa saadaan pienennettyä. Muistisolu voi olla joko Floating gate (FG) tai Charge Trap Flash (CTF)-tyyppinen. Floating gate tyyppisessä solussa varaus on johteessa, kun taas CTF-tyyppisessä muistissa varaus on eristeessä. SK Hynixin mukaan CTF-teknologian käyttäminen eliminoi solujen välistä interferenssiä, ja siten parantaa luku ja kirjoitusnopeutta. Sheldon(2023) kuvaa verkkoartikkelissaan Floating gate-soluun liittyvää ongelmaa, kun solun sisältöä ohjelmoidaan tai poistetaan (Program/Erase) eristeenä oksidikerros kuluu ja elektronit vuotavat Floating Gate:sta (kelluva hila) ja muistisolun tila muuttuu ajan kanssa epävakaksi. CTF-teknologiaa käytettäessä ohjelmointijännite on matalampi ja siten rasitus tunnel oxide-osioon on pienempi. (SK hynix Develops World's Highest 238-Layer 4D NAND Flash 2022; Sheldon 2023)

Massamuistien, kuten SSD, käyttöikää kuvaa TBW-arvo. Tera Bytes Written tarkoittaa kuinka paljon dataa voidaan kirjoittaa muistiin. Tämä TBW-arvon merkitys on määritetty JEDEC:in (Joint Electron Device Engineering Council) JESD218-standardissa. Esimerkkejä kuluttajille suunnatuista arvoista 500GB SSD-muistille TBW-arvo on 300 ja 1TB muistille 600. Nas compares (2021) artikkelin mukaan Samsung 860 EVO 500GB SSD-massamuistille luvataan 300TB ja Samsung 860 PRO 500GB

SSD-massamuistille luvataan 600TB. (Cox n.d.; Samsung 860 EVO datalehti 2018; Samsung 860 PRO datalehti 2018.)

Jedecin työryhmä (JC-64.8) on tuottanut eri muistivalmistajien yhteistyöllä yhteisiä määritelmiä massamuistien testaamiseen ja kestävyuden luokitteluksi ja yhtenäistämiseksi. JESD219 määritelmän mukaisesti jaetaan SSD:n kirjoitus/lukukuormitus kahteen pääkategoriaan Client ja Enterprise. Client suunnatussa tuotteessa datan on pysyttävä laite sammutettuna 30 asteessa yksi vuosi, Enterprise kategoriaan suunnatussa tuotteessa 40 astetta kolme kuukautta. Client määritelmä on tarkoitettu kuluttajakäyttöön ja Enterprise-kategoria on tarkoitettu muisteihin, jotka ovat käytössä esimerkiksi palvelutuotannossa palvelimissa. (In 2010, 9–11; JESD219A.01 2022)

Toinen muistin kestävyteen vaikuttava parametri on DWPD-arvo (Data Writes Per Day), joka kertoo kuinka paljon dataa, voidaan kirjoittaa muistiin takuuajana. DWPD voidaan laskea TBW:stä ja toisinpäin, mikäli massamuistin koko on tiedossa, takuuajana on tiedossa ja toinen arvoista on ilmoitettu. Massamuistin käyttöikä vaikuttaa lisäksi flash-muisteille ja siten SSD-massamuisteille tyypillinen Write amplification (kirjoitusvahvistus), joka aiheutuu osittain muistikomponentista ja sen laiteohjelmistosta mutta osittain käyttöjärjestelmästä ja sen tiedostojärjestelmästä. Tiedostojärjestelmä voi kirjoittaa lokeja datan kirjoituksesta/lukemisesta, tiedostojärjestelmä tyypillisesti lisää omaa metadataa kirjoitusten yhteydessä. Write amplification -ilmiötä kuvaa hyvin se, että yhden käyttäjän kirjoittaman tiedoston lisäksi tehdään kirjaus muistiin siitä missä se sijaitsee, milloin se kirjoitettiin ja kuka sen kirjoitti, laiteohjelman (firmware) tasolla kirjoitus voi vielä aiheuttaa lisää kirjoituksia, jos osa datasta sijaitsee muistilohkossa, joka tulee siirtää wear level- tai garbage collection -rutiinien takia uuteen muistilohkoon. Wear level -rutiineja käytetään flash-muisteissa tasoittamaan kirjoitus/pyyhintä (program/erase, PE) rasiutusta tasaisesti muistin eri osioille. Garbage collection -rutiineilla yhdistetään eri muistialueita siten että pyyhintä (Erase) on mahdollista ja että kirjoitettavaa aluetta on vapaana seuraavaa kirjoitusta varten. (Darwin 2019; Cox n.d.)

Yhdessä fyysisessä muistipiirissä voi useita erillisiä piirejä kerroksittain, tätä ratkaisua on käytetty erityisesti muistiratkaisuissa, joissa komponentin fyysinen koko on rajallinen. Tällaisista kokorajoitteisista massamuistiratkaisuista eMMC (embedded Mass Memory Card) ja microSD (micro Secure Digital). Usean piirin samaan komponenttiin on valmistusteknisesti vaativa ja aiheuttaa haasteita sekä piirien tuotantoon että tuotannon saantoprosenttiin (yield), jokaisen piirin komponentissa on

toimittava, sekä niitä yhdistävien liitosten on oltava mahdollisimman virheettömiä. Samat haasteet ovat myös 3DNAND-teknologialla, jossa piirin valmistaminen monimutkaistuu useiden kerrosten valmistusprosessissa. Valmistettaessa nykyaikaisia massamuisteja molemmat tavat ovat käytössä ja tuotetasolla asiakas ei näe tuotteissa laatueroa. Tuotantolaitoksen testausprosessit löytävät vialliset tuotteet ennen tuotteen pääsyä tuotantolinjalta. SSD-massamuisteissa on piirilevylle usein ladottu useita muistipiirejä riittävän muistikapasiteetin saavuttamiseksi. Samoin DRAM-muistikammoissa on yleensä useita DRAM-muistipiirejä samalla piirilevyllä (DRAM, Dynamic Random Access Memory).

### **Massamuistien vanheneminen: HDD**

Yleisimmät perinteisten kiintolevyjen (Hard Disk Drive) yleisimmät vikaantumisilmiöt Deepsparin keräämän tiedon mukaan jakaantuvat viiteen pääryhmään. (How to Diagnose and Recover the Most Common cases 2019) Nämä pääryhmät ovat seuraavat:

- Kiintolevyn levy ei lähde pyörimään.
- Kiintolevy pitää kilahtavan äänen käynnistettäessä.
- Kiintolevyn tunnistus epäonnistuu laitteessa, vaikka levy lähtee pyörimään ja kuulostaa normaalilta.
- Kiintolevy tunnistus onnistuu laitteessa mutta dataa ei pystytä lukemaan tämä ilmenevät monesti siten että laitteen/käyttöjärjestelmän käynnistyminen keskeytyy tai järjestelmä antaa datan luku virheitä.
- Kiintolevy näyttää toimivan normaalisti mutta osa levyllä olevista osioista (partition), hakemistoista tai tiedostoista puuttuu.

Levy ei lähde pyörimään ilmiön taustalla on usein, miten vioittunut PCBA levy, korruptoitunut laiteohjelmisto (kiintolevyn ROM:illa), vioittunut luku/kirjoituspään koneisto, luku/kirjoituspään tarttumisen kiintolevy levyyn, karamoottorin toimimattomuus, vioittunut pyöritysmoottori. ROM eli Read Only Memory on tallennusmuistin alue, joka voi olla muistityypiltään pelkästään luettavissa tai sitten se voi olla alue tallennusmuistissa, joka on esimerkiksi suojattu ylikirjoitukselta, ettei suoritettava ohjelmistoa yli kirjoiteta tahattomasti.

Levy pitää kilahtavan äänen käynnistettäessä oireen takana on usein viallinen tai heikentynyt luku/kirjoituspää, vioittunut piirilevy, korruptoitunut systeemiaalue (laiteohjelmisto, firmware) tai vioittuneet levyt. Laiteohjelmisto eli firmware sijaitsee yleensä erillisellä tallennusmuistilla, joka on sijoitettu kiintolevyn piirilevylle.



Kiintolevyn tunnistuksen epäonnistuminen, vaikka levy pyöriikin ja kuulostaa normaalilta on monesti seurausta siitä, että laiteohjelmisto on korruptoitunut, levytä lukeminen ei ole luotettavaa tai yksi tai useampi lukupäistä on vioittunut. Laiteohjelmisto voi korruptoitua joko tallennusmuistin vanhenemisesta, virran katkeamisesta kesken kirjoituksen, esimerkiksi laiteohjelmiston päivityksen yhteydessä tai laitevalmistajan kirjoituksesta kriittiselle laiteohjelmiston toiminnan seuranta-alueelle, laitteen käyttöjännite tai ohjelmoinnin/lukemisen referenssijännite ei ole stabiili.

Kiintolevyn tunnistus onnistuu mutta tallennettua dataa ei voida lukea aiheutuu yleensä huonoista sektoreista, lukuoperaatioiden epästabiilisuudesta tai vioittuneista tai huonontuneista lukupäistä. Huono sektori (bad sector) on luku/kirjoitusalue tallennusmedialla, jonka kanssa on havaittu ongelmia ja se merkitään levyn kirjanpitoon huonoksi. Kyseistä sektoria ei enää jatkossa yritetä käyttää. (What are "bad sectors" On a Hard Drive, 2021.)

Edellä mainittujen yleisten ongelmien lisäksi Satyeshu Kumar kirjoittaa blogissaan yleisiksi virheiksi inhimilliset virheet: järjestelmärekisterin muutosten tekemisen, väärän käyttöjärjestelmän asentamisen, vahingossa tuhotut tiedostot ja/tai hakemistot. (Satyeshu Kumar 2023)

## 2.4 Kiintolevyjen elinkaari

Viestintäviraston ohje kiintolevyjen elinkaaren hallinnasta on julkaistu 26.10.2016 ja sisältää ohjeet magneettisen kiintolevyjen ja SSD-kiintolevyjen ylikirjoittamiseen ja uusiokäyttöön. Yhdistelmäkiintolevyille ei hyväksyttyä toimintatapaa ole. Yhdistelmäkiintolevyistä käytetään monesti hybridikiintolevy, hybrid hard drive, tai lyhenteenä HSSD. Viestintäviraston ohjeen mukainen kiintolevyn elinkaari sisältää kiintolevyn ensimmäisestä käyttöönotosta aine kiintolevyn luotettavaan fyysisen tuhoamiseen. Viestintäviraston ohjeen mukainen hyväksytty ylikirjoitus ei katkaise kiintolevyn elinkaarta. Viestintäviraston ohjeessa käytetään suojaustasoja, nämä on 2020 vuoden alusta korvattu turvallisuusluokka merkinnöillä. (Kiintolevyjen elinkaaren hallinta 2016, 1–6.)

Magneettisille kiintolevyille hyväksytty ylikirjoitus tarkoittaa vähintään kolminkertaista ylikirjoitusta ja ylikirjoituksen todennusta. Kolminkertainen ylikirjoitus suoritetaan menettelyllä, jolla koko käyttäjälle näkyvälle kapasiteetille kirjoitetaan tietty binäärinen arvo, toisella kerralla edellisen komplementtiarvo ja kolmannella ylikirjoituksella pseudosatunnaisesti valittu arvo. Todentamisen

toteuttavia standardeja ovat British HMG Infosec Standard 5, Enhanced Standard ja U.S. Navy Staff Office Publication NVASO P-5239-26.(Kiintolevyjen elinkaaren hallinta 2016, 1-6.)

SSD-kiintolevyille ylikirjoitus toteutetaan koko käyttäjä kapasiteetin ylikirjoitus pakkautumattomalla datalla vähintään kahdesti sekä ylikirjoituksen onnistumisen todentaminen, SSD-kiintolevyn laiteohjelmiston tukeman ylikirjoituskomennon tai -komentojen suorittaminen sekä edellisen laiteohjelmiston tekemän ylikirjoituksen todentaminen.

Organisaatiossa ylikirjoituksen voi toteuttaa turvallisuusluokkien IV, III, II ja I tietovälineille vain nimetty henkilö, jolle on myönnetty käsittelyoikeudet kyseisen luokan tietoon. Turvallisuusluokituksen III ja IV ylikirjoitus voidaan ulkoistaa myös kumppanille, jonka toiminnassa täyttyvät ylikirjoitusmenettelyn toiminnot. Elinkaaren aikana uudelleenkäytöstä Viestintäviraston kiintolevyjen elinkaaren hallinta -ohje sisältää taulukko 1 mukaisen ohjeistuksen.

Taulukko 2. Kiintolevyn uusiokäyttö ylikirjoittamisen jälkeen (Kiintolevyjen elinkaaren hallinta 2016, 4, muokattu)

Kiintolevyn elinkaarensa aikana sisältämien tietojen korkein turvallisuusluokka ennen ylikirjoitusta	Uudelleenkäyttö ylikirjoituksen jälkeen mahdollista saman organisaation ympäristössä (turvallisuusluokka) tai organisaation hallinnan ulkopuolella (julkinen)
I salaamaton	I
I salattu	I, II
II salaamaton	I, II
II salattu	I, II, III, IV
III salaamaton	I, II, III
III salattu	I, II, III, IV, julkinen
IV salaamaton, magneettinen kiintolevy	I, II, III, IV, julkinen
IV salaamaton, SSD-kiintolevy	I, II, III, IV
IV salattu	I, II, III, IV, julkinen
julkinen	I, II, III, IV, julkinen

### 3 Julkiset hankinnat

Puolustusvoimien hankintoja ohjaa laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista (1397/2016) sekä laki julkisista puolustus- ja turvallisuushankinnoista (1531/2011). Eskolan, Kiviniemen, Krakaun ja Ruohoniemen Julkiset hankinnat-kirjassa julkisten varojen käyttöä tehostetaan kilpailua lisäämällä sekä avataan julkisten hankintojen sisämarkkinat kaikille eurooppalaisille yrityksille. Tämä on ainakin tavoiteltua lainsäädännölle laille julkisista hankinnoista. Suomessa hankintalaki 1397/2016 ohjaa kansallisesti vuonna 2014 voimaan tulleet Euroopan unionin hankintadiirektiivien käyttöönottoa. (Eskola ym. 2017, 19–21.)

Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista määrittää periaatteista seuraavaa:

*Hankintayksikön on kohdeltava hankintamenettelyn osallistujia ja muita toimittajia tasapuolisesti ja syrjimättömästi sekä toimittava avoimesti ja suhteellisuuden vaatimukset huomioon ottaen.*

*Jos tarjouskilpailussa ehdokkaana tai tarjoajana on hankintayksikön organisaatioon kuuluva yksikkö, hankintayksikön omistama yhteisö tai laitos taikka toinen hankintayksikkö, sitä on kohdeltava samalla tavoin kuin muita ehdokkaita ja tarjoajia.*

Hankintayksiköihin kuuluvat lain mukaan esimerkiksi valtion viranomaiset (L 1397/2016). Hankintalaki (Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista) on parhaillaan muutostyön kohteena, lakiuudistuksessa aiotaan painottaa laadun osuutta, ympäristöystävällisyyttä ja vastuullisuutta osana hankintoja (Hankintalaki uudistetaan 2022. 4.1.2022). Lain oli tarkoitus astua voimaan vuoden 2023 alussa, käsittely on kuitenkin viivästynyt (Hankintalaki uudistuu vuonna 2023 — mikä muuttuu? 2023).

Julkisten hankintojen ohjeistuksia on päivitetty myös Venäjän helmikuussa 2022 aloittaman hyökkäyssodan jälkeen vastaamaan myös muuttuneisiin tarpeisiin, jotta pakotteiden vaikutukset pystytään huomioimaan paremmin. Sopimusehtoihin lisättiin tässä päivitysversiona pakotteen määrittely, alihankkijan vaihtamisperusteeksi pakotteet sekä Euroopan unionin, Yhdistyneiden kansakuntien tai Suomen viranomaisten pakotteet irtisanomisperusteeksi. Vastaavat muutokset tehtiin sekä tavarahankintoihin että palveluhankintoihin. (JYSE-ehdot 2022a, 7–8; JYSE-ehdot 2022b, 7–8.)

Julkisen hankinnan kynnyksarvo kansallisesta on tavara- ja palveluhankinnoissa 60 000 euroa ja käyttöoikeussopimuksille/palveluille 500 000 euroa. Euroopan unionin määrittelemä kynnyksarvo valtion keskushallintoviranomaisen tekemille tavara- ja palveluhankinnoille on 140 000 euroa. Näistä kansallista kynnyksarvoa noudatetaan kansallisen hankintalain soveltamisessa alarajan ylityksessä. (EU- ja kansalliset kynnyksarvot n.d.)

Hankintoja tehdessä on huomioitava kynnyksarvoa arvioitaessa ennakoitaessa suurinta maksettavaa kokonaiskorvausta ilman arvonlisäveroä. Tähän voi vaikuttaa esimerkiksi kertatoimitusten koot, mikäli vaikuttavat hintaan. Lisäksi on huomioitava, että hankinta voidaan kilpailuttaa erillisinä osina, mutta kaikkien osien ennakoitu arvo huomioidaan kynnyksarvoa arvioitaessa. Mikäli hallinnollinen hankintayksikkö koostuu erillisistä toiminnallisista yksiköistä, kaikkien yksittäisten toiminnallisten yksiköiden hankinnat on huomioitava ennakoitussa kokonaisarvossa. Tämä koskee tapauksia, kun ne muodostavat yhden kokonaisuuden. Hankintojen kynnyksarvojen alittavien hankintojen tapauksissa tulisi silti noudattaa hyvän hallinnon periaatteita, tarjoajien tasapuolista ja syrjimätöntä kohtelua, avoimuutta ja suhteellisuutta. Pienhankintoja tehdessä voidaan tehdä tarjouskilpailu, julkaista hankinnasta hankintailmoitus, kilpailuttamalla hankinta Hanki-palvelussa tai hyödyntämällä puitejärjestelyjä tai dynaamisia hankintajärjestelmiä. (Kynnyksarvo n.d.; Pienhankinnat 2017, 3)

Hankintalakia sovelletaan hankinnoissa, vaikka hankinnassa käsiteltäisiin turvallisuusluokiteltua aineistoa tai siihen liittyvää materiaalia. Hankintalain avoimuuden mukaisesti asiakirjojen osalta sovelletaan viranomaisen toiminnan julkisuudesta annettua lakia 621/1999. Hankintalain kahdeksannessa luvussa 64 § sisältää asiaan liittyviä tietoturvasuuteen liittyviä määritelmiä, kuten hankintayksikön vastuulle määritetyn riskeihin perustuvat turvallisuustason määrittämisen. (L 1397/2016 kappale 14; L 1397/2016 kappale 8.)

Hankintalain ohjeistuksen lisäksi laki julkisista puolustus- ja turvallisuushankinnoista (1531/2011) sisältää muutamia osa-alueita joihin lakia ei sovelleta:

## 7 §

### *Yleiset poikkeukset lain soveltamisalasta*

*Tätä lakia ei sovelleta, 85 §:ssä säädettyä hankintaoikaisua ja 104 §:n 2 momentissa säädettyä valituskieltoa lukuun ottamatta:*

- 1) puolustus- ja turvallisuushankintaan, joka on salassa pidettävä tai jossa tämän lain soveltaminen velvoittaisi hankintayksikköä toimittamaan tietoja, joiden julkistaminen on vastoin valtion keskeisiä turvallisuusasetuksia;*
- 2) viranomaisten väliseen puolustus- ja turvallisuushankintaan;*
- 3) puolustus- ja turvallisuushankintaan, jota koskevat:*
  - a) Suomen ja vähintään yhden Euroopan talousalueen ulkopuolisen valtion välisen kansainvälisen sopimuksen tai järjestelyn mukaiset erityiset menettelysäännöt;*
  - b) joukkojen sijoittamista koskevan kansainvälisen sopimuksen tai järjestelyn mukaiset erityiset menettelysäännöt;*
  - c) kansainvälisen järjestön erityiset menettelysäännöt, kun kansainvälinen järjestö tekee hankintoja omiin tarkoituksiinsa; tai*
  - d) kansainvälisen järjestön erityiset menettelysäännöt, kun hankintayksikön on toteutettava hankinta näiden mukaisesti;*
- 4) puolustus- ja turvallisuushankintaan, joka liittyy vähintään kahden Euroopan talousalueen valtion yhteiseen uutta tuotetta koskevaan tutkimus- ja kehittämishankkeeseen, eikä hankintaan, joka on tehty tämän tuotteen elinkaaren myöhemmissä vaiheissa;*
- 5) hankintaan, joka toteutetaan lähetettäessä joukkoja Euroopan talousalueen ulkopuolelle, kun hankinta on toiminnallisten tarpeiden vuoksi tehtävä sellaisen toimittajan kanssa, joka toimii kyseisellä alueella.*

Lisäksi erikseen jatkuu 8 §:ssä:

*Eryityiset poikkeukset lain soveltamisalasta*

*Tätä lakia ei sovelleta, 85 §:ssä säädettyä hankintaoikaisua ja 104 §:n 2 momentissa säädettyä valituskieltoa lukuun ottamatta, puolustus- ja turvallisuushankintaan, joka liittyy tiedustelutoimintaan.*

Lisäksi on huomioitava ilmoitusmenettely EU-kynnysarvon ylittävissä hankinnoissa, jota ohjaa Val-tioneuvoston asetus julkisista puolustus- ja turvallisuushankinnoista. Yhteistä hankintasanastosta vahvistettua viitenimikkeistöä käyttäen tehdään Euroopan unionin ilmoituksista ennakoilmoitus,

hankintailmoitus, alihankintailmoitus, jälki-ilmoitus ja suoramarkintaa koskeva ilmoitus tai EU-va-kiolomake-ilmoitus EU-kynnysarvon ylittyessä. EU-kynnysarvot ylittävistä hankinnoista kerätään myös tilastotietoa. (A 1536/2011, 2 luku ja 4 luku.)

Julkisten hankintojen säätely vaikuttaa koulutusympäristön laitteiden hankintaan ja ylläpitoon sa-manlaisia rajoitteita kuin yleisesti Puolustusvoimien hankintoihin. Laitteet hankitaan tarjouskilpai-lutusten kautta, joiden sisältöön kuuluvien laitteiden ominaisuudet eivät välttämättä ole samanlai-sia kuin mitä koulutusympäristössä käytetään. Varaosia laitteisiin hankitaan usein samojen sopimusten kautta. Yleisiä varaosia ovat tallennusvälineet (kiintolevyt, SSD-levyt ja akut). Laitekoh-taiset varaosat kuten kannettavien tietokoneiden näytöt, näppäimistöt ja mallikohtaiset akut ovat hankalampia, koska niiden saatavuus voi olla vain tietyn toimijan kautta. Sopimuskilpailutukset tehdään tietylle ajanjaksolle ja tietylle arvolle. Jos sopimukseen kuuluvat arvo on täyttynyt, käyn-nistetään uusi kilpailutus, jossa voi mennä merkittävästi aikaa. EU-kynnysarvojen ylittävien hankin-tojen osalta tarjouksen jättöaika on 35 päivää, mikäli tarjousta ei voi jättää sähköisesti. Sähköisesti jätettävän tarjouksen tarjousaika on 30 päivää. Tarjouskilpailussa hävinnyt voi vielä hakea muu-tosta valitusmenettelyn kautta markkinaoikeudelta 14 päivän kuluessa kansallisen tai EU-tasoisien suoramarkintailmoituksen tai sopimusmuutoksen ilmoituksen julkistamisesta. Mikäli hankintaa ei voida lykätä markkinaoikeuden käsittelyn ajaksi, voi hankintayksikkö järjestää hankinnan väliaikai-sesti tai suoramarkintana jos sille asetetut tiukemmat edellytykset täyttyvät suoramarkintaa lain mukaisesti. (Julkisten hankintojen neuvontayksikkö n.d.)

## 4 Elektronikan ikääntyminen

Elektronisten komponenttien ikääntymisellä tarkoitetaan tässä tutkimuksessa komponentin ominaisuuksien huononemista käytön tai varastoinnin aikana, joka lopulta voi johtaa komponentin toimimattomuuteen. Ikääntymisenä voitaisiin ajatella myös sitä, että komponentin suorituskyky ei enää uusien vaatimusten tai kilpaileviin tuotteisiin verrattuna riitä.

### 4.1 Erilaisia syitä ikääntymiselle

#### Puolijohdeiden ikääntyminen

Moyer (2022) kirjoittaa, että puolijohdeteollisuus on kehittynyt niin paljon, että piirien ajatelleen kestävän ikuisesti. Tekniikan maailman toimittajan nostivat digibokseista asian esille kodinelektronikasta. Yksittäinen komponentti kuten elektrolyyttikondensaattori voi aiheuttaa laitteen toimimattomuuden jo varsin lyhyen käytön jälkeen (Backman, Ylönen & Herttua 2017). Komponenttiväärennökset, komponenttien hinnassa säästäminen ja laitteiden lämpötila aiheuttavat komponenttien ikääntymistä odotettua nopeammin (Backman, Ylönen & Herttua 2017). Moyerin (2022) artikkelissa Sathis Balasubramianin mukaan elektroniikkakomponentin ikääntyminen riippuu siitä, miten nopeasti elektroneja pakotetaan transistorin läpi. Michael Carchia (1999) koosti artikkelissaan komponenttien ikääntymisestä seuraavasti: yleisesti komponentteihin vaikuttavat elektromigraatio, komponentin parametrien ajautuminen käyttöalueelta, lämpövaikutukset, elektromagneettinen interferenssi ja mekaaniset viat.

#### Elektromigraatio

Laurilan (n.d, 190) materiaalitieteen perusteissa elektromigraatiolla tarkoitetaan ilmiötä, jossa sähkövirran syntyy seurauksena sähköisen potentiaalieron vuoksi ja tämä aiheuttaa atomien siirtymää materiaalissa. Elektromigraatio voi vaikuttaa voimakkaammin komponentin litografiaa pienennettäessä (Moyer 2022). Litografia on piirin valmistuksessa käytetty valmistustekniikka, jossa tyypillisesti osa piikiekon alasta valotetaan ja mikropiirin rakenne muodostetaan kerroksina piin pinnalle. Viimeisimpien piirien valmistuksessa käytetään EUV-litografiaa (Extreme Ultraviolet). TSMC käyttää EUV-prosessia valmistaessaan 4 nanometrin prosessilla Snapdragon 8 gen 1 mobiiliprosessoreita Qualcommille (Conway 2022). Mitä pienempiä transistorin johtimien poikkileikkaukset ovat sitä helpommin ne voivat kärsiä elektromigraatiosta, koska johdin voi ohentua ilmiön vuoksi.

Pienemmällä litografialla valmistetun komponentin nopeus voi olla myös suurempi ja mitä nopeammin muutoksia tehdään sitä suurempia hetkelliset virrat ovat. Elektromigraatio voi aiheuttaa ongelmia komponentin (IC, Integrated Circuit) sisäisissä johtimissa tai sen sisältämissä osakokonaisuuksien osissa, kuten transistoreissa. (Electromigration 2018.)

### **Komponentin parametrien ajautuminen käyttöalueelta**

Analogiset komponentit voivat ajautua alkuperäisen määrittäjänsä (specification) ulkopuolelle, tämä voi aiheutua ympäristövaikutuksista kuten lämpötilasta (Carchia 1999). Analogisina komponentteina ovat vastukset, kondensaattorit ja kelat. Arar (2022) on julkaissut artikkelisarjan eri komponenttien ikääntymisestä. Kuten Arar (2022) toteaa, monesti vastusten käyttötapauksien kohdalla ei resistanssin muutos ole merkittävä. Osaan käyttötarkoituksista vaaditaan suurempaa tarkkuutta ja pitkäaikaisen käytön aikainen vastusarvon vaeltaminen on arvioitava ja otettava huomioon sovelluksessa. (Arar 2022.)

### **Lämpövaikutukset**

Usein laitteille ja komponenteilla on suunniteltu käyttölämpötila-alue. Tyypillisesti elektroniikka komponenteille yläraja on kaupallisille sovelluksille 70 °C, teollisille sovelluksille 85 °C ja sotilaallisille sovelluksille 125 °C. Carchian (1999) mukaan lämpötila-alueen yläraja vaihtelee tyypillisesti 80-150°C välillä, kun taas Renesas valmistajan mukaan sotilaskäyttöön olevat komponentit on tarkoitettu -55 - +125 Celsiusasteen välille (Carchia 1999; Temperature ranges n.d).

### **Elektromagneettinen interferenssi**

Laitteet ja komponentit voivat aiheuttaa häiriöitä muihin laitteisiin tai komponentteihin sekä myös itseensä. Komponentit tai niiden väliset johtimet sekä antennit säteilevät ympärilleen elektromagneettista säteilyä ja myös vastaanottavat sitä. Mikäli häiriösuojausta ei ole tehty huolellisesti tai elektromagneettinen säteily on voimakasta voi se häiritä joko laitteen tai komponentin toimintaa. (Carchia 1999.)

Elektromagneettinen interferenssi voi aiheuttaa jatkuvaa laitteen huonoa toimintaa tai vaikuttaa vain osaan sen toiminnoista. Esimerkiksi laitteen paikannus voi häiriintyä, jos GPS (Global Positioning System) signaalin vastaanottaminen vaikeutuu sen vuoksi että laitteen oma DRAM (Dynamic



Random Access Memory) säteilee samalla taajuudella tai taajuuden monikerralla siten että se säteilee GPS-vastaanotinosan antenniin. (Youn 2016.)

### **Mekaaniset viat**

Mekaanisia vikoja voivat aiheuttaa asennukset, värinä, kosteus ja muut ympäristön aiheuttamat vaikutukset. Juotokset voivat altistua raskaiden komponenttien aiheuttamalle rasitukselle. Huonot juotokset voivat aiheuttaa ongelmia kemiallisten reaktioiden kautta tai myös lämpötilan kautta. Jatkuvat lämpörasitukset voivat aiheuttaa murtumia juotoksissa ja elektroniikkakomponentin koteloon voi tulla halkeamia. Murtumia voi aiheutua myös komponentin sisäisiin johtimiin. (Carchia 1999.)

### **Muiden komponenttien ikääntyminen**

Tietokoneissa ja muissa ICT-laitteissa on myös muita komponentteja kuin puolijohteita. Nämä voivat kulua mekaanisesti. Latausliitin voi kulua liittimen fyysisestä rasituksesta. Prosessorituulettimen laakerointi voi kulua loppuun tai se voi kerätä likaa niin paljon, että lakkaa pyörimistä. Mikäli laitteessa on massamuistina kiintolevy (HDD, Hard Disk Drive), voi sen laakerointi kulua loppuun. Kiintolevy luku/kirjoituspää voi vioittua tai vioittaa tallennuslevyä, kun laitetta siirretään levyn pyöriessä. Kun laitetta siirretään ja se on sammutettu, kiintolevy suojaa itseään paremmin ja siirtää luku/kirjoituspään alueelle, jossa se ei voi vahingoittaa niin helposti levyä sekä levy on pysäytetty, joten vaikka luku/kirjoituspää osuisikin levyyn ei se vaurioidu niin helposti.

### **Akkujen ikääntyminen**

Eri akkuteknologiat ikääntyvät eri tavalla mutta yhteistä niille on, että tyypillisesti kapasiteetti laskee ajan funktiona. Branchin (2021, 5) mukaan akkujen ikääntymiseen vaikuttavat tekijät voidaan luokitella kolmeen pääryhmään korkeaan lämpötilaan, lataustilaan ja akun purkunopeus. Litiumakut, joiden lataustila viedään toistuvasti niiden ääriarajoille, vanhenevat nopeammin turpoamisen sekä lataamisen ja purkamisen aikana lämmölle altistumisen vuoksi (Branch 2021, 5). Lithium-ion battery technology: Getting the most from Smart Batteries -julkaisun (2004) mukaan litium-ioniakkujen käyttöikä vaihtelee 300–500 lataussyklin välillä, ja vuoden käytön aikana kapasiteetti laskisi keskimääräisellä käytöllä ja 300 lataus-purkusyklin aikana korkeintaan 20 prosenttia. Lithium-ion battery technology: Getting the most from smart Batteries -julkaisu on Hewlett Packardin tekemä

ja on vain yhden valmistajan näkemys akun kestävydestä, mutta vastaa myös muiden valmistajien lupauksia akkujen kestävydestä. (Lithium-ion battery technology: Getting the most from Smart Batteries 2004, 4.)

Litiumioniakkujen ikääntymiseen liittyy myös ominaisuus, että akkukkenno turpoaa hieman lataus-purkusykliden myötä. Laitteiden suunnittelussa täytyy huomioida pieni toleranssi tätä varten. Mikäli akku turpoaa epänormaalin paljon voi se aiheuttaa laitteen käyttöön riskejä, laitteen mekaniikka voi vaurioitua tai akkurakenne voi puhjeta. Akun epänormaalin turpoaminen voi aiheutua käytöstä korkeissa lämpötiloissa, akun säilyttämisestä täydessä varaustilassa, pitkäaikainen käyttö (hyvin paljon latauspurku syklejä), akun säilyttäminen tyhjäksi purettuna tai mekaaninen vahingoittuminen pudottamisen tai muun kennoon muotoa vaurioittaneen muutoksen vuoksi. (Battery Q&A 2022.)

## 4.2 Yleisiä syitä vikaantumiseen

Asp, Hyppönen ja Tuominen listaavat oppimateriaalissaan vikojen syiden luokittelussa: onnettomuus, ylikuormitus, korroosio, väsyminen, kuluminen, abraasio, eroosio, inhimillinen virhe ja komponenttien vanheneminen. Vikaantuminen voi aiheutua useasta syystä, joista usein on erotettavissa pääsyy, jotka ovat jaoteltavissa edellä mainittuihin ryhmiin.

- Onnettomuus aiheutuu ulkoisista syistä ja voi olla esimerkiksi törmäys, kastuminen tai kemikaaleille altistuminen. Vikaantuminen voi aiheuta välittömästi onnettomuuden aiheuttamana tai voi jäädä huomaamatta mutta olla kuitenkin syypää vian alkuun.
- Ylikuormitus tapahtuu ylitettäessä kohteen määritetyt suoritusarvot. Mekaaninen rasitus, lämpötila, tehonsiirto, jännite, sähkövirta, kemiallinen pitoisuus ovat esimerkkejä ylikuormituksesta.
- Korroosio voi esiintyä eri tavoilla. Keskeinen huomioitava osa kunnossapitoa.
- Väsyminen materiaalissa johtuu yleensä joko kuormitusvaihtelusta tai lämpötilan vaihtelusta. Kappaleessa olevista virheistä lähtee liikkeelle särön kasvaminen.
- Kuluminen on seurausta liukumisesta kosketuksissa olevan kahden pinnan välillä.
- Abraasio on pinnan naarmuuntumista ja materiaalin pois hioutumista kovempaa materiaalia olevan kappaleen liikkeestä.
- Eroosio aiheutuu suurella nopeudella liikkuvan nesteen mukana kulkevien kiinteiden partikkeleiden pinnan kuluttamisesta.
- Inhimillinen virhe aiheutuu koulutuksen puutteesta (taitamattomuudesta), välinpitämättömyydestä tai tahallisesta tuottamuksesta.

- Komponenttien vanheneminen aiheutuu kemiallisista tai muista syistä. Esimerkkejä komponenttien vanhenemisesta ovat kumituotteiden tai muovituotteiden haurastuminen valon tai tietyn liuottimen vaikutuksesta.

Vikaantumisen syyn tunnistaminen voi antaa keinoja torjua vikaantumisilmiötä. Vikaantumisen syiden kirjaaminen on oleellinen osa vika-analyysiä. (Asp ja muut n.d.)

### 4.3 Yleisiä kannettavien tietokoneiden laitevikoja

Monet ICT-laitteiden viat liittyvät ohjelmistoihin. Economic times julkaisun mukaan 82 % ongelmista liittyy ohjelmiston sijasta tietokoneiden laitteistoon. Monet ongelmista liittyvät kannettavissa tietokoneissa WLAN-yhteyteen (Wireless Local Area Network, IEEE 802.11), näppäimistöön, näyttöön, laturiin tai lataukseen. Tämä tilasto perustuu koronapandemian aikaisiin havaintoihin. (82% of laptop problems are hardware-related 2021.)

Laitevalmistajat eivät jaa julkisesti omia MTBF-taitojaan tai sitä mihin viat keskittyvät. Opinnäytetyön kannalta ohjelmistoviat tai ohjelmistotuki ovat tavallista kuluttajaa monimutkaisempia, kun samaa laitteistoa saatetaan käyttää eri versiolla käyttöjärjestelmästä tai eri käyttöjärjestelmällä. Tällöin ohjelmistotuki saattaa jollekin laitteiston komponentille toimia esimerkiksi Windows-käyttöjärjestelmän Windows10 tietyllä versiolla mutta ei toimikaan Linuxin Red Hat -jakelun versiolla.

Yleisiä Dell kannettavien ongelmia: kone ei käynnisty, näppäimistö ei toimi, kosketusalusta ei toimi, näyttö pysyy pimeänä, sininen ruutu ongelma (BSOD, Blue Screen of Death), WI-Fi (langaton verkkoyhteys) ei toimi, ylikuumentumisongelma, massamuistia ei löydy, kursori hyppii satunnaisesti, kamera ei toimi. Näkyvä ongelma ei aina ole varsinainen vika. Näiden laitteen käyttäjälle näkyvien ongelmien takana voi olla viallinen liitimen kytkentä, lika, rikkinäinen osa. (Top 10 Most Common Dell Laptop Problems and Solutions 2022; Dell Laptops Common Problems 2022.)

## 5 Kehitystyön toteutus

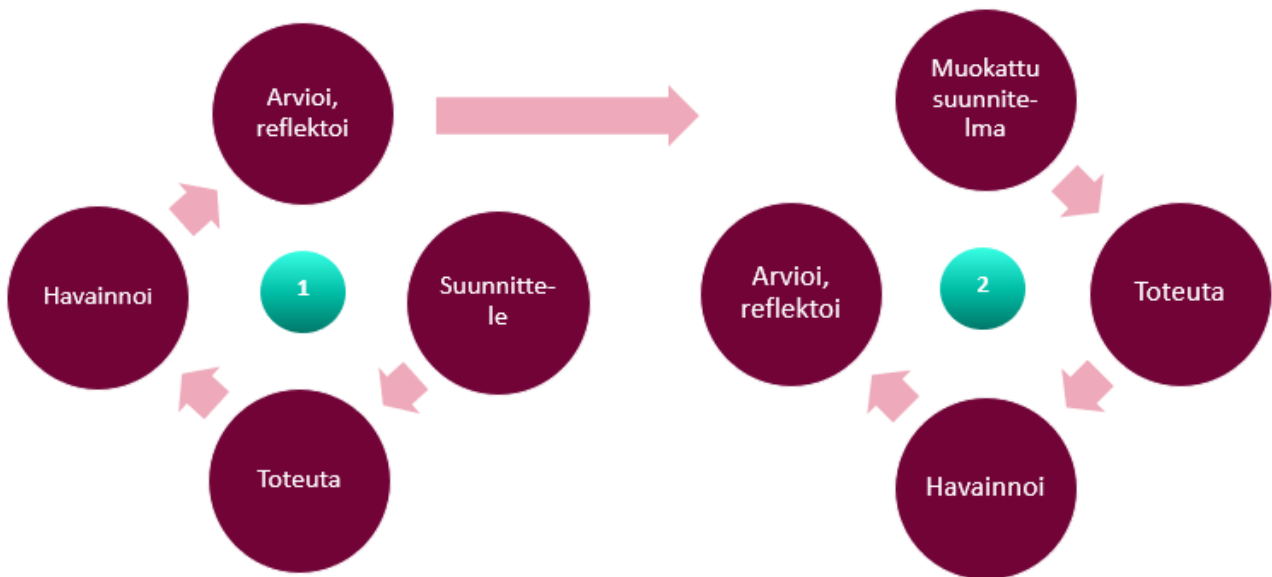
### 5.1 Kehittämistyön menetelmä: toimintatutkimus

Tämän kehittämistyön lähestymistavaksi valittiin toimintatutkimus. Muutoksen aikaansaamiseksi ja käytännön ongelmien ratkaisemiseksi yhdessä käytetään osallistavaa tutkimusta. Toimintatutkimus on ongelmakeskeinen ja vahvasti käytäntöön suuntautuvaa, siitä kutsutaan myös kehittäväksi työntutkimukseksi. Toimintatutkimuksen päämääriä ovat tiedon hankkiminen ja käytännön kehittäminen. (Heikkinen, 2011)

Olennainen osa toimintatutkimusta on osallistaa käytännöissä toimivat ihmiset aktiivisesti osaksi tutkimusta. Tutkittavat ymmärretään tietoisiksi toimijoiksi, he ovat aktiivisia toimijoita tutkimus- ja kehittämisprosessissa. Toimintatutkimuksen tukena käytetään kvantitatiivista eli määrällistä tutkimusta kun kyselyissä aktiivisilta toimijoilta kerätään tietoa, joilla tutkimuskohdetta kuvataan tilastojen ja numeroiden avulla. (Ojasalo, Moilanen & Ritalahti 2015, 58)

Ojasalo, Moilanen ja Ritalahden mukaan toimintatutkimus soveltuu hyvin tutkimukselliseen kehittämistyöhön, jossa on sosiaalisia, työkäytänteitä tai työmenetelmiä kehittämiskohteena. Toimintatutkimuksen haasteena pidetään sitä, että muiden tutkimusten aikaisempia tuloksia on vaikea hyödyntää. Vaikea hyödynnettävyys liittyy siihen, että tutkimuskohde on sidottu tilanteeseen. Toimintatutkimuksen tavoitteet ja menetelmät tulee määrittää selvästi, koska nämä ovat tunnettuja haasteita tutkimustavalle. Lähtökohta tulee olla riittävän selvä ja kehittämisprojektin aikataulun tulee olla realistinen. Lisäksi tulee varautua kehittämishankkeen osallistujien välisiin mahdollisiin ristiriitoihin. Toimintatutkimus keskittyy siihen, miten asiat ovat mutta etenkin siihen, miten asiat voisivat olla. (Ojasalo ym. 2015, 59–60)

Toimintatutkimuksen prosessina käytetään suunnittelun, havainnoinnin ja arvioinnin kehää. Tutkimukseen osallistujien tulee osallistua tutkimukseen aktiivisena jäsenenä samoin, kun toimintatutkimuksen kehittäjä. Tutkimukseen osallistuvat ovat tutkimuksessa tasa-arvoisia, vaikka heidän asemansa organisaatiossa olisikin erilainen. Toimintatutkimuksen syklit on kuvattu kuviossa 10. (Ojasalo ym. 2015, 61)



Kuvio 10. Toimintatutkimuksen eteneminen (Ojasalo ym. 2015, 60 muokattu)

VAMK:in sivulla viitattuun The Glossary of Education Reform-sivustolla tunnistettaviksi prosessin osiksi luetaan

- Tutkittavan ongelman tunnistaminen.
- Tiedon kerääminen tutkittavasta ongelmasta.
- Kerätyn tiedon (data) järjestäminen, analysointi ja tulkinta.
- Suunnitelman kehittäminen ongelman ratkaisemiseksi.
- Suunnitelman käytännön toteuttaminen.
- Toteutettujen toimien tulosten analysointi
- Uuden ongelman tunnistaminen.
- Prosessi toistuu.

Kahdeksan vaihetta toteutuu myös aiemman kuvion toimintatutkimuksen etenemisestä ja muistuttavat hyvin paljon Lean-ajattelun mukaiselta prosessilta. Lean prosessissa vaiheina toimivat

- Pysähdy katsomaan. Systemaattinen havaintojen tekeminen.
- Kuvaa ja mittaa. Nykytilan kuvaaminen ja suorituskyvyn mittaaminen.
- Ratko ja ruodi. Ongelman täsmentäminen ja ratkaisuvaihtoehtojen etsiminen.
- Hio paremmaksi. Päivittäisjohtaminen.
- Pidä hyvää yllä. Jatkuva parantaminen.

Lean ajattelusta kirjoittivat Womack J. ja Jones D. kirjoissaan *Lean Thinking* ja *The Machine That Changed the World*. He tutkivat Toyotan käyttämän Toyota Production System-periaatteita. (VAMK Energiaa, 2022; Löydä Lean!, 2020)

Määrällinen tutkimus pyrkii tulkitsemaan ja kuvaamaan kohteen tilastojen ja numeroiden avulla. Tässä kehitystyössä määrällisen tutkimuksen keinoin, pyrittiin saamaan organisaation sisällä oleva tieto osana toimintatutkimusta hyödyksi valittaessa ensimmäisiä kehityskohteita.

## **5.2 Kehittämistyön tutkimuskysymys ja rajaaminen**

Kehittämistyön tarkoituksena oli saada koulutuksessa ja harjoituksissa käytettävien ICT-laitteiden elinjaksoa pidennettyä sekä niiden käyttöä monipuolistettua vaarantamatta eri turvaluokkien tietojenkäsittely-ympäristöjen vaatimusten toteutumista. Henkilöstölle tehdyn kyselyn vastausten perusteella ja toimeksiantajaorganisaation tahtotilan mukaisesti valittiin tärkeimmät osa-alueet kehittämistyön teemoiksi.

## **5.3 Henkilöstölle tehty kysely**

Kyselyyn vastasivat kaikki työntekijät, joiden työtehtävät liittyvät ICT-materiaalin hankintoihin, kunnossapitoon ja varastointiin. Kyselyyn vastanneet työntekijät toimivat erilaisissa tehtävissä osa työnjohdollisessa esihenkilötehtävässä, osa projektitehtävissä, osa varastointi- ja huoltotehtävissä ja osa järjestelmien ylläpito- ja koulutustehtävissä. Kyselyyn vastanneiden osuus oli 100 prosenttia. Vastaajina kyselyyn oli 11 henkilöä.

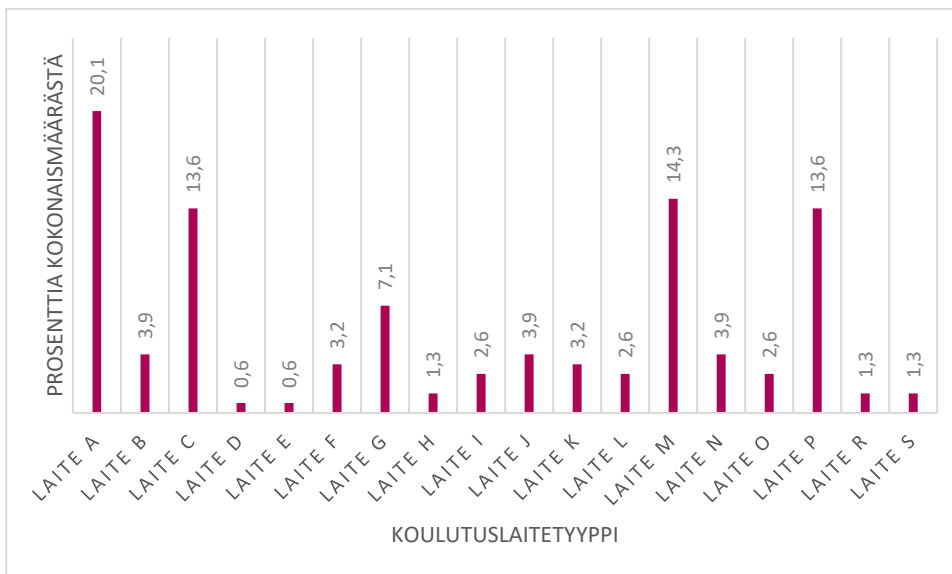
Kysymyksissä kerättiin taustatieto vastaajan koulutustaustasta sekä se onko vastaajalla oman käsityksen mukaan riittävä osaaminen toimimiseen materiaalin hallinnan ja kunnossapidon toimissa. Kaikkiin yleisiin kysymyksiin vastattiin asteikolla 1–5. 1 tarkoitti että vastaaja oli täysin eri mieltä, 2 tarkoitti että vastaaja on hieman eri mieltä, 3 tarkoitti että vastaaja ei ole samaa mieltä mutta ei ole myöskään eri mieltä, 4 tarkoitti että vastaa ja on samaa mieltä, 5 tarkoitti että vastaaja on täysin samaa mieltä. Vastausasteikko oli sama koko ajan, että vastaajan on helpompi vastata, kun vaihtoehdot eivät vaihdu kysymysten välillä, lisäksi joka sivulla kyselylomaketta oli selite arvoasteikosta. Kyselyn vastauksien arvoasteikko on kuviossa 11.



Kuvio 11. Kyselyn vastausvaihtoehdot.

#### 5.4 Kehittämistyön aineisto, kehityskohteiden valinta

Kehittämistyötä varten kartoitettiin laitteiden varastoja, varastokirjanpitoa ja ongelma-alueita. Organisaatiossa on koulutusta järjestetty pidemmän aikaa, joten kalustoa on vuosien aikana hankittu useassa erässä. Kuviossa 12 on kannettavien tietokoneiden määrä laitetyypeittäin. Kannettavia tietokoneita oli tarkasteluhetkellä käytössä tai varastoituna 18 erityyppistä, käytöstä on jo aiemmin poistettu vanhimpia tai rikkoutuneita laitteita.

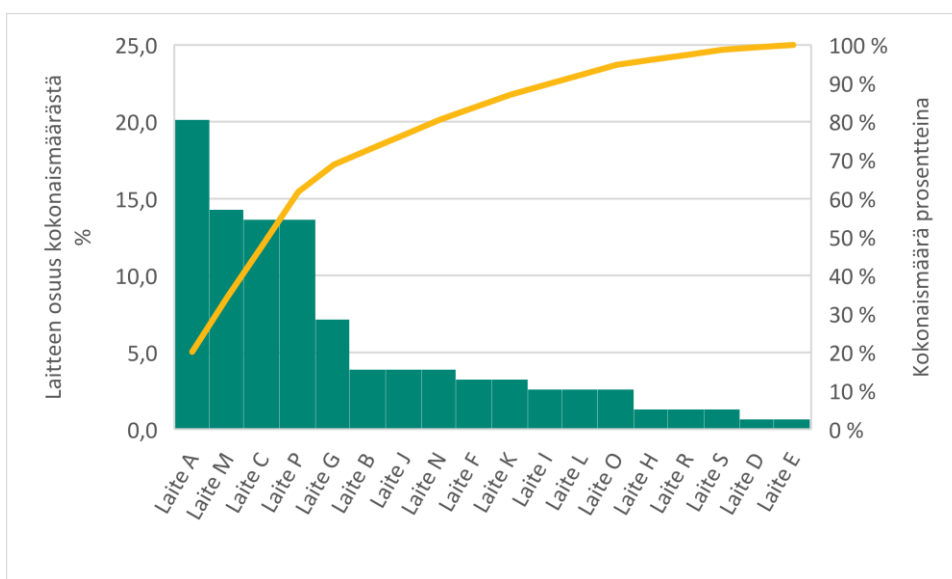


Kuvio 12. Koulutuslaitteiden kirjo, kannettavat tietokoneet.

Yksittäiset laitteet tai laitteet, joita oli vain muutamia ovat varaosien kannalta hankalia. Osa varaosista, kuten SSD-muisti tai käyttömuisti, saattaa olla tyyppiä, joka sopii myös toiseen laitetyyppiin. Laitetyypit oli aineiston käsittelyä varten yksinkertaistettu siten että samaa kannettavaa

tietokonetta käsitellään esimerkiksi saman laite A:n sisällä, jos konerunko on riittävän samanlainen. Tämä ei erottele sitä, jos toisessa yksilössä on 16GB käyttömuistia ja toisessa yksilössä onkin 32GB. Samoin mikäli massamuistikoko vaihtuu ei se päädy tässä tilastoinnissa omaksi laitetypiksi.

Samoista koulutuslaitteista tehty kooste siten että eri laitteet oli järjestetty Pareto-kaaviossa määrien mukaan. Tämä kuvio 13 havainnollistaa kunnossapidon haasteita varaosien, huolto-ohjeiden ja lisälaitteiden osalta. Laite A, Laite M, Laite C ja Laite P ovat osuudeltaan 13–20 % kukin, ja siten helpommin elinkaarensa aikana käsiteltäviä.



Kuvio 13. Laitteiden osuudet järjestettynä määräosuuden mukaan.

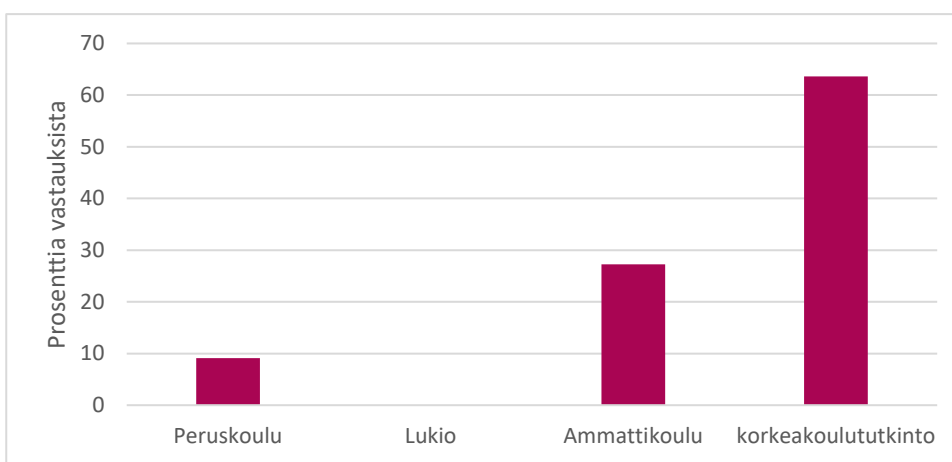
Osa varaosista, kuten SSD-muisti tai käyttömuisti, saattoi olla tyyppiä, joka sopii myös toiseen laitetyyppiin. Laitetyypit oli aineiston käsittelyä varten yksinkertaistettu siten että samaa kannettavaa tietokonetta käsitellään esimerkiksi saman laite A:n sisällä, jos konerunko on riittävän samanlainen. Tämä ei erottele sitä, jos toisessa yksilössä on 16GB (gigatavua) käyttömuistia ja toisessa yksilössä on 32GB. Samoin mikäli massamuistikoko vaihtuu ei se päädy tässä tilastoinnissa omaksi laitetypiksi.

Kyselyn tulokset koostettiin niin paperivastauksista kuin sähköisistä dokumenteista. Koostaminen olisi ollut helpompaa, jos olisi ollut käytössä vain yksi tapa. Kyselyn ajoittuminen ajanjaksoon, jolloin lomakausi oli käynnissä, vaati joustavuutta tutkimuksen tekijältä aikataulussa pysymiseksi.



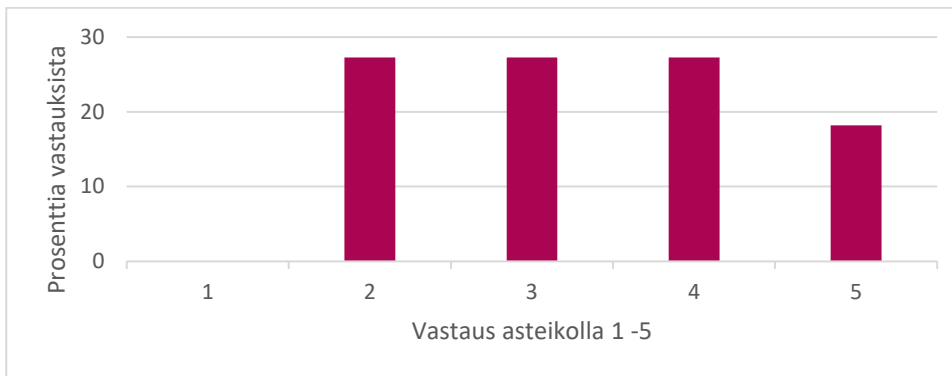
Vastaajat vastasivat samalla asteikolla kaikkiin kysymyksiin, lukuun ottamatta koulutustaustakartoitusta. Koulutustaustakartoituksessa vastauksissa huomioitiin korkein vastaajan ilmoittama koulutus.

Kysymyksessä 1 kartoitettiin vastaajien koulutustaustaa. Vastaajat vastasivat kysymykseen mikä on korkein koulutustaustasi. Vaihtoehtoina olivat peruskoulu, lukio, ammattikoulu ja korkeakoulututkinto. Suurin osa vastaajista, yli 60 prosenttia on suorittanut korkeakoulututkinnon. Kuviossa 14 on vastaajien koulutustausta koostettuna.



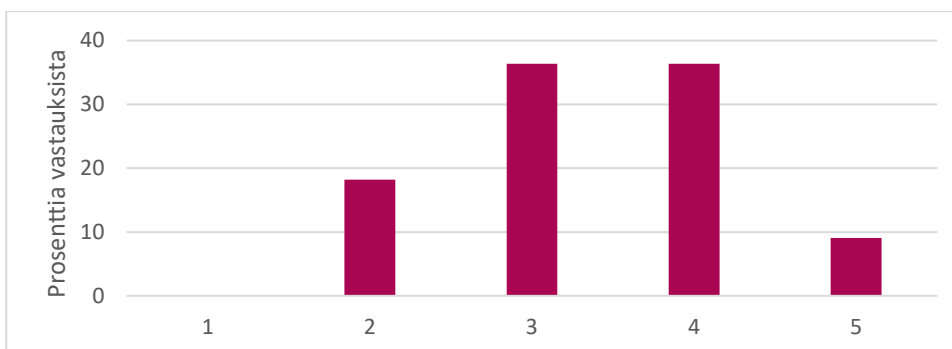
Kuvio 14. Vastaajien koulutustausta.

Kysymyksessä 2 pyrittiin selvittämään, onko vastaajilla riittävästi työkokemusta kunnossapitoon ja varastointiin liittyen. Vastaajat vastasivat kysymykseen, omaatko omasta mielestäsi riittävän työkokemuksen alalta varastointiin ja kunnossapitoon liittyen. Vastaukset koostettu kuvioon 15. Tässä vastauksien koosteessa vastauksien vaihtelu on suurta, yli 40 prosenttia vastaajista on sitä mieltä, että työkokemus on riittävää kunnossapitoon ja varastointiin liittyen ja alle 30 prosenttia on sitä mieltä, että kokemus ei ole riittävää.



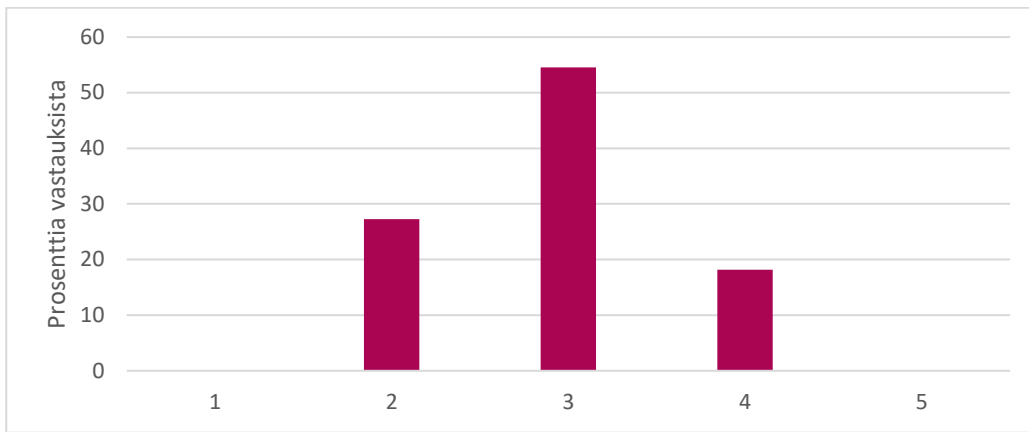
Kuvio 15. kunnossapidon ja varastoinnin työkokemuksen riittävyys.

Kysymyksessä 3 kartoitettiin vastaajien mielipidettä siitä, onko kunnossapidon koulutus riittävää. Vastaajat vastasivat kysymykseen, omaatko omasta mielestäsi riittävän koulutuksen/perehdytyksen laitteiden kunnossapitoon. Vastauksien jakautuminen on koostettu kuvioon 16. Yli 45 prosentin mukaan koulutus/perehdytys on riittävää ja alle 20 prosenttia on sitä mieltä että koulutus/perehdytys ei ole riittävää.



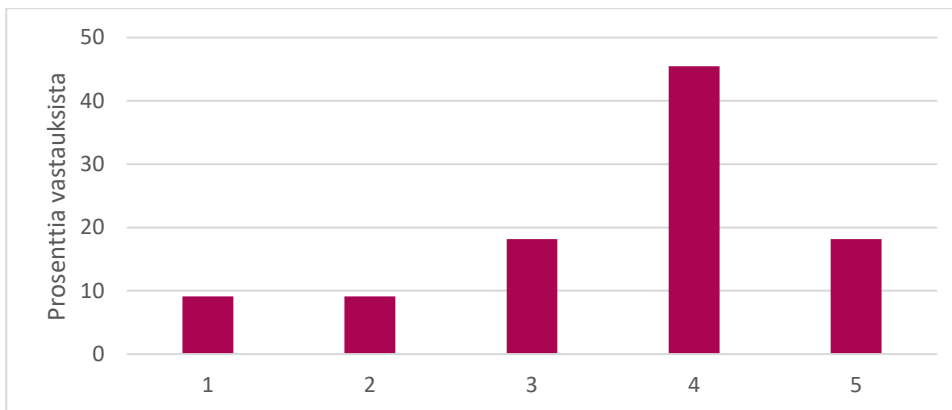
Kuvio 16. Kunnossapidon perehdytyksen/koulutuksen riittävyys.

Kysymyksessä 4 kartoitettiin vastaajien mielipidettä siitä ovatko he saaneet riittävästi perehdytystä laitteiden käytöstä erilaisissa vaaratilanteissa. Vastaajat vastasivat kysymykseen, omaatko mielestäsi riittävän perehdytyksen laitteiden käyttöön erilaisissa vaaratilanteissa (laitteen akku ylikuumentuu, laitteen vaihtovirtakaapelointia on suojaamattomana). Esimerkkinä vaaratilanteesta mainittiin laitteen akun ylikuumentuminen. Vastaukset on koostettu kuviossa 17. Miltei 30 prosenttia vastauksista painottuu riittämättömään perehdytykseen, vajaan 20 prosentin ollessa sitä mieltä, että perehdytys on riittävää.



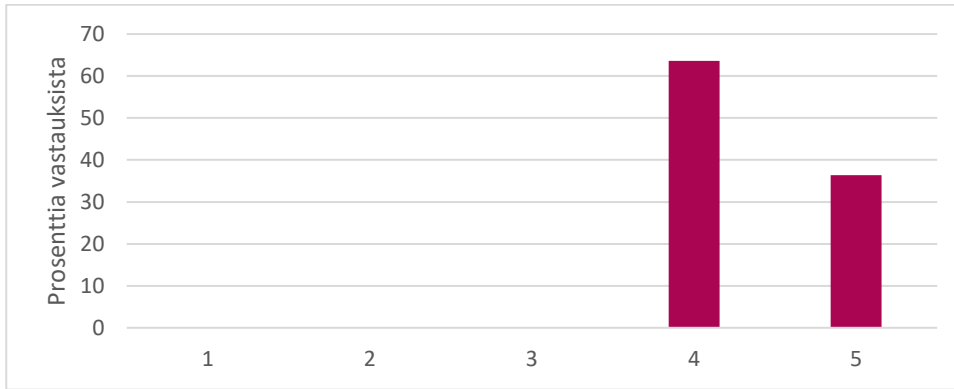
Kuvio 17. Vaaratilanteisiin perehdyttäminen.

Kysymyksessä 5 pyrittiin selvittämään vastaajilta, onko koulutusvalmistelujen aikana ongelmia ohjelmistoyhteensopivuuden kanssa käytettävien laitteiden kanssa. Vastaajat vastasivat kysymykseen, koetko ongelmalliseksi, että laitteen käyttöönottoon ei ole tarvittavaa ohjelmistoa (käyttöjärjestelmä ei tue kyseistä kokoonpanoa). Kuviossa 18 on vastaukset koostettuna. Yli puolet vastaajista on sitä mieltä, että ohjelmistoyhteensopivuudet aiheuttavat haasteita.



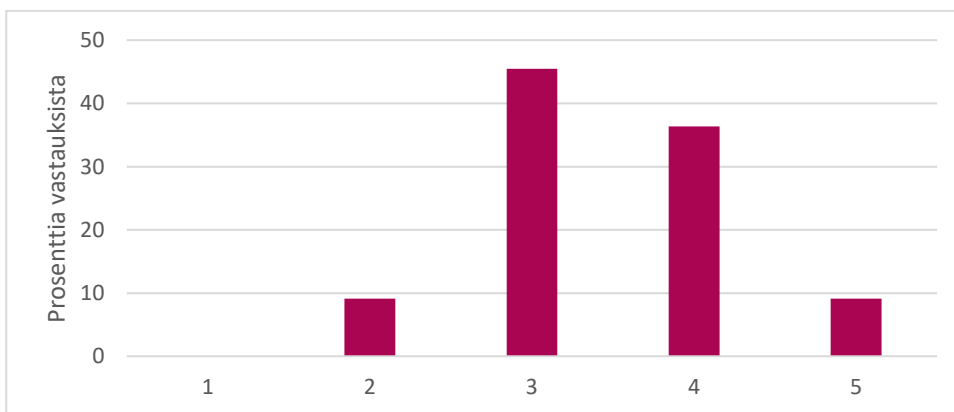
Kuvio 18. Ohjelmistoyhteensopivuusongelmat laitteistojen kanssa.

Kysymyksessä 6 kartoitettiin vastaajilta aiheuttavatko laitteistojen akkujen kunto haasteita koulutusvalmisteluissa. Vastaajat vastasivat kysymykseen, koetko yhdeksi haasteista, että laitteen akku on huonokuntoinen. Vastaukset koostettu kuvioon 19. Kaikki vastaajat olivat sitä mieltä, että akkujen huono kunto aiheuttaa haasteita.



Kuvio 19. Laitteen akkujen vaikutukset.

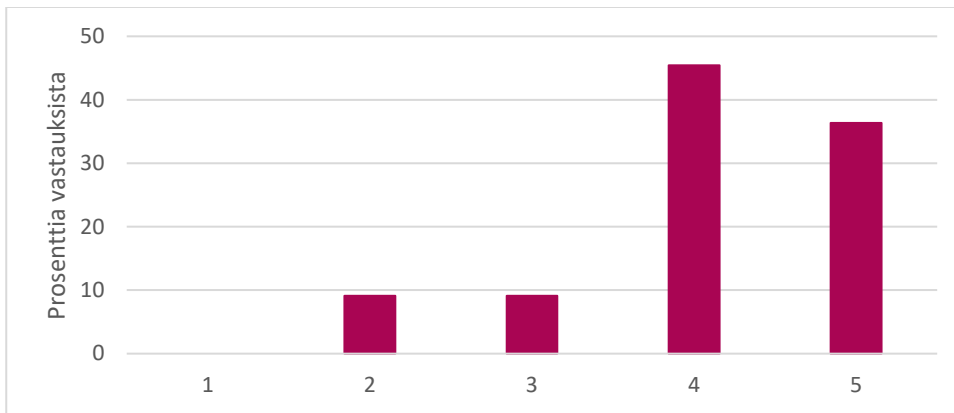
Kysymyksessä 7 kysyttiin vastaajilta, onko ongelmia aiheuttanut se, että laitteiden reaaliaikakellon paristo/akkuvarmennus olisi ollut huonokuntoinen. Vastaajat vastasivat kysymykseen, aiheuttaako ongelmia, että laitteen RTC-akku/patteri on tyhjentynyt (laitteen reaaliaikakellon varmennus). Vastaukset on koostettu kuvioon 20. 45 prosenttia vastauksista painottuu osoittamaan ongelmia tällä osa-alueella. Alle 10 prosenttia on sitä mieltä, että reaaliaikakellon varmennus ei aiheuta ongelmia.



Kuvio 20. Reaaliaikakellon paristo/akkuvarmennukset aiheuttama ongelmat.

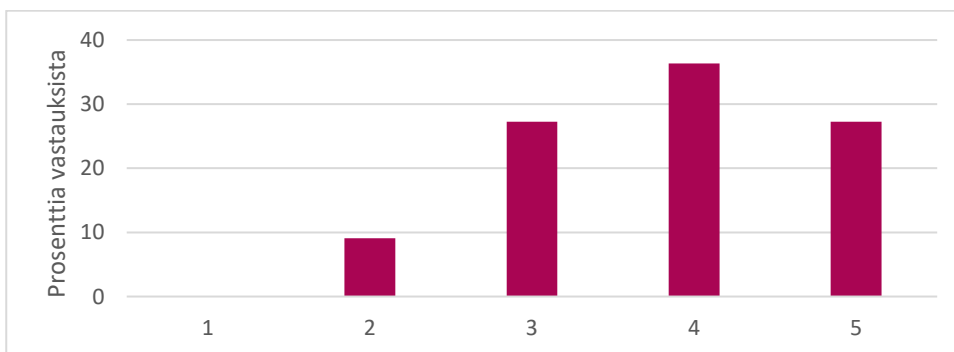
Kysymyksessä 8 kartoitettiin koulutusvalmisteluihin ja laitteiden uudelleenkäyttöön liittyviä haasteita, jotka liittyvät laitteiden käyttöön eri tietoturvaluokissa. Vastaajat vastasivat kysymykseen, tuottaako valmisteluissa haasteita, että laitetta on käytetty tietoturvaluokassa, joka ei ole yhteensopiva uuden käyttötarkoituksen kanssa tai laitetta ei ole tietohuollettu. Vastaukset on koostettu

kuvioon 21. Yli 80 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että eri tietoturvaluokissa laitteiden käytön valmistelut ovat haastavia.



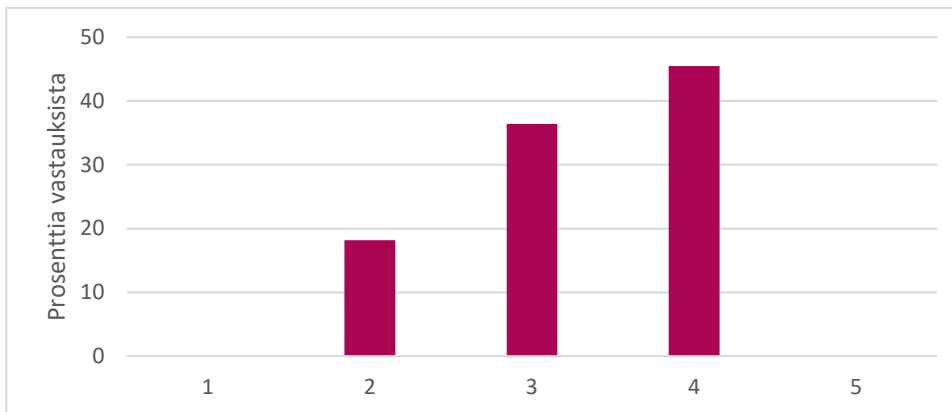
Kuvio 21. Laitteiden käyttö eri tietoturvaluokissa.

Kysymyksessä 9 kartoitettiin sitä aiheuttaako massamuistin vaihtamien rajoitukset ongelmia koulutusvalmisteluille. Joko laitteen massamuisti ei ole vaihdettavissa, laitteen massamuisti voi olla suoraan juotettu laitteen piirilevylle tai oikeanlaista uutta massamuistia ei ole saatavissa tai varastoituna. Vastaajat vastasivat kysymykseen, onko ongelmia aiheutunut siitä, että laitteen massamuistia ei voi vaihtaa tai ei ole vaihto-osaa. Vastaukset on koostettu kuvioon 22. Yli 60 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että tämä aiheuttaa haasteita tai rajoituksia koulutusvalmisteluiden aikana.



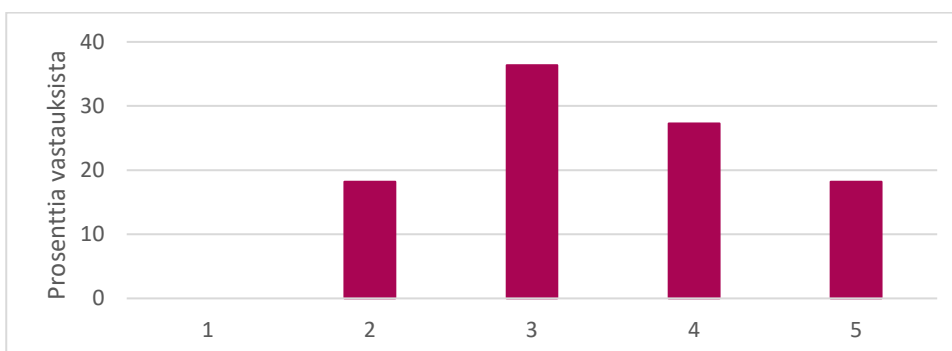
Kuvio 22. Massamuistin vaihtamisen rajoitukset.

Kysymyksessä 10 pyrittiin selvittämään aiheuttavatko mekaaniset viat, kuten esimerkiksi kannettavan tietokoneen saranan vioittuminen, haasteita koulutusvalmisteluissa. Vastaajat vastasivat kysymykseen, vaikuttaako valmisteluihin, että laitteessa on mekaaninen vika (esimerkiksi näytön sarana rikki). Vastaukset on koostettu kuvioon 23. Alle puolet vastaajista oli sitä mieltä, että nämä aiheuttavat haasteita.



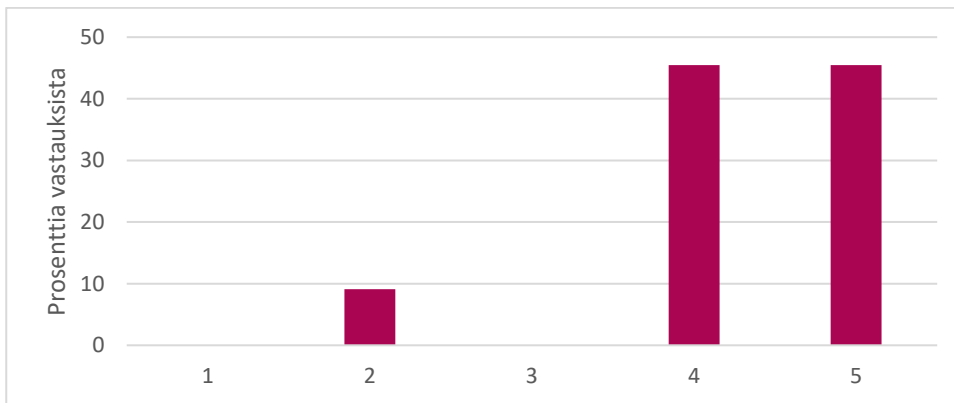
Kuvio 23. Laitteiden mekaanisten vikojen aiheuttamat haasteet.

Kysymyksessä 11 selvitettiin vastaajien mielipidettä siitä aiheuttavatko toimimattomat näppäimistöhaasteita koulutusvalmisteluille. Vastaajat vastasivat kysymykseen, aiheuttaako kannettavien tietokoneiden osalta haasteita se, että laitteen näppäimistö ei toimi. Vastaukset on koostettu kuvioon 24. Hieman alle puolet vastaajista oli sitä mieltä, että näppäimistöviat aiheuttavat haasteita. Näppäimistöviat olivat yksi yleisiä Economic Times julkaisun artikkelin yleisiä kannettavien tietokoneiden ongelmia. Tämä vika on kuitenkin helposti kierrettävissä ulkoisella näppäimistöllä, mikäli käyttö ei oikeasti ole matkakäyttöä.



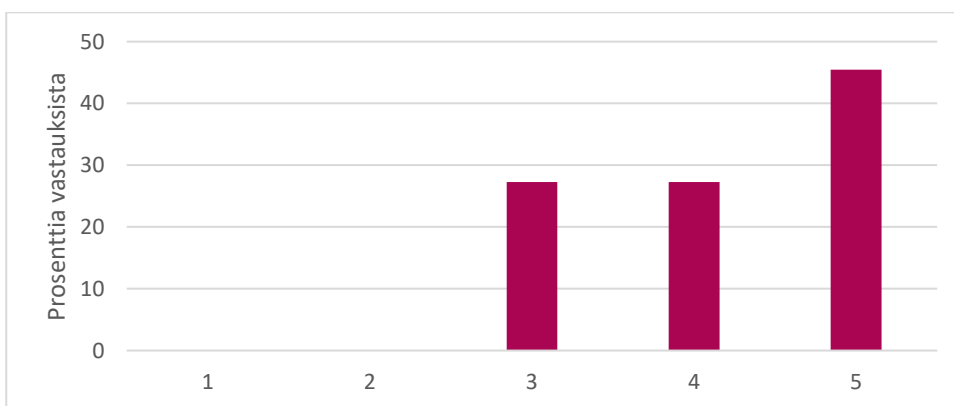
Kuvio 24. Näppäimistöjen aiheuttamat haasteet.

Kysymys 12 pyrki selvittämään aiheuttaako käytössä olevien laitteiden liitántärajapinnat ongelmia koulutusvalmisteluissa. Vastaajat vastasivat kysymykseen, vaikuttaako valmisteluihin se, että laitteen liitännät ovat vääränlaiset (ei riittävästi USB-liittimiä tai ei olekaan HDMI-liitäntää tai DP-liitäntää). Vastaukset on koostettu kuvioon 25. Yli 60 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että rajapinnat aiheuttavat haasteita.



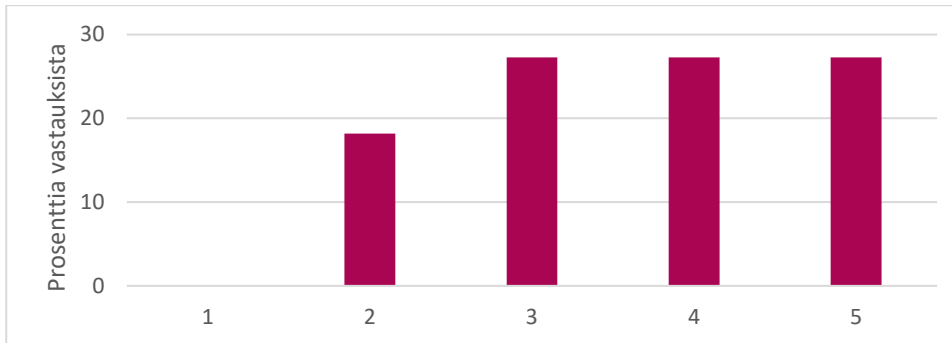
Kuvio 25. Laitteiden liitántärajapintojen aiheuttamat haasteet.

Kysymys 13 pyrki selvittämään aiheuttaako haasteita lisälaitteiden saatavuus. Vastaajat vastasivat kysymykseen, oletko kohdannut haasteita, että laitteeseen ei ole lisälaitteita (mini-DP sovittimet, verkkosovittimet, laturit jne.). Vastaukset on koostettu kuvioon 26. Yli 70 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että lisälaitteiden puuttuminen aiheuttaa haasteita. Lisälaitteet oli vastaajille tarkennettu tässä tapauksessa esimerkiksi näyttösovittimiksi, verkkosovittimiksi ja latureiksi.



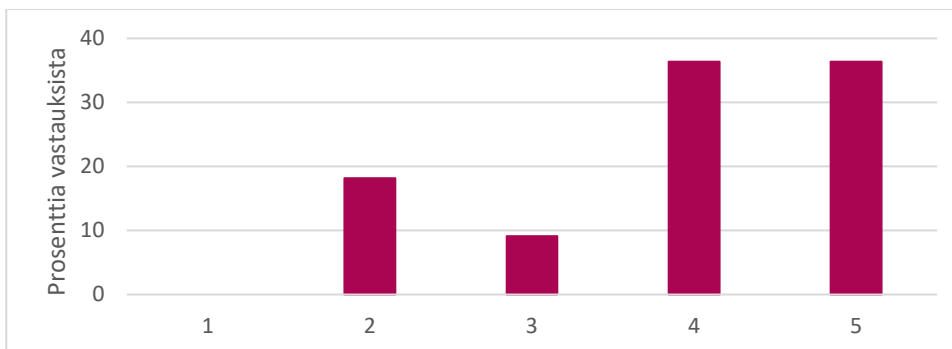
Kuvio 26. Lisälaitteiden puuttumisen aiheuttamat haasteet.

Kysymys 14 kartoitti vastaajilta sitä, että onko varastossa olevien samanlaisten laitteiden määrä riittävä. Vastaajat vastasivat kysymykseen, vaikuttaako valmisteluihin se, että samanlaisia kokoonpanoja ei ole riittävästi varastossa. Vastukset on koottu kuvioon 27. Yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, että erilaiset kokoonpanot aiheuttavat haasteita.



Kuvio 27. Samanlaisten laitteiden riittämättömyys.

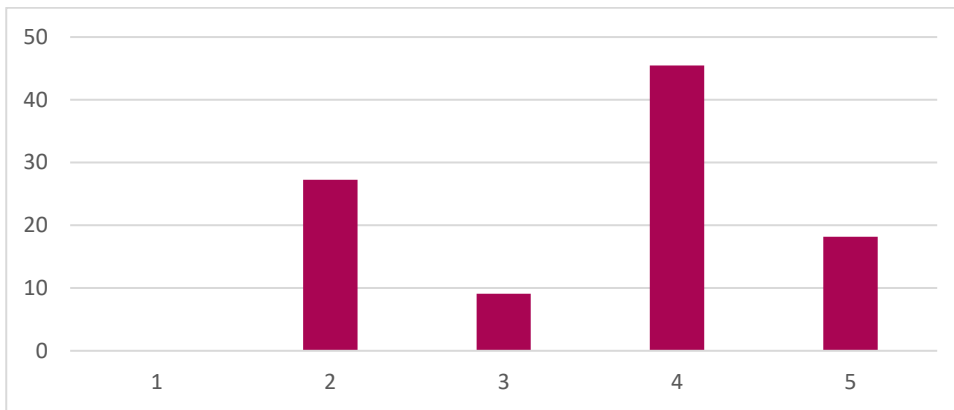
Kysymys 15 selvitti vastaajilta sitä, onko laitteita riittävästi varastossa koulutusvalmisteluihin. Vastaajat vastasivat kysymykseen, koetko että valmisteluihin haasteita aiheuttaa se, että laitteita ei ole varastossa. Vastaukset on koostettu kuvioon 28. Yli 70 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että laitteiden määrät varastoissa aiheuttivat haasteita.



Kuvio 28. Varustolaitteiden määrien aiheuttamat haasteet.

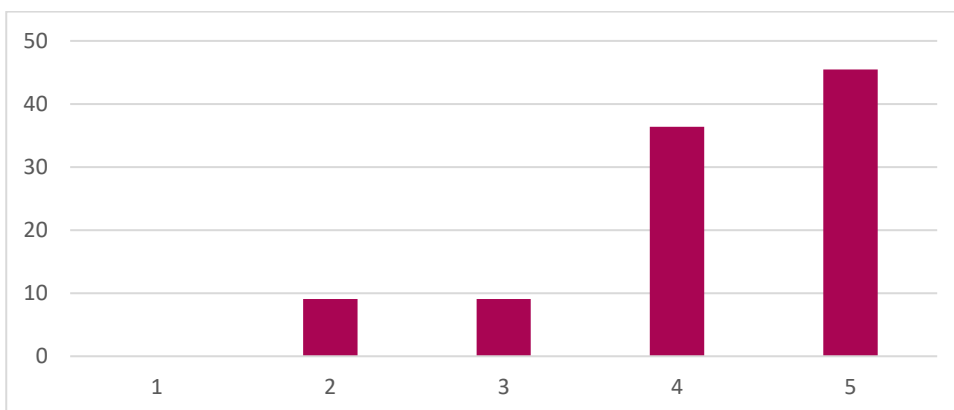
Kysymys 16 selvitti vastaajilta sitä, aiheutuuko laitteiden löytymisestä varastoista haasteita. Vastaajat vastasivat kysymykseen, aiheuttaako valmisteluihin haasteita se, että laitetta ei löydetä eri varastoista. Näitä ongelmia voivat aiheuttaa esimerkiksi varastojen kirjanpidon ajantasaisuuden ongelmat tai varastojen merkintöjen ongelmat. Vastaukset on koostettu kuvioon 29.





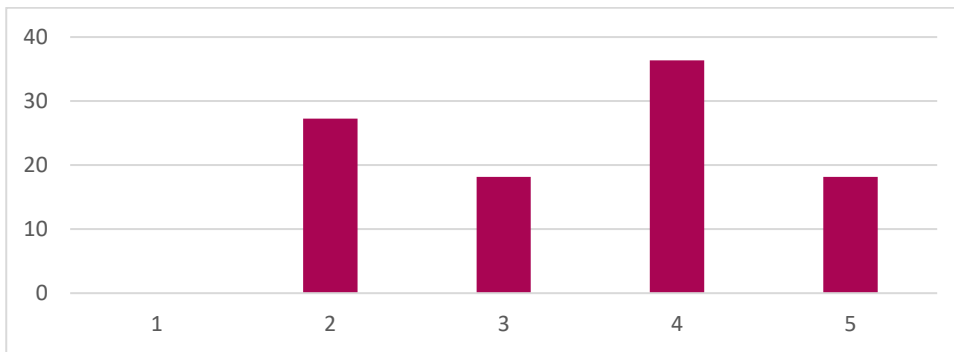
Kuvio 29. Laitteiden varastoinnin/varastokirjanpidon haasteet.

Kysymys 17 selvitti vastaajilta sitä, aiheutuuko laitteiden toimituksen hitaudesta haasteita koulutusvalmisteluille. Vastaajat vastasivat kysymykseen, vaikuttaako valmisteluihin se, että laitteet on tilattu mutta toimitus ei ehdi ajoissa. Vastaukset on koostettu kuvioon 30. Yli 80 prosenttia vastaajista oli sitä mieltä, että toimituksien hitaudet aiheuttavat haasteita.



Kuvio 30. Laitteiden hankintojen toimituksen hitauden haasteet.

Kysymys 18 selvitti vastaajilta sitä aiheuttaako laitteiden suorituskykypuutteet haasteita koulutusvalmisteluille. Vastaajat vastasivat kysymykseen, vaikeuttaako valmisteluja se, että laitteen suorituskyky ei ole riittävä (ei riittävästi käyttömuistia, ei riittävästi massamuistia tai suorittimen suorituskyky ei riitä). Vastaukset on koostettu kuvioon 31. yli puolet vastaajista oli sitä mieltä, että suorituskykypuutteet esimerkiksi suorintehon, käyttömuistimäärän tai massamuistimäärän osalta aiheuttaa haasteita valmistelujen aikana.



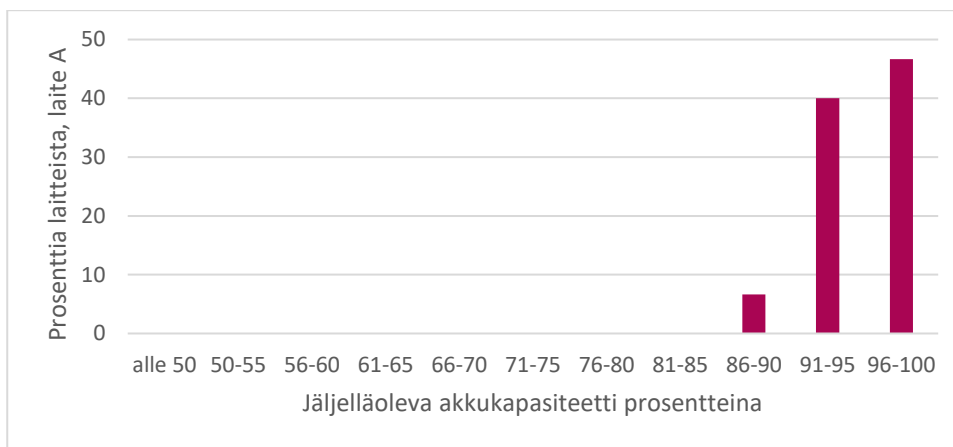
Kuvio 31. Laitteiden suorituskykypuutteiden haasteet.

## 5.5 Aineiston analyysi

Toimintatutkimuksen osana valittiin kyselyn havaintojen perusteella jatkotyöstettäväksi akkujen kunnan vaikutukset ja mahdollinen kuntoseuranta, hankintaprosessiin vaikuttaminen sekä massamuistien elinkaaren hallinnan parantaminen ohjeistamisella, käytännön kokeiluilla ja havaintojen kirjaamisella. Edellä mainitut valittiin aikataulupaineen, tietoturvallisuusmääräysten (security) ja työturvallisuuden (safety) perusteella. Koko toimintatutkimuksessa mukana olleilla oli mahdollisuus vaikuttaa priorisoitujen alueiden valitsemiseen. Laitteiden kirjoa varten varastokirjanpidosta koostettiin taulukkolaskentaan eri koulutuslaitteiden nykytila. Tätä opinnäytetyöraporttia varten yksittäiset laitetiedot poistettiin raportin julkisuuden vuoksi. Laitteita löytyi pelkästään kannettavien tietokoneiden osalta 18 erityyppistä laitetta. Kyselyn osalta vastauksissa oli varsin paljon haajontaa, joka on seurausta osittain erilaisesta työkokemuksesta mutta myös siitä, että vastaajat toimivat erilaisissa työtehtävissä ja näkyvyys laite- ja ohjelmisto-ongelmiin ovat erilaisia.

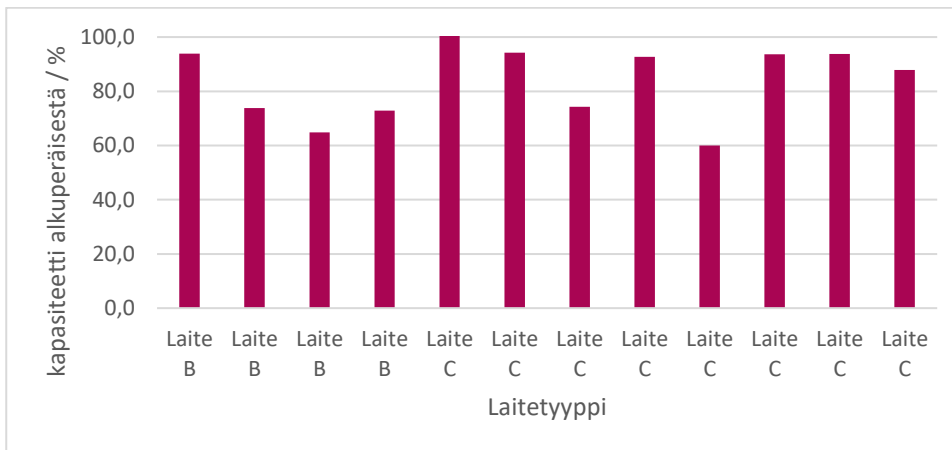
## 6 Tulokset

Akkujen kunto oli monien vastaajien mielestä yleinen haaste koulutuslaitteiden käyttöönotossa. Lisäksi huonokuntoinen akku voi olla riski varastoinnille ja laitteen käytölle. Ensimmäinen työohje laadittiin akkujen kunnan seuraamiseksi ja yhden koulutustapahtuman yhteydessä kokeiltiin akkujen kuntotiedon keräämistä. Työohje tiedon keräämiseksi on liitteessä 3. Kokeilukierroksen akkutiedoista kooste kuviossa 33. Laitetyypin A akut olivat hyväkuntoisia, vaikka ovat olleet käytössä jo useammassa koulutustapahtumassa ja osa laitteista oli ollut varastoinnissa pitkiä aikoja. Pitkänä aikana tässä yhteydessä tarkoitetaan varastointia yli puoli vuotta kerrallaan.



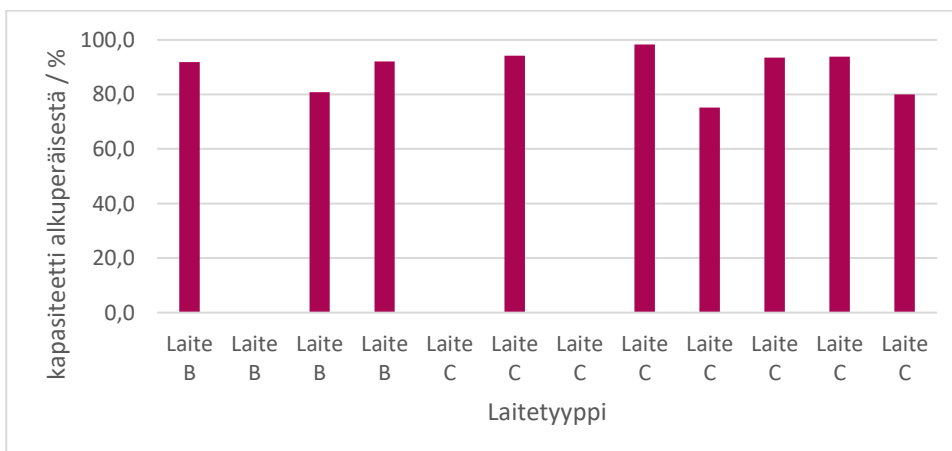
Kuvio 32. Laitetyypin laite A nykyinen akunkunto prosentteina alkuperäisestä.

Laitetyypin laite B ja se laite C osalta tulokset poikkesivat huomattavasti kunnoltaan laite A:sta. Kuviossa 34 on tieto laitteiden akkujen kunnosta. Laite A:n ja laite B:n sekä laite C:n erona oli se että laite A:n akun vaihtaminen oli huomattavasti haastavampi huoltotoimenpide ja vaati erikoistyökaluja. Laite B ja laite C toinen akku oli käyttäjän helposti irrotettavissa ja vaihdettavissa, sisäinen akku oli vaihdettavissa helpon ohjeen ja ruuvimeisselin sekä avaamiseen soveltuvan muovisen avaustyökalun avulla muutamassa minuutissa. Lisäksi laite B ja laite C käyttivät samoja akkuja, joten varaosien varastossa pitäminen helpompaa. Laite B ja laite C viallisten akkujen kapasiteetit ovat koostettuna kuvioon 34.



Kuvio 33. Laite B ja Laite C viallisten akkujen kapasiteetti, akku 1.

Kuviossa 35 on koostettuna samojen laitteiden toisen akun jäljellä oleva käytettävissä oleva kapasiteetti verrattuna alkuperäiseen kapasiteettiin. Laitteissa, joissa kapasiteetti oli 0 %, akkukapasiteettia ei ollut enää jäljellä tai toista akkua ei enää ole laitteessa. Yhdestä laitteesta se oli poistettu jo aiemmin virheilmoituksen vuoksi.



Kuvio 34. Laite B ja laite C viallisten akkujen kapasiteetti, akku 2.

Myös toisen akun kohdalta oli havaittavissa sama ilmiö kuin ensimmäisen akun osalta, vaikka laite raportoi akulle kapasiteettia se ei kuitenkaan latautunut ja laite sammui välittömästi, jos laturin irrotti laitteesta. Laitteiden akkujen kunnon seuraaminen liitteen 3 mukaisella ohjeella havaittiin kokeiluvaiheessa riittämättömäksi. Vaikka laitteiden akkukapasiteettia seurattaisiin, ei se tarkoita, että se paljastaisi riittävästi akkujen kunnosta. Monet akuista eivät enää lataantuneet, vaikka

niiden raportoidusta kapasiteetista oli jäljellä huomattava osa. Raportoidut lataus- ja purkusyklit olivat hyvin pieniä siihen nähden, että akkukennot eivät olleet enää kunnossa. Litiumioni- ja litiumpolymeeriakun tulisi kestää valmistajien antamien tietojen mukaan kestää 300–500 lataus-purkusyklä ilman ongelmia. Tämän havainnon vuoksi kunnan seuraamiseen lisättiin visuaalinen tarkastelu akuille. Uusittu työohje on liitteessä 4.

Akkupaloihin varautumiseen tulee kiinnittää vielä lisää huomiota organisaatiossa. Varastointitiloissa tulee olla alkusammutukseen soveltuvat välineet ja henkilöstön tulee olla tietoisia akkuihin liittyvistä vaaroista. Akkupaloihin varautumisen ohjeistuksena koulutuslaitteiden käsittelytilaan luotu akkupalojen sammutusohje, joka on liitteenä 6. Ohje perustuu Turvallisuus- ja kemikaaliviraston (Tukes) ohjeeseen.

Laitteiden käyttö eri ympäristöissä, eri tietoturvaluokissa aiheuttaa usein haasteita. Jatkossa laitteet kirjataan kirjanpitoon sisältäen käyttötarkoituksen ja mikäli laitteen massamuisti vaihdetaan, merkitään massamuisti turvaluokan mukaisella merkinnällä ja se lisätään varastoseurannassa turvaluokansa mukaisesti ja varastoidaan asianmukaisesti.

Hankinta- ja toimitusprosessin hitauksiin voidaan reagoida normaaliolojen prosesseja käyttämällä vain siten että koulutustilaisuuksiin tehdään kalustosuunnitelma ajoissa, sekä varastoinnissa on jatkuvasti riittävästi eri käyttötarkoituksiin sopivia laitteita. Julkisten hankintojen käytänteitä noudattamalla voi varalaitteiden ja varaosien saaminen hidastua huomattavasti, mikäli näitä ei ole huomioitu jo tarjouskilpailua käynnistettäessä.

## 7 Pohdinta

Vaikka kaikki kunnossapidon, ylläpidon ja varastoinnin tehtävien kanssa tekemisissä olevat henkilöt vastasivat kyselyyn, oli vastaajaryhmä koko määrällisen analyysin kannalta pienehkö. Tällä lisätiedolla saatiin kuitenkin vahvistettua ennakkotietoja olemassa olevista haasteista. Kyselyn tuloksissa näkyi myös useamman kysymyksen kohdalla suurta vaihtelua vastauksissa. Tämä vaihtelu voi johtua osittain siitä, että henkilöt toimivat eri rooleissa tehtävissään, eivätkä välttämättä ole olleet kaikkien kysymysalueiden kanssa tekemisissä. Kyselyyn vastasivat myös esihenkilötehtävissä tai projektitehtävissä olevat henkilöt, joka voi muuttaa mielikuvaa asian todellisesta tilasta. Kysely haluttiin kohdistaa eri tasoille organisaatiota tämän tilannekäsityksen eron näkyville saamiseksi. Vastauksissa ei eritelty eri tehtävissä olevia henkilöitä, jotta kyetään säilyttämään vastaajien anonymiteetti. Laitetyyppejä ja valmistajien nimiä ei mainita tässä raportissa sen vuoksi että, tutkittuja laitteita oli rajoitettu määrä, eikä toimintatutkimuksen kohteena olevan organisaation aseman turvallisuusviranomaisena voida eri laitteita yksilöidä sillä tarkkuudella opinnäytetyön raportin julkisen luonteen vuoksi. Havainnot ovat yleisiä siltä kannalta, että eri valmistajien laitteissa ja jopa saman valmistajan laitteessa eri laitetypissä vikojen määrät vaihtelevat ja voivat olla lähtöisin eri tehtailta ja siten voivat laadullisesti poiketa valmistajan eri laitteiden välillä. Uuden teknologian (uusi laitteen piirisarja, uusi ohjelmisto tai valmistusprosessi) ollessa kyseessä voivat ensimmäiset laitteet markkinoilla sisältää enemmän ongelmia, kunnes valmistajan tuotantoprosessi ja testausautomaatio stabiloituvat sekä mahdolliset alkuvaiheen ohjelmisto-ongelmat saadaan korjattua.

Vaikka taustatutkimuksen osalta oli mainittu laitevalmistajia, ei näitä valmistajakohtaisia tietoja julkisteta osana tätä raportti. Tutkittujen laitteiden määrän kattavuus ei riitä vertailemaan eri laitevalmistajien luotettavuutta. Työn tarkoitus ei myöskään ollut löytää hyviä tai huonoja valmistajia. Kyselyyn vastanneiden henkilöllisyys ei ole taltioitu tuloksiin ja vastausten kooste, joka esitettiin koko vastaajaryhmälle, oli myös tehty muodossa, josta ei koulutustausta perusteella voi yhdistää muita vastauksia vastaajaan. Käytetyt taustatiedot vikojen yleisyydessä oli haettu avoimista lähteistä ja lähteet on mainittu tässä raportissa. Eri valmistajilta saadut tiedot koostettuna olisivat todennäköisesti luotettavampia kuin korjausliikkeiden tekemät julkiset koosteet. Vikaantumistavat ja elektroniikan ikääntymisen tiedot kuten myös muut lähteet on kirjattu raporttiin. Työn suunnitteluvaiheessa luotua aineistonhallintasuunnitelmaa on noudatettu ja turvallisuusluokiteltua tietoa ei ole käsitelty muissa kuin kyseiseen turvallisuusluokitellun tiedon käsittelyyn soveltuvissa

tietojärjestelmissä. Aineiston käsittelyä varten luodut erilliset tietoaineistot poistettiin sovitusti, ellei toimintatutkimuksen kohdeorganisaatiolla ole niille jatkokäyttöä.

### **Tulosten tarkastelu suhteessa viitekehykseen**

Kyselyn tuloksissa oli jonkin verran eroavaisuuksia kannettavien tietokoneiden yleisesti raportoituihin ongelmiin. Osittain eroavuudet voivat aiheutua hieman erilaisesta käyttöympäristöstä kuin tavallisilla kuluttajakannettavilla yleensä on. Osittain eroavuudet liittyvät siihen, että valmistajat eivät halua luovuttaa vikaantumistietoja yleiseen käyttöön, eri laitteilla ja laitevalmistajilla voi olla hieman erilaisia yleisiä vikoja. Tulokset verrattuna toimintatutkimuksen viitekehykseen osoittavat kehityssykliä tehon, ensimmäiset havainnot ja niistä tehdyt muutokset tuottavat tuloksia, mutta uudet havainnot ja uuden suunnitelman tekeminen mahdollistavat kehitystä edelleen. Toimintatutkimuksen käyttäminen menetelmänä voi paljastaa ja mahdollistaa organisaation sisällä olevan hiljaisen tiedon käyttämistä parannustoimenpiteiden ohjaukseen, kun henkilöstö on tutkimuksessa mukana.

### **Johtopäätökset ja kehittämissuhteet**

Hankintaprosessin toiminta perustuu tutkimuksen kohteena olleen organisaation osalta vuosittaiseen suunnitteluun ja koko Puolustusvoimien osalta hankintojen yhteisiin sopimuksiin. Näihin tulee jatkossa pyrkiä vaikuttamaan siten, että organisaation erityistarpeet tulee huomioida. Kunnossapidon, ylläpidon ja varastoinnin henkilöstölle tehnyt kysely paljasti, että vaikka monet haastavat osa-alueet olivat tiedossa, ei niihin ollut ehditty pureutua ratkaisuehdotusten tasolla. Henkilöstö on varsin hyvin koulutettua, mutta osa toiminnoista kuten työturvallisuus vaatii jatkotoimia. Laitteiden kunnossapidon tulee tukea myös laitteiden turvallista varastointi sekä käsittelyä työturvallisuutta vaarantamatta, etenkin paloturvallisuuden osalta.

Elinjakson pidentäminen ja käytettävyyden parantaminen koulutuslaitteiden osalta on mahdollista käyttämällä jo löydettyjä keinoja. Laitteiden kunnan seuranta ja tuloksiin reagoiminen mahdollistavat laitteiden käytön myös jatkossa. Työturvallisuutta ja varastoinnin turvallisuutta parantaa säilyminen akkujen kunnan seuranta. Tietoturvaluutta parantaa laitteiden tarkempi seuranta sekä käytössä olleiden muistivälineiden merkitseminen ja huolellinen varastointi ja elinkaaren loppuun asti seuraaminen. Eri tietoturvaluusluokkien välillä laitteen siirto uudelleenkäyttöön voidaan

mahdollistaa myös toisen massamuistin (HDD, SSD) käyttöönotolla, merkitsemällä irrotettu muistiväline huolellisesti ja siten mahdollistetaan muistivälineen huolellinen elinkaaren seuranta hävittämiseen saakka. Elinkaaren jatkamisessa kannettavien tietokoneiden osalta on huomioitava näille laitteille saatavan tuen osalta, jos laitteita käytetään tietoverkoissa, on koko kyseisen verkon laitekannan osalta tärkeää, että kaikki laitteet ovat ohjelmistoltaan päivitettyjä ohjelmistohaavoittuvuuksien osalta. Laitevalmistajat tukevat tiettyä laitteistosukupolvea tietyn aikaa ja mikäli myös piirivalmistajien ohjelmistopäivitykset päättyvät tietoturvakorjausten osalta, on harkittava, että laitteet siirretään joko erilliskäyttöön, mikäli riskitaso on hyväksyttävä siellä, tai sitten poistettava käytöstä ja korvattava uudemmilla laitteilla. Samat rajoitteet koskevat palvelimia, palomureja, kytkimiä ja reitittämiä.

Uusien työohjeiden käyttöönotto ja toiminnan mittarointi aloitetaan keräämällä tietoa, miten paljon laitteita poistetaan käytöstä tai vaihdetaan uusia osia (akkuja) havaintojen perusteella. Miten moni koulutuslaitepyynnöistä pystytään täyttämään verrattuna siihen, että laitetarvetta ei pystytä täyttämään.

Vaikka osaan selvistä kehitystarvealueista saatiin jo parannusehdotuksia ja konkreettisia työohjeita, on edellä mainittu hankintaprosessiin vaikuttaminen pidempiaikainen kehitystehtävä, jota ei sisällytetty tämän tutkimustyön aikatauluun. Hankintaprosessiin tulee vaikuttaa siten että laitteiden kirjo on jatkossa pienempää ja että tarvittavat liitännät löytyvät laitteista. Tarvittavista liitännöistä esimerkkeinä riittävä määrä USB-liittämiä, ettei erillistä USB-kytkinlaitetta tarvitse hankkia peruskäyttöä varten ja että näyttöliitäntä toimii yhdessä varastoitujen näyttöjen kanssa. Mikäli liitännät tiedetään etukäteen yhteensopimattomiksi, voidaan laitteiden käytettävyyttä joissain tapauksissa parantaa hankkimalla sovittimia. Hankintoja tukevan koulutuslaitevaatimuslistan tueksi laadittiin liitteenä 7 oleva hankintojen ohjaaminen vaatimuslistalla ohje, johon laitteiden tarpeet kerätään vaatimuksina. Listan vaatimuksia voidaan käyttää tarjouskilpailua käynnistettäessä tai jo kilpailutuksen päätyttyä hankintojen ohjaamiseen kilpailun voittaneen toimittajalta.



## Lähteet

82% of laptop problems are hardware-related: Report. 23.3.2021. Economic Times Telecom uutissivusto. Viitattu 1.3.2023. <https://telecom.economictimes.indiatimes.com/news/82-of-laptop-problems-are-hardware-related-report/81654530?redirect=1>

A 1536/2011. 29.12.2011. Valtioneuvoston asetus julkisista puolustus- ja turvallisuushankinnoista. Viitattu 28.6.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2011/20111536#Lidm45843169073264>.

Ahonen, T., Jännes, J., Kunttu, S., Valkokari, P., Venho-Ahonen, O., Välisalo, T., Ellman, A, Hietala, J-P., Multanen, P., Mäkiranta, A, Saarinen H., Franssila, H. 2012. Käyttövarmuuden hallinta – standardista käytäntöön VVT:n julkaisu. Espoo. Viitattu 10.9.2023. <http://www.vtt.fi/publiviations/index.jsp>.

Akun käyttöajan ja käyttöiän maksimointi. N.d. Apple verkkosivusto. Viitattu 25.2.2023. <https://www.apple.com/fi/batteries/maximizing-performance/>.

Apple tukisivusto. 2020. Apple kannettavien tukitietoverkkosivusto. Viitattu 21.10.2023. [https://support.apple.com/kb/SP748?viewlocale=fi\\_FI&locale=fi\\_FI](https://support.apple.com/kb/SP748?viewlocale=fi_FI&locale=fi_FI).

Arar, S. 2022. Electronic Component Aging-the Aging Effects of Resistors and Op-amps. Viitattu 6.5.2023. <https://www.allaboutcircuits.com/technical-articles/electronic-component-aging-aging-effects-of-resistors-and-operational-amps/>.

Asp, R., Hyppönen, H. & Tuominen, T. N.d. Opetushallituksen kunnossapidon koulutusmateriaali: kunnossapidon perusteet. Toinen versio. Viitattu 29.6.2023. <http://www03.edu.fi/oppimateriaalit/kunnossapito/perusteet.html>.

Backman, L., Herttua, I. & Ylönen, R. 2017. Sähkölaitteiden suunniteltu vanheneminen - lyhytikäiset kondensaattorit. Tekniikan maailma, 63, 2, 84–88.

Battery Q&A. 2022. Lenovon tukisivujen Battery Q&A-osio. Viitattu 6.5.2023. <https://support.lenovo.com/us/en/solutions/ht509084-battery-qa>.

Branch, S. 2021. BAPCo Technical Paper: Li-ion Battery Degradation in Notebook Computers. Viitattu 25.4.2023. [https://bapco.com/wp-content/uploads/2021/02/li-ion.battery.degradation.in\\_notebook.computers.pdf](https://bapco.com/wp-content/uploads/2021/02/li-ion.battery.degradation.in_notebook.computers.pdf).

Carchia, M. 1999. Electronic/Electrical reliability Carnegie Mellon University. Viitattu 23.4.2023. [https://users.ece.cmu.edu/~koopman/des\\_s99/electronic\\_electrical/#main\\_stress](https://users.ece.cmu.edu/~koopman/des_s99/electronic_electrical/#main_stress).

Cox, A. N.d. JEDEC SSD Specifications Explained -esitys. Viitattu 30.6.2023. [https://www.jedec.org/sites/default/files/Alvin\\_Cox%20\[Compatibility%20Mode\]\\_0.pdf](https://www.jedec.org/sites/default/files/Alvin_Cox%20[Compatibility%20Mode]_0.pdf).

Conway, A. 2022. Xda-developers.com uutissivuston artikkeli Qualcomm Snapdragon 8 plus gen 1 vs Qualcomm Snapdragon 8 Gen 1: What has changed in the flagshipe chip. Viitattu 24.4.2023.

<https://www.xda-developers.com/qualcomm-snapdragon-8-plus-gen-1-vs-qualcomm-snapdragon-8-gen-1/>.

Darwin, C. 2017. Understanding SSD endurance: drive writes per day (DWPD), terabytes written (TBW), and the minimum recommended for Storage Spaces Direct. Viitattu 30.6.2023. <https://techcommunity.microsoft.com/t5/storage-at-microsoft/understanding-ssd-endurance-drive-writes-per-day-dwpsd-terabytes/ba-p/426024>.

Dell Laptops Common Problems. 4.8.2022. NSS laptop service center blog. Viitattu 28.6.2023. <https://www.nsslaptopservicecenter.com/dell-laptops-common-problems>.

Dell Latitude E6540. 2015. Dell Latitude E6540 Omistajan opas. Viitattu 21.10.2023. [https://dl.dell.com/topicspdf/latitude-e6540-laptop\\_Owners-Manual10\\_fi-fi.pdf](https://dl.dell.com/topicspdf/latitude-e6540-laptop_Owners-Manual10_fi-fi.pdf).

Dell tukisivusto. 2023. Viitattu 25.2.2023. <https://www.dell.com/support/kbdoc/fi-fi/000175212/dell-kannettavan-akku-usein-kysytyt-kysymykset>.

Electromigration. 2018. Electromigration: Electromigration (EM) due to power densities. SemiconductorEngineering Knowledge Center. Viitattu 6.5.2023. [https://semiengineering.com/knowledge\\_centers/low-power/architectural-power-issues/electromigration/](https://semiengineering.com/knowledge_centers/low-power/architectural-power-issues/electromigration/).

Eskola, S., Kiviniemi, E., Krakau, T., Ruohoniemi, E. 2017. Julkiset hankinnat. Kolmas, uudistettu painos. Helsinki: Alma Talent. Viitattu 26.6.2023. <https://jamk.alma.exlibrisgroup.com>

EU- ja kansalliset kynnsarvot. N.d. Työ- ja elinkeinoministeriön verkkojulkaisu julkisten hankintojen kynnsarvoista. Viitattu 28.6.2023. <https://tem.fi/eu-ja-kansalliset-kynnsarvot>.

Hankintalaki uudistuu vuonna 2023 — mikä muuttuu? 25.1.2023. Yritysakatemian blogin kategoriassa sopimusoikeudesta: Hankintalaki uudistuu vuonna 2023 — mikä muuttuu? Viitattu 28.6.2023. <https://yritysakatemia.fi/sopimusoikeus/hankintalaki-uudistuu-vuonna-2023-mika-muuttuu/>

Hankintalakia uudistetaan 2022. 4.1.2022. Suomen Tekstiili & Muoti ry verkkosivuston uutinen: Hankintalakia uudistetaan 2022 – Hankinta-Suomi tarjoaa työkaluja julkisiin hankintoihin. Viitattu 26.6.2023. <https://www.stjm.fi/uutiset/hankintalakia-uudistetaan-2022-hankinta-suomi-tarjoaa-tyokaluja-julkisiin-hankintoihin/>

Heikkinen, H. 2011. Toimintatutkimus, tarinat ja opettaja tulemisen taito. Jyväskylän yliopisto, Jyväskylä. ISBN 978-951-39-4354-7.

Huoltovarmuuskeskus. 2020. Huoltovarmuusneuvoston tarkastelu koronakriisin vaikutuksista. ISBN 978-952-5608-82-3. Huoltovarmuusorganisaatio. Viitattu 1.4.2023. <https://www.huoltovarmuuskeskus.fi/files/64e37c6d808d5e981328218248cd2ae1a42384fb/tarkastelu-koronakriisin-vaikutuksista.pdf>.

In, S. 2010. JEDEC jC-64.8 -SSD Standards, Flash Storage Summits 2010 -esitysmateriaali. Viitattu 10.9.2023. [https://www.jedec.org/sites/default/files/Sean\\_In%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf](https://www.jedec.org/sites/default/files/Sean_In%20%5BCompatibility%20Mode%5D.pdf)

ITC Market Access Map. 2022. Covid-19 kaupan rajoituksia Maailman kartalla. Viitattu 11.4.2023. [www.macmap.org/covid19](http://www.macmap.org/covid19).

JESD219A.01. Kesäkuu 2022. JEDEC Solid-State Drive (SSD) -endurance workloads. Viitattu 10.9.2023. <https://www.jedec.org/committees/jc-64>

Julkisten hankintojen neuvontayksikkö. Muutoksenhaku. Viitattu 8.10.2023. <https://www.hankinnat.fi/yhteiset-saannokset/muutoksenhaku/muutoksenhaku>.

Julkisten hankintojen neuvontayksikkö. Hankinnan väliaikainen järjestäminen. Viitattu 8.10.2023. <https://www.hankinnat.fi/yhteiset-saannokset/muutoksenhaku/hankinnan-valiainkainen-jarjestaminen>.

JYSE-ehdot. Huhtikuu 2022. Valtiovarainministeriön julkaisu: julkisten hankintojen yleiset sopimusehdot tavarahankinnoissa julkaisu 2022:20. Helsinki: Valtiovarainministeriö. Viitattu 28.6.2023. <https://puolustusvoimat.fi/asiointi/aineistot/julkaisut-ja-esitteet>.

JYSE-ehdot. Huhtikuu 2022. Valtiovarainministeriön julkaisu: julkisten hankintojen yleiset sopimusehdot palveluhankinnoissa julkaisu 2022:23. Helsinki: Valtiovarainministeriö. Viitattu 28.6.2023. <https://puolustusvoimat.fi/asiointi/aineistot/julkaisut-ja-esitteet>.

KATAKRI. 2011. Kansallinen turvallisuusauditointikriteeristö versio II. Viitattu 29.6.2023. [https://www.defmin.fi/files/1870/KATAKRI\\_versio\\_II.pdf](https://www.defmin.fi/files/1870/KATAKRI_versio_II.pdf)

Kiintolevyjen elinkaaren hallinta. Viestintävirasto, Kyberturvallisuuskeskus. 2016. Viitattu 1.3.2023. <https://www.kyberturvallisuuskeskus.fi/sites/default/files/media/regulation/ohje-ylikirjoitus.pdf>.

Kortelainen, H., Komonen, K., Laitinen, J., Valkokari, P. & Hanski, J. (2021). Tietämisperusteinen elinjakson hallinta. (1. ed.) Kunnossapitoyhdistys Promaint ry. <https://link.webropolsurveys.com/Participation/Public/1ee22acb-8384-415a-9050-2daff5e1f262?displayId=Fin2221824>

Kynnysarvo. N.d. Julkisten hankintojen neuvontayksikön verkkosivuston ohjeistus kynnysarvosta. Viitattu 28.6.2023. <https://www.hankinnat.fi/mika-julkinen-hankinta/kynnysarvot/ennakoidun-arvon-laskeminen>.

Käytettävyys. Ihmisen ja järjestelmän vuorovaikutuksen ergonomia, Osa11: käytettävyys. Määritelmiä ja käsitteitä. SFS-EN ISO 9421-11:2018. 2021. Viitattu 5.3.2023. <https://janet.finna.fi>, SFS Online.

Lenovo 13 käyttöohje. 2017. Lenovo Thinkpad 13 käyttöohje. Viitattu 21.10.2023. [https://download.lenovo.com/pccbbs/mobiles\\_pdf/tp13\\_ug\\_fi.pdf](https://download.lenovo.com/pccbbs/mobiles_pdf/tp13_ug_fi.pdf).

Litiumioniakkujen turvallinen käyttäminen. N.d. Turvallisuus- ja kemikaaliviraston ohje litiumioniakkujen turvalliseen käyttämiseen. Viitattu 22.10.2023. <https://tukes.fi/litiumioniakkujen-turvallinen-kayttaminen#kuinka-toimia-akun-syttyessa-palamaan>.

L 1397/2016. Laki julkisista hankinnoista ja käyttöoikeussopimuksista. Viitattu 26.6.2023. <https://www.finlex.fi/fi/laki/alkup/2016/20161397>

Laurila, T. N.d. S-113.2110 Materiaalitieteen perusteet. Viitattu 24.4.2023. <https://mycourses.aalto.fi/content/apumateriaali>.

Lithium-ion battery technology: Getting the most from smart Batteries. 2004. Getting the most from Smart Batteries Hewlett-Packard technical white paper. Viitattu 25.4.2023. <http://h10032.www1.hp.com/ctg/Manual/c01123994.pdf>.

Lusa, H. 2021. Ytimessä. Millogin asiakaslehti, 12, 1, 26. Viitattu 1.5.2023. <https://millog.fi/wp-content/uploads/millog-asiakaslehti-2020-web.pdf>.

Löydä Lean! Päättyneen hankkeen hedelmät tarjolla. 29.01.2020. Hämeen ammattikorkeakoulun verkkoartikkeli. Viitattu 2.3.2023. <https://www.hamk.fi/2020/loyda-lean-paattyneen-hankkeen-hedelmat-tarjolla/>.

Ollila, K. 2020. Tekniikka&Talous verkkojulkaisun artikkeli Koronan sivuvaikutus: osalla yrityksistä ei ole aikaa seisokkeihin 25.9.2020. Viitattu 1.4.2023. <https://www.tekniikkatalous.fi/uutiset/koronan-sivuvaikutus-osalla-yrityksista-ei-ole-aikaa-seisokkeihin>.

Ojasalo, K., Moilanen, T, Ritalahti, J. 2025. Kehittämistyön menetelmät. 3.–4. painos, ISBN 978-952-63-2695-5. Sanoma Pro Oy.

Nyholm, J. 2023. Pinja blogi: Mihin kunnossapitopäätäjät panostavat vuonna 2023? Viitattu 1.4.2023. <https://blog.pinja.com/mihin-kunnossapitopaattajat-panostavat-vuonna-2023>.

Protecting data from ransomware and other data loss events. 2020. NIST:in ja NCCoE:n julkaisu varautumisesta ransomwaren ja muihin tietojen menettämistapauksiin. Viitattu 29.6.2023. <https://www.nccoe.nist.gov/sites/default/files/legacy-files/msp-protecting-data-extended.pdf>

Moyer, B. 2022. What causes semiconductor aging. Semiconductor Engineering-verkkojulkaisu. Viitattu 23.4.2023. <https://semiengineering.com/what-causes-semiconductor-aging/>.

Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus. N.d. Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus. Puolustusvoimien verkkosivusto. Viitattu 1.5.2023. <https://puolustusvoimat.fi/tietoa-meista/johtamisjarjestelmakeskus>.

Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskus. 8.10.2019. Puolustusvoimien johtamisjärjestelmäkeskuksen esittelyvideo. Viitattu 26.6.2023. <https://www.youtube.com/watch?v=2qICns8QCxs>.

Puolustusvoimien henkilöstötilinpäätös 2022. N.d. Puolustusvoimien henkilöstön tunnuslukujen raportti. Viitattu 27.6.2023. <https://puolustusvoimat.fi/asiointi/aineistot/henkilostotilinpaaatokset>.

Samsung SSD Buyers Guide to Pro, Plus, EVO – Get It Right First Time. 2021. Nas compares artikkeli Samsung SSD-massamuisteista: Samsung SSD Buyers Guide to Pro, Plus, EVO – Get It Right First

Time. Viitattu 20.10.2023. <https://nascompares.com/2021/02/07/samsung-ssd-buyers-guide-to-pro-plus-evo-get-it-right-first-time/>.

Samsung 860 EVO datalehti. 2018. Samsung V-NAND SSD 860 EVO datalehti. Versio 1.0. Viitattu 30.6.2023. [https://download.semiconductor.samsung.com/resources/data-sheet/Samsung\\_SSD\\_860\\_EVO\\_Data\\_Sheet\\_Rev1.pdf](https://download.semiconductor.samsung.com/resources/data-sheet/Samsung_SSD_860_EVO_Data_Sheet_Rev1.pdf).

Samsung 860 PRO datalehti. 2018. Samsung V-NAND SSD 860 PRO datalehti. Viitattu 30.6.2023. [https://image.semiconductor.samsung.com/content/samsung/p6/semiconductor/products/consumer-storage/internal-ssd/860-pro/related-resources/Samsung\\_SSD\\_860\\_PRO\\_Data\\_Sheet\\_Rev1\\_1.pdf](https://image.semiconductor.samsung.com/content/samsung/p6/semiconductor/products/consumer-storage/internal-ssd/860-pro/related-resources/Samsung_SSD_860_PRO_Data_Sheet_Rev1_1.pdf).

Satyeshu Kumar. 2023. Windows Data recovery professional: 6 Worst Reasons for Hard Disk Failure and Data Recovery Solutions. Viitattu 20.10.2023. <https://www.stellarinfo.com/blog/6-worst-reasons-of-hard-disk-failure/>.

SFS-EN 13306:2017. 2017. Kunnossapidon terminologia SFS-EN 13306:2017. Suomen standardoimisliitto SFS ry. Viitattu 1.4.2023. <https://janet.finna.fi/>, SFS Online.

Sheldon, R. 2023. Charge trap technology advantages for 3D NAND flash drives. TechTarget artikkeli 19.6.2023. Viitattu 29.6.2023. <https://www.techtarget.com/searchstorage/tip/Charge-trap-technology-advantages-for-3D-NAND-flash-drives>.

SK Hynix Develops World's Highest 238-Layer 4D NAND Flash. 2.8.2022. SK hynix newsroom: SK Hynix Develops World's Highest 238-Layer 4D NAND Flash. Viitattu 28.6.2023. <https://news.skhynix.com/sk-hynix-develops-worlds-highest-238-layer-4d-nand-flash/>.

Suezin kanavayhtiö: Kanavan tukkinut laiva on saatu irti, laivaliikenne kulkee taas kanavassa. 2022. Yle uutiset verkkojulkaisun uutinen Suezin kanavayhtiö: Kanavan tukkinut laiva on saatu irti, laivaliikenne kulkee taas kanavassa. 30.3.2021. Viitattu 1.4.2023. <https://yle.fi/a/3-11860370>.

Temperature ranges. N.d. Renesas Design & Support Temperature ranges. Viitattu 26.4.2023. <https://www.renesas.com/us/en/support/technical-resources/temperature-ranges>.

Teollisuuden Litium-ioniakut ja turvallisuus. 2019. TUKESin Teollisuuden Litium-ioniakut ja turvallisuus -opas. Viitattu 20.10.2023. <https://tukes.fi/documents/5470659/6372809/Teollisuuden+akkuturvallisuusopas/68c21eee-cc0f-8184-bed4-aa71e83140b1/Teollisuuden+akkuturvallisuusopas.pdf>.

Tietoa meistä. N.d. Tietoa meistä. Puolustusvoimien verkkosivusto. Viitattu 1.5.2023. <https://puolustusvoimat.fi/tietoa-meista>.

Top 10 Most Common Dell Laptop Problems and Solutions. 28.7.2022. Laptop service center Mumbai. Viitattu 1.3.2023. <https://laptopservicecentersmumbai.in/top-10-most-common-dell-laptop-problems-and-solutions/>.

Vaasan Ammattikorkeakoulun Energiaa sivusto. Margit Mannila 11.4.2022. Viitattu 2.3.2023. <https://energiaa.vamk.fi/osaaminen/toimintatutkimus/>.

Pienhankinnat. 20.3.2017. Valtion hankintakäsikirja osa II pienhankinnat. Viitattu 28.6.2023. <https://vm.fi/documents/>.

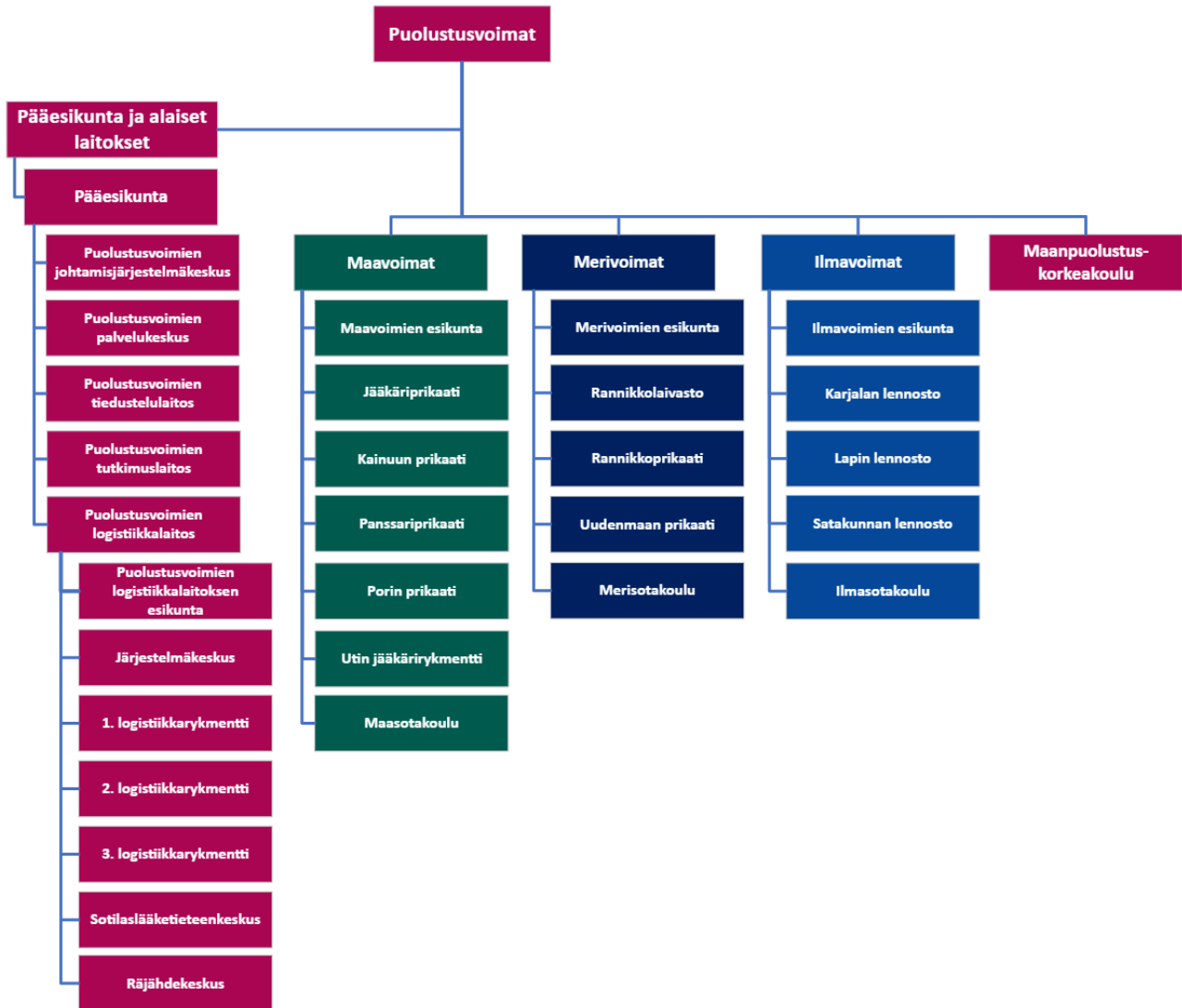
Waeyenbergh, G. & Pintelon, L. 2002. A framework for maintenance concept development. International journal of Production Economics ,77, 299–313. Viitattu 2.4.2023.

What are “Bad Sectors” On a Hard Drive? 2021. Datarecovery.com artikkeli: What are “Bad Sectors” On a Hard Drive? Viitattu 20.10.2023. <https://datarecovery.com/rd/what-are-bad-sectors/>

Youn, J. 2016. Chip and Package-Level Wideband EMI Analysis for Mobile DRAM Devices. Design-Con esitysmateriaali.

## Liitteet

### Liite 1. Puolustusvoimien organisaatio 31.12.2022



Puolustusvoimien organisaatiokuva (Puolustusvoimien henkilöstötilinpäätös 2022, n.d., muokattu)

## **Liite 2. Kyselykaavake**

### **1. Taustaohjeet**

Sinut on valittu vastaajaksi, koska sinulla on osaamista ja kokemusta tällä osa-alueella materiaalinhallintaa ja/tai kunnossapitoa. Pyydän vastaamaan kysymyksiin mahdollisimman rehellisesti, jättä-  
mättä liikaa kiinni yksittäiseen kysymykseen. Aluksi on muutama kysymys työkokemuksesta ja kou-  
lutuksesta. Kaikissa muissa kysymyksissä on sama asteikko, joka on selitetty kysymysten alussa.  
Mikäli jokin mahdollisista ongelma-alueista ei tule ilmi kohdennetuissa kysymyksissä on lopussa  
vielä avoin kohta, johon voit lisätä tarvittaessa avointa palautetta asiaan liittyen.

Kyselyn vastauksia käytetään organisaation toiminnan kehittämiseen sekä opinnäytetyön materi-  
aalina. Vastauksissa ei kerätä vastaajan nimeä. Kun olet vastannut kaikkiin kysymyksiin palauta lo-  
make Petteri Hanhimäelle.



## Kysymykset / Ohjeet

Merkitse selkeästi kynällä ympäröimällä vastauksesi. Kohdissa, joissa vaihtoehdot ovat numeroina, ympäröi vaihtoehto joka mielestäsi vastaa parhaiten nykytilaa.

1. Olen täysin eri mieltä
2. Olen hieman eri mieltä
3. En ole samaa mieltä/en ole eri mieltä
4. Olen samaa mieltä
5. Olen täysin samaa mieltä

### 1. Mikä on korkein koulutustaustasi?

- Peruskoulu
- Lukio
- Ammattikoulu
- Korkeakoulututkinto

### 2. Omaatko omasta mielestäsi riittävän työkokemuksen alalta varastointiin ja kunnossapitoon liittyen?

1                      2                      3                      4                      5

### 3. Omaatko omasta mielestäsi riittävän koulutuksen/perehdytyksen laitteiden kunnossapitoon?

1                      2                      3                      4                      5

### 4. Omaatko omasta mielestäsi riittävän perehdytyksen laitteiden käyttöön erilaisissa vaaratilanteissa (laitteen akku ylikuumenee, laitteen vaihtovirtakaapelointia on suojaamattomana)?

1                      2                      3                      4                      5

### 5. Koetko ongelmalliseksi, että laitteen käyttöönottoon ei ole tarvittavaa ohjelmistoa (käyttöjärjestelmäversio ei tue kyseistä kokoonpanoa)?

1                      2                      3                      4                      5

1. Olen täysin eri mieltä
2. Olen hieman eri mieltä
3. En ole samaa mieltä/en ole eri mieltä
4. Olen samaa mieltä
5. Olen täysin samaa mieltä

**6. Koetko yhdeksi haasteista, että laitteen akku on huonokuntoinen?**

1                    2                    3                    4                    5

**7. Aiheuttaako ongelmia, että laitteen RTC-akku/patteri on tyhjentynyt? (laitteen reaaliaikakellon varmennus)**

1                    2                    3                    4                    5

**8. Tuottaako valmisteluissa haasteita, että laitetta on käytetty tietoturvaluokassa, joka ei ole yhteensopiva uuden käyttötarkoituksen kanssa tai laitetta ei ole tietohuollettu?**

1                    2                    3                    4                    5

**9. Onko ongelmia aiheutunut siitä, että laitteen massamuistia ei voi vaihtaa tai ei ole vaihtosaa?**

1                    2                    3                    4                    5

**10. Vaikuttaako valmisteluihin, että laitteessa on mekaaninen vika (esimerkiksi näytön sarana rikki)?**

1                    2                    3                    4                    5

1. Olen täysin eri mieltä
2. Olen hieman eri mieltä
3. En ole samaa mieltä/en ole eri mieltä
4. Olen samaa mieltä
5. Olen täysin samaa mieltä

**11. Aiheuttaako kannettavien tietokoneiden kohdalla haasteita se, että laitteen näppäimistö ei toimi?**

1            2            3            4            5

**12. Vaikuttaako valmisteluihin se, että laitteen liitännät ovat vääränlaiset (ei riittävästi USB-liitimiä tai ei olekaan HDMI-liitäntää tai DP-liitäntää)?**

1            2            3            4            5

**13. Oletko kohdannut haasteita, että laitteeseen ei ole lisälaitteita (mini-DP sovittimet, verkkosovittimet, laturi jne)?**

1            2            3            4            5

**14. Vaikuttaako valmisteluihin se, että samanlaisia kokoonpanoja ei ole riittävästi varastossa?**

1            2            3            4            5

**15. Koetko että valmisteluihin haasteita aiheuttaa se, että laitteita ei ole varastossa?**

1            2            3            4            5

**16. Aiheuttaako valmisteluihin haasteita se, että laitetta ei löydetä eri varastoista?**

1            2            3            4            5

1. Olen täysin eri mieltä
2. Olen hieman eri mieltä
3. En ole samaa mieltä/en ole eri mieltä
4. Olen samaa mieltä
5. Olen täysin samaa mieltä

**17. Vaikuttaako valmisteluihin se, että Laitteet on tilattu mutta toimitus ei ehdi ajoissa?**

1                    2                    3                    4                    5

**18. Vaikeuttaako valmisteluja se, että laitteen suorituskyky ei ole riittävä (ei riittävästi käyttömuistia, ei riittävästi massamuistia tai suorittimen suorituskyky ei riitä)?**

1                    2                    3                    4                    5

**19. Muut havainnot, avoimet kommentit**

### Liite 3. Työohje akun kunnan seuraamiseksi

Laitteen akusta tai akuista kerättävä tieto. Luetaan akun ilmoitettu alkuperäinen kapasiteetti ja nykyinen kapasiteetti. Tarvittavat tiedot: akkutyypin, tiedot akun asennustavasta, akun kapasiteettitiedot. Laitteessa voi olla useampia akkuja ja tämä on huomioitava kuntotarkastusta tehtäessä.

Laitteen kaikkien akkujen kunto tarkistetaan ja tiedot kirjataan.

Akun tiedot saadaan Windows-käyttöjärjestelmästä powershell-komentoikkunaa käyttämällä komennolla **powercfg /batteryreport** jolloin raportti muodostuu hakemistoon käyttäjät/käyttäjätunnus/battery\_report.html.

Mikäli laite on Applen valmistama saman akkutiedon saa haettua terminal-ikkunaan komentoriville ajamalla komennon **ioreg -l -w0 | grep Capacity**. terminaaliin tulostuu "AppleRaw Current Capacity" = xxxx , "AppleRawMaxCapacity" = yyyy, "MaxCapacity" = xxxx, "CurrentCapacity"= yyyy, "Cycle Count " = zzzz, "DesignCapacity"= wwwwww. Edellisessä Max Capacityn jakamalla Design Capacityllä saa akun kunnan selville prosentteina.

Mikäli laitteessa on Linux-pohjainen käyttöjärjestelmä terminaali-ikkunassa voi ajaa ensin komennon **upower -e** tämä tulostaa riveinä laitteen powerin, laitteessa olevat akut ja niiden tiedostojärjestelmä polun, sekä DisplayDevice rivin, joka on status ikoni työpöytäympäristössä, mikäli se on käytössä. käyttämällä terminaalissa komentoa **upower -i /polku/akun\_tunniste** saadaan arvot edellisen komennon tarkentamille akuille. Komento tulostaa energy-full-design ja energy-full-arvot, joista akun kunto (nykyinen kapasiteetti verrattuna alkuperäiseen kapasiteettiin) voidaan jälkeä laskea prosentteiksi.

Tiedot dokumentoidaan laitteen turvaluokan mukaiseen tietosäilöön. Laite merkitään tietosäilöön ja akku tai laite pyritään vaihtamaan, mikäli nykyinen täysi kapasiteetti on alle 50 % alkuperäisestä kapasiteetista tai mikäli laitteen akku on turvonnut tai siinä näkyy mekaanista vaurioita tai akun navat ovat hapettuneet. Käytöstä poistetut akut toimitetaan kierrätettäviksi. Vanhoja, poistettavaksi tarkoitettuja akkuja ei saa varastoida yhdessä muun ICT-materiaalin kanssa. Mikäli itse laite poistetaan käytöstä, on se merkittävä poistettavaksi ja valmisteltava SER-keräykseen tai tuhoettavaksi käytetyn turvaluokan mukaisesti

Laitteen akkujen kuntotarkastus tulee suorittaa puolivuositain ja akku tulee varastoida ladattuna noin puoleen jäljellä olevasta kapasiteetistaan. Tämä ohje on voimassa Litiumioni- ja litiumpolymeriakuille.

Taulukko 17 Akusta kerättävät tiedot esimerkkitaulukossa.

Laite ID	PH_LT01 *
Akkutyyppi	Litiumioni, L12S4E01 *
Kennomäärä	4 *
Nimelliskapasiteetti	41000mWh *
Alkuperäinen kapasiteetti (Design capacity)	37580mWh *
Nykyinen kapasiteetti (Full charge capacity)	22300mWh *
Akun kunto (samassa laitteessa voi olla useita)	$\frac{\text{Nykyinen kapasiteetti} \cdot 100\%}{\text{Alkuperäinen kapasiteetti}}$

\*esimerkki

#### **Liite 4. Työohje turvaluokitellun massamuistin merkitsemiseksi ja varastoimiseksi**

Massamuisti merkitään turvaluokitusmerkinnällä ja sen varastointia ja säilytystä seurataan sarjanumerolla. Kun massamuisti poistetaan käytöstä ja sitä ei enää jatko varastoida, se käsitellään turvaluokkansa mukaisesti SER-jätteenä. Massamuistin sarjanumero ja käyttötarkoitus dokumentoidaan erityisseurattavan materiaalin tietosäilöön ja tieto poistetaan sieltä vasta kun muistiväline on käsitelty poistamisprosessissa hylkäämispäätöksen jälkeen.

## Liite 5. Työohje akun kunnan seuraamiseksi (uusi versio)

Laitteen akusta tai akuista kerättävä tieto. Luetaan akun ilmoitettu alkuperäinen kapasiteetti ja nykyinen kapasiteetti. Tarvittavat tiedot: akkutyypin, tiedot akun asennustavasta, akun kapasiteetti-tiedot. Laitteessa voi olla useampia akkuja ja tämä on huomioitava kuntotarkastusta tehtäessä.

Laitteen kaikkien akkujen kunto tarkistetaan ja tiedot kirjataan. Tarkista akku visuaalisesti, onko akkukotelo tai akkukennot turvonneet? Turpoamisen voi kokeilla tasaisella pinnalla, mikäli akkukentto on turvonnut aiheuttaa se myös akkukoteloon muutosta, joka ilmenee akun keikkumisena, kun sen laskee tasaiselle pinnalle.

Akun tiedot saadaan Windows-käyttöjärjestelmästä powershell-komentoikkunaa käyttämällä komennolla ***powercfg /batteryreport*** jolloin raportti muodostuu hakemistoon käyttäjät/käyttäjätunnus/battery\_report.html.

Mikäli laite on Applen valmistama saman akkutiedon saa haettua terminal-ikkunaan komentoriville ajamalla komennon ***ioreg -l -w0 | grep Capacity***. terminaaliin tulostuu "AppleRaw Current Capacity" = xxxx, "AppleRawMaxCapacity" = yyyy, "MaxCapacity" = xxxx, "CurrentCapacity" = yyyy, "Cycle Count" = zzzz, "DesignCapacity" = wwwwww. Edellisessä Max Capacityn jakamalla Design Capacityllä saa akun kunnan selville prosentteina.

Mikäli laitteessa on Linux-pohjainen käyttöjärjestelmä terminaali-ikkunassa voi ajaa ensin komennon ***upower -e*** tämä tulostaa riveinä laitteen powerin, laitteessa olevat akut ja niiden tiedostojärjestelmä polun, sekä DisplayDevice rivin, joka on status ikoni työpöytäympäristössä, mikäli se on käytössä. käyttämällä terminaalissa komentoa ***upower -i /polku/akun\_tunniste*** saadaan arvot edellisen komennon tarkentamille akuille. Komento tulostaa energy-full-design ja energy-full-arvot, joista akun kunto (nykyinen kapasiteetti verrattuna alkuperäiseen kapasiteettiin) voidaan jälkeä laskea prosentteiksi.

Tiedot dokumentoidaan laitteen turvaluokan mukaiseen tietosäilöön. Laite merkitään tietosäilöön ja akku tai laite pyritään vaihtamaan, mikäli nykyinen täysi kapasiteetti on alle 50 % alkuperäisestä kapasiteetista tai mikäli laitteen akku on turvonnut tai siinä näkyy mekaanista vaurioita tai akun navat ovat hapettuneet. Käytöstä poistetut akut toimitetaan kierrätettäväksi. Vanhoja, poistettavaksi tarkoitettuja akkuja ei saa varastoida yhdessä muun ICT-materiaalin kanssa. Mikäli itse laite



poistetaan käytöstä, on se merkittävä poistettavaksi ja valmisteltava SER-keräykseen tai tuhottavaksi käytetyn turvaluokan mukaisesti

Laitteen akkujen kuntotarkastus tulee suorittaa puolivuositain ja akku tulee varastoida ladattuna noin puoleen jäljellä olevasta kapasiteetistaan. Tämä ohje on voimassa Litiumioni- ja litiumpolymeriakuille.

Taulukko 17 Akusta kerättävät tiedot esimerkkitaulukossa.

Laite ID	PH_LT01 *
Akkutyyppi	Litiumioni, L12S4E01 *
Kennomäärä	4 *
Nimelliskapasiteetti	41000mWh *
Alkuperäinen kapasiteetti (Design capacity)	37580mWh *
Nykyinen kapasiteetti (Full charge capacity)	22300mWh *
Akun kunto (samassa laitteessa voi olla useita)	$\frac{\text{Nykyinen kapasiteetti} \cdot 100\%}{\text{Alkuperäinen kapasiteetti}}$
Akun turpoaminen	Ei / kyllä

\*esimerkki

## Liite 6. Ohje akkupalon sammuttamiseen

Muokattu TUKES ohjeesta akkupalojen sammuttamisesta (<https://tukes.fi/litiumioniakkujen-turvallinen-kayttaminen>)

### Näin sammutat palon

Irrota laturin verkkojohto ennen palon sammuttamista, jos se on mahdollista. Litiumioniakkupalon ensisijainen sammutustapa on suuri määrä vettä, sillä vesi jäähdyttää akkua. Toissijainen sammutustapa on vaahtosammuttimen käyttö. Jauhesammutin tai muu tukahduttava sammutusväline pysäyttää palon hetkellisesti, mutta ei jäähdytä akkua eikä estä syttyvien kaasujen leviämistä.

Sammutettu akku voi syttyä uudestaan palamaan. Varmista siis, että akku on paikassa, josta mahdollinen uusi palo ei pääse leviämään. Siirrä akku tai laite mahdollisuuksien mukaan turvalliseen paikkaan, esimerkiksi patakintaita käyttäen tai sammutuspeitteeseen käärittynä.

Mikäli et saa alkanutta paloa nopeasti sammumaan tai palo muodostaa voimakkaasti savua, evakuoitu tila välittömästi ja soita **hätänumeroon 112**. Ilmoita tulipalosta turvallisuusvalvomoon.

## Liite 7. Hankintojen ohjaaminen vaatimuslistalla

Vaatimusmäärittelyn osatekijät kannettavalle tietokoneelle.

Suorituskykytekijät ja tarvittavat ominaisuudet:

Laitteen suoritin (prosessori), käyttötarkoituksen mukaan suoritin, joka tuettu tavoitekäyttöjärjestelmissä. Esim. Intel i7-11370H, AMD R7-5800HS.

Laitteen käyttömuisti (keskusmuisti), lisättävyys ja modularityyppi, tarvittava määrä. Esim. 16GB DDR4 SODIMM.

Laitteen tallennusmuisti (SSD/HDD), lisättävyys/vaihdeettavuus, rajapinta, modularityyppi. Esim. 1TB SSD PCIe NVMe M2.

Laitteen USB-porttien määrä ja tyyppi. Esim. 4kpl USB3.2-portteja, joista 1kpl USB-C, muut USB-A.

Laitteen verkkoliitäntä. Esim. RJ-45 1Gbit Ethernet.

Laitteen näytönohjain. Esim. Intel Iris Xe Graphics.

Laitteen langaton verkkoliitettävyys. Esim. WLAN/WI-FI 6 802.11ax, irrotettava.

Laitteen latausliitäntä. Esim. USB-C enintään 100W.

Laitteen akku. Laitteen käyttöaika akulla, sekä akun irrotettavuus ja vaihdettavuus. Esim. käyttäjän vaihdettavissa oleva akku, kapasiteetti 60Wh, jolla luvattu käyttöaika: videotoisto 8 h.

Turvallisuusominaisuudet. Esim. TPM2.0 turvapiiri.

Näyttötarkkuus. Esim. 2540x1440 pikseliä, 60hz virkistystaajuus.