



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA

Joni Hyyppä

# **Kognitiivisen ergonomian avulla parempaan käytettävyyteen**

Tekniikan ja innovaatiojohtami-  
sen yksikkö  
Tietojärjestelmätieteen pro  
gradu -tutkielma

Vaasa 2021

---

**VAASAN YLIOPISTO**
**Tekniikan ja innovaatiojohtamisen yksikkö**

<b>Tekijä:</b>	Joni Hyyppä		
<b>Tutkielman nimi:</b>	Kognitiivisen ergonomian avulla parempaan käytettävyyteen		
<b>Tutkinto:</b>	Kauppatieteiden maisteri		
<b>Oppiaine:</b>	Tietojärjestelmätiede		
<b>Työn ohjaaja:</b>	Laura Havinen		
<b>Valmistumisvuosi:</b>	2021	<b>Sivumäärä:</b>	134

---

**TIIVISTELMÄ:**

Nykyään on miltei mahdotonta välttää vuorovaikutusta tietotekniikkaan liittyvien välineiden kanssa. Siksi järjestelmiä suunniteltaessa olisikin tärkeää ottaa huomioon ihmisten tietojenkäsittelyn kyvyt ja niiden rajoitukset, jotta vältytään tuotantovirheiltä ja ihmisten liialliselta kuormitukselta. Kognitiivisesti kuormittavat työolosuhteet vaikuttavat merkittävästi työntekijöiden tehtävien suorittamiseen ja yleiseen hyvinvointiin. Näihin asioihin puuttamalla voidaan edesauttaa sekä työntekijöitä, että organisaatiota parempaan työhyvinvointiin ja tuottavuuteen.

Kognitiivista ergonomiaa voidaan pitää tärkeänä tieteellisenä perustana käyttöliittymäsuunnittelulle. Kognitiivisessa ergonomiassa tutkitaan ihmisen, järjestelmän ja artefaktin vuorovaikutusta keskenään. Tarkoituksena on saada ne toimimaan yhdessä mahdollisimman tehokkaasti. Kognitiivisella ergonomialla tavoitellaan tehtäväaikojen lyhentymistä, ihmisten tekemien virheiden vähentymistä, oppimisajan lyhentymistä ja ihmisten parempaa tyytyväisyyttä järjestelmää kohtaan. Kognitiivisen ergonomian avulla käyttöliittymien käytettävyyttä voidaan saada kehitettyä paremmaksi, joka johtaa siihen, että käyttäjät omaksuvat ja ymmärtävät käyttöliittymän toiminnot paremmin. Tämä mahdollistaa sen, että käyttäjä saa tehokkaasti käyttöliittymästä parhaan hyödyn irti.

Tämän tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten kognitiivista ergonomiaa parantamalla voidaan vaikuttaa järjestelmän käytettävyyteen. Tämän tavoitteen ilmentymänä syntyi suunnittelutieteellisen tutkimuksen tutkimusmenetelmiä käyttäen IT-artefakti eli suunnitteluohje, jolla saatiin parannettua kohdeyrityksen SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä. Tutkimuksen teoreettisessa viitekehityksessä tuodaan esille kognitiivisen ergonomian ja käytettävyyden näkökulmia, joita käytettiin apuna IT-artefakti rakentamisessa. IT-artefaktin avulla rakennettua käyttöliittymää testattiin kahdella kohdeyrityksen tuotantolinjalla, jonka aikana käyttöliittymälle toteutettiin heuristinen arviointi ja käyttäjättestaus. Nämä toimivat hyvinä menetelminä, joilla saatiin kerättyä arvokasta tietoa IT-artefaktin kehittämiseen. Kohdeyrityksenä toimi Danfoss.

Käytettävyyden kehittymistä mitattiin kahdella käytettävyysskyselyllä, jossa ensimmäisellä mitattiin nykyisen SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä ja toisella IT-artefaktin avulla päivitetyn SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä. Ensimmäisen ja toisen käytettävyysskyselyn SUS-tuloksen keskiarvo parani 22,56 pistettä, jota voidaan pitää hyvinkin positiivisena tuloksena. Käytettävyysskysely sisälsi SUS-kyselyn lisäksi omia vaihtoehtoja ja niiden tuloksissa tapahtui myös parannusta nykyisen ja päivitetyn SAP ME-järjestelmän välillä. Selkeimmät parannukset näkyivät siinä, etteivät käyttäjät kokeneet enää painikkeiden ja tekstin kokoa ongelmaksi. Käyttäjät myös kokivat päivitetyn käyttöliittymän kuormittavan heitä vähemmän ja myös sen, että painikkeet löytyivät helpommin päivitetyltä käyttöliittymältä. Tämä tutkimus tarjoaa varteenotettavan IT-artefaktin, jota voidaan käyttää parantamaan käyttöliittymien käytettävyyttä.

---

**AVAINSANAT:** kognitiivinen ergonomia, käytettävyyys, käyttöliittymä, käyttöliittymäsuunnittelu, tuotanto

## Sisällys

1	Johdanto	8
1.1	Tutkimuksen tavoite ja rajaus	10
1.2	Tutkimusmenetelmä	11
1.3	Tutkielman rakenne	12
2	Kognitiivinen ergonomia	13
2.1	Kognitiivinen ergonomia käsitteenä	14
2.2	Ihmisen kognitiiviset prosessit	17
2.2.1	Havaitseminen	17
2.2.2	Tarkkaavaisuus	20
2.2.3	Muisti	22
2.2.4	Ajattelu, päättely ja ongelmanratkaisu	24
2.3	Kognitiivinen ergonomia käyttöliittymäsuunnittelussa	25
3	Käytettävyys	30
3.1	Käytettävyys käsitteenä	30
3.2	Käytettävyyden laatu­komponentit ja suunnitteluperiaatteet	31
4	Suunnittelutieteellinen tutkimus	34
4.1	Suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivat ja tarkistuslista	35
4.2	Suunnittelutieteellisen tutkimuksen syklit	36
4.3	Suunnittelutieteellisen tutkimuksen prosessimalli	38
4.4	Tutkimussuunnitelma ja kehitysprosessi	41
4.5	Käytettävyyskyselyt	49
4.5.1	SUS-käytettävyyskysely	50
4.5.2	Avoimet kysymykset kyselyissä	55
4.6	Heuristinen arviointi	56
5	Tutkimuksen toteutus	64
5.1	Kohdeyritys ja IT-artefaktin ympäristö	64
5.2	Ongelman määrittäminen ja motivointi	66
5.2.1	Käytettävyyskyselyn tulokset	67

5.3	Tavoitteiden asettaminen	73
5.4	IT-artefaktin kehitys	74
5.5	Käyttöliittymän kehitys	78
5.6	IT-artefaktin demonstrointi	83
5.6.1	Heuristinen arviointi	84
5.6.2	Käyttäjätestaus	87
5.6.3	Päivitetyn käyttöliittymän käytettävyykselyn tulokset	89
5.7	IT-artefaktin viestintä	96
6	Tulokset	97
7	Diskussio	106
7.1	Merkittävimmät tutkimustulokset	106
7.2	Tuloksien luotettavuus ja rajoitukset	108
7.3	Jatkotutkimukset	111
	Lähteet	113
	Liitteet	124
	Liite 1. Käytettävyyksely	124
	Liite 2. SUS-kyselyn tulokset (nykyinen käyttöliittymä)	127
	Liite 3. SUS-kyselyn pisteytys (nykyinen käyttöliittymä)	128
	Liite 4. Heuristisen arvioinnin lomake	129
	Liite 5. Käytettävyysohjelmien vakavuusluokittelulomake	132
	Liite 6. SUS-kyselyn tulokset (päivitetty käyttöliittymä)	133
	Liite 7. SUS-kyselyn pisteytys (päivitetty käyttöliittymä)	134

## Kuviot

Kuvio 1. Esimerkit neljästä ihmisen hahmolaista.	19
Kuvio 2. Yhteinen kognitiivinen järjestelmä.	27
Kuvio 3. Keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaate.	29
Kuvio 4. Suunnittelutieteen tutkimussyklit.	37
Kuvio 5. Tarkistuslistan kysymykset lisättynä suunnittelutieteen syklien kanssa.	38
Kuvio 6. Suunnittelutieteen tutkimuksen prosessimalli.	39
Kuvio 7. Suunnittelutieteen tutkimussyklit muokattu tähän tutkimukseen.	44
Kuvio 8. Suunnittelutieteen tutkimuksen lopullinen prosessimalli.	45
Kuvio 9. SUS-kyselylomake.	51
Kuvio 10. SUS-kyselyn tulosasteikko.	52
Kuvio 11. Nykyisen SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä.	67
Kuvio 12. Itse tehtyjen vaihtoehtojen vastaukset (1-4).	71
Kuvio 13. Itse tehtyjen vaihtoehtojen vastaukset (5-7).	72
Kuvio 14. Nykyisen SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä, komponenttien jäljitys näkymästä.	73
Kuvio 15. Ensimmäinen versio IT-artefaktin avulla rakennetusta SAP ME-järjestelmän käyttöliittymästä.	82
Kuvio 16. SAP ME-järjestelmän käyttöliittymät (nykyinen ja päivitetty).	86
Kuvio 17. SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä, heuristisen arvioinnista löydettyjen käytettävyysongelmien korjaamisen jälkeen.	89
Kuvio 18. Ensimmäisen (keltainen, n=16) ja toisen (sininen, n=18) käytettävyysskyselyn kaksi ensimmäistä omaa vaihtoehtoa vertailussa.	93
Kuvio 19. Ensimmäisen (keltainen, n=16) ja toisen (sininen, n=18) käytettävyysskyselyn toiset kaksi omaa vaihtoehtoa vertailussa.	93
Kuvio 20. Ensimmäisen (keltainen, n=16) ja toisen (sininen, n=18) käytettävyysskyselyn loput kolme omaa vaihtoehtoa vertailussa.	94
Kuvio 21. SUS-tuloksien keskiarvot ikäluokittain. EKK = ensimmäinen käytettävyysskysely (n=16); TKK = toinen käytettävyysskysely (n=18).	95

Kuvio 22. SUS-tuloksien keskiarvot työkokemusluokittain. EKK = ensimmäinen käytettävyysskysely (n=16); TTK = toinen käytettävyysskysely (n=18).	96
Kuvio 23. SAP ME-järjestelmän SUS-tuloksien keskiarvot verrattuna Bangorin ja muiden (mukaillen, 2008, s. 583) SUS-kyselyjen tuloksien keskiarvoihin.	103

## Taulukot

Taulukko 1. Viisi käytettävyyden laatukomponenttia.	32
Taulukko 2. Suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivat.	35
Taulukko 3. Suunnittelutieteen tutkimuksen tarkistuslista.	36
Taulukko 4. Suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivat + suuntaviivojen toteutus tässä tutkimuksessa.	42
Taulukko 5. Kymmenen heuristinen arvioinnin periaatetta ja niiden kuvaukset.	53
Taulukko 6. Kymmenen heuristinen arvioinnin periaatetta ja niiden huomioiminen käytännössä.	54
Taulukko 7. SUS-tulosarvojen seitsemän luokan luokittelu.	58
Taulukko 8. SUS-tulosarvojen luokittelu.	60
Taulukko 9. SAP ME-järjestelmän toiminnot.	66
Taulukko 10. Ensimmäisen käytettävyysskyselyn SUS-vaihtoehtojen korrelaatiot ja p-arvot.	69
Taulukko 11. Vaatimusmäärittelyt IT-artefaktille.	75
Taulukko 12. Käyttöliittymän ja kognitiivisen ergonomian toiminnot.	79
Taulukko 13. Toisen käytettävyysskyselyn SUS-vaihtoehtojen korrelaatiot ja p-arvo.	91
Taulukko 14. Toisen käytettävyysskyselyn omien vaihtoehtojen korrelaatiot ja p-arvo.	92
Taulukko 15. IT-artefakti eli suunnitteluohje.	98
Taulukko 16. Suunnittelutieteen tutkimuksen tarkistuslista ja vastaukset.	111

**Lyhenteet**

CA	Ryhmittelyanalyysi
DA	Erottelyanalyysi
POD	Production Operator Dashboard
SAP ME	SAP Manufacturing Execution
SUS	System Usability Scale

# 1 Johdanto

Moni on varmasti kuullut ihmisten puhuvan enemmän fyysisestä ergonomiasta työpaikoilla, kuin kognitiivisesta ergonomiasta. Fyysisessä ergonomiassa on tarkoitus parantaa mm. työpisteiden ja työvälineiden ergonomiata (Launis & Lehtelä, 2011: 20). Tietotekniikan kehittymisen myötä ergonomiata on alkanut kehittymään fyysisesti raskaista töistä enemmän informaatioergonomiata osa-alueisiin, kuten laitteiden ja ohjelmistojen käytettävyyteen (Launis & Lehtelä, 2011, s. 27). Kognitiivisen ergonomian käsite on luotu kuvaamaan asioita, joilla pyritään saamaan järjestelmät ja ohjelmistot vastaamaan ihmisten kognitiivisia ominaisuuksia. Näihin ominaisuuksiin kuuluu mm. havainnointi, ajattelu ja oppiminen (Launis & Lehtelä, 2011, s. 27–28).

Kognitiivisesti ihmisiä kuormittavat työolosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästi tehtävien suorittamiseen, työntekijöiden suorituskykyyn ja tuottavuuteen, sekä yleiseen hyvinvointiin (Couffe & Michael, 2017, s. 175–176; Elfering ja muut, 2015, s. 142–143; Kalakoski ja muut, 2020, s. 14). Työntekijöiden korkealla hyvinvoinnilla ja työtyytyväisyydellä on todettu olevan positiivinen vaikutus työn suoritukseen, tuottavuuteen ja suorituskykyyn (Nielsen ja muut, 2017, s. 113; Bryson ja muut, 2017, s. 1031–1032). Näiden tutkimuksien perusteella voidaan todeta, että yrityksen olisi hyvä pyrkiä panostamaan työntekijöidensä hyvinvointiin ja työtyytyväisyyteen. Kognitiivisen ergonomian huomioiminen voisi olla tähän yksi lähestymistapa.

Työssä syntyviä häiriöitä, keskeytyksiä ja tulevan tiedon ylikuormitusta voidaan pitää kognitiivisesti kuormittavina työolosuhteina, joihin puuttumalla voidaan edesauttaa sekä työntekijöitä, että organisaatiota parempaan työhyvinvointiin ja tuottavuuteen (Kalakoski ja muut, 2020, s. 14). Jatkuva tietomäärän kasvaminen asettaa nykyään kognitiiviselle ergonomialle uudenlaisia vaatimuksia siihen, miten onnistunut ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus saataisiin varmistettua (Kalakoski ja muut, 2019, s. 38). Kalakoski ja muut, (2019, s. 40) osoittavat, että tiedon kasvaessa ihmisen päätöksenteon vastetarkkuus heikkenee. Tilanteet, joissa meneillään oleva tehtävä vaatii samanaikaisesti ihmisen



työmuistia prosessoimaan tiedon säilyttämistä ja käsittelyä, voivat helposti johtaa tilanteeseen, jossa ihmisen kognitiivisen ergonomian rajoitukset tulevat vastaan (Cowan, 2001, s. 102). Kalakosken (2010) mukaan noin 20% työntekijöistä kokee tietotyön kuormittavan aivoja, mikä oireilee erilaisina muisti- ja keskittymisvaikeuksina. Näitä kuormittavia asioita voi olla esimerkiksi, että työntekijä kokee tietoa tulevan liikaa tai työtehtävät koetaan liian vaativiksi ja kuormittaviksi. Ympäristöllä ja järjestelmillä on myös vaikutusta, esimerkiksi meluinen ympäristö tai buginen järjestelmä voivat kuormittaa liikaa aivoja. Kalajoki (2010) toteaa tutkimuksessaan, että huomioimalla ihmisten tietojenkäsittelyyn liittyvät kognitiiviset kyvyt ja rajoitukset, voidaan kognitiivisen ergonomian avulla kehittää työympäristöjä, -välineitä ja -käytäntöjä, kuten lennonjohdot ja tuotantojärjestelmät, vastaamaan paremmin ihmisen kognitiivisia kykyjä. Tarkastellessa kognitiivista ergonomiaa, kysymykset painottuvat ihmisen ja tietotekniikan vuorovaikutukseen, visuaaliseen käytettävyyteen, kognitiiviseen kuormittumiseen ja keskittymistä ihmisen tietoon ja ymmärrykseen (de Haan & Dittmar, 2016, s. 1; van der Veer, 2008, s. 2614).

Tässä tutkimuksessa pyritään tuomaan esille ne avainasiat, mitä käyttöliittymän suunnittelussa täytyy ottaa huomioon kognitiivisen ergonomian kannalta, sekä miten järjestelmät ja ohjelmistot saadaan vastaamaan ihmisten kognitiivisia ominaisuuksia. Tutkimuksessa päätavoite on kuitenkin selvittää, miten kognitiivista ergonomiaa parantamalla voidaan vaikuttaa järjestelmän käytettävyyteen. Kognitiivisesta ergonomista löytyy paljon aiempia tutkimuksia, kuten Wu ja muiden (2016, s. 171) tutkimuksen tulokset osoittavat, että käyttöliittymän liiallinen informaatio lisää kognitiivista työmäärää, joka voi vaikuttaa negatiivisesti käyttäjien tehokkuuteen. Solis Marcos ja Kircher (2018, s. 55) toteavat, että kognitiivista työmäärää saattavat kuormittaa myös uusien autojen tietojärjestelmät, jotka ovat kehittyneet huomasti viime vuosina. Lindberg ja Näsänen (2003, s. 118) toteavat, että graafisella käyttöliittymällä voidaan vähentää käyttäjien muistikuormaa.

Danfossilla ei ole aiemmin käytetty kognitiivista ergonomiaa käyttöliittymien suunnittelussa, eikä kognitiivisen ergonomian huomioimiseen ole olemassa suunnitteluohjetta

vaan pikemminkin enemmän irrallisia tutkimuksia, joissa erilaisilla kognitiiviseen ergonomiaan liittyvällä muutoksilla on saatu järjestelmän käytettävyyttä parannettua. Tämän työn tuloksena syntyy IT-artefakti, jota Danfoss ja muut voivat käyttää järjestelmien ja käyttöliittymien suunnittelussa.

## 1.1 Tutkimuksen tavoite ja rajaus

Tutkimuksen tavoitteena on selvittää, miten kognitiivista ergonomiaa parantamalla voidaan vaikuttaa järjestelmän käytettävyyteen. Tavoite jaetaan seuraaviin tutkimuskysymyksiin, joihin tässä tutkimuksessa tullaan vastaamaan: Minkälaisia kognitiivisen ergonomian asioita tulisi ottaa huomioon käyttäjäystävällisen järjestelmän suunnittelussa? Mitä kognitiivisen ergonomian menetelmiä voitaisiin käyttää apuna käyttöliittymän suunnittelussa?

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen vastaukseen tullaan käyttämään kognitiivisen ergonomian ja käytettävyyden aiempia tutkimuksia sekä käytettävyykselyä, heuristista arviointia ja käyttäjätestausta aineiston hankintaan, jotta saadaan selville ne avainasiat, mitä tarvitaan kognitiivisen ergonomian näkökulmasta paremman järjestelmän käytettävyyden saavuttamiseksi. Toisen tutkimuskysymyksen kognitiivisen ergonomian menetelmällä tarkoitetaan sitä, että tutkimuksessa tullaan vastaamaan siihen, millä menetelmillä tai toimintaperiaatteilla käyttöliittymän toiminnot saadaan vastaamaan ihmisen kognitiivisia toimintoja. Tähän pyritään löytämään vastaus kognitiiviseen ergonomiaan liittyvistä aiemmista tutkimuksista.

Tutkimuksen tavoitteen ilmentymänä syntyy suunnittelutieteellisen tutkimuksen tutkimusmenetelmiä käyttäen IT-artefakti eli suunnitteluohje, jota voidaan käyttää parantamaan Danfossin tuotannossa käytettävän SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä. IT-artefaktilla tai pelkällä artefaktilla tarkoitetaan rakenteita, menetelmiä, tai ilmentymiä, jotka voivat syntyä esimerkiksi järjestelmäkehityksen aikana ja täten voivat toimia siltana teknisen ja sosiaalisen tutkimuksen välillä (March & Smith, 1995, s. 263; Nunamaker ja muut,

1990, s. 93–94). IT-arte faktit voivat olla mm. käyttöliittymiä, erilaisia järjestelmä- tai ali-järjestelmämalleja, esimerkkejä, hallintastrategioita, rakenteita, suunnitteluteorioita tai menetelmiä, joilla esim. käyttöliittymän käytettävyyttä saadaan parannettua (Gregor, 2002, s. 20; Gregor & Hevner, 2013, s. 337; March & Smith, 1995, s. 252; March & Storey, 2008, s. 727–728; Myers & Venable, 2014, s. 801). IT-arte faktien avulla voidaan ymmärtää ja löytää mahdolliset ongelmat järjestelmistä, kun ollaan suunnittelemassa uutta järjestelmää tai kehittämässä nykyistä paremmaksi (Hevner & Chatterjee, 2010, s. 5; Hevner ja muut, 2004, s. 76). Tässä tutkimuksessa tullaan käyttämään arte faktin sijasta IT-arte faktia, koska tutkimuksen aihe painottuu informaatioteknologiaan.

Tässä tutkimuksessa edetään ainoastaan siihen asti, että voidaan todeta IT-arte faktin olevan toteuttamiskelpoinen eli tutkimus päättyy ”proof of concept” -vaiheeseen, joten tutkimuksessa ei toteuteta yleensä suunnittelutieteellisen tutkimukseen kuuluvaa tulosten arviointia. IT-arte faktin arviointi tullaan tekemään myöhemmin kohdeyrityksessä tämän tutkimuksen ulkopuolella. Silloin IT-arte faktin avulla kehitettyä uutta SAP ME-järjestelmää iteroidaan käyttäjiltä kerättyjen tietojen perusteella ja arvioidaan, miten hyvin kehitetty IT-arte fakti auttoi esille tulleiden käytettävyyso ongelmien kanssa.

## 1.2 Tutkimusmenetelmä

Tämä tutkimus tullaan toteuttamaan suunnittelutieteellisenä tutkimuksena. Danfossin tuotannossa käytettävälle nykyiselle SAP ME-järjestelmän käyttöliittymälle tehdään käytettävyysskysely, josta nähdään, millä tasolla sen käytettävyys on. Käytettävyysskysely tullaan toteuttamaan uudestaan, kun SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä on päivitetty tässä tutkimuksessa kehitetyn IT-arte faktin eli suunnitteluohjeen avulla. IT-arte faktin avulla luotua SAP ME-järjestelmän käyttöliittymää tullaan testaamaan kahdella kohdeyrityksen tuotantolinjalla. Ennen testaamista tuotantolinjoilla, käyttöliittymää tullaan testaamaan kahden asiantuntijan, käytettävyyssiantuntijan ja järjestelmäasiantuntijan toimesta. Asiantuntijat tekevät käyttöliittymälle testauksen yhteydessä heuristisen arvioinnin, jonka tarkoitus on löytää mahdolliset käytettävyyso ngelmat käyttöliittymästä ja korjata ne ennen kuin käyttöliittymä testataan kohdeympäristössä (Nielsen, 1992, s. 373).

Tämän jälkeen käyttöliittymälle toteutetaan vielä käyttäjättestaus, jonka toteuttaa perehdyttäjä.

Danfossin tuotantolinjoilla SAP ME-järjestelmää käytetään kosketusnäytöiltä, mutta nykyistä SAP ME-järjestelmän käyttöliittymää ei ole suunniteltu käytettäväksi kosketusnäytöiltä. Tämän vuoksi nykyisen tilalle päivitetään SAP ME:n Touch POD -käyttöliittymä, joka on suunniteltu paremmin käytettäväksi kosketusnäytöiltä. SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä on konfiguroitavissa ilman, että ohjelman koodiin tarvitsee koskea (SAP ME, 2014, s. 2). Kohdeyrityksen tuotantolinjoilla ei ole aiemmin otettu huomioon kognitiivista ergonomiaa järjestelmien suunnittelussa. Harva työpiste toimii tuotannossa nykyään enää ilman tietotekniikkaa, joten tämä tutkimus tulee olemaan hyvin ajankohtainen. Tutkimuksen tavoitteen ilmentymänä syntyvää IT-artefaktia eli tässä tapauksessa suunnitteluohjetta, voi kohdeyritys tulevaisuudessa käyttää uusien järjestelmien/ohjelmistojen suunnittelussa.

### **1.3 Tutkielman rakenne**

Tutkielma koostuu teoreettisesta viitekehyksestä, aineiston hankinnasta ja analysoinnista sekä tutkielman toteutuksesta, jossa pyritään löytämään vastauksen aiemmin esitetyille tutkimuskysymyksille. Kokonaisuudessaan tutkielma sisältää seitsemän lukua, jossa ensimmäisenä on johdanto, jonka tarkoitus on johdattaa lukija tutkielman aiheeseen. Luvut 2 ja 3 sisältää teoreettisen viitekehyksen, jossa tuodaan esille kognitiivisen ergonomian ja käytettävyyden näkökulmat ja periaatteet, joiden perusteella IT-artefakti tullaan rakentamaan. Luvussa 4 kuvaillaan tutkimuksessa käytetty suunnittelutieteellisen tutkimuksen metodologin prosessimalli sekä aineiston hankinta ja analysointimenetelmät. Luvussa 5 kuvataan IT-artefaktin toteutus ja demonstrointi, sekä IT-artefaktin avulla kehitetyn SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän testaaminen kohdeyrityksen kahdella tuotantolinjalla. Kuudennessa luvussa kuvaillaan tulokset ja seitsemännessä luvussa diskussio.

## 2 Kognitiivinen ergonomia

Ergonomia on oma tieteenalansa, jonka Launis ja Lehtelä (2011, s. 20) jakavat kolmeen osa-alueeseen: fyysiseen, kognitiiviseen ja organisatoriseen ergonomiaan. Fyysisessä ergonomiassa tarkastelussa on ihmisen fyysinen toiminta. Silloin ergonomialla tarkoitetaan fyysisten asioiden soveltamista suunnittelussa, kuten työympäristöjen, työpisteiden, työvälineiden ja työmenetelmien suunnittelua. Kognitiivisessa ergonomiassa tarkastelun kohteena ovat järjestelmät, käyttöliittymät ja ihmisen tiedonkäsittely, kun taas organisatorisessa ergonomiassa kohteena ovat teknisen ja sosiaalisen järjestelmän toiminta (TEPA-termipankki, 2008).

Sana ergonomia tulee Kreikan kielestä, jossa ergon tarkoittaa työtä ja nomos lakia. Ergonomia on ammattikunta, jossa tavoitteena on sovittaa työ työntekijöille sopivaksi eli optimoida ihmisen hyvinvointi ja järjestelmien suorituskyky. Ergonomian tarkoitus on ymmärtää paremmin ihmisen ja järjestelmien erilaisten osien välistä vuorovaikutusta. Jotta ergonomistit ymmärtäisivät tämän paremmin, joutuvat he käyttämään apuna erilaisia teorioita, periaatteita, tietoja ja menetelmiä. Euroopassa ergonomiaan keskityttiin lähinnä teollisuusaloilla, joissa pyrkimys oli parantaa työntekijöiden suorituskykyä ja työtyytyväisyyttä. Tekoälyn tultua 70-luvulla ergonomiaan alettiin panostamaan muillakin aloilla, kuten esimerkiksi palvelualoilla. 80-luvulla sen ajan ergonomistit alkoivat olemaan huolissaan vaativista psykologisista näkökohdista, joten tämän seurauksena syntyi Euroopan kognitiivisen ergonomian järjestö (EACE). (International Ergonomics Association; Sanil ja muut, 2013, s. 48)

Kognitiivisen ergonomian avulla käyttöliittymien käytettävyyttä voidaan saada kehitettyä paremmaksi, joka johtaa siihen, että käyttäjät omaksuvat ja ymmärtävät käyttöliittymän toiminnot paremmin. Tämä mahdollistaa sen, että käyttäjä saa tehokkaasti käyttöliittymästä parhaan hyödyn irti. (Rodrigues ja muut, 2012, s. 5684–5685) Työssä olevat mukavuudet, miellyttävä työympäristö, oikea valaistus ja työssä käytettyjen laitteiden toimivuus ja käytettävyyys, voivat parantaa työntekijöiden fyysistä ja henkistä terveydentilaa (Hu ja muut, 2018, s. 348; Sanil ja muut, 2013, s. 52). Vimalanathan ja Babun (2012,

s. 4223–4226) tutkimus osoittaa, että työympäristön sisälämpötilalla, valaistuksella ja kognitiivisen ergonomian tekijöillä, kuten havainnoilla, oppimisella ja muistilla on merkittävä vaikutus toimistossa työskentelevien tuottavuuteen. Heidän tutkimuksestansa nähdään, että kognitiivisen ergonomian tekijät vaikuttivat kaikista eniten työntekijöiden tuottavuuteen (60,03%), kun sisälämpötilan vaikutus oli 15,7% ja valaistuksen 5,08%.

## 2.1 Kognitiivinen ergonomia käsitteenä

Kuten aiemmin kuvailtiin, niin ergonomia sisältää fyysisen, organisatorisen ja kognitiivisen ergonomian, mutta tähän on tullut mukaan yksi termi lisää, joka on informaatioergonomia (Franssila ja muut, 2014, s. 11). Franssilan ja muiden (2016, s. 2) mukaan informaatioergonomialla ei tarkoiteta kognitiivista ergonomiaa, eikä se ole siihen kuuluva johdannainen tai osa-alue, vaan ergonomiaan kuuluva laillinen ja autonominen sovellusalue. Tämä on ristiriidassa TEPA-termipankin (2008) terminologian kanssa, jossa kognitiivista ergonomiaa ja informaatioergonomiaa pidetään samana terminä. Informaatioergonomia keskittyy tekijöihin, kuten esimerkiksi tiedon ylikuormaan ja moniajioon (multitasking), jotka voivat aiheuttaa ergonomisia ongelmia tietotyöprosesseissa. Näitä ongelmia esiintyy esimerkiksi toimistoympäristöissä, jossa informaatioergonomian avulla pyritään hallitsemaan tietotyössä tulevaa tietokuormaa (Franssila ja muut, 2016, s. 1).

Kognitiivisessa ergonomiassa tavoitteena on tutkia kolmen asian vuorovaikutusta keskenään ja saada ne toimimaan yhdessä mahdollisimman tehokkaasti. Nämä kolme asiaa ovat ihminen, järjestelmä ja artefakti. Jokaisella ihmisellä on erilaisia mentaalisen havainnon malleja, jotka tulisi ottaa huomioon ihmisen ja tietokoneen välisessä käyttöliittymäsuunnittelussa, kuten ihmisen tiedon organisaatiolliset lait, kognitiiviset tyypit ja muistin ominaisuudet. (Deng ja muut, 2016, s. 11; Su ja muut, 2013, s. 231) Havainnointi, oppiminen ja ongelmanratkaisu ovat kognitiivisia prosesseja, joilla on tärkeä rooli olla vuorovaikutuksessa artefaktien kanssa, jotta saadaan selville ihmisten suorittamat kognitiiviset tehtävät (Cañas, 2008, s. 2630; Su ja muut, 2013, s. 11).

Kognitiivista työmäärää saattavat kuormittaa uusien autojen tietojärjestelmät, jotka ovat kehittyneet huomasti viime vuosina. Niistä onkin alkanut olemaan huoli, että ne saattavat kuormittaa liikaa kuljettajan kognitiivista kapasiteettia ja täten heikentää kuljettajien suorituskkyä. (Solis Marcos & Kircher, 2018, s. 55) Lindberg ja Näsänen (2003, s. 118) toteavat, että graafisella käyttöliittymällä voidaan vähentää käyttäjien muistikuormaa. Korkealla kontrastilla, riittävän kokoisilla painikkeilla, kuvilla ja tekstillä voidaan parantaa ihmisen luku- tai havaintonopeutta löytämään elementit nopeammin käyttöliittymästä (Legge ja muut, 1985, s. 20–21; Lindberg & Näsänen, 2003, s. 118; Näsänen, 2007, s. 17). Graafisia symboleita käyttäessä, olisi symbolien muistutettava niitä toimintoja, mitä niillä ollaan toteuttamassa (Näsänen, 2007, s. 20). Käyttöliittymissä, joissa kuvakkeita esiintyy paljon, on kuvakkeiden välillä myös merkitystä. Kuvakkeiden väli tulisi olla yksi kuvake, mutta jos tämä ei ole mahdollista, niin ½ kuvake toimii myös (Lindberg & Näsänen, 2003, s. 118).

Tiedon sijoittelulla pyritään antamaan tukea käyttäjälle, jotta käyttäjä voisi löytää ja ymmärtää tiedon nopeasti. Kun ihminen hakee tietoa, on haetun tiedon määrä verrannollinen siihen, miten paljon tietoa on sijoitettu käyttöliittymään samanaikaisesti. Tämän vuoksi käyttöliittymällä tulisivin olla näkyvissä kerrallaan vain tehtävän kannalta oleelliset tiedot. Kun silmää liikutetaan, tapahtuu silloin myös aina pysähdys. Tähän kuluu aikaa 0,15-0,4 sekuntia eli mitä enemmän tietoa, sitä enemmän silmän liikettä ja sitä enemmän näytön katselu kuormittaa käyttäjää. (Näsänen, 2007, s. 17)

Näsänen (2007, s. 17) toteaa, että käyttöliittymän layoutia voidaan pitää silloin tarpeeksi yksinkertaisen, kun katseen kohdistamisella näytön keskelle, voidaan nähdä kaikki näytön oleelliset osat. Oleellisimpien osien vaaleilla ja haaleilla taustaväreillä voidaan myös nopeuttaa tietojen etsimiseen kuluvaa aikaa (Van Laar, 2001, s. 132–133). Tämän tutkimuksen kuvissa eri osat on värjätty haaleilla väreillä helpottamaan tiedon etsintää.

Sanil ja muut (2013, s. 52) toteuttivat tutkimuksen, jossa tutkittiin, onko kognitiivisen ergonomian tekijöillä vaikutusta rahoituspalveluyrityksessä työskentelevien työntekijöiden hyvinvointiin. Heidän tutkimuksensa tuloksista voidaan muun muassa todeta, että työntekijän ja työtilanteessa olevien artefaktien välinen tehokas vuorovaikutus, voi lisätä työntekijöiden hyvinvointia. Ihmisen ja käyttöliittymän välisellä paremmalla vuorovaikutuksella voidaan saada rakennettua parempi luottamus käyttäjään, johon voi vaikuttaa mm. järjestelmän tilan selkeys, käyttäjän hallinta ja vapaus, hyvät virheilmoitukset, ohjeet ja dokumentaatiot (Nielsen, 1990, s. 339; Nielsen, 1994).

Kognitiivista ergonomiaa voidaan pitää tärkeänä tieteellisenä perustana käyttöliittymäsuunnittelulle. Ennen käyttöliittymäsuunnittelu sisälsi erilaisia käyttöliittymän mallinnuksia ja systemaattisia suunnittelutapoja, mutta nykypäivänä asiat ovat hieman muuttuneet. Kontekstuaalinen suunnittelu on ajanut suunnittelua enemmän teoriaan, tekniikoihin ja työkaluihin pohjautuvaan lähestymistapoihin. Edelleen tapahtuu väärinkäsityksiä siitä, että oletetaan käyttäjien hallitsevat tekniikan yksin ja myös oletetaan, että kaikki käyttäjät haluavat tai tarvitsevat samanlaisen järjestelmän. Kognitiivisessa ergonomiassa pyritään auttamaan artefaktien käyttäjiä ratkaisemaan ymmärtämisongelmansa tai suunnittelemaan kognitiivisesti ihmisen taitoihin ja tarpeisiin sopivia artefakteja. Kognitiota ei kuitenkaan sovi ajatella liian kapeasti. Hyväksymisen, tunteiden ja käyttämisen ymmärtämisen lisäksi, kognitiota tulisi ajatella laajemmin, kuin vain psykologisessa merkityksessä. (van der Veer, 2008, s. 2615, s. 2627)

Käyttöliittymäsuunnittelussa olisi hyvä miettiä, että mitkä ovat ne ihmisen kognitiiviset taidot tai kognitiiviset prosessit, jotka täytyisi ottaa huomioon käyttöliittymien suunnittelussa. Seuraavissa luvuissa tutustutaan tarkemmin ihmisen kognitiivisiin prosesseihin, kuten havaitsemiseen, tarkkaavaisuuteen, muistiin, ajatteluun, päättelyyn ja ongelmanratkaisuun, sekä siihen, että millä menetelmillä ja periaatteilla kognitiivisen ergonomian huomioiminen saadaan mahdollistettua käyttöliittymäsuunnittelussa.



## 2.2 Ihmisen kognitiiviset prosessit

Kognitiivinen psykologia kuvaa erilaisia sisäisiä prosesseja, jotka auttavat ihmistä ymmärtämään ympäristön, tutustumaan asioihin, keräämään tietoa ja toimimaan asianmukaisella tavalla. Näitä prosesseja ovat huomioiminen, havainnoiminen, oppiminen, muistaminen, puhuminen, ymmärtäminen, ongelmanratkaiseminen, uusien ideoiden luominen, päättelyminen ja ajattelu. (Eysenck & Keane, 2020 s. 1; Preece ja muut, 1994, s. 62)

Kognitiivisia prosesseja tarvitaan esimerkiksi käyttöliittymän havaitsemiseen, jotta ihminen osaa kiinnittää oikeisiin asioihin huomion (Kuoppala ja muut, 2002, s. 79). Seuraavissa luvuissa avataan tarkemmin ihmisen kognitiivisia toimintoja, kuten havaitsemista, tarkkaavaisuutta, muistia, ajattelua ja ongelmanratkaisemista, koska nämä asiat täytyy ottaa huomioon, kun yritetään saada käyttöliittymän toiminnot vastaamaan ihmisen kognitiivisiin toimintoihin.

### 2.2.1 Havaitseminen

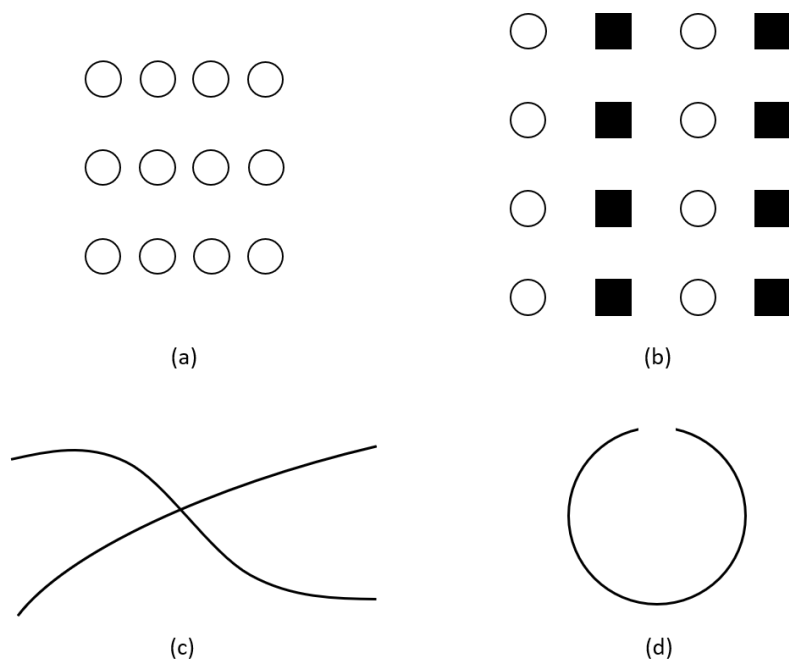
Tässä luvussa havaitsemista tarkastellaan visuaalisen näkökulman kautta. Tämän näkökulman kautta havaitsemista onkin tutkittu kaikista eniten (Anderson, 1995, s. 36). Visuaalinen havaitseminen voidaan jakaa kahteen vaiheeseen, ensimmäisessä vaiheessa ihminen erottelee muodot ja objektit visuaalisesta näkymästä, kuten esim. käyttöliittymästä ja toisessa vaiheessa tapahtuu näiden muotojen ja objektien tunnistaminen (Anderson, 1995, s. 36). Kuoppala ja muut (2002, s. 77) toteavat, että käyttäjän täytyy pystyä havaitsemaan kaikki tehtävän suorittamisen kannalta oleelliset asiat, tunnistamaan ne ja mieltää ne joksikin, jotta käyttäjä pystyy käyttämään tuotetta. Suunnittelijoiden pitäisikin ymmärtää ihmisten havaintojärjestelmää paremmin, kuten esimerkiksi, että ihminen ei pysty havaitsemaan kaikkia asioita, mitä käyttöliittymässä on näkyvillä (Kuoppala ja muut, 2002, s. 79).

Ihmisen visuaalisen järjestelmän tunnistettua muodot ja objektit, on sen tämän jälkeen vielä prosessoitava paljon tietoa, koska sen on selvitettävä muotojen ja objektien sijainti. Tämä johtuu siitä, että silmän verkkokalvo tulkitsee asiat luonnostaan kaksiulotteisena (2D), joten asiat on rakennettava visuaalisessa järjestelmässä kolmiulotteiseksi (3D). (Anderson, 1995, s. 43) Visuaalista järjestelmää voidaan pitää hyvinkin merkittävänä, sen avulla pystymme muun muassa havaitsemaan asioita pimeässä, seuraamaan liikkuvia objekteja ja saamaan tietoa näytöiltä, vaikka niiden laatu, koko ja muut ominaisuudet vaihtelisivat, mutta tämä ei kuitenkaan tapahdu tasaisella tehokkuudella eikä kaikilla nopeuksilla. Visuaalinen järjestelmä ei esimerkiksi havaitse ammuttua luotia tai infrapuna-avaloa. (Preece ja muut, 1994, s. 76) Havaitseminen, kuten esimerkiksi kokonaiskuvan muodostaminen ympäristöstä tapahtuu ihmisen viiden aistipiirin avulla, joita ovat näkö, kuulo, tunto, haju ja maku. Tärkeimpinä aisteina, jotka liittyvät käyttöliittymien tietojen vastaanottamiseen, voidaan pitää näkö- ja tuntoaistia, sekä joissakin tilanteissa myös kuuloaistia. (Kuoppala ja muut, 2002, s. 81–82)

Havaitsemista voidaan helpottaa visuaalisilla esityksillä, kuten esimerkiksi kvantitatiivisten tietojen esittäminen pylväskaaviossa tai piirakkakaaviossa (Preece ja muut, 1994, s. 89–90). Väreillä voidaan myös vaikuttaa käyttöliittymän miellyttävyyteen ja mukavuuteen. Väreillä voidaan jäsenellä tietoja käyttöliittymässä, joka auttaa niiden ymmärtämisessä ja tulkinnessa, mutta värien käytössä on kuitenkin hyvä pysyä maltillisena tai olla käyttämättä teksteissä, suurilla alueilla ja taustoissa liian kylläisiä värejä, kuten punaista ja syvän sinistä tai näiden värien ääripäitä, lähellä olevia muita yhtä voimakkaita värejä. (Schwier & Misanchuk, 1995, s. 2; Preece ja muut, 1994, s. 89) Kylläisien värien käyttö voi tehdä käyttöliittymästä liian räikeän, vaikeasti tulkittavan ja hämmentävän (Preece ja muut, 1994, s. 89). Schwier ja Misanchuk (1995, s. 4) toteavat, että suunnittelussa onkin hyvä lähteä liikkeelle yhdellä värillä ja sen jälkeen lisätä uusi väri. Värien psykologiasta käydäänkin vilkasta keskustelua, joissa on noussut esille, että värien oikeanlainen käyttö voi stimuloida, rauhoittaa ja parantaa ihmisten suorituskykyä (Schwier & Misanchuk, 1995, s. 2). Ikonit, joita käytetään kuvaamaan mm. järjestelmäobjekteja (esim. window-sin työpöytäkuvakkeet), niin näiden avulla voidaan helpottaa käyttäjää havaitsemaan,

oppimaan ja ymmärtämään esimerkiksi käyttöliittymän painikkeiden toiminnot paremmin. Ikonien lisääminen käyttöliittymissä vähentää käyttöliittymien monimutkaisuutta, mutta jos ikoneita on lisätty liikaa ja jos ne sattuvat olevan samankaltaisia, niin ikonien erottaminen toisistaan voi olla haasteellista. (Preece ja muut, 1994, s. 95)

Ihmisellä on olemassa hahmolakeja (Gestalt Laws), jotka kuvaavat erilaisia yhdistelytapoja. Hahmolait olisi hyvä ottaa huomioon käyttöliittymäsuunnittelussa tai tuotteiden pintarakenteissa. Näitä hahmolakeja ovat läheisyys, samanlaisuus, jatkuvuus, tuttuus, valiomuotoisuus, yhteinen liike, yhteenliittyminen ja sulkeutuvuus. (Eysenck & Keane, 2020, s. 99; Kuoppala ja muut, 2002, s. 102–104) Kuviossa 1 näytetään näistä neljä esimerkkiä, **läheisyyden** (proximity) laissa (ks. kuvio 1, a) kaksi ärsykettä, jotka sijaitsevat lähellä toisiaan mielletään yhteenkuuluviksi. Jos visuaalisia kohteita on paljon lähekkäin, niin silloin nämä nähdään ryhmänä. Jos ärsykkeet ovat samanlaisia, niin silloin kyseessä on **samanlaisuuden** (similarity) laki (ks. kuvio 1, b), jossa nämä samanlaiset ärsykkeet mielletään kuuluvan yhteen tai samaan ryhmään. (Eysenck & Keane, 2020, s. 99; Kuoppala ja muut, 2002, s. 102–104)



**Kuvio 1.** Esimerkit neljästä ihmisen hahmolaista (Eysenck & Keane, 2020, s. 99).

**Jatkuvuuden** (continuity) laissa (ks. kuvio 1, c) esimerkiksi yhtenäinen viiva nähdään kuviona ja yksittäiset viivat, jotka leikkaavat toistensa kanssa, nähdään jatkuvina osina. **Tuttuuden** (familiarity) laissa tutut ja merkitykselliset elementit nähdään kuvioina, ja **valiomuotoisuuden** (Prägnanz, good shape) laissa ymmärrämme nämä kuviot mahdollisimman yksinkertaisesti, vähä niin kuin ”hyvämuotoisina”. Jos kohteet ovat liikkeessä ja menossa samaan suuntaan samalla nopeudella, on kyseessä tällöin **yhteisen liikkeen** (common fate) laki, jossa nämä kohteet mielletään kuuluvan samaan ryhmään tai kohteeseen. **Yhteenliittymisen** (connectedness) laki, joka on yleensä kaikista hahmolakeista se vahvin laki. Yhteenliittymisen laissa kohteet, jotka ovat esimerkiksi kiinnitetty toisiinsa mielletään kuuluvan samaan ryhmään. **Sulkeutuvuuden** (closure) laissa (ks. kuvio 1, d) kohde on jokin tietty yhteenkuuluva alue, joka sisältää rajat ja sisällön rajojen sisällä. (Eysenck & Keane, 2020, s. 99; Kuoppala ja muut, 2002, s. 102–104)

### 2.2.2 Tarkkaavaisuus

Ihminen aistii enemmän kuin mitä pystyy havaitsemaan. Ihmisellä on tietty määrä kapasiteettia tiedon keräämiseen, joten ihminen pystyy keräämään vain sen määrän tietoa, mitä se pystyy prosessoimaan. Se mitä tietoa ihminen kerää, tapahtuu tarkkaavaisuuden avulla. Tämä kapasiteetin rajallisuus vaatii ihmiseltä jatkuvasti aisti-informaation valikoimista. Valikointi tapahtuu valikoivan tarkkaavaisuuden, huomion automaattisen ohjautumisen ja suuntautumisrefleksin mekanismien avulla. (Kuoppala ja muut, 2002, s. 112–113) Valikoivassa tarkkaavaisuudessa ihminen kiinnittää huomion valitsemalla tietyn kohteen, pyrkii keskittymään siihen mahdollisimman pitkään ja samalla yrittää jättää huomioimatta muut häiriötekijät. (Eysenck & Keane, 2020, s. 178; Kuoppala ja muut, 2002, s. 113; Preece ja muut, 1994, s. 101)

Huomion automaattisessa ohjautumisessa, huomio kiinnittyy sellaisiin kohtiin, joista käyttäjä on kiinnostunut. Kokenut käyttäjä osaa kiinnittää huomionsa oikeisiin asioihin ja täten löytää objektit paljon nopeammin käyttöliittymästä, mutta jos ohjelma toimiikin toisella tavalla, on objektien haku-aika tällöin pitempi. Suuntautumisrefleksissä tarkkaavaisuuden huomion kiinnittää kohteeseen joko ääni, uusi objekti tai jokin eroavaisuus

muista, kuten virheilmoitukset. Nämä poikkeavuudet saavat ihmisen siirtämään huomionsa toiseen kohteeseen. Näissä tilanteissa ihminen saattaa unohtaa sen, mitä oli juuri sillä hetkellä tekemässä, kun keskeytys tapahtui ja huomio siirtyi toiseen kohteeseen. (Kuoppala ja muut, 2002, s. 114; s. 117; Preece ja muut, 1994, s. 101)

Tähän voidaan vielä lisätä jakautunut tarkkaavaisuus, jossa käyttäjä yrittää toteuttaa useampaa tehtävää samaan aikaan (Eysenck & Keane, 2020, s. 178). Tämä johtaa yleensä siihen, että kaikki samaan aikaan toteuttavat tehtävät kärsivät (Kuoppala ja muut, 2002, s. 118). Visuaalinen tarkkaavaisuus onkin ihmisen tärkein aisti ja siihen on varattu enemmän aivokuorta kuin muihin aisteihin (Eysenck & Keane, 2020, s. 183). Laviesin (2005, s. 81) kuormitusteorian mukaan edes ohjeiden antaminen käyttäjälle ei auta käyttäjää keskittymään tiettyyn tehtävään, eikä estä kyseisen tehtävän toteuttamisen aikana tulevia mahdollisia häiriötekijöitä, koska liian vähäinen havaintokuorma tai liian korkea kognitiivinen kuormitus altistavat enemmän häiriötekijöille.

Ihminen käyttää paljon aikaa erilaisten objektien etsimiseen, kuten esimerkiksi kaverin etsimiseen suuresta ihmismassasta (Eysenck & Keane, 2020, s. 200). Tämä etsiminen tapahtuu visuaalisen haun avulla ja visuaalisen haun nopeuteen voidaan vaikuttaa ympäristötekijöillä. Visuaalinen haku tapahtuu paljon nopeammin, jos häiriötekijät ovat samankaltaisia, koska tällöin on helpompaa tunnistaa nämä häiriötekijöiksi. (Duncan & Humphreys, 1989, s. 456) Tähän voidaan ottaa hyväksi esimerkiksi se, että kaverin löytäminen ihmismassasta on paljon vaikeampaa kuin golfpallon löytäminen tippuneiden lehtien seasta, koska ihmiset muistuttavat toisiaan, kun taas tippuneet lehdet eivät juurikaan muistuta golfpalloja. Kiss ja Eimer (2011, s. 1642) osoittavat visuaalisen haun olevan nopeampaa silloin, kun häiriötekijät tai käyttöliittymässä osa uusien objektien esittämisestä tapahtuu etukäteen ja loput objektit vasta myöhemmin kuin se, että kaikki objektit näytettäisiin käyttöliittymässä samanaikaisesti.

Miten tarkkaavavaisuus voidaan ottaa huomioon käyttöliittymien suunnittelussa? Miten käyttäjän tarkkaavaisuus osataan ohjata oleellisimpaan tietoon? Yksi tapa käyttäjän tarkkaavaisuuden huomioon ottamiseen on jäsennellä tietoa käyttöliittymässä. Helpottaakseen käyttöliittymän navigointia, näytöllä ei saisi olla liikaa, eikä liian vähän tietoa näkyvissä. Nämä molemmat lisäävät käyttäjän aikaa skannata tietoa, koska täynnä oleva näyttö ja monien näyttöjen käyttö lisää huomattavasti skannaukseen kuluvaan aikaan. Sopivan tiedon määrän lisäksi tiedon ryhmittäminen ja järjestäminen merkityksellisiin osiin käyttäen luvussa 2.1.1 esitettyjä hahmolakeja, auttaa ohjaamaan käyttäjää oikean tiedon luokse ja helpottaa sen havaitsemista. Myös värien käytöllä, erilaisilla vihjeillä ja virheilmoituksilla saadaan käyttäjän huomio herätettyä. (Preece ja muut, 1994, s. 101–102)

### **2.2.3 Muisti**

Aivan kuten havaitseminen ja tarkkaavaisuuskin ovat mukana ihmisen jokapäiväisessä arjessa, niin on myös muistaminen. Muistia tarvitaan toimintoihin, puhumiseen, lukemiseen, kirjoittamiseen ja esimerkiksi puhelimen käyttöön. Hampaiden harjauskaan ei onnistuisi ilman muistia, koska ihmisen täytyy muistaa missä hammasharja on ja mitä sen kanssa täytyy tehdä. Ihminen omistaa erittäin monipuolisen muistijärjestelmän, joka tallentaa yksityiskohtaisia aistikuvia. Näiden avulla ihminen pystyy tunnistamaan ja luokittelemaan erilaisia ääniä, makuja, hajuja ja tunteita. Vaikka ihmisen muistijärjestelmä onkin hyvin monipuolinen ja kykenee muistamaan mitä ihmeellisempiä asioita, niin täysin erehtymätön se ei kuitenkaan ole. Voidaan ottaa esimerkiksi tilanne, jossa ihminen on juuri tavannut uuden tuttavuuden, niin melko usein saattaa käydä, että ihminen ei muista uuden tuttavuuden nimeä. Ihmisen muisti toimii aivan samoin tietokoneiden kanssa. Jotkin toiminnot on helppoa muistaa ulkoa, kun taas toiset toiminnot eivät meinaa jäädä millään muistiin ja jos jäävät, niin ne unohtuvat hyvin nopeasti käytön jälkeen. (Preece ja muut, 1994, s. 108)

Preece ja muut (1994, s. 108) toteavat, että uuden asian muistamiseen vaikuttaa paljon sen merkityksellisyys. Aiempien psykologisten tutkimuksien avulla on huomattu, että

muun muassa kohteen tuttuudella ja siihen liittyvällä mielikuvalla voidaan edistää ärsyksen merkitystä. Tutut ja mielikuvitukselliset sanat on todettu olevan niitä, jotka ihmisen on kaikista helpointa muistaa. Tuttuja sanoja ovat esimerkiksi ovi, lukea ja pysähtyä, ja mielikuvallisia sanoja ovat ratsastaa, nukkua ja syödä. Käyttöliittymien suunnittelussa olisikin hyvä muistaa tehdä niistä kohteista kaikista merkityksellisempiä, mahdollisimman mielekkäitä ja mieleenpainuvampia, jotka käyttäjän täytyy muistaa. Ikonit sekä komentojen ja painikkeiden nimet olisikin hyvä valita niiden merkityksen, tuttuuden ja kuvitelavuuden perusteella. (Preece ja muut, 1994, s. 108) Aivan kuten käyttöliittymien kanssa, niin tuttuus pätee myös kauppareissuilla. Huestegge ja Radach (2012, s. 1024–1025) toteavat, että tuttuudella voidaan vaikuttaa tuotteiden löytämiseen esimerkiksi kaupan hyllyiltä. He toteavat, että mitä enemmän tuotteita oli mainostettu, sitä nopeammin tutkimuksen osallistajat löysivät tuotteet.

Spatiaalisen muistin avulla ihminen oppii toteuttamaan erilaisia tehtäviä tietokoneella tai oppii kohteiden sijainnit, osaa navigoida niihin ja tunnistaa ympäristön ympärillä (Madl ja muut, 2015, s. 19; Pak ja muut, 2006, s. 161–164; Scarr ja muut, 2012, s. 2). Ihmisen ja tietokoneinen välisissä (Human Computer Interaction, HCI) käyttöliittymissä objektien paikkojen spatiaalinen tuntemus auttaa käyttäjää toimimaan sujuvasti ja tehokkaasti ilman, että objekteja joutuisi hakemaan hitaasti visuaalisella haulalla. Kun spatiaalinen tuntemus eli objektien sijainti on käyttöliittymällä tullut tutuksi, on visuaalinen haku sen jälkeen tarpeeton. Käyttöliittymäsuunnittelussa olisikin hyvä ottaa huomioon tai ainakin tarjota tukea käyttäjän spatiaalisen muistin kehittämiselle. Monet kuitenkin rikkovat muutoksilla käyttäjän kykyä muistaa asioita uuden käyttöliittymän päivittämisessä, siirtämällä esimerkiksi painikkeiden paikkoja uudelleen. (Scarr ja muut, 2012, s. 1, s. 19)

Scarr ja muut (2012, s. 62) toteavat spatiaalisen tuntemuksen auttavan käyttäjiä nopeampaan tietokoneen ja ihmisen väliseen vuorovaikutukseen ja nopeampaan tiedonhakuun. Tämä myös auttaa sitä, että käyttäjän ei tarvitse kuluttaa kaikkia kognitiivisia resurssejaan käyttöliittymään vaan käyttäjä voi keskittyä paremmin käsillä olevaan tehtävään

(Scarr ja muut, 2012, s. 62). Tässä tutkimuksessa ei ole mahdollista antaa käyttäjille oikeuksia muokata käyttöliittymää omanlaiseksi, mutta Findlaterin ja McGreneren (2004, s. 96) tutkimuksen mukaan käyttöliittymissä, joissa käyttäjä ja järjestelmä hallitsevat molemmat käyttöliittymän ulkoasua voi lisätä käyttäjien tyytyväisyyttä, koska tällöin käyttäjällä on mahdollisuus räätälöidä käyttöliittymää omanlaiseksi. Kategorioinnilla ja järjestyksellä voidaan auttaa aloittelevia käyttäjiä löytämään kohteet nopeammin käyttöliittymästä (Card, 1984, s. 106–107). Gustafson ja muut (2011, s. 291) toteavat, että käyttäjille rakentuu spatiaalinen muisti automaattisesti fyysistä laitetta käyttäessä. Heidän tutkimuksensa mukaan jopa 68% iPhoneen käyttäjistä tiesi oman kotivalikon näytön sovellukset ulkoa. Spatiaalinen paikkatieto, kuvallinen painike ja tekstilliset vihjeet (esim. hiiren osoittaman tekstin otsikko) objekteissa ovat tehokas yhdistelmä auttamaan käyttäjiä vahvistamaan heidän valintansa (Czerwinski ja muut, 1999, s. 7).

#### **2.2.4 Ajattelu, päättely ja ongelmanratkaisu**

Asiat opitaan ymmärtämisen kautta ja ajattelulla onkin merkittävä rooli siinä, miten ihminen ymmärtää asiat (Kuoppala ja muut, 2002, s. 229). Ihminen omistaa kaksi mentaalista mallia, strukturaalisen ja toiminnallisen mallin. Strukturaalinen malli kuvaa sitä, miten ihminen ymmärtää laitteen ja järjestelmän toiminnan, ja toiminnallinen malli sitä, miten ihminen käsittää laitteen ja järjestelmän käyttämisen. Useimmiten ihminen ymmärtää laitteen tai järjestelmän toiminnallisen mallin kautta. Käyttöliittymien suunnittelussa näiden mentaalisten mallien huomioon ottaminen voi auttaa suunnittelijoita kehittämään käyttäjille sopivampia käyttöliittymiä. (Preece ja muut, 1994, s. 139)

Ihmisen kykyä suunnitella ja ratkaista erilaisia ongelmia jokapäiväisessä elämässä voidaan pitää ihmisen ajattelukäyttäytymisen peruskivenä. Ajattelun erilaisia muotoja ovat ongelmanratkaisu, päätöksenteko, arviointi ja päättely. Ongelmanratkaisu on kognitiivinen aktiviteetti, jossa aluksi tunnistetaan ongelma ja sen jälkeen vaihe vaiheelta löydetään siihen ratkaisu. Ongelmanratkaisu eroaa siten päätöksenteosta, että ongelmanratkaisussa yksilöt luovat omanlaisensa ratkaisut. (Eysenck & Keane, 2020, s. 569–571) Käyttäjälle voi helposti tulla eteen tilanne uuden käyttöliittymän kanssa, jossa käyttäjä ei



tiedä mitä pitäisi tehdä. Näiden ongelmien selvittämiseen käyttäjä voi käyttää sattumanvaraista kokeilua tai analogista päättelyä. Käyttäjällä saattaa myös olla kokemuksia aiemista samankaltaisista käyttöliittymistä, joita hän voi käyttää mallina ratkaisemaan edessä olevan ongelman. (Kuoppala ja muut, 2002, s. 233) Päätöksentekoa vaaditaan esimerkiksi sellaisissa tilanteissa, jossa valitaan jokin vaihtoehto esillä olevista tai esitetyistä mahdollisuuksista (Eysenck & Keane, 2020, s. 569–571). Päätöksenteon aikana ihmisen täytyy pitää kaikki vaihtoehdot mielessä, joten mitä enemmän vaihtoehtoja on, sitä enemmän päätöksenteko kuormittaa työmuistia. Näissä monimutkaisissa tilanteissa virheiden määrää ja päätöksentekoon kuluva aikaa voidaan pitää suoraan verrannollisena siihen, miten paljon vaihtoehtoja on esitetty. (Kuoppala ja muut, 2002, s. 232)

Arviointia voidaan pitää päätöksenteon komponenttina, jossa lasketaan mahdollisten tapahtumien todennäköisyydet. Päättely jaetaan deduktiiviseen, vapaamuotoiseen ja induktiiviseen päättelyyn. Deduktiivisessa päättelyssä erilaiset väitteet päätellään logiikan avulla, kun taas induktiivisessa päättelyssä, päätökset tehdään esillä olevien tietojen perusteella. Vapaamuotoisessa päättelyssä väitteet arvioidaan huomioimalla asiantuntemus ja kokemus. (Eysenck & Keane, 2020, s. 571) Päättelyllä ihminen käyttää omaa tietovarastoaan ja soveltaa kertymää tietoansa erilaisiin tilanteisiin sopivaksi. Päättely tapahtuu yleensä automaattisesti ja sen verran tehokkaasti, ettei ihminen huomaa sitä juuri lainkaan. Aivan kuten ongelmanratkaisussa, monimutkaiset päättelytehtävät lisäävät virheiden määrää myös päättelyssä. Monimutkaisissa päättelyissä, ihminen voi käyttää heuristiikkoja apuna silloin, kun muuttujien määrä on liian suuri. Käyttöliittymäsuunnittelussa tutuimpana voidaan pitää Nielsenin 10 heuristisen säännön listaa, jota käytetään arvioimaan käyttöliittymän käytettävyyttä. (Kuoppala ja muut, 2002, s. 237–240) Nielsenin 10 heuristisen listaa avataan tarkemmin luvussa 3.2.

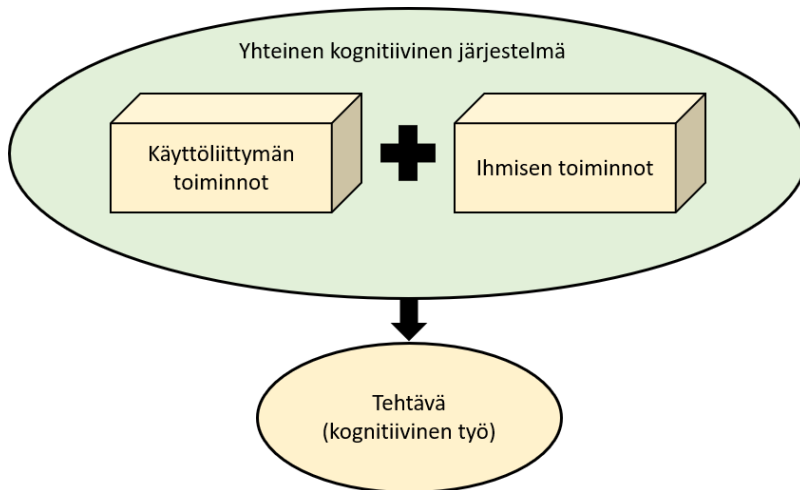
### **2.3 Kognitiivinen ergonomia käyttöliittymäsuunnittelussa**

Kognitiivisen ergonomian avulla pyritään saavuttamaan tehtäväaikojen lyhentymistä, ihmisen tekemien virheiden vähentymistä, oppimisajan lyhentymistä, ihmisten parempaa tyytyväisyyttä järjestelmää kohtaan, kognitiivisen kuorman keveyttä, stressin välttämistä

ja suorituskyvyn parantamista (Cañas, 2008, s. 2631; Kaber ja muut, 2006, s. 2; Marchitto & Cañas, 2011, s. 268–269). Cañas (2008, s. 2630–2631) toteaa, että nämä tavoitteet eivät juurikaan eroa muista ihmisen ja vuorovaikutukseen liittyvistä tieteenaloista, joissa tarkoitus on parantaa ihmisen ja järjestelmien vuorovaikutusta, vaan ero on menetelmissä, miten näihin tavoitteisiin päästään.

Yhtä perinteistä menetelmää kutsutaan vuorovaikutuksen kognitiiviseksi analyysiksi (cognitive analysis of interaction), jossa näitä kognitiivisen alan psykologien ehdottamia teoreettisia malleja on sovellettu ihmisten kognitiivisiin prosesseihin. Tämän lähestymistavan kanssa on kuitenkin ilmennyt ongelmia, koska nämä laboratorioympäristöissä kehitellyt teoreettisten mallien ennusteet tietyille välineille, tehtäville ja ihmisille eivät ole olleet tarpeeksi varmoja, kun pyritään ennustamaan sitä, miten henkilö on vuorovaikutuksessa artefaktin kanssa. Näissä perinteisissä vuorovaikutusta mittaavissa analyyseissä on virheellisesti oletettu, että ihminen olisi ainoa vuorovaikutuksessa oleva kognitiivinen agentti. (Cañas, 2008, s. 2630–2631) Teknologian kehityksen myötä laitteissa käytetään entistä enemmän automatiikkaa, jonka vuoksi artefakteja voidaan myös pitää kognitiivisina agentteina. Nämä laitteet toimivat itsenäisesti ja osa niistä ei tarvitse lainkaan ihmisen läsnäoloa toimiakseen. Ero ihmisen ja laitteen välillä tulee siitä, että artefaktin on suunnittelut ihminen, kun taas ihmistä on muokkaantunut oppimisen kautta. (Cañas, 2008, s. 2631)

Cañas (2008, s. 2631) toteaaakin muiden tutkijoiden kanssa, että tämä perinteinen analyysi olisi hyvä korvata sellaisella analyysillä, jossa otettaisiin täydellisesti huomioon ihmisen ja sen ympäristön välinen vuorovaikutus, koska tämä mahdollistaa paremman ymmärryksen ihmisen käyttäytymisestä. Tätä onkin alettu kutsumaan nimellä yhteinen kognitiivinen järjestelmä (Joint Cognitive System). Yhteisen kognitiivisen järjestelmän suorittamat toiminnot jaetaan kahteen toimintoon, jotka toimivat ihmisten (toimintojen) ja artefaktien välillä (ks. kuvio 2.). (Cañas, 2008, s. 2632)



**Kuvio 2.** Yhteinen kognitiivinen järjestelmä (mukaillen, Cañas, 2008, s. 2632).

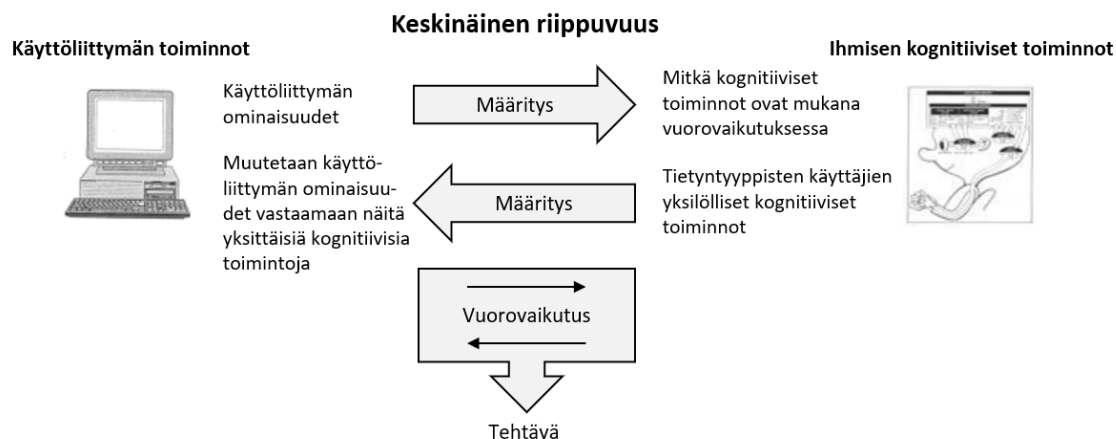
Vuorovaikutusta kognitiivisessa ergonomiassa Cañas (2008, s. 2632) kuvailee näin: *”Yhteistyö tehtävän suorittamiseksi on kognitiivinen työ”*. Kognitiivisessa ergonomiassa vuorovaikutusta ei ole tavoite vaan tehtävän suorittaminen. Jos kuvailemme esimerkiksi autolla ajamista itse tehtävänä, niin tavoitteena ei ole istua autossa ja leikkiä siellä olevilla laitteilla, vaan tavoitteena on päästä yhdestä paikasta toiseen mahdollisimman turvallisesti ja nopeasti. (Cañas, 2008, s. 2632)

Kuten kuviossa 2 nähdään, tämä saadaan toteutettu yhdessä käyttöliittymän toimintojen kanssa. Jaetuilla kognitiivisilla toiminnoilla tarkoitetaan mm. havaitsemista, läsnäoloa, muistamista, päätöksentekoa ja yhteistyötä, jotka kuuluvat tietojen käsittelyprosessiin. Tehtävän suorittamisessa ihminen ja artefakti ovat vuorovaikutuksessa, jonka suorittamiseksi ne suorittavat kognitiivisia toimintoja. Vuorovaikutuksen tarkoitus on kuvata, että miten kognitiiviset toiminnot jaetaan ihmisille ja artefakteille. Tätä kutsutaan mukautuvien toimintojen allokoinniksi, jossa toimintoja voidaan muuttaa ja jakaa uudelleen vuorovaikutuksen avulla. Käyttöliittymäsuunnittelussa onkin otettava huomioon artefaktin lisäksi myös ihmisen suorittamat toiminnot, johon on sisällyttävä ne keinot, jolla artefakti esittelee tietoa henkilölle ja keinot toisinpäin, miten henkilö tuo tietoja artefaktiin. (Cañas, 2008, s. 2632–2633)

Miten allokointi tapahtuu käytännössä ja mitä vaikutuksia sillä on käyttöliittymäsuunnittelussa? Aluksi tarvitaan toimintaperiaate, miten tutkia käyttöliittymän toimintojen ja ihmisten kognitiivisten toimintojen välistä suhdetta. Cañas (2008, s. 2633) kutsuukin tätä toimintaperiaatetta keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaatteeksi (The Principle of Mutual Dependency), jota sovelletaan suunnitteluongelmien ratkaisemiseen tarkastelemalla käyttöliittymän toimintoja ja ihmisen kognitiivisia toimintoja. Käyttöliittymän toiminnoilla tarkoitetaan niitä toimintoja, jotka vastaavat ihmisen työmuistin rakennetta ja toimintaa. Mikä tahansa päivitys käyttöliittymässä tulee vaikuttamaan ihmisen kognitiivisiin toimintoihin tehtävää suorittaessa. (Cañas ja muut, 2004, s. 16; Ojel-Jaramillo & Cañas, 2006, s. 107) Tähän voidaan ottaa esimerkiksi Ojel-Jaramillo ja Cañas (2006, s. 114–115) tutkimuksen, jossa mitattiin vanhempien ihmisten virhesoittojen määrää etähoito-palveluissa sanallisella käyttöliittymällä eli missä vaihtoehdot on kirjoitettu, ja graafisella käyttöliittymällä, jossa puhelimen vaihtoehdot ovat sanojen sijaan kuvakkeina. Tuloksista voidaan todeta, että graafinen käyttöliittymä vähensi virhesoittojen määrää.

Cañas (2008, s. 2633) ja Ojel-Jaramillo ja Cañas (2006, s. 108) jakavat keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaatteen (ks. kuvio 3) tarkoituksen neljään osaan:

1. Optimaalisia käyttöliittymän toimintoja ovat ne, jotka sopivat tehtävään liittyviin ihmisen kognitiivisiin toimintoihin.
2. Tehtävään liittyvät ihmisen kognitiiviset toiminnot riippuvat käyttöliittymän toiminnoista.
3. Uuden käyttöliittymän muokkaaminen, korvaaminen tai käyttöönotto edellyttää ihmisen kognitiivisten toimintojen mukauttamista.
4. Ihmisen kognitiivisten toimintojen kehitys (esim. oppiminen) tai rajoitukset (esim. iäkkäät käyttäjät) asettavat mahdollisia rajoituksia käyttöliittymän toiminnoille



**Kuvio 3.** Keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaate (mukaihen, Cañas, 2008, s. 2634).

Cañas ja muut (2004, s. 16) ehdottavat, että suunnitteluprosessin aikana olisi tunnistettava neljä erilaista asiaa, josta ensiksi olisi tunnistettava ne kognitiiviset tehtävät, mitä yhteisen kognitiivisen järjestelmän on suoritettava. Toiseksi olisi tunnistettava ne kognitiiviset näkökohdat tietojenkäsittelylle, jonka yhteinen kognitiivinen järjestelmä aikoo suorittaa tietyn tehtävän suorittamiseksi. Kolmanneksi olisi tunnistettava kognitiiviset toiminnot ja se, miten järjestelmän tehtävät jakautuvat järjestelmän ja ihmisten välillä. Neljänä he suosittelivat mallintamaan koko järjestelmän tietojenkäsittelyn toiminnan. (Cañas ja muut, 2004, s. 16)

### 3 Käytettävyys

Tässä luvussa avataan käytettävyttä käsitteenä ja siirrytään sen jälkeen tarkastelemaan tarkemmin käytettävyyden laatukomponentteja ja suunnitteluperiaatteita.

#### 3.1 Käytettävyys käsitteenä

Vertaamalla kognitiivista ergonomiaa ja käytettävyttä keskenään, niin kognitiivisessa ergonomiassa pyritään kehittämään ihmiselle parempia, helposti omaksuvia ja ymmärrettäviä käyttöliittymiä, joiden tavoitteena on taata parempi käytettävyys (Rodrigues ja muut, 2012, s. 5684). Eli käytettävyys on lopputulos ja kognitiivinen ergonomia näkökulma siihen, miten parempaan käytettävyyteen päästään.

Nopeasti kehittyvän teknologian myötä käytettävyys on tärkeää, koska markkinoille kehitetään paljon monimutkaisia tuotteita. Näiden tuotteiden avulla on pyritty vastaamaan tarvittaviin toiminnallisuuksiin, mutta ongelmana on ollut tuotteiden huono käytettävyys. (Hertzum, 2010, s. 567)

Prastawa ja muut (2019, s. 525) toteavat, että järjestelmien käytettävyyteen voidaan vaikuttaa hyvinkin paljon, kun huomioidaan kognitiivinen näkökulma verkko-oppimisalustojen ja verkkokauppojen käyttöliittymäsuunnittelussa. He myös mainitsevat, että parempaan käytettävyyteen päästään yhdistämällä affektiivisen ja kognitiivisen näkökulmat käyttöliittymäsuunnittelussa, joiden huomioon ottaminen samanaikaisesti olisi suositeltavaa. Affektiivisellä näkökulmalla tarkoitetaan muun muassa värejä, kuvia ja muotoja, joilla voidaan vaikuttaa ihmisen tunnetilaan, esimerkiksi vihreä väri kuvaa rentoutumista ja sininen unista tai väsymystä (Fagerberg ja muut, 2004, s. 380). Kognitiivisella näkökulmalla muun muassa virheiden ehkäisyä eli miten kumota valinnat vaivattomasti, vuorovaikutteisuutta, oppimiskykyä, joustavuutta, muistettavuutta, helppoa ja loogista navigointia ja helppoa palata takaisin -vaihtoehtoa (Prastawa ja muut, 2019 s. 508, s. 514).

ISO (2018) kuvaa ISO 9241-11:2018 standardissa käytettävyyden olevan laajuus, jossa käyttäjät saavuttavat tiettyssä käyttöyhteydessä, määritellyt tavoitteet efektiivisesti, tehokkaasti ja tyydyttävästi, kun he käyttävät tuotetta. Viimeisen 10 vuoden aikana on kehitetty kehittämään ja julkaisemaan useita kansainvälisiä standardeja, joissa yhdistyy käyttäjäkeskeinen suunnittelu ja käyttäjäystävälliset käyttöliittymät. Standardeista ei ole hyötyä pelkästään kokeneemmille harjoittajille vaan niistä voi olla paljon hyötyä myös organisaatioille, joilla ei juurikaan ole aiempaa kokemusta käyttäjäkeskeisestä suunnittelusta. (Bevan, 2001, s. 533) Käyttöliittymien tai laitteiden käyttäjät nähdään yleisesti ainoastaan loppukäyttäjinä (end-users), tämä voi hyvinkin aiheuttaa huonosti suunniteltuja käyttöliittymiä ja huonoa käytettävyyttä käyttäjille, siksi käyttöliittymäsuunnittelijoiden täytyisikin mieluummin pitää käyttäjää tietokonejärjestelmän keskuksena (Shackel, 2009, s. 339). Eri ikäisten käyttäjien huomioimistakaan ei pitäisi unohtaa käyttöliittymäsuunnittelussa, esimerkiksi vanhempien ihmisten suorituskykyä voidaan parantaa päätöksenteon vaatimusten poistamisella (Harada ja muut, 2010, s. 241). Tämä kannattaa pitää mielessä, jos ollaan suunnittelemassa käyttöliittymää joukolle, jossa on kaikenikäisiä ihmisiä.

Kognitiivisen ergonomian kannalta tiedetään, että käyttöliittymäsuunnittelussa täytyy listata ne ihmisen kognitiivisen toiminnot ja ne käyttöliittymän toiminnot, jotka ovat vuorovaikutuksessa keskenään, mutta mitä muita asioita täytyy ottaa huomioon käyttöliittymäsuunnittelussa. Seuraavissa luvuissa paneudutaan näihin asioihin tarkemmin. Ensiksi muun muassa avataan mitä on hyvä käytettävyyys, mitkä ovat käytettävyyden suunnitteluperiaatteita ja mitkä ovat ne menetelmät, joilla käytettävyyttä voidaan mitata ja testata.

## **3.2 Käytettävyyden laatuksikomponentit ja suunnitteluperiaatteet**

Nielsen (2012) määrittelee käytettävyyden arvioivan käyttöliittymien helppoutta ja jakaa käytettävyyden määrittelyn kuuteen laatuksikomponenttiin (taulukko 1).

**Taulukko 1.** Viisi käytettävyyden laatukomponenttia (mukaillen, Nielsen, 2012).

Laatukomponentti	Kuvaus
Opittavuus (learnability)	Kuinka helppoa käyttäjillä on suorittaa perustehtävät ensimmäisen kerran, kun he testaavat sovellusta?
Tehokkuus (efficiency)	Kun käyttäjät ovat oppineet sovelluksen, kuinka nopeasti he voivat suorittaa tehtäviä?
Muistettavuus (memorability)	Kun käyttäjät palaavat käyttämään sovellusta, kun sitä ei ole hetkeen käytetty, kuinka helposti heille palautuu sovelluksen käyttö mieleen?
Virheet (errors)	Kuinka paljon virheitä käyttäjät tekevät, miten vakavia ne ovat ja miten helposti käyttäjät toipuvat niistä?
Miellyttävyys (satisfaction)	Kuinka miellyttävää käyttäjien mielestä suunniteltua sovellusta on käyttää?
Hyödyllisyys	Kuinka hyvä on suunnittelun toimivuus, vastaako se sitä tarvetta, mitä käyttäjät tarvitsevat käyttöliittymältä?

Kun ajatellaan kaikkia ihmisten käyttöön tarkoitettuja ja suunniteltuja käyttöliittymiä ja järjestelmiä, niin kaikilla pitäisi olla yksi ja sama tavoite. Käyttöliittymien tulisi olla käyttäjäystävällisiä, helppoja muistaa ja oppia, hyödyllisiä ja sisältää sellaisia toimintoja, joita ihmiset oikeasti tarvitsevat työssään. (Gould & Lewis, 1985, s. 300) Jos mietitään työntekijää, joka työskentelee päivittäin epämiellyttävän tai vaikean ohjelmiston kanssa, niin tämänkaltaisen ohjelmiston luulisi alkaa vaikuttamaan käyttäjän työmotivaatioon negatiivisesti.

Gould ja Lewis (1985, s. 300) suosittelevat kolmea suunnitteluperiaatetta, jotka on hyvä ottaa mukaan käyttöliittymäsuunnittelussa:

1. Varhaisessa vaiheessa keskittyminen käyttäjiin ja tehtäviin
2. Empiirinen mittaus
3. Iteratiivinen muotoilu



Miten näitä kolmea suunnitteluperiaatetta voidaan toteuttaa käytännössä. Gould ja Lewis (1985, s. 300) suosittelevat, että suunnittelijoiden olisi hyvä tietää ja ymmärtää, että minkälaisille käyttäjille he käyttöliittymää tulevat suunnittelemaan. Tutustumalla vastaviin tuotteisiin, odotettavissa olevaan työhön, käyttäjien kognitiivisiin käyttäytymis- ja antropometrisiin ominaisuuksiin, saadaan ymmärrys siitä, ketkä käyttöliittymää tulevat käyttämään ja minkälaisia tehtäviä sillä täytyy saada suoritettua (Gould & Lewis, 1985, s. 300). Tämän selvittämiseksi voidaan käyttää erilaisia kyselyitä ja haastatteluita, kuten esimerkiksi käytettävyysselvityksiä, jota tullaan käyttämään tässä tutkimuksessa keräämään tietoa käyttäjien arvioita nykyisen ja päivitetyn käyttöliittymän käytettävyydestä.

Toiseksi käyttäjien tulee testata ja käyttää prototyyppiä jo varhaisessa vaiheessa kehitysprosessia. Prototyypin käytön aikana käyttäjien suorituskäyttöä ja reaktiota tarkkaillaan, tallennetaan ja analysoidaan. Kolmantena olevalla iteratiivisella muotoilulla tarkoitetaan sitä, kun edellisen vaiheen testauksessa huomataan ongelmia, niin ne tulee korjata eli suunnittelun tulee olla iteratiivinen ja tätä tullaan toistamaan niin usein, ettei ongelmia enää löydy. (Gould & Lewis, 1985, s. 300)

Preece ja muut (1994, s. 353) toteavat, että on kaksi päätoimintaa, jotka on tehtävä, jotta mikä tahansa tuote tai käyttöliittymä saadaan kehitettyä. Ensiksi suunnittelijan on tiedettävä ja ymmärrettävä vaatimukset, mitä käyttöliittymällä halutaan tehdä ja miten sen pitäisi toimia. Toiseksi suunnittelijan on kehitettävä käyttöliittymä näiden vaatimusten perusteella (Preece ja muut, 1994, s. 353).

## 4 Suunnittelutieteellinen tutkimus

Viimeisien vuosikymmenien aikana suunnittelutieteellinen tutkimus (Design Science Research, DSR) on kasvanut suuresti suosiotaan ja noussut tärkeäksi tutkimusparadigmaksi tietojärjestelmien alalla (Hevner ja muut, 2004, s. 99). Suunnittelutieteellisessä tutkimuksessa on tarkoitus luoda innovatiivisia artefakteja, joiden avulla ihmiset voivat muuttaa ja parantaa ympäristöä, jossa elämme. Artefaktit voivat olla joitakin ihmisen luomia sosioteknisiä asioita, kuten käyttöliittymiä, erilaisia järjestelmä- tai alijärjestelmämalleja, esimerkkejä, hallintastrategioita, rakenteita, suunnitteluteorioita tai menetelmiä, jolla esimerkiksi käyttöliittymiä saadaan kehitettyä käyttäjäystävällisemmäksi. (Gregor, 2002, s. 20; Gregor & Hevner, 2013, s. 337; March & Smith, 1995, s. 252; March & Storey, 2008, s. 727–728; Myers & Venable, 2014, s. 801)

Artefaktien avulla pyritään saamaan vastauksia kysymyksiin, jotka liittyvät inhimillisiin ongelmiin. Suunnittelutieteen tutkimuksen voi yksinkertaisesti kuvailla siten, että kun artefaktia ollaan luomassa, niin siitä kertyneen tiedon perusteella saadaan tieto ja ymmärrys suunnitteluongelmista, sekä mahdollinen ratkaisu näiden ongelmien selvittämiseen. (Hevner & Chatterjee, 2010, s. 5) Tarkoitus on suunnitella jokin uusi tuotos tai kehittää nykyistä tuotosta paremmaksi (Hevner ja muut, 2004, s. 76). Tässä tutkimuksessa suunnitellaan IT-artefakti, jota tullaan käyttämään kohdeyrityksen SAP ME-järjestelmän käytettävyyden parantamiseen. IT-artefakti toimii tässä tapauksessa suunnitteluohjeena. Tämä tutkimus toteutetaan käyttäen luvussa 4.4 kuvaavia suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivoja, syklejä ja prosessimallia.

Seuraavissa luvuissa 4.1, 4.2 ja 4.3 tutustutaan aluksi suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivoihin, tarkistustalistaan, sykleihin ja prosessimalliin. Luvussa 4.4.1 avataan tarkemmin sitä, miten nämä edellä mainitut asiat toteutuvat tässä tutkimuksessa ja miten niitä on käytetty.

#### 4.1 Suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivat ja tarkistuslista

Suunnittelutieteellisen tutkimuksen hahmottamiseen ja ymmärtämiseen on luotu seitsemän suuntaviivaa (taulukko 2) ja Hevnerin ja Chatterjeen jalostama tarkistuslista (taulukko 3) siitä, miten suunnittelutieteellistä tutkimusta voidaan tehdä, arvioida ja esittää.

**Taulukko 2.** Suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivat (mukaillen, Hevner ja muut, 2004, s. 83).

Suuntaviiva	Kuvaus
1. Suuntaviiva: Artefaktin suunnittelu	Suunnittelutieteellisen tutkimuksen on tuotettava toteuttamiskelpoinen artefakti rakenteen, mallin, menetelmän tai esimerkin muodossa.
2. Suuntaviiva: Tutkimusongelman merkitys	Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tavoitteena on kehittää teknologiapohjaisia ratkaisuja tärkeisiin ja olennaisiin liiketoimintaongelmiin.
3. Suuntaviiva: Suunnittelun arviointi	Suunnittelun artefaktin hyödyllisyys, laatu ja tehokkuus on osoitettava tiukasti hyvin toteutettujen arviointimenetelmien avulla
4. Suuntaviiva: Tutkimuspanokset	Tehokkaan suunnittelutieteellisen tutkimuksen on annettava selkeä ja todennettavissa oleva panos suunnitellun artefaktin, suunnittelun perustan ja / tai suunnittelumenetelmien alueilla.
5. Suuntaviiva: Tutkimuksen täsmällisyys	Suunnittelutieteellinen tutkimus perustuu tarkkojen menetelmien soveltamiseen, sekä suunnittelun artefaktin rakentamisessa että arvioinnissa.
6. Suuntaviiva: Tutkimuksen suunnitteluprosessi	Tehokkaan artefaktin toteuttaminen edellyttää käytettävissä olevien keinojen käyttämistä haluttujen päämäärien saavuttamiseksi samalla, kun noudatetaan tutkimusympäristön asettamia vaatimuksia.
7. Suuntaviiva: Tutkimuksen viestintä	Suunnittelutieteellinen tutkimus on esitettävä tehokkaasti sekä teknologia- että johtamislähtöiselle yleisölle.

Suuntaviivojen ja tarkistuslistan avulla on helppo tarkistaa, että tutkimuksessa tulee otettua kaikki ne avainasiat huomioon, mitä suunnittelutieteen tutkimuksessa vaaditaan.

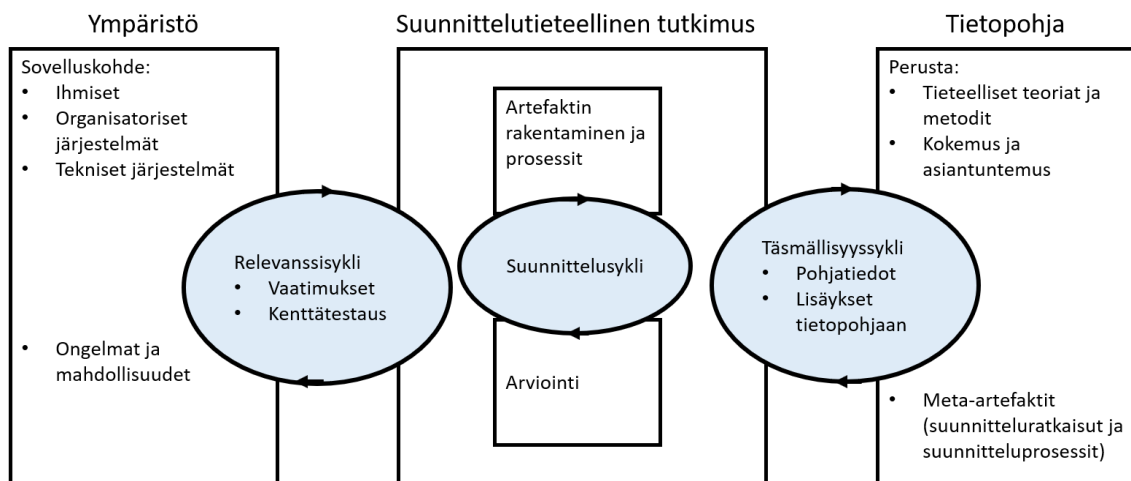
Vaikka suuntaviivat ovatkin yleensä se olennaisin osa suunnittelutieteellistä tutkimusta, tarkistuslistalla on kuitenkin haluttu saada tarkempaa analyysia suunnittelututkimushankkeen edistymisen arviointiin. (Hevner & Chatterjee, 2010, s. 12–20; Hevner ja muut, 2004, s. 82) Tätä varten Hevner ja Chatterjee (2010, s. 20) ovat jalostaneet tarkistuslistan kysymyksistä, jotka nähdään taulukossa 3.

**Taulukko 3.** Suunnittelutieteen tutkimuksen tarkistuslista (mukaihen, Hevner & Chatterjee, 2010, s. 20).

Numero	Kysymys
1.	Mikä on tutkimuskysymys (suunnitteluvaatimukset)?
2.	Mikä on artefakti?
3.	Mitä suunnitteluprosesseja (hakuheuristiikkaa) käytetään artefaktin rakentamiseen?
4.	Kuinka artefakti ja suunnitteluprosessit perustuvat tietopohjaan? Mitkä teoriat tukevat artefaktien suunnittelua ja suunnitteluprosessia, jos sellaisia on?
5.	Mitä arviointeja tehdään sisäisten suunnittelusykliden aikana? Mitä suunnitteluparannuksia tunnustetaan jokaisen suunnittelusyklin aikana?
6.	Kuinka artefakti tuodaan sovellusympäristöön ja miten se testataan kentällä? Mitä mittareita käytetään osoittamaan artefaktin hyödyllisyys ja parannus aikaisempiin verrattuna?
7.	Mitä uutta tietoa tietämuskantaan lisätään ja missä muodossa (esim. vertaisarvioitu kirjallisuus, meta-artefaktit, uusi teoria, uusi menetelmä)?
8.	Onko tutkimuskysymystä käsitelty riittävästi?

## 4.2 Suunnittelutieteellisen tutkimuksen syklit

Hevner ja Chatterjee (2010, s. 20) jakavat suunnittelutieteen tutkimusjakson kolmeen eri sykliin (ks. kuvio 4), joita ovat relevanssisykli (relevance cycle), suunnittelusykli (design cycle) ja täsmällisyysykli (rigor cycle). Syklit käyttävät pohjana Hevnerin ja muut (2004, s. 80) tekemää suunnittelutieteen tutkimuskehystä, johon sisältyy ympäristö (environment), suunnittelutieteellinen tutkimus (design science research) ja tietopohja (knowledge base).

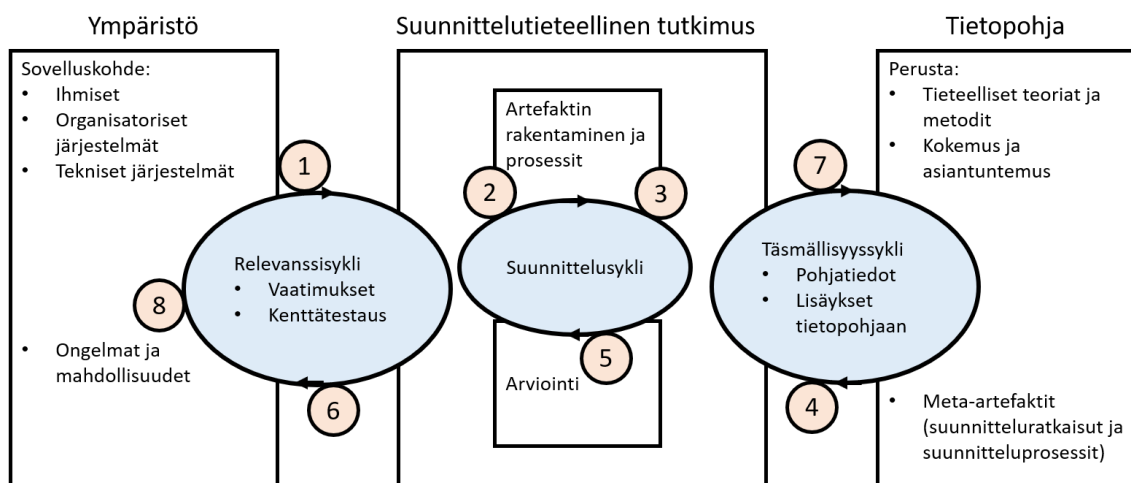


**Kuvio 4.** Suunnittelutieteen tutkimussyklit (mukailten, Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 16).

Vasemmalla kuviossa 4 nähdään ympäristön sovellusalue (application domain), joka koostuu kohdeyrityksen ihmisistä, organisaatiojärjestelmistä ja teknisistä järjestelmistä. Kun tutkimus aloitetaan ongelmien ja mahdollisuuksien tunnistamisella ja esittämisellä todellisessa sovellusympäristössä, saadaan hyvä aloitus tutkimukselle. Sovellusalueella esitetyt asiat toimivat vuorovaikutuksessa tavoitteen saavuttamiseksi. **Relevanssisykli**ssä suunnittelutieteellinen tutkimus aloitetaan sovelluksen vaatimusmäärittelyllä, mutta relevanssisykliissä myös määritellään hyväksymiskriteerit, joilla lopulliset tutkimustulokset arvioidaan. Relevanssisykli pitää sisällään vaatimuksien lisäksi myös kenttätestauksen, jossa luodulle artefaktille toteutetaan uusia iterointeja. Näiden avulla saadaan selvitettyä, onko uudessa artefaktissa esimerkiksi puutteita käytettävyyden tai suorituskyvyn kanssa. (Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 17)

Suunnittelutieteellinen tutkimus perustuu vahvaan teoriaan taustalla ja erilaisiin tekniikan menetelmiin, joita kutsutaan tietopohjaksi. Näiden lisäksi tietopohja sisältää kokemuksen ja asiantuntemuksen kautta kertynyttä tietoa, jotka määrittelevät huipputason tutkimuksen. **Täsmällisyysyklin** tehtävä on tarjota tarpeeksi aiempaa tietoa tutkimushankkeelle, jotta tutkimuksen innovointi voidaan varmistaa. (Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 17–18) Keskimmäistä **suunnittelusykliä** voidaan pitää minkä tahansa suunnittelutieteellisen tutkimuksen ytimenä. Suunnittelusykliissä keskitytään toistamaan artefaktin ra-

kentamista, arvioimista ja kehittämistä vaatimuksien perusteella niin kauan kuin tyydyttävä malli on saatu aikaiseksi. (Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 18; Simon, 1996, s. 130) Hevner ja Chatterjee (2010, s. 18–19) kuvailevat suunnittelusyklin olevan sykli, missä kaikki kova työ tulee tapahtumaan, mutta he myös muistuttavat, ettei pidä unohtaa relevanssisyklin ja täsmällisyssyklin merkitystä suunnittelutieteellisen tutkimuksen toteutuksessa. Näiden perusteella toteutettavaan artefaktiin saadaan lisättyä aiempaa tietotaitoa ja sitä, että artefaktia voidaan hyödyntää kohdeympäristössä (Hevner & Chatterjee, 2010, s. 18–19). Kuviossa 5 Hevner ja Chatterjee (2010, s. 20) ovat lisänneet taulukossa 3 esitetyt tarkistuslistakysymykset suunnittelutieteen tutkimuksen viitekehykseen, yhdessä syklien kanssa.



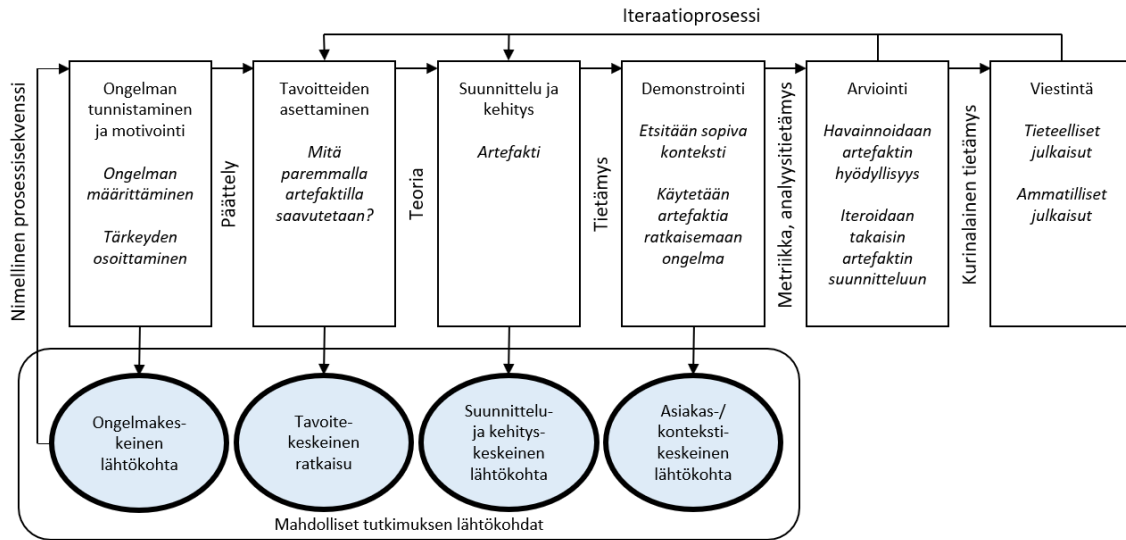
**Kuvio 5.** Tarkistuslistan kysymykset lisättyinä suunnittelutieteen syklien kanssa (mukaiillen, Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 20).

Kuten kuvioista 5 nähdään, niin relevanssisykliin kuuluu kysymykset 1, 8 ja 6. Suunnittelusykliin 2, 3 ja 5 ja täsmällisyssykliin 7 ja 4 kysymykset.

### 4.3 Suunnittelutieteellisen tutkimuksen prosessimalli

Peffers ja muut (2008, s. 54) jakavat suunnittelutieteen prosessimallin (kuvio 6) kuuteen vaiheeseen, jossa ensimmäisessä vaiheessa tunnistetaan ja motivoidaan ongelma, toisessa vaiheessa asetetaan tavoitteet, kolmannessa vaiheessa suunnitellaan ja kehitetään

itse artefakti, neljännessä vaiheessa demonstroidaan kehitettyä artefaktia, viidennessä vaiheessa arvioidaan artefakti ja viimeisessä vaiheessa toteutetaan viestintä.



**Kuvio 6.** Suunnittelutieteen tutkimuksen prosessimalli (mukaiillen, Peffers ja muut, 2008, s. 54).

Kuviossa 6 näkyvät tutkimuksen mahdolliset lähtökohdat on jaettu neljään erilaiseen lähtökohtaan, joita ovat ongelma-keskeinen, tavoitekeskeinen, suunnittelu- ja kehityskeskäinen lähtökohta tai asiakas-/kontekstikeskeinen lähtökohta. Tässä luvussa käydään läpi yksitellen kuviossa 6 näkyvät kuusi vaihetta, joiden mukaan tämä tutkimus tullaan toteuttamaan.

**Ongelman tunnistaminen ja motivointi** vaiheessa määritellään mahdollinen ongelma ja pyritään perustelemaan arvoa ratkaisulle. Ongelma olisi hyvä pilkkoa pieniksi paloiksi, koska se edesauttaa ymmärtämään ongelman monimutkaisuuden ja täten ratkaisukin on tällöin helpompi löytää. Hyvin määritelty ja kuvailtu tutkimusongelma motivoi tutkijaa ja tutkimuksen yleisöä ratkaisun etsimisessä, tuloksien hyväksymisessä ja auttaa tutkijaa ymmärtämään ongelman paremmin. (Peffers ja muut, 2008, s. 52, s. 55)

**Tavoitteiden asettamisen** vaiheessa kuvaillaan, mitä parannetulla artefaktilla halutaan tai tullaan saavuttamaan. Tavoitteet arvioidaan aiemman tiedon perusteella, jossa tietona toimii aiemmin määritelty ongelma. Tämän tiedon perusteella päätetään, mitä on

mahdollista toteuttaa ja mitä ei. Tavoitteet voivat olla kvantitatiivisia tai laadullisia, kuten esim. kuvaukset siitä, miten tai miksi uusi artefakti on parempi kuin nykyinen tai miten artefaktin odotetaan tuovan parempi ratkaisu, aiemmin määriteltyyn ongelmaan. (Peffers ja muut, 2008, s. 55)

Artefaktin **suunnittelu- ja kehitysvaiheessa** on tarkoitus luoda artefakti, jossa määritellään haluttu toiminnallisuus ja arkkitehtuuri. Artefakti voi olla mikä tahansa suunniteltu esine, kuten rakenne, malli, menetelmä tai ilmentymä. (Hevner ja muut, 2004, s. 77; March & Smith, 1995, s. 263; Nunamaker ja muut, 1990, s. 93–94; Peffers ja muut, 2008, s. 55) IT-artefakti voi olla uusi paranneltu käyttäjäystävällisempi käyttöliittymä tai se voi olla menetelmä, jolla nykyisestä käyttöliittymästä saadaan käyttäjäystävällisempi. Tässä tutkimuksessa on kyse tästä jälkimmäisestä, jossa kognitiivisen ergonomian näkökulmasta pyritään kehittämään suunnitteluohje, jolla kohdeyrityksessä käytössä olevan SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä saadaan kehitettyä paremmaksi.

Luotu artefakti tullaan **demonstroimaan** sopivassa ympäristössä eli tässä vaiheessa on tarkoitus testata uutta tai paranneltua artefaktia käytännössä aiemmin todetun ongelman ratkaisemiseksi (Peffers ja muut, 2008, s. 55). Tässä tutkimuksessa ympäristönä tulee toimimaan SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä, jossa IT-artefaktin avulla rakennettua SAP ME-järjestelmän käyttöliittymää tullaan testaamaan kohdeyrityksen kahdella tuotantolinjalla.

**Arviointivaiheessa** arvioidaan ja tarkkaillaan sitä, kuinka hyvin luotu artefakti auttaa ongelman ratkaisemisessa. Artefaktille asetettuja tavoitteita verrataan todellisiin havaintoihin, jotka saadaan artefaktia demonstroidessa. Näiden asioiden vertaamiseen voidaan käyttää erilaisia mittareita ja analyysitekniikoita, kuten käytettävyykselyitä, suorituskykymittareita tai simulaatioita. Arvioinnin jälkeen voidaan päättää, jatketaanko seuraavaan vaiheeseen vai palataanko takaisin vaiheeseen kolme, jossa artefaktia yritetään vielä parantaa tehokkaammaksi. Tutkimuksen luonne yleensä kertoo, onko iterointi mahdollista vai ei. (Peffers ja muut, 2008, s. 56)



**Viestintä** vaiheen tarkoitus on saada viestittyä tutkimus sen verran selkeästi ja tarpeeksi yksityiskohtaisesti yleisölle, että toteutetun tutkimuksen pystyy helposti toteuttamaan tulevaisuudessakin (Hevner ja muut, 2004, s. 90). On tärkeää kuvailla ongelma, sen tärkeys ja artefaktin tehokkuus ongelman ratkaisemiseksi. Tutkimuksen julkaisuun käytetään yleensä samanlaista rakennetta, kuin missä tahansa empiirisessä tutkimuksessa, johon kuuluu seuraavat vaiheet: ongelman määrittely, kirjallisuuskatsaus, hypoteesien kehittäminen, tiedonkeruu, analyysi, tulokset, keskustelu ja johtopäätökset. (Peffer ja muut, 2008, s. 56)

#### **4.4 Tutkimussuunnitelma ja kehitysprosessi**

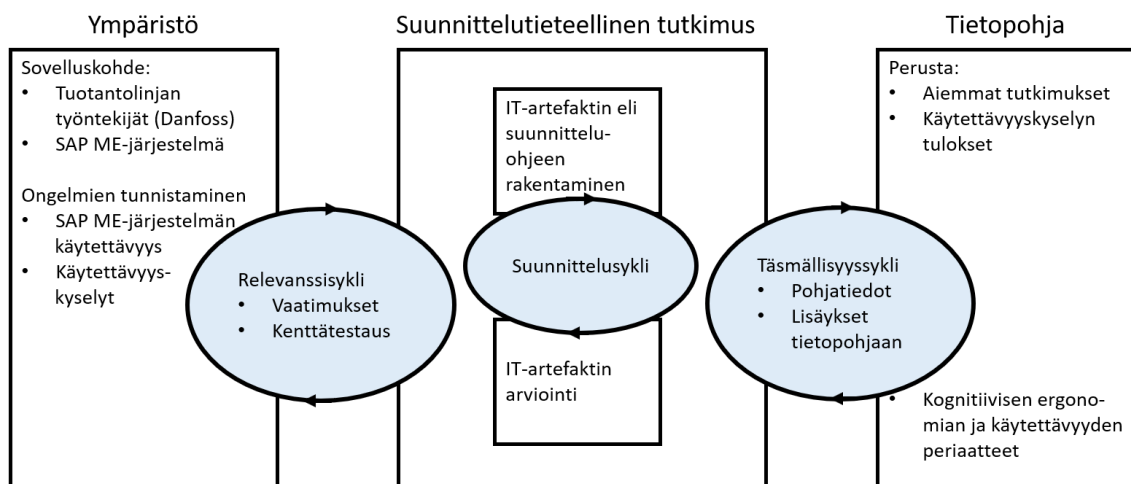
Tässä luvussa esitellään tässä tutkimuksessa käytetyn suunnittelutieteellisen tutkimuksen suunnitelma ja kehitysprosessi. Kuten luvussa 4.1 tarkemmin esitetään, suuntaviivoja ja tarkistuslistaa käytetään apuna hahmottamaan ja ymmärtämään sitä, miten suunnittelutieteellistä tutkimusta voidaan tehdä, arvioida ja esittää. Näiden avulla pystytään helposti tarkistamaan, että tutkimuksessa on otettu kaikki ne avainasiat huomioon, mitä suunnittelutieteellisessä tutkimuksessa vaaditaan (Hevner & Chatterjee, 2010, s. 12–20; Hevner ja muut, 2004, s. 82). Taulukon 4 oikeanpuoleisessa sarakkeessa esitellään, miten suuntaviivat on toteutettu tässä tutkimuksessa. Tarkistuslista käydään läpi luvussa 7.

**Taulukko 4.** Suunnittelutieteellisen tutkimuksen suuntaviivat + suuntaviivojen toteutus tässä tutkimuksessa (mukaillen, Hevner ja muut, 2004, s. 83).

Suuntaviiva	Kuvaus	Toteutus tässä tutkimuksessa
1. Suuntaviiva: Artefaktin suunnittelu	Suunnittelutieteellisen tutkimuksen on tuotettava toteuttamiskelpoinen artefakti rakenteen, mallin, menetelmän tai esimerkin muodossa.	Tässä tutkimuksessa rakennetaan IT-artefakti, joka toimi suunnitteluohjeena SAP ME-järjestelmän käytettävyyden parantamiseksi (ks. luku 5.4).
2. Suuntaviiva: Tutkimusongelman merkitys	Suunnittelutieteellisen tutkimuksen tavoitteena on kehittää teknologiapohjaisia ratkaisuja tärkeisiin ja olennaisiin liiketoimintaongelmiin.	Ongelman määrittäminen ja motiivointi kuvaillaan luvussa 5.2.
3. Suuntaviiva: Suunnittelun arviointi	Suunnittelun artefaktin hyödyllisyys, laatu ja tehokkuus on osoitettava tiukasti hyvin toteutettujen arviointimenetelmien avulla.	Nykyisen järjestelmän käytettävyys arvioidaan SUS-käytettävyyskyselyllä + omilla vaihtoehdoilla (ks. luku 5.2.1). Sama käytettävyyskysely toteutetaan IT-artefaktin avulla päivitetylle SAP ME-järjestelmälle (katso luku 5.5.3). Ennen käyttöliittymän testaamista kohdelinjoilla, käyttöliittymää testataan kahden asiantuntijan toimesta, jonka yhteydessä käyttöliittymälle toteutetaan heuristinen arviointi (ks. 5.6.1). Tämän jälkeen toteutetaan vielä käyttäjättestaus (ks. luku 5.6.2) perehdyttäjän kanssa ennen kuin käyttöliittymä asennetaan kaikille kohdelinjojen työpisteille. Suunnittelutieteellisen tutkimuksen arviointia ei tässä tutkimuksessa toteuta,

		koska tarkoitus on vain osoittaa IT-artefakti toteuttamiskelpoiseksi.
4. Suuntaviiva: Tutkimuksen tuotos	Tehokkaan suunnittelutieteellisen tutkimuksen on tuotettava selkeä ja todennettavissa oleva tuotos suunnitellun artefaktin, suunnitellun perustan ja / tai suunnittelumetodeihin.	Toteutetun IT-artefaktin toimesta syntyy suunnitteluohje, jota kohdeyritys ja muut voivat tulevaisuudessa käyttää uusien järjestelmien toteutuksessa (ks. luku 6).
5. Suuntaviiva: Tutkimuksen täsmällisyys	Suunnittelutieteellinen tutkimus perustuu tarkkojen menetelmien soveltamiseen, sekä suunnittelun artefaktin rakentamisessa, että arvioinnissa.	IT-artefaktin tietopohja perustuu lukuihin 2 ja 3. Aineiston hankintaan ja analysointiin tullaan käyttämään käytettävyysselvitystä (ks. luku 4.5), heuristista arviointia (ks. luku 4.6) sekä käyttäjätestausta (ks. luku 2.5).
6. Suuntaviiva: Tutkimuksen suunnittelu-prosessi	Tehokkaan artefaktin toteuttaminen edellyttää käytettävissä olevien keinojen käyttämistä, haluttujen päämäärien saavuttamiseksi samalla, kun noudatetaan tutkimusympäristön asettamia vaatimuksia.	Tutkimuksen suunnitteluprosessi kuvataan luvussa 4.4.
7. Suuntaviiva: Tutkimuksen viestintä	Suunnittelutieteellinen tutkimus on esitettävä tehokkaasti sekä teknologia- että johtamislähtöiselle yleisölle.	Tämä tutkimus tullaan esittelemään Vaasan yliopiston pro gradu -seminaarissa ja julkaisemaan heidän tietokannassansa. Tutkimus esitellään myös Danfossilla tuotannon kehitystiimille (ks. luku 5.7).

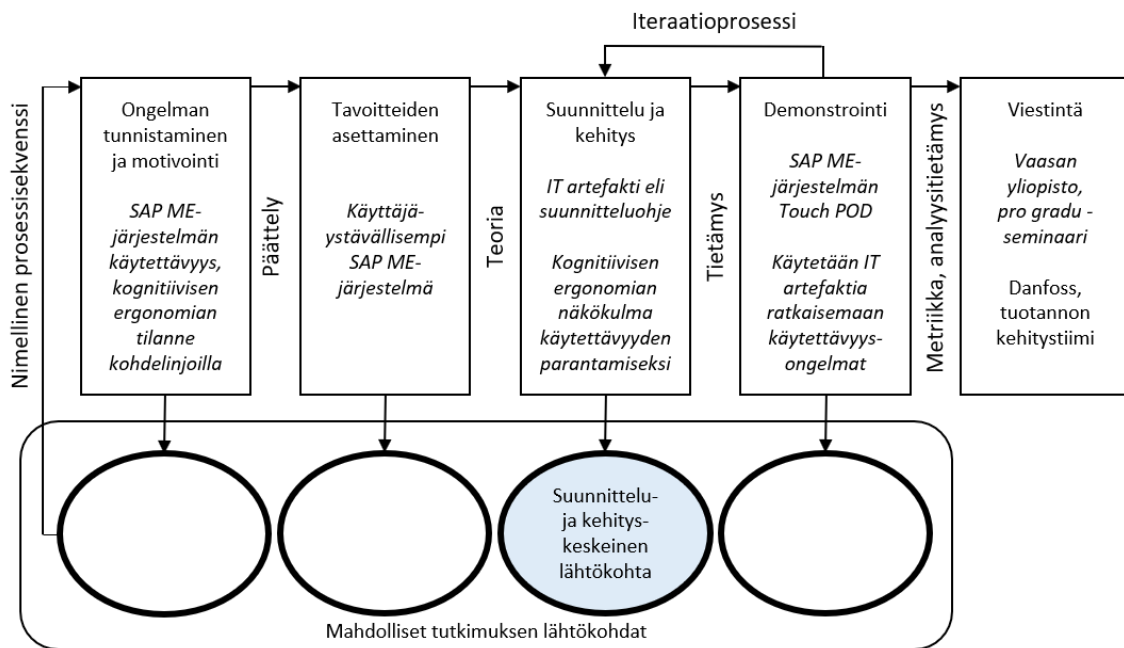
Kuviossa 7 nähdään, miten Hevnerin ja Chatterjeen (2010, s. 20) suunnittelutieteellisen tutkimuksen syklit tulevat toteutumaan tässä tutkimuksessa, käyttäen Hevnerin ja muiden (2004, s 80) tekemää suunnittelutieteen tutkimuskehystä.



**Kuvio 7.** Suunnittelutieteen tutkimussyklit muokattu tähän tutkimukseen (mukaillen, Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 16).

Vasemmalla kuviossa 7 nähdään ympäristö, johon tässä tutkimuksessa kuuluu kohdeyritys Danfossin kahden tuotantolinjan työntekijät ja tuotantolinjoilla käytettävä SAP ME-järjestelmä. SAP ME-järjestelmän käytettävyysongelmien tunnistamiseen tullaan käyttämään SUS-käytettävyyskyselyä ja omia kysymyksiä, joiden valitseminen kyselyyn perustuu kognitiivisen ergonomian teoriaan taustalla. Oikealla puolella kuviota 7 nähdään tietopohja, johon on määritelty ne asiat, jotka tulevat toimimaan toteutetun IT-arteftin tiedon perustana. Tietopohja perustuu aiempiin tutkimuksiin kognitiivisen ergonomian soveltamisesta käyttöliittymäsuunnitteluun ja siihen miten kognitiivisen ergonomian avulla saataisiin parannettua järjestelmien käytettävyyttä. Tietopohja sisältää myös aineiston hankinta ja analysointimenetelmiä, minkä perusteella IT-arteftia voidaan arvioida, analysoida ja testata käytännössä suunnittelusyklin iteraatioiden aikana. Näitä ovat käytettävyyskysely, heuristinen arviointi ja käyttäjätestaus. Suunnittelusykliä toistetaan IT-arteftin rakentamista ja arvioimista vaatimuksien perusteella niin kauan kuin tyydyttävä malli on saatu aikaiseksi (Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 18; Hevner ja muut, 2004; Simon, 1996).

Suunnittelutieteellinen tutkimus jaetaan alkuperäisessä versiossa kuuteen vaiheeseen ja neljään mahdolliseen tutkimuksen lähtökohtaan (ks. kuvio 6). Kuviossa 8 nähdään, miten IT-artefaktin iteraatioprosessi on toteutettu tässä tutkimuksessa ja miten suunnittelutieteen tutkimuksen prosessimallia on käytetty.



**Kuvio 8.** Suunnittelutieteen tutkimuksen lopullinen prosessimalli (mukaillen, Peffers ja muut, 2008, s. 54).

Kuvion 8 prosessimalli eroaa alkuperäisestä prosessimallista sen verran, että tässä tutkimuksessa IT-artefaktin arviointivaihe jätetään kokonaan välistä, koska tarkoitus on vain esittää tässä tutkimuksessa kehitetty IT-artefakti toteuttamiskelpoiseksi. Arviointivaihe tullaan toteuttamaan myöhemmin kohdeyrityksessä. Myös iteraatioprosessi eroaa alkuperäisestä versiosta, koska tässä tutkimuksessa iteraatioprosessi tapahtuu ainoastaan suunnittelun ja kehityksen ja IT-artefaktin demonstroinnin välillä. Tässä tutkimuksessa tutkimuksen lähtökohta tulee olemaan suunnittelu- ja kehityskeskeinen, koska tavoitteena on kehittää nykyisen SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä paremmaksi.

Danfossin tuotantolinjoilla käytettävien järjestelmien suunnittelussa ei ole aiemmin huomioitu kognitiivisen ergonomian näkökulmaa, joten tässä tutkimuksessa **ongelman tunnistamiseen ja motivointiin** tullaan käyttämään käytettävyysselvitystä (ks. liite 1). Käytettävyysselvitys sisältää iän, kuinka pitkään ollut Danfossilla töissä ja 10 vaihtoehdon SUS-kyselyn. SUS-kyselyä ei kuitenkaan suositella käytettäväksi ainoaksi työkaluksi käytettävyyden arvioimiseksi (Bangor ja muut, 2008, s. 591), joten tämän vuoksi SUS-kyselyn perään tullaan vielä lisäämään kahdeksan itse kehittämää vaihtoehtoa. Omista vaihtoehdoista yksi on avoimessa muodossa ja loput seitsemän vaihtoehtoa käyttävät 1–5 Likertasteikko. Käytettävyysselvityksen SUS-kyselyn vaihtoehdot mittaavat järjestelmän käytettävyyttä ja itse kehittämät vaihtoehdot enemmän järjestelmän kognitiivista ergonomisuutta. Avoimessa muodossa olevaan vaihtoehtoon vastaaja voi listata SAP ME-järjestelmän 3–5 hyvää ja huonoa asiaa. Tullis (2013, s. 158) toteaa, että helpottamalla avoimien kysymyksien yhteenvetoa, kyselyjen olisi suositeltavaa olla täsmällisiä. On esimerkiksi paljon helpompaa tehdä yhteenveto siitä, kun kaikki ovat kertoneet järjestelmän hyvistä ja huonoista asioista, kuin sellaisesta vastauksista, joissa yksi vastaaja on kertonut omista kokemuksista, toinen hyvistä puolista ja kolmas kehitysideoista.

Kyselylomake voi myös olla liian pitkä, vaikeasti ymmärrettävä ja epäammattimainen, joka saattaa vaikuttaa negatiivisesti kyselyjen vastausprosenttiin (Nielsen, 1997, s. 11). Tässä tutkimuksessa käytettävyysselvitys tulee olemaan kahden sivun mittainen, joka ei Nielsen (1997, s. 11), mukaan vielä vaikuta vastaajien vastausprosenttiin negatiivisesti. Käytettävyysselvitystä saatua SUS-tulosta verrataan Sauron ja Lewisin (2012, s. 204) luokittelutaulukkoon, joka on nähtävissä luvun 4.5.1 taulukossa 9. Taulukon avulla annetaan nykyiselle ja päivitetylle SAP ME-järjestelmän käyttöliittymälle arvosana, joka kuvaa järjestelmän käytettävyyttä. Käytettävyysselvitystä saatuja SUS-tuloksia ja itse tehtyjen vaihtoehtojen tuloksia analysoidaan Spearmanin (The Spearman Rank Order Correlation Coefficient) järjestyskorrelaatiokertoimen avulla sekä lisäksi myös itse tehtyjen vaihtoehtojen tuloksia erotteluanalyysin (DA) avulla. Avoimen muodon vaihtoehdot analysoidiin ryhmittelyanalyysin avulla (CA). SUS-kyselyä tullaan käyttämään käytettävyyden mittaamiseen, juuri sen yksinkertaisuuden ja nopeuden takia.

Tämän tutkimuksen **tavoitteena** on selvittää, miten kognitiivista ergonomiaa parantamalla voidaan vaikuttaa järjestelmän käytettävyyteen. Tämän tavoitteen ilmentymänä syntyy suunnittelutieteellisen tutkimusmenetelmiä käyttäen IT-artefakti eli suunniteluohje, jota voidaan käyttää parantamaan järjestelmän käytettävyyttä. IT-artefaktilla halutaan saavuttaa parempi käytettävyys SAP ME-järjestelmään, joka on käytössä Danfossin tuotantolinjoilla. SUS-kyselystä 70 tuloksien saaneita järjestelmiä voidaan pitää vähintäänkin kelvollisina ja paremmista järjestelmistä voidaan puhua silloin, kun SUS-tulokset ovat 70–80 välillä (Bangor ja muut, 2008, s 592). Tavoitteena onkin saada nostettua suunnitellun IT-artefaktin avulla SAP ME-järjestelmän SUS-tuloksen keskiarvo ainakin yli tämän 70 pisteen rajan, joka vastaa Sauronin ja Lewisin (2012, s. 204) kehittämässä pisteasteikossa arvosanaa C:tä ja siitä ylöspäin.

Danfoss ja muut kiinnostuneet voivat tulevaisuudessa käyttää rakennettua IT-artefaktia uusien järjestelmien käyttöliittymäsuunnittelussa. Käytettävyyskyselyssä saadut tulokset tulevat antamaan arvion nykyisen SAP ME-järjestelmän käytettävyydestä ja mahdollisista ongelmakohdista. Käytettävyyskysely toteutetaan uudestaan IT-artefaktin avulla päivitetylle SAP ME-järjestelmän käyttöliittymälle, jotta nähdään, miten IT-artefaktin avulla saatiin parannettua SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä. Näitä käytettävyyskyselyssä ilmenneitä käytettävyysongelmia tullaan kehittämään ja parantamaan tässä tutkimuksessa syntyneellä IT-artefaktilla. Hyvällä kognitiivisella ergonomialla saavutetaan parempi käytettävyys, joka johtaa parantuneeseen työntekijöiden suorituskykyyn ja hyvinvointiin (Kalakoski ja muut, 2020, s. 14). Paremmalla tuotantolinjojen työntekijöiden suorituskyvyllä ja hyvinvoinnilla voi olla hyvinkin positiivinen vaikutus Danfossin tuotantolinjojen tehokkuuteen.

**IT-artefaktin suunnittelu ja kehitys** vaiheessa suunnitellaan ja luodaan itse IT-artefakti. Artefakti voi olla mikä tahansa suunniteltu esine (Peffer ja muut, 2008, s. 55). IT-artefaktin suunnittelun ja kehityksen tietopohja perustuu aiemmista tutkimusta, käytettävyyskyselyn tuloksista sekä heuristisesta arvioinnista ja käyttäjätestauksesta, jotka tuovat tietopohjaan uutta tietoa. Tämä tietopohjan avulla pyritään kehittämään nykyisestä

SAP ME-järjestelmän käyttöliittymästä käyttäjäystävällisempi. IT-artefaktin suunnittelussa ja kehityksessä sovelletaan suunnitteluongelmien ratkaisemiseen Cañasin (2008, s. 2633) keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaatetta, sekä Gould ja Lewisin (1985, s. 300) ehdottamaa kolmea suunnitteluperiaatetta.

**Demonstroinnissa** on tarkoitus testata uutta tai paranneltua IT-artefaktia käytännössä aiemmin todetun ongelman ratkaisemiseksi (Peffer ja muut, 2008, s. 55). Ennen IT-artefaktin avulla kehitetyn SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän testaamista kohdeympäristössä, testaaminen tapahtuu kahden asiantuntijan toimesta SAP ME-järjestelmän testipuolella, jossa IT-artefaktin avulla rakennettua SAP ME-järjestelmän käyttöliittymää tullaan iteroimaan heuristisen arvioinnin avulla niin kauan, kunnes käytettävyyso ongelmia ei enää löydy tai siihen asti, kunnes asiantuntijan toteavat, että ei ole enää järkevää jatkaa arviointia. Heuristiseen arviointiin osallistuu kaksi asiantuntijaa, järjestelmäasiantuntija ja käytettävyydasiantuntija. Järjestelmäasiantuntijana toimii henkilö, jolla on paljon kokemusta SAP ME-järjestelmän käytöstä ja käytettävyydasiantuntijana toimii tämän tutkimuksen toteuttaja.

Heuristisen arvioinnin jälkeen kehitettyä käyttöliittymää tullaan testaamaan Danfossin kahdella tuotantolinjalla. Testaaminen tuotantolinjoille toteutetaan kahdessa vaiheessa, jossa ensimmäisessä vaiheessa käyttöliittymä asennetaan ainoastaan kahdelle työpisteelle, jolla kohdelinjan perehdyttäjät toteuttaa käyttäjätestauksen. Tätä vaihetta iteroidaan niin kauan, kunnes ongelmia ei enää löydy ja sen jälkeen siirrytään vaiheeseen kaksi, jossa käyttöliittymä tullaan asentamaan kaikille kohdelinjojen työpisteille. IT-artefaktista syntyvää suunnitteluohjetta tullaan käyttämään apuna ratkaisemaan käytettävyykselyssä esille tulleita käytettävyyso ongelmia. Kun kaikki iteraatiot on käyty läpi, niin uudelle päivitetyle SAP ME-järjestelmän käyttöliittymälle toteutetaan sama käytettävyyksely kuin nykyiselle versiolle. Tämän avulla saadaan selville, että autoiko tässä tutkimuksessa kehitetty IT-artefakti parantamaan SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä.



Kuten aiemmin kuvioista 9 nähdään, demonstroinnin jälkeen pitäisi tulla IT-artefaktin **arvioinnin** vuoro, mutta tässä tutkimuksessa IT-artefakti todetaan ainoastaan toteuttamiskelpoiseksi, joten siksi tämä tutkimus ei etene pidemmälle kuin proof of concept -vaiheeseen saakka. IT-artefaktin arviointi tullaan tekemään myöhemmin kohdeyrityksessä tämän tutkimuksen ulkopuolella, jossa uutta SAP ME-järjestelmää iteroidaan käyttäjiltä saatujen perusteella ja arvioidaan sitä, miten hyvin kehitetty IT-artefakti auttoi esille tulleiden käytettävyysongelmien kanssa.

Aineiston hankintaan tullaan käyttämään tässä tutkimuksessa käytettävyysselvityksiä, heuristista arviointia ja käyttäjätestausta. Seuraavissa luvuissa perehdytään tarkemmin käytettävyysselvityksen sisältöön, joka sisältää SUS-kyselyn lisäksi itse tekemiä vaihtoehtoja. Näiden jälkeen avataan myös paremmin sitä, että mitä on heuristinen arviointi ja mitä lisäarvoa sen arvioinnilla voidaan saada.

#### **4.5 Käytettävyysselvitykset**

Käytettävyysselvitystä on olemassa monta erilaista vaihtoehtoa, löytyy mm. 21 vaihtoehdon sisältävä QUIS-kysely, 50 vaihtoehdon omaava SUMI ja 16 vaihtoehdon sisältävä CSUQ-kysely (Chin ja muut, 1988, s. 216; Kirakowski & Corbett, 1993, s. 210; Lewis, 2018b, s. 1149). Kaksi suosituinta standardoitua kyselylomaketta ovat CSUQ ja 10 vaihtoehdon SUS-kysely, joista SUS:sta on tullut vuosien saatossa suosituimpi. SUS on laajalti käytetyin käytettävyyttä kuvaava mittari ja tulee todennäköisesti olemaan sitä vielä pitkään, koska sen luotettavuutta, pätevyyttä ja ymmärrystä on tutkittu paljon. (Lewis, 2018, s. 588; Lewis, 2018b, s. 1148) Tässä tutkimuksessa tullaan käyttämään SUS-kyselyä, joka kuvailaan seuraavaksi luvussa 4.6.1 Luvussa 4.6.2 avataan avoimien vaihtoehtojen merkitystä käytettävyysselvityksissä.

#### 4.5.1 SUS-käytettävyyskysely

SUS (System Usability Scale) kysely on suhteellisen nopea ja helppo kustannustehokas käytettävyyskysely, jonka on kehittänyt John Brooke vuonna 1986. SUS-kysely on vapaasti kaikkien käytettävissä. SUS-kyselyn tarkoitus on mitata, miten käyttäjät kokevat käytettävyyden käyttäessä erilaisia käyttöliittymiä, palveluita tai järjestelmiä muun muassa web-sivustot, multimodaaliset järjestelmät ja mobiilisovellukset. (Bangor ja muut, 2008, s. 574, s. 589; Bangor ja muut, 2009, s. 115; Brooke, 2013, s. 35; Campbell ja muut, 2011, s. 1101; Wechsung & Naumann, 2008, s. 277) Useissa tutkimuksissa on todettu SUS-kyselyn olevan arvokas ja erittäin luotettava työkalu mittaamaan järjestelmien ja palveluiden käytettävyyttä (Borsci ja muut, 2009, s. 196; Bangor ja muut, 2008, s. 589–590; Grier ja muut, 2013, s. 191). Bangor ja muut (2008, s. 577–578) toteuttivat tutkimuksen, jossa kerättiin SUS-dataa lähes 10 vuoden ajalta. Tähän dataan mahtuu yli 2300 tuotteen ja palvelun käytettävyyskyselyä. Tutkimuksen tulokset osoittavat SUS-kyselylomakkeen olevan vankka ja monipuolinen työkalu mittaamaan järjestelmien käytettävyyttä (Bangor ja muut, 2008, s. 589–590, s. 593).

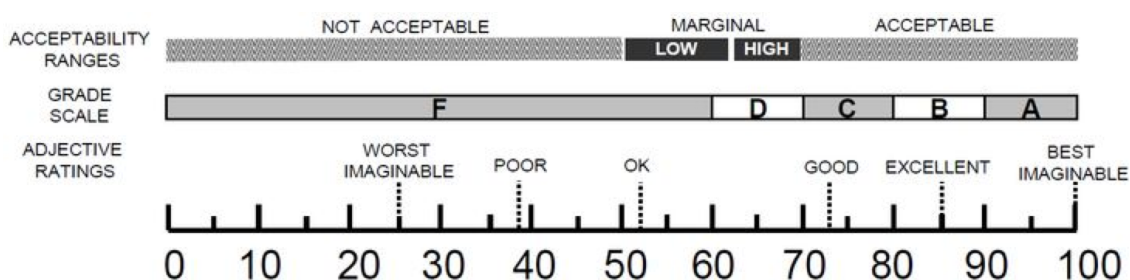
SUS-kysely sisältää 10 vaihtoehtoa, joista parittomat ovat positiivisessa ja parilliset negatiivisessa muodossa. Kuviossa 9 esitellään tässä tutkimuksessa käytetty SUS-kysely, jossa alkuperäisiin vaihtoehtoihin on vaihdettu SAP ME. SAP ME on järjestelmä, jota Danfoss käyttää tuotannossa ja kyseisellä SUS-kyselyssä arvioidaan SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä yhdessä itse kehittämien vaihtoehtojen kanssa.

	Täysin eri mieltä				Täysin samaa mieltä
1. Luulen, että voisin käyttää SAP ME:tä säännöllisesti					
	1	2	3	4	5
2. Mielestäni SAP ME on liian monimutkainen					
	1	2	3	4	5
3. Mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää					
	1	2	3	4	5
4. Mielestäni SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta					
	1	2	3	4	5
5. Mielestäni SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen					
	1	2	3	4	5
6. Mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epäjohdonmukaisuuksia					
	1	2	3	4	5
7. Uskon, että suurin osa oppii käyttämään SAP ME:tä hyvin nopeasti					
	1	2	3	4	5
8. Mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä					
	1	2	3	4	5
9. Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi SAP ME:tä käyttäessäni					
	1	2	3	4	5
10. Minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan					
	1	2	3	4	5

**Kuvio 9.** SUS-kyselylomake. (mukaillen, Lewis, 2018, s. 578).

SUS-kyselystä saadaan tulokseksi yksi tulos (SUS Score), jota voidaan verrata 0-100 asteikon pisteasteikkoon (ks. kuvio 10) tai Sauron ja Lewisin (2012, s. 204) luokittelutaulukkoon (ks. taulukko 5), jossa SUS-tuloksille annetaan arvosanat. Jokaiselle vaihtoehdolle on 1-5 skaala-asteikko, jossa 1 on täysin eri mieltä ja 5 täysin samaa mieltä (Brooke, 2013, s. 35). SUS-kyselyn voi toteuttaa myös pienemmällä osallistujamäärällä, vaikka monet tutkijat ovatkin sitä mieltä, että kysely täytyisi toteuttaa isommilla otoskoilla (Tullis & Stetson, 2004, s. 7). Tullis ja Stetson (2004, s.7) toteavat, että jopa 12 osallistujaa riittää saamaan yhtä luotettavat tulokset, kuin isommilla otoskoon tutkimuksilla.

Tulosten laskeminen tapahtuu siten, että kohdissa 1, 3, 5, 7 ja 9 (positiiviset vaihtoehdot) tulos on Likert-asteikon valittu numero miinus 1. Kohdissa 2, 4, 6, 8 ja 10 (negatiiviset vaihtoehdot) tulos on 5 miinus Likert-asteikon valittu numero. Lopullinen tulos saadaan, kun positiivisten ja negatiivisten arvot lasketaan yhteen ja kerrotaan 2,5:llä. Lopullista tulosta voidaan verrata kuvion 10 omaavaan tulosasteikkoon, josta nähdään arvio järjestelmän käytettävyydestä.



**Kuvio 10.** SUS-kyselyn tulosasteikko (Brooke, 2013, s 36).

Tulosten tulkinnoissa on koettu hämmennystä, koska monet ovat luulleet tulosasteikon tuloksia prosenteiksi, vaikka niin ei ole. (Brooke, 2014, s. 35). Eli jos käyttäjä on valinnut ensimmäiseen vaihtoehtoon asteikon numeroksi 3, on tämän kohdan pistemäärä 2 (3-1) ja jos käyttäjä on valinnut toiseen vaihtoehtoon numeroksi 4, on pistemäärä 1 (5-4). Esimerkkitilanteessa, jossa käyttäjä on valinnut kaikkiin kohtiin 5, saadaan tulokseksi 50, joka on pisteasteikossa hieman alle "OK" kohdan.

Mitä SUS-kyselyn tuloksista voidaan päätellä ja mitä tulosta voidaan pitää "hyväksyttävänä" tuloksena. Tietenkään SUS-tulosta ei tule käyttää yksistään arvioimaan tietyn käyttöliittymän "paremmuutta". Jotta pystytään tekemään mahdollisimman absoluuttinen arvio tuotteen "paremmuudesta", onnistumisasteella ja testauksessa havaittujen vikojen luonteella pitäisi myös olla suuri merkitys siihen, että onko jokin tuote käytettävä. (Bangor ja muut, 2008, s. 591–592; ISO, 2018) Bangor ja muut (2008, s 592–593) toteavat tuotteiden, jotka ylittävät 70 tuloksen olevan vähintäänkin kelvollisia tuotteita. 70-80 tuloksella voidaan puhua paremmista tuotteista, vaikka tämäkään ei vielä takaa korkeaa hyväksyvyyttä käytännössä. Ylivoimaisten tuotteiden kohdalla pistemäärä kasvaa yli 90.

70 tuloksen alle jääneille tuotteille tulisi suositella tarkempaa valvontaa ja pyrkiä jatkuvaan parantamiseen. 50 pistemäärän alittavat tuotteet ovat huolestuttavia, eikä niitä voida hyväksyä, koska näiden tuotteiden kohdalla voidaan olla melko varmoja, että tuotteella on käytettävyyssvaikeuksia käytännössä. (Bangor ja muut, 2008, s 592–593)

SUS-kyselystä saatu tulos on hyvä yksittäinen luku, jota voidaan vertailla muiden samankaltaisten käyttöliittymien saatuihin SUS-tuloksien keskiarvoihin, mutta kuten Bangor ja muut (2008, s. 586) toteavat, että SUS-kyselystä saadun tuloksen (esim. 50) selittäminen, määrittäminen ja kuvaileminen projektipäällikölle ja suunnittelutiimille voi olla hankalaa ja turhauttavaa. Näistä syistä Bangor ja muut (2008, s. 586–587) lisäsivät SUS-kyselyyn mukaan yhdennentoista vaihtoehdon SUS-tuloksien luokittelua varten. Vaihtoehto sisälsi vaihtoehdot ykkösestä seitsemään siitä, että miten käytettäväksi käyttäjä koki käyttöliittymän. Vaihtoehdot, arvioitujen pistearvojen määrä ja niihin vastaavat SUS-tulokset nähdään taulukossa 5. Taulukossa 5 olevat luokitukset näkyvät myös kuviossa 10.

**Taulukko 5.** SUS-tulosarvojen seitsemän luokan luokittelu (mukaiillen, Bangor ja muut, 2008, s. 587).

Numero	Luokitus	SUS-kyselyjen määrä	SUS-keskiarvo
7	Paras mahdollinen	1	100
6	Loistava	69	85,58
5	Hyvä	90	72,75
4	OK	36	52,01
3	Huono	15	39,17
2	Kamala	0	Ei tulosta
1	Pahin mahdollinen	1	25

Bangor ja muut (2009, s. 121) antoivat SUS-tuloksille kouluarvosanalokitteluaasteikon, jossa alle 60:n SUS-tulokset olivat "F", välillä 60–69 olivat "D", välillä 70–79 olivat "C", välillä 80–89 olivat "B" ja 90 ja siitä yllä olevat "A". Sauro ja Lewis (2012, s. 203) toteavat, että Bangorin ja muiden (2009, s. 121) luokitusasteikkoa käyttämällä on miltei mahdollonta saada arvosanaksi "A". Sauro ja Lewis (2012, s. 203) kehittivät heidän mielestään

oikeellisemmän luokitusasteikon, jossa SUS-tulokset muutettiin aluksi prosenttipisteiksi, jonka jälkeen he loivat prosenttipisteitä käyttäen luokitusasteikon keskimääräisille SUS-tuloksille.

Sauron ja Lewisin (2012, s. 202) tutkimuksessa käytiin läpi 446 tutkimusta ja yli 5000 yksittäistä SUS-kyselyä. Näiden SUS-tuloksien keskiarvoksi saatiin 68 ja keskihajonta oli 12,5. SUS-tuloksen muuttaminen prosenttipisteeksi auttaa vertaamaan sitä, miten käytökelpoinen tuote on verrattuna muihin tuotteisiin, jotka ovat olleet vaikuttamassa 68 keskiarvon SUS-tulokseen. Kaikki tuotteet, joiden prosenttipiste on alle 50%, voidaan pitää alle keskiarvon huonompina ja kaikki, jotka ovat yli 50%, voidaan pitää keskiarvoa parempina. (Sauro & Lewis, 2012, s. 202) Taulukossa 6 nähdään vasemmalla SUS-tulokset, keskellä arvosanaluokka ja oikealla prosenttipisteet.

**Taulukko 6.** SUS-tulosarvojen luokittelu (mukaillen, Sauro & Lewis, 2012, s. 204).

SUS-tulos	Arvosana	Prosenttipisteet
84.1–100	A+	96–100
80.8–84	A	90–95
78.9–80.7	A–	85–89
77.2–78.8	B+	80–84
74.1–77.1	B	70–79
72.6–74	B–	65–69
71.1–72.5	C+	60–64
65–71	C	41–59
62.7–64.9	C-	35–40
51.7–62.6	D	15–34
0–51.7	F	0–14

SUS-kyselystä on kehitetty myös positiivinen versio (kaikki vaihtoehdot positiivisia), jota Sauro ja Lewis (2011, s. 2218) vertasivat alkuperäiseen SUS-kyselyyn. Tutkimuksissa on huomattu, että SUS-kyselyn positiivisen ja negatiivisen sekoituksen sisältävissä SUS-ky-

selyissä on tapahtunut virheellistä tulkintaa, täyttövirheitä ja sekaannusta vastaajien keskuudessa (Sauro & Lewis, 2011, s. 2217; Martins ja muut, 2015, s. 299). Sauro ja Lewis (2011, s. 2221–2222) eivät kuitenkaan nähneet eroja SUS-tuloksissa normaalin ja positiivisen SUS-kyselyn välillä.

#### **4.5.2 Avoimet kysymykset kyselyissä**

Useimmat käytettävyyteen liittyvät kyselyt sisältävät avoimia kysymyksiä. Niistä voidaan saada tärkeää tietoa järjestelmästä, jonka avulla pystytään kehittää järjestelmää paremmaksi (Tullis, 2013, s. 158). Avoimien kysymyksiä tulisi olla neutraaleja ja kysymykset tulisi suunnitella niin, että kysymys kannustaa käyttäjää vastaamaan kysymykseen kokonaisilla lauseilla ”Kyllä” ja ”Ei” vastauksien sijaan. Hyvä vaihtoehto avoimen kysymyksen esittämiseen olisi esim. pyytää käyttäjää kuvailemaan hyvät ja huonot kokemukset järjestelmän käytöstä tai listaamaan kolmesta viiteen hyvää syytä siitä, miksi he pitävät järjestelmästä ja listaamaan samat huonoista asioista. (Nielsen, 1997, s. 111; Tullis, 2013, s. 158)

On kuitenkin hyvä huomioida, että avoimien kysymyksiä yhteenveto on haasteellista, mutta sitä helpottamaan on suositeltavaa olla täsmällinen avoimien kysymyksiä kanssa. Esimerkiksi on helpompaa tulkita käyttäjien vastauksia kysymyksestä, jossa pyydetään käyttäjiä listaamaan hämmäntävimmät asiat järjestelmästä, kuin se, että yritettäisiin tulkita vastauksia vapaamuotoisesta tekstikentästä, jossa yksi käyttäjä voi kirjoittaa kehitysideoista ja toinen järjestelmän hyvistä puolista. Yksi hyvä vaihtoehto vastauksien tulkitsemiseen on kopioida kaikki vastaukset sanatarkasti sellaiseen työkaluun, josta voidaan nähdä, mitä sanoja vastaajat ovat käyttäneen eniten vastauksissaan. (Tullis, 2013, s. 158)

Kyselylomaketta voidaan pitää itsenäisenä käyttöliittymänä, jonka luomisessa täytyy myös ottaa käytettävyyden suunnitteluperiaatteet mukaan, kuin missä tahansa muussakin käyttöliittymässä. Tällä varmistetaan, että käyttäjät ymmärtävät kysymykset oikein. (Nielsen, 1997, s. 111) Nielsen (1997, s. 11) toteaaakin, että liian pitkät, vaikeasti ymmärrettävät tai liian epäammattimaiset kyselyt vaikuttavat käyttäjiin negatiivisesti ja täten

saavat usein heikomman vastausprosentin. Kyselyn oikeanlaista pituutta voidaan pitää web-kyselylomakkeissa yhden näytön ja paperilla yhden sivun kokoisena. Paperille tehtyä kyselyä voi myös käyttää molemmilta puolilta. Hyvin ymmärrettävään muotoon muotoiltu kyselylomake auttaa keräämään helposti tietoja käyttäjien asenteiden kehityksestä järjestelmää kohtaan. Vaikka edellä mainittiinkin pelkästään avoimien kysymyksien etuja, avoimilla kysymyksillä on myös omat varjo puolensa. Verrattuna suljettuihin kysymyksiin, kuten esim. SUS-kyselyyn, käyttäjät kokevat suljetut kysymykset helpommin ymmärrettäviksi, joka johtaa siihen, että avoimiin kysymyksiin jätetään usein vastaamatta. (Nielsen, 1997, s. 11) Bangor ja muut (2008, s. 580) ja Sauro ja Lewis (2011, s. 2221) toteavat, että jos ollaan suunnittelemassa uutta kyselyä, niin tutkijoiden tulisi välttää negatiivisten vaihtoehtojen lisäämistä kyselyyn.

#### **4.6 Heuristinen arviointi**

Käyttöliittymiä voidaan arvioida usealla eri tavalla, kuten erilaisilla analyysitekniikoilla, automaattisilla tietokoneistetuilla menettelyillä, empiirisesti yhdessä käyttäjien kanssa ja heuristisesti, jossa käyttöliittymää arvioidaan omien mielipiteiden perusteella. Heuristisessa arvioinnissa on siis tarkoitus saada selville mielipide käyttöliittymän hyvistä ja huonoista puolista. (Nielsen & Molich, 1990, s. 249) Heuristista arviointia voidaan pitää vähän samankaltaisena kuin virheiden korjaamiseen tarkoitettua menetelmää, koska heuristisessa arvioinnissa pyritään löytämään mahdolliset käytettävyysongelmat ja tämän jälkeen korjaamaan ne (Nielsen, 1992, s. 373). Jeffries ja muut (1991, s. 123) vertasivat neljää erilaista käyttöliittymien arviointitekniikkaa, jotka olivat heuristinen arviointi, käytettävyytestaus, yleiset ohjelmisto-ohjeistukset ja kognitiivinen läpikäynti. Näistä menetelmistä heuristinen arviointi löysi kaikista eniten ongelmia, sama tapahtui myös vakavien ongelmia kanssa. Heuristinen arviointi oli näistä menetelmistä myös alhaisin kustannuksiltaan.

Heuristisen arvioinnin voi tehdä yhdellä arvioijalla, mutta tällöin on vaikeaa löytää kaikkia mahdollisia käytettävyysogelmia käyttöliittymästä. Yksi arvioija löytää yhden arvioinnin aikana noin 35 prosenttia käyttöliittymän käytettävyysongelmista. Tehokkaimmin



käytettävyysohjelmien löytyminen tapahtuu useammalla arvioijalla, mutta jokaisen yhden arvioijan lisääminen lisää myös kustannuksia. (Nielsen, 1994b) Luotettavimmat tulokset saadaan silloin, kun heuristiseen arviointiin osallistuu 3-5 arvioijaa ja arvioijien olisi hyvä olla toisistaan riippumattomia. Kun arvioivat ovat arvioineet käyttöliittymän yksin, niin tämän jälkeen arvioivat saavat kommunikoida keskenään, jossa kootaan jokaisen arvioivan löydetyt havainnot. Yhden käyttöliittymän heuristinen arviointi kestää yleensä yksi tai kaksi tuntia, mutta laajempien ja monimutkaisempien käyttöliittymien arvioinnin Nielsen (1994b) suosittelee jakamaan eri osiin, jossa arvioijat arvioivat vain tietyn alueen käyttöliittymästä kerralla. Arvioinnin aikana arvioijan olisi hyvä käydä käyttöliittymä läpi vähintään kaksi kertaa. Vaikka Nielsen suositteleekin 3-5 arvioijaa, niin tässä tutkimuksessa heuristiseen arviointiin osallistui vain kaksi arvioijaa, koska useammalla arvioijalla kustannukset olisivat nousseet liian korkeaksi. (Nielsen 1994b)

Heuristisen arvioinnin etuina voidaan pitää sitä, että se on halpa ja nopea toteuttaa, mutta se ei myöskään vaadi ennakkosuunnittelua. Heuristinen arviointi on intuitiivinen ja helppo motivoida käytettäväksi ja sitä on mahdollista käyttää kehitysprosessin alussa. (Nielsen, 1994b; Nielsen & Molich, 1990, s. 255) Tässä tutkimuksessa heuristinen arviointi tullaan toteuttamaan siinä vaiheessa, kun IT-artefaktin avulla päivitettyä käyttöliittymää testataan ensimmäisen kerran. Heuristisen arvioinnin lisäksi on myös olemassa muitakin käytettävyysohjeiden kaltaisia listoja, kuten esimerkiksi Smithin ja Mosierin (1986, s. 390–417) esittämä tuhannen käytettävyysohjeen lista. Tämänkaltaista listaa ei ole juurikaan kovin helppoa käyttää ja useammat ohjelmistokehittäjät kauhistelevatkin näin pitkän listan käyttöä (Nielsen & Molich, 1990, s. 249).

Molich ja Nielsen (1990, s. 339) listaavat yhdeksän periaatetta heuristiselle arvioinnille, kun ollaan suunnittelemassa uutta käyttöliittymää. Nämä heuristiikat esitellään taulukossa 6, johon on myös lisätty kymmenes periaate, jonka Nielsen lisäsi listaan mukaan myöhemmin (Nielsen, 1994). Vasemmalla taulukossa 7 nähdään periaatteen nimen aiempi nimitys, keskellä päivitetympi versio nimestä ja oikealla periaatteen kuvaus.

**Taulukko 7.** Kymmenen heuristinen arvioinnin periaatetta ja niiden kuvaukset (mukaillen, Nielsen, 1994; Molich & Nielsen, 1990, s. 339).

<b>Periaate</b> (Molich & Nielsen, 1990, s. 339)	<b>Periaate</b> (Nielsen, 1994, päivitetty 2020)	<b>Kuvaus</b>
Yksinkertainen ja luonnollinen dialogi	Esteettinen ja minimalistinen suunnittelu	Käyttöliittymässä ei saisi olla näkyvillä merkityksetöntä tai harvoin käytettävää tietoa. Merkityksetön tieto kilpailee tärkeän informaation kanssa ja täten heikentää tärkeän tiedon näkyvyyttä.
Käyttäjän kielin ymmärtäminen	Vastaavuus järjestelmän ja tosielämän välillä	Käyttöliittymässä käytettävät sanat tulisi olla käyttäjille tuttuja, eikä ammattikielen sanastoa.
Käyttäjän muistikuorman minimoiminen	Tunnistaminen mieluummin kuin muistaminen	Ihmisen lyhytaikaisella muistilla on omat rajallisuudet, joten on tärkeää minimoida käyttäjän muistikuormaa toteuttamalla kaikki vaihtoehdot, elementit ja toiminnot näkyviksi ja helposti tunnistettaviksi. Käyttäjän ei myöskään tarvitsisi muistaa asioita vaiheesta toiseen, ja käyttöliittymän ohjeiden olisi hyvä olla helposti saatavilla.
Olemalla yhteneväinen	Yhteneväisyys ja standardit	Käyttöliittymässä olevien erilaisten toimintojen ei pitäisi toimia samalla tavalla. Käyttäjän joutuessa miettimään sitä, että tarkoittavatko jotkut toiminnot tai sanat samaa, voi lisätä merkittävästi käyttäjän kognitiivista kuormitusta.
Palautteen antaminen	Järjestelmän tilan näkyvyys	Käyttäjän tulisi aina tietää mitä tapahtuu tai mikä on käyttöliittymän nykyinen tila sitä käytäessä. Tehdyn toiminnon jälkeen käyttäjälle tulisi antaa asianmukainen palaute kohtuullisen ajan kuluessa siitä, kun käyttäjä on toiminnon suorittanut.

Selkeät poistumistiet	Käyttäjän kontrolli ja vapaus	Käyttäjä valitsee käyttöliittymissä toiminnot usein vahingossa ja täten käyttäjällä täytyisi olla helppo "poistumistie" kesken ei halutun prosessin ilman, että käyttäjän joutuisi käymään koko ei halutun prosessin kokonaan läpi. Ihminen kokee lisääntyvää vapauden ja luottamuksen tunnetta, kun hän pystyy peruuttamaan ei halutut toiminnot, eikä täten jää käyttöliittymään jumiin ja koe turhautumista.
Oikotiet	Käytön joustavuus ja tehokkuus	Aloittelevilta käyttäjiltä piilotetut pikanäppäimet voivat palvella hyvin kokeneempia käyttäjiä ja sekoittaa vähemmän aloittelevia käyttäjiä. Tällä tavoin käyttöliittymä palvelisi hyvin molempia käyttäjäryhmiä.
Hyvät virheilmoitukset	Virhetilanteiden tunnistaminen, ilmoittaminen ja korjaaminen	Virheilmoitusten tulisi olla selkeitä, eikä niiden pitäisi sisältää virhekoodeja. Virheilmoituksissa tulisi olla ongelman syy ja rakentava palaute siitä, miten ratkaista ongelma. Virheilmoitusten olisi hyvä olla visuaalisia, jotta käyttäjän olisi helpompi havaita ja tunnistaa ne.
Virheiden ennaltaehkäisy	Virheiden ennaltaehkäisy	Hyviä virheilmoituksia tarvitaan, mutta vielä tärkeämpää olisi saada tehtyä ohjelma, jossa ei olisi paljoa ongelmia.
	Opastus ja ohjeistus	Kaikista paras vaihtoehto olisi, jos käyttöliittymän käyttöön ei tarvitsi lainkaan lisäselvityksiä tai ohjeistuksia, mutta joissakin tilanteissa nämä ovat tarpeellisia. On tärkeää pitää ohje ytimekkäänä, jossa on listattu vain ohjelman kannalta konkreettisemmat vaiheet. Ohjeesta pitäisi olla myös helppo etsiä tietoa.

Miten nämä heurististen arvioinnin periaatteet otetaan huomioon käytännössä? Nielsen (1994) on listannut vinkkejä siitä, miten nämä periaatteet voidaan ottaa huomioon käyttöliittymäsuunnittelussa. Nämä vinkit esitellään taulukossa 8 ja tässä taulukossa periaatteen nimenä käytetään Nielsenin päivitettyä versiota.

**Taulukko 8.** Kymmenen heuristinen arvioinnin periaatetta ja niiden huomioiminen käytännössä (mukaillen, Nielsen, 1994).

Periaate	Huomioiminen käytännössä
Esteettinen ja minimalistinen suunnittelu	Käyttöliittymän sisällön ja ominaisuuksien priorisoiminen siten, että ne tukevat ensisijaisia tavoitteita. Näytetään käyttäjälle vain keskeisimmät asiat käyttöliittymällä ja pyritään toteuttamaan käyttöliittymä siten, että mitkään elementit eivät häiritse käyttäjää niistä tiedoista, mitä he oikeasti tarvitsevat.
Vastaavuus järjestelmän ja tosielämän välillä	Varmistetaan, että käyttäjän ei tarvitse tarkistaa jokaista sanaa, mitä käyttöliittymään on lisätty. Suunnittelijan ei saisi olettaa ymmärtävän sanoja ja käsitteitä, mitkä vastaavat käyttäjän ymmärrystä. Käyttäjätutkimusta voidaan käyttää apuna tutustumaan paremmin käyttäjille tuttuun terminologiaan.
Tunnistaminen mieluummin kuin muistaminen	Vähennetään sellaista tietoa, joka käyttäjän olisi muistettava. Tarjotaan apua käyttöliittymän elementtien kontekstissa, kuten esim. kun hiiren vie painikkeen päälle, niin painikkeen päälle ilmestyy teksti, jossa tarkempi kuvaus painikkeen toiminnosta.
Yhteneväisyys ja standardit	Ylläpitämällä sisäisiä ja ulkoisia yhdenmukaisuustyyppejä, voidaan parantaa käyttäjien oppimiskykyä. Sisäisellä yhdenmukaisuudella tarkoitetaan sitä, kun säilytetään tuotteen tai tuoteperheen yhtenäisyys ja ulkoisella yhdenmukaisuudella sitä, että noudatetaan toimialojen vakiintuneita käytäntöjä.
Järjestelmän tilan näkyvyys	Pyritään toteuttamaan käyttöliittymän toiminnot siten, että mikään toiminto ei tapahdu ilman, että käyttäjä saa siitä tiedon. Toimintojen jälkeen annetaan käyttäjälle tieto mahdollisimman lyhyessä ajassa tai mieluiten heti. Avoimella ja jatkuvalla viestinnällä saadaan rakennettua käyttäjään parempi luottamus.

Käyttäjän kontrolli ja vapaus	Varmistetaan, että ”poistumistiet” on merkitty käyttöliittymässä tarpeeksi selvästi ja siten, että ne ovat helposti löydettävissä. Tuetaan käyttäjää kumoaa, peruuta ja tee uudelleen vaihtoehdoilla, siten että jokaisesta prosessista olisi mahdollisimman selkeä ja helppo tapa poistua.
Käytön joustavuus ja tehokkuus	Tarjotaan käyttäjälle pikanäppäin vaihtoehtoja ja annetaan käyttäjälle mahdollisuus räätälöidä, jotta he voivat vaikuttaa siihen, miten tuote toimii.
Virhetilanteiden tunnistaminen, ilmoittaminen ja korjaaminen	Käytetään virheilmoituksissa kieltä, jonka käyttäjät ymmärtävät (esim. oma äidinkieli, ei ammattisanastoa). Käytetään perinteisiä virheilmoituksia, jotka sisältävät lihavoitua ja punaista tekstiä. Tarjotaan käyttäjälle ratkaisu ongelman ratkaisemiseksi.
Virheiden ennaltaehkäisy	Pyritään ensisijaisesti estämään kalliit virheet. Tarjotaan käyttäjälle hyödyllisiä pakokeinoja ja hyviä oletuksia. Lisäämällä varoituksia ja toimintojen kumoamismahdollisuuksia, pienennetään käyttäjän muistikuormaa ja virheiden määrää.
Opastus ja ohjeistus	Pyritään tekemään ohjeista selkeät ja sellaiset, että tieto on helposti löydettävissä. Luetellaan dokumentaatiossa ohjelman konkreettisimmat vaiheet ja annetaan käyttäjälle mahdollisuus avata dokumentaatio kontekstissa tarvittaessa.

Heuristisen arvioinnin tuloksena saadaan lista arvioidun käyttöliittymän käytettävyysongelmissa. Arvioija ei voi kuitenkaan vain kertoa pelkästään omaa mielipidettä käyttöliittymästä vaan arvioijan täytyy viitata hänen mielestään oleva käytettävyysongelma heuristiikkaan tai muihin käytettävyytutkimuksien tuloksiin. Heuristisen arvioinnin avulla löytyneet käytettävyysongelmat olisi hyvä listata yksitellen ja kuvailla mahdollisimman tarkasti. Jos yksi käyttöliittymän toiminto tai elementti sisältää kolme käytettävyysongelmaa, niin näistä kaikista tehdään erikseen oma ongelma-aihe viitaten käytettävyyseriaatteisiin, joista tulee selville se, että miksi nämä kaikki kolme kyseistä ongelmaa ovat käytettävyysongelmia. Tuntemalla kaikki ongelmat, on paljon suurempi mahdollisuus saada korjattua enemmistö niistä. (Nielsen, 1994b)

Heuristisesta arvioinnista löydetty käytettävyysoongelmat voidaan jakaa erilaisiin vakavuusluokituksiin. Vakavuusluokitusten avulla käytettävyysoongelmat pystytään priorisoida, jotta tiedetään, että mihin käytettävyysoongelmaan kannattaa jakaa eniten resursseja. Vakavuusluokitukset auttavat myös näkemään, mitkä käytettävyysoongelmat ovat vakavimmasta päästä ja mitkä niitä, joiden takia ohjelma voidaan julkaista, vaikka näitä käytettävyysoongelmia ei korjattaisi, koska ne ovat vakavuudeltaan heikoimmasta päästä. (Nielsen, 1994c)

Nielsen (1994c) kuvailee käytettävyysongelman vakavuuden olevan kolmen tekijän yhdistelmä, johon sisältyy ongelman esiintymistiheys, ongelman vaikutus ja ongelman jatkuminen. Esiintymistiheydellä tarkoitetaan sitä, miten yleistä tai harvinaista ongelman esiintyminen on, ja ongelman vaikutuksella sitä, kuinka helposti tai vaikeasti käyttäjän on päästä ongelmasta eteenpäin. Ongelman jatkumisella kuvaillaan sitä, että tapahtuuko kyseinen käytettävyysongelma kertaluontoisesti, josta käyttäjien on helppoa jatkaa eteenpäin, kun se on käyttäjien tiedossa vai häiritseekö käytettävyysongelma käyttäjiä toistuvasti. Lopuksi on myös tärkeää arvioida käytettävyysongelman vaikutusta markkinoihin, koska jotkut käytettävyysoongelmat voivat vaikuttaa negatiivisesti tuotteen suosiin. (Nielsen, 1994c)

Nielsen (1994c) jakaa käytettävyysoongelmat viiteen luokitusluokkaan, joiden avulla voidaan arvioida käytettävyysongelmien vakavuutta:

**0** = En koe, että tämä olisi käytettävyysongelma

**1** = Kosmeettinen ongelma: jos ei ole ylimääräistä aikaa, niin tätä ei ole tarvetta korjata

**2** = Pieni käytettävyysongelma: alhaisen korjaamisen prioriteetti

**3** = Suuri käytettävyysongelma: tämä olisi tärkeä korjata, asetettava etusijalle

**4** = Katastrofaalinen ongelma: tämä olisi välittömästi korjattava, tuotetta ei saa julkaista ennen kuin tämä on korjattu

Käytettävyyssongelmien vakavuusluokittelua ei suositella tekemään samaan aikaan heuristisen arvioinnin aikana, koska heuristisen arvioinnin aikana arvioijien on hankalaa keskittyä arvioinnin lisäksi vielä vakavuusluokitteluun. Hyvä tapa vakavuusluokittelun tekemiseen on kerätä kaikki heuristisesta arvioinnista tulleet käytettävyyssongelmat yhteen. Tämän jälkeen arvioijille lähetetään kyselylomake, johon on listattu kaikki nämä löydettyt käytettävyyssongelmat ja pyydetään arvioijia arvioimaan näiden löydettyjen käytettävyyssongelmien vakavuus. Luotettavimmat vakavuusarviot saadaan silloin, kun käytettävyyssongelmien vakavuutta arvioi useampi arvioija, koska mitä useampi arvioija, sitä enemmän keskimääräisen vakavuusluokituksen laatu kasvaa. Tyydyttävänä tuloksena voidaan pitää kolmen arvioijan tulosta, josta on laskettu keskiarvo. (Nielsen, 1994c)

Se miten heuristinen arviointi toteutettiin tässä tutkimuksessa ja minkälaisia käytettävyyssongelmia sen avulla löydettiin, on kuvattu tarkemmin luvussa 5.6.1.

## 5 Tutkimuksen toteutus

Tutkimuksessa toteutettiin käyttäen suunnittelutieteellisen tutkimuksen tutkimussyklejä ja prosessimallia (ks. luku 4.4.2). Suunnittelutieteellisessä tutkimuksessa tutkimussyklit jaetaan kolmeen sykliin, jotka ovat relevanssisykli, suunnittelusykli ja täsmällisyysykli (Hevner ja Chatterjee, 2010, s. 20). Tässä tutkielmassa luvut 5.1, 5.2 ja 5.3 kuuluvat relevanssisykliin, luvut 5.4 ja 5.5 suunnittelusykliin ja luvut 2 ja 3 täsmällisyysykliin.

Seuraavissa luvuissa esitellään kohdeyritys ja IT-artefaktin ympäristö, ongelman määrittäminen ja motivointi, tavoitteiden asettaminen, IT-artefaktin suunnittelu ja kehitys, demonstrointi ja viestintä.

### 5.1 Kohdeyritys ja IT-artefaktin ympäristö

Nykyään Tanskan suurimpiin yrityksiin kuuluva Danfoss on perustettu vuonna 1933 Mads Clausenin toimesta. Danfoss on perheomisteinen konserniyhtiö, joka toimii yli 100 eri maassa ja työllistää lähes 28 000 työntekijää maailmanlaajuisesti, joista Suomessa noin 800. Danfoss keskittyy neljään liiketoimintasegmenttiin: Danfoss Power Solutions (teollisuusautomaatiikka), Danfoss Cooling (jäähdytys ja ilmastointi), Danfoss Heating (lämmitys) ja Danfoss Drives (taajuusmuuttajat). Liiketoiminta-alue ulottuu 11 erilaiseen alueeseen, joita ovat autoteollisuus, vesi ja jätevesi, asuinrakennukset, jäähdytys ja ilmastointi, energia ja luonnonvarat, elintarvike- ja juomateollisuus, teollisuus, liikkuvan kaluston hydraulikka, kaukolämpö ja liikerakennukset. Vuonna 2019 Danfossin liikevaihto oli 6,3 milj. €, joka oli 3% enemmän kuin vuonna 2018. (Danfoss 2020) Danfoss ja vaasalainen taajuusmuuttajayritys Vacon yhdistivät voimansa loppuvuodesta 2014 yhdistymissopimuksen myötä, jossa Danfoss osti Vaconin (Rakennuslehti, 2014).

Tässä tutkimuksessa, tutkimuksen kohteena tulee olemaan Danfossin tuotantolinjoilla käytössä oleva SAP ME-järjestelmä, johon luotua IT-artefaktia tullaan demonstroimaan. SAP ME-järjestelmää käytetään tuotantolinjoilla kosketusnäyttöjen kautta. Nykyistä Danfossin tuotannossa käytettävää SAP ME-järjestelmän käyttöliittymää ei ole suunniteltu



käytettäväksi kosketusnäytöiltä, joten siksi nykyisen tilalle päivitetään SAP ME:n Touch POD -käyttöliittymä, joka on suunniteltu paremmin käytettäväksi kosketusnäytöiltä. SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä on konfiguroitavissa ilman, että täytyisi alkaa muokkaa koodia. Käyttöliittymä on mahdollista konfiguroida toimimaan normaalilla näytöllä tai kosketusnäytöllä. (SAP ME, 2014, s. 2)

SAP ME (SAP Manufacturing Execution) tai MES (Manufacturing Execution System) on tuotantoon tai valmistukseen käytettävä järjestelmä, joka on usein liitettyä toiminnanohjausjärjestelmään (Enterprise Resource Planning, ERP). SAP ME:tä pidetään valmistusjärjestelmien alalla tuotannon hallinnan avaintekijänä. SAP ME keskittyy tuotannon latialla tapahtuvien toimintojen hallintaan, kuten laitteiden aikataulutukseen, valmistukseen ja valvontaan, sekä laitteiden tilan seuraamiseen, materiaalien toimituksiin ja kulu- tukseen, että laitteiden valmistuksen edistymiseen. Kun taas ERP-järjestelmä hallinnoi vastaavasti yleisiä toimintoja, joihin sisältyy vastaanottaminen, inventaario, laskutus, lähetys, kirjanpito ja valmistuksen reititys. (Blanc ja muut, 2008, s. 317; Mohammed ja muut, 2018, s. 263; SAP Manufacturing Execution)

Mohammed ja muut (2018, s. 263) esittelevät MESA Internationalin luoman taulukon (ks. taulukko 9) SAP ME-järjestelmän toiminnoista, mutta toimiakseen optimaalisesti, yrityksen ei kuitenkaan tarvitse toteuttaa kaikkia 11 toimintoa.

**Taulukko 9.** SAP ME-järjestelmän toiminnot (mukaillen, Mohammed ja muut, 2018, s. 263).

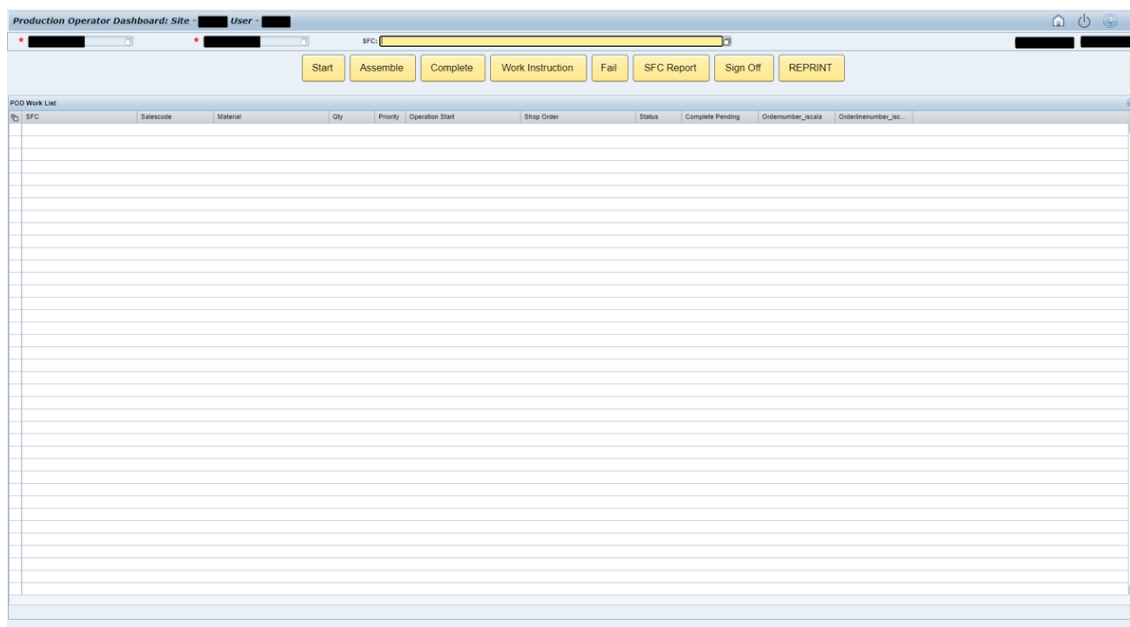
Toiminto	Kuvaus
1. Resurssien kohdentaminen ja status	Hallitsee resurssitietoja tarjoamalla yksityiskohtaisen historian ja statuksen reaaliajassa.
2. Toimintojen/yksityiskohtien aikatauluttaminen	Tarjoaa sekvenssoinnin, vaihtoehtoisten ja päällekkäisten/rinnakkaisten toimintojen tunnistamisen.
3. Tuotantolaitteiden lähettäminen	Hallitsee tuotantolaitteiden kulkua.
4. Asiakirjojen hallinta	Ohjaa asiakirjoja/lomakkeita, joilla ylläpidetään tuotantolaitteita.
5. Tiedonkeruu	Hankkii sisäisen tuotannon ja parametriset tiedot tehtaalta.
6. Työnhallinta	Optimoi työvoiman.
7. Laadunhallinta	Tarjoaa reaaliaikaisia tietoja tuotteiden laadun varmistamiseksi.
8. Prosessihallinta	Seuraa tuotantoa ja tarjoaa tai korjaa päätöksenteon tukea prosessitoimintojen parantamiseksi.
9. Kunnossapidon hallinta	Seuraa ylläpitotoimintaa ja tarjoaa instanssiratkaisuja.
10. Tuotteiden seuranta ja genealogia	Tarjoaa työtoiminnan tilatiedot. Voi myös tuottaa historiallista tietoa tuotetuista tuotteista.
11. Suorituskykyanalyysi	Esittää laitoksen suorituskyvyn, lisätutkimuksia ja analysointia varten.

## 5.2 Ongelman määrittäminen ja motivointi

Tässä tutkimuksessa ongelman määrittämiseen ja motivointiin käytettiin käytettävyysskyselyä, joka sisälsi 10 vaihtoehdon SUS-kyselyn ja 8 itse tehtyä vaihtoehtoa, josta yksi vaihtoehto oli avoimessa muodossa. Tässä luvussa esitetään käytettävyysskyselyn tulokset, jotka tulevat olemaan osa IT-artefaktin vaatimusmäärittelyä.

### 5.2.1 Käytettävyysskyselyn tulokset

Nykyiselle Danfossin tuotannossa käytettävälle SAP ME-järjestelmälle (ks. kuvio 11) toteutettiin käytettävyysskysely, johon osallistui 16 kohdelinjojen työntekijää.



**Kuvio 11.** Nykyinen SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä.

Käytettävyysskysely sisälsi SUS-kyselyn ja 8 itse tehtyä positiivisessa muodossa olevaa vaihtoehtoa, joista yksi oli avoimessa muodossa. Kysely sisälsi myös kaksi taustamuuttujaa, jotka olivat ikä ja kuinka pitkään ollut Danfossilla töissä. On todettu, että lisäämällä SUS-kyselyyn osallistujien iän ja sukupuolen tai esimerkiksi testatun järjestelmän aiemman käyttökokemuksen, voidaan saada lisää erilaisia päätelmiä näiden suhteesta SUS-tuloksiin (Bangor ja muut, 2008, s. 593; Sauro & Lewis, 2011, s. 2218-2219). Iän jätti vastaamatta kaksi ja työkokemuksen yksi vastaajista. Iän vastanneiden keskiarvoikä oli 40,28 vuotta ja työkokemusvuosien vastaajien keskiarvo oli 10 vuotta. SUS-kyselyn tuloksen keskiarvoksi tuli 53 ja jos tulosta verrataan luvun 3.3.1 taulukossa 6 oleviin SUS-tuloksien arvosanoihin, niin arvosanaksi saadaan D, joka on taulukossa toiseksi huonoin arvosana. SUS-kyselyjen matalin SUS-tulos oli 32,5 ja korkein 80, joista voidaan todeta, että kaikki työntekijät eivät kokeneet käytettävyyden kanssa ongelmia nykyisen järjestelmän kanssa. Vastaajien tulokset ja pisteytys löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 2 ja 3.

Käytettävyyskyselyn SUS-vaihtoehtojen ja omien vaihtoehtojen vastauksia analysointiin Spearmanin (The Spearman Rank Order Correlation Coefficient) järjestyskorrelaatioker-toimen avulla, jolla tutkittiin muuttujien välistä riippuvuutta. Tällä halutaan nähdä, että mitkä ovat ne vaihtoehdot, joiden välillä havaitaan olevan voimakkain riippuvuus. Spearmanin testi toteutettiin IBM:n SPSS Statistics ohjelmalla, jossa ohjelma näyttää korrelaation muuttujien välillä ja p-arvon (probability). Korrelaation tarkoitus on kuvata, miten voimakas lineaarinen yhteys on kahden muuttujan välillä. (Gujarati & Porter, 2009, s. 20)

Korrelaation arvo voi olla joko positiivista (+1) tai negatiivista (-1) ja arvot voivat vaihdella näiden välillä. +1 korrelaation arvo vastaa vahvinta korrelaatiota positiivisessa suunnassa (toisen muuttujan arvon noustessa, on toisenkin muuttujan arvon taipumus nousta) ja -1 korrelaation arvo vahvinta korrelaatiota negatiivisessa suunnassa (toisen muuttujan arvon noustessa, toisen muuttujan arvon on taipumus laskea). (Mukaka, 2015, s. 69) Kun korrelaation arvo on 0, voidaan todeta, että muuttujien välillä ei ole lainkaan lineaarista yhteyttä (Heikkilä, 2010, s. 204; Mukaka, 2015, s. 69). Korkeaa korrelaatiota pidetään välillä 0,60–0,80 ja välillä 0,40–0,60 melko korkeina tai kohtuullisina eli sitä vähemmän muuttujien välillä voidaan todeta olevan yhteyttä, mitä lähempänä korrelaatio on nollaa. P-arvo kuvaa havainnon todennäköisyyttä, mitä pienempi p-arvo on, sitä merkitsevämpi todennäköisyys on. Esimerkiksi erittäin merkitsevä p-arvo on  $p < 0,001$  ja merkitsevä  $p < 0,01$ . Melkein merkitsevä p-arvona pidetään arvoa  $p < 0,05$ . (Metsämuuronen, 2005, s. 341–347; s. 416)

Ikä ja työkokemus luokiteltiin kolmeen erilaiseen kategoriaan. Ikä ryhmiteltiin alle 30 v, 30–45 v ja yli 45 v luokkiin ja työkokemus alle 5 v, 5–12 v ja yli 12 v oleviin luokkiin. Ikä korreloi SUS-kyselyn vaihtoehdon ”mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epäjohtonmukaisuuksia” kanssa. Näiden välinen korrelaatio oli 0,536 ( $p < 0,05$ ), jota voidaan pitää 5 % merkitsevyydellä tilastollisesti merkitseväksi eli melkein merkitseväksi. Koska kyseessä oli suunnaltaan positiivinen korrelaatio, voidaan todeta, että kun toisen arvo nousee, on myös toisella arvolla taipumusta nousta. Työkokemus taas korreloi kolmen SUS-kyselyn vaihtoehdon kanssa, jotka kaikki olivat tilastollisesti merkitseviä 5 % merkitsevyydellä.

Työkokemuksen ja vaihtoehdon ”mielestäni SAP ME on liian monimutkainen” välinen korrelaatio oli 0,549 ( $p < 0,05$ ), työkokemuksen ja vaihtoehdon ”mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epä johdon mukaisuuksia” välinen korrelaatio oli 0,536 ( $p < 0,05$ ) ja työkokemuksen ja vaihtoehdon ”mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä” välinen korrelaatio oli 0,547 ( $p < 0,05$ ). SUS-kyselyn vaihtoehtojen vastauksista keskenään korreloivat vahvimmin vaihtoehdot ”mielestäni SAP ME on liian monimutkainen” ja ”mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä”, joiden välinen korrelaatio oli jopa 0,849 ( $p < 0,001$ ), jota voidaan pitää tilastollisesti erittäin merkitseväenä. Tästä voidaankin todeta, että vaihtoehdon ”mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä” arvon noustessa, voi hyvin todennäköisesti nousta myös vaihtoehdon ”mielestäni SAP ME on liian monimutkainen” arvo tai silloin kun jälkimmäisen vaihtoehdon arvo nousee niin ensimmäinen vaihtoehdon arvo voi nousta myös. Muiden SUS-vaihtoehtojen korrelaatiot kuvataan taulukossa 10.

**Taulukko 10.** Ensimmäisen käytettävyyksikyselyn SUS-vaihtoehtojen korrelaatiot ja p-arvot.

SUS-kyselyn vaihtoehdot	Korrelaatio ja p-arvo
”Luulen, että voisin käyttää SAP ME:tä säännöllisesti” ja ”uskon, että suurin osa oppii käyttämään SAP ME:tä hyvin nopeasti”	0,643 ( $p < 0,01$ )
”Mielestäni SAP ME on liian monimutkainen” ja ”mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää”	-0,709 ( $p < 0,01$ )
”Mielestäni SAP ME on liian monimutkainen” ja ”mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epä johdon mukaisuuksia”	0,613 ( $p < 0,05$ )
”Mielestäni SAP ME on liian monimutkainen” ja ”minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan”	0,512 ( $p < 0,05$ )
”Mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää” ja ”mielestäni SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta”	-0,561 ( $p < 0,05$ )
”Mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää” ja ”mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä”	-0,612 ( $p < 0,05$ )
”Mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää” ja ”minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan”	-0,501 ( $p < 0,05$ )

"Mielestäni SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen" ja "minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan"	-0,554 (p<0,05)
"Mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epä johdonmukaisuuksia" ja "minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan"	0,532 (p<0,05)
"Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi SAP ME:tä käyttäessäni" ja "minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan"	-0,745 (p<0,001)

Taulukon 10 negatiivisen suunnan korrelaatioista voidaan päätellä, että jos esim. vaihtoehdon "mielestäni SAP ME on liian monimutkainen" arvo nousee, voi vaihtoehdon "mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää" arvo taas laskea tai silloin kun jälkimmäisen vaihtoehdon arvo nousee niin ensimmäinen vaihtoehdon arvo voi laskea.

Käytettävyysskyselyn omat vaihtoehdot eivät korreloineet iän kanssa, mutta työkokemuksen kanssa löytyi kolme negatiivisen suunnan korrelaatiota, jotka olivat "koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset SAP ME:ssä" (-0,548, p<0,05), "mielestäni teksti on SAP ME:ssä sopivan kokoista" (-0,599, p<0,05) ja "koen, että SAP ME:n näkymässä ei ole liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä" (-0,545, p<0,05). Keskenään omien vaihtoehtojen vastaukset korreloivat kahden vaihtoehdon kanssa, joissa "mielestäni painikkeet SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä" ja "mielestäni teksti on SAP ME:ssä sopivan kokoista" välinen korrelaatio oli 0,738 (p<0,001), jota voidaan pitää tilastollisesti erittäin merkitsevänä. Vaihtoehtojen "koen, että SAP ME:n näkymässä ei ole liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä" ja "mielestäni teksti on SAP ME:ssä sopivan kokoista" välinen korrelaatio oli 0,571 (p<0,05), jota voidaan pitää merkitsevänä 5 % merkitsevyytasolla.

Käytettävyysskyselyn omien vaihtoehtojen analysoimiseen käytettiin Spearmanin lisäksi erotteluanalyysia (DA), jonka tarkoitus on löytää muuttujista tietty yhdistelmä, jolla muuttujat voidaan erotella useampaan ryhmään. DA:ta voidaan käyttää silloin, kun muuttujien luokitteluperuste on ennestään tiedossa. (Metsämuuronen, 2005, s. 788)

Itse tehdyistä vaihtoehtoista saatujen vastauksien analysoimisen ja ymmärtämisen helpottamiseksi, jokaisesta vaihtoehdosta toteutettiin vaakapylväskaaviot, jossa vasemmalla pystyakselilla nähdään vastausvaihtoehdot eli luokitteluperuste ja niiden prosenttiosuudet. Yleensä prosenttiosuuksia esitetään piirakkakuviolla, mutta Tuftenin (2001, s. 178) mukaan tietojen vertailu lohkojen välillä voi olla hyvinkin työlästä ja siksi Tuften suosittelee välttämään piirakkakuvioiden käyttämistä kokonaan. Kuusela ja muut (2001, s. 153) toteavatkin, että pylväskaaviot ovat piirakkakuvioita parempi vaihtoehto, jos halutaan tarkastella tietoja tarkemmin.

Kuvion 12 itse tehtyjen vaihtoehtojen vastauksien tuloksista voidaan nähdä, että noin yksi viidesosa käyttäjistä ei koe nykyistä SAP ME-järjestelmää kuormittavaksi ja yksi neljäsosa on tämän vaihtoehdon kanssa jokseenkin samaa mieltä, mutta yli puolet eivät ole vaihtoehdon kanssa ei samaa eikä eri mieltä. Painikkeiden koon koki ongelmaksi yli puolet vastaajista ja jokseenkin samaa mieltä oli noin yksi kolmasosa. Tekstin koon koki jokseenkin sopivaksi noin yksi kolmasosa vastaajista ja puolet vastaajista eivät osanneet sanoa, että ovatko painikkeet helposti löydettävissä. Näistä tuloksista voidaan päätellä, että vaikka moni käyttäjä koki painikkeiden olevan liian pienet, niin se ei kuitenkaan vaikuttanut painikkeiden löydettävyyteen merkittävästi, koska vain osa oli jokseenkin ja täysin eri mieltä siitä, että SAP ME:ssä painikkeet ovat helposti löydettävissä.

	Koen, että SAP ME:n käyttäminen ei kuormita minua liikaa	Koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset SAP ME:ssä	Mielestäni teksti on SAP ME:ssä sopivan kokoista	Mielestäni painikkeet SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä
Täysin eri mieltä	0	56,25	12,5	12,5
Jokseenkin eri mieltä	0	31,25	25	6,25
Ei samaa eikä eri mieltä	56,25	6,25	31,25	50
Jokseenkin samaa mieltä	25	6,25	31,25	25
Täysin samaa mieltä	18,75	0	0	6,25

**Kuvio 12.** Itse tehtyjen vaihtoehtojen vastaukset (1-4).

Kuviossa 13 olevien vaihtoehtojen vastaukset jakautuivat tasaisemmin kahden vaihtoehdon osalta. Suurin prosenttiosuus oli siinä, että lähes puolet käyttäjistä eivät osanneet sanoa onko SAP ME:n näkyvässä liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä.

	Koen, että SAP ME:n näkyvässä ei ole liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä	Mielestäni väärän valinnan jälkeen, SAP ME:ssä on helppoa palata takaisin alkuun	Mielestäni SAP ME:ssä tulee vähän virheviestejä
Täysin eri mieltä	25	12,5	6,25
Jokseenkin eri mieltä	12,5	31,25	37,5
Ei samaa eikä eri mieltä	43,75	31,25	25
Jokseenkin samaa mieltä	12,5	25	31,25
Täysin samaa mieltä	6,25	0	0

**Kuvio 13.** Itse tehtyjen vaihtoehtojen vastaukset (5-7).

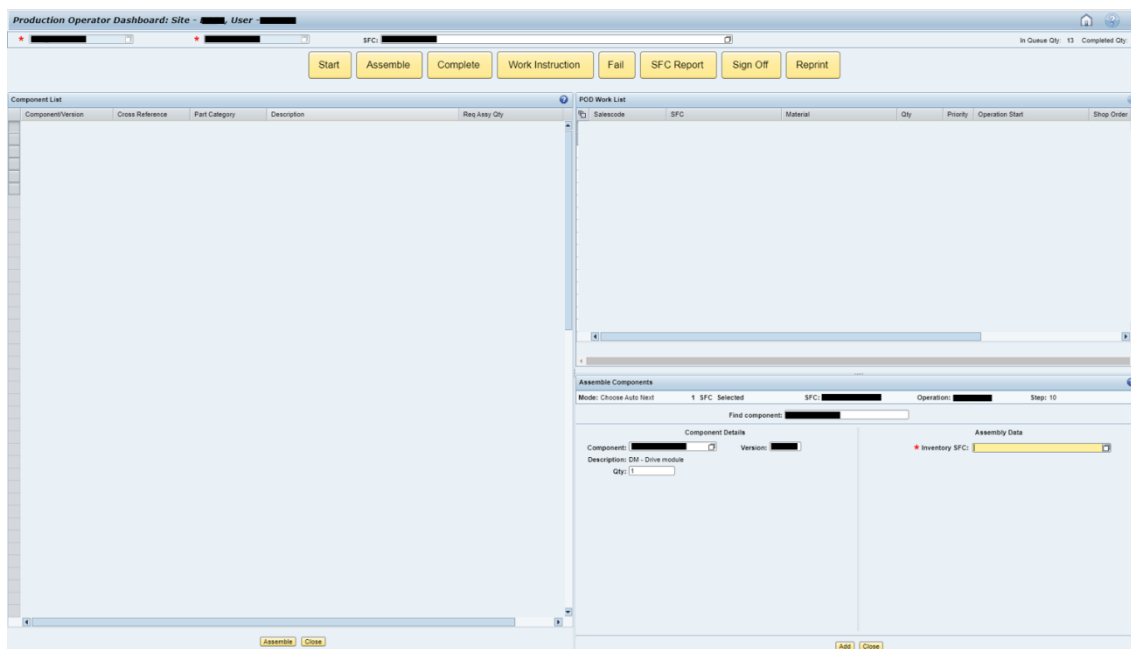
Kuvion 13 tuloksista nähdään, että yksi neljäsosa kokee SAP ME:ssä olevan liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä, mutta vain pieni osa kokee, ettei tietoa olisi liikaa näkyvillä. Osa käyttäjistä ovat jokseenkin ja täysin eri mieltä, että SAP ME:ssä olisi helppoa palata takaisin alkuun tai siinä, että virheviestejä tulisi vähän. Yhteenvetona kuvion 13 ja 14 tuloksista voidaan päätellä, että käyttäjät kokevat suurimmaksi ongelmaksi painikkeiden koon, mutta osa myös kokee tekstin koon kanssa olevan ongelmia sekä siinä, onko SAP ME:ssä liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä. Käyttäjät myös kokevat SAP ME:ssä olevan liian hankalaa palata takaisin alkuun sekä sen, että SAP ME:ssä tulee liikaa virheviestejä.

Käytettävyyskyselyn avoimen muodon vaihtoehtojen vastaukset analysointiin ryhmittelemällä ne joukkoihin, käyttämällä ryhmittelyanalyysiä (CA), jossa muuttujien tai havaintojen luokittelu tapahtuu tulkin kautta. Ryhmittelyanalyysiä voidaan käyttää sellaisissa tilanteissa, joissa muuttujien ryhmittelyperuste ei ole ennestään tiedossa ja silloin, kun muuttujia ei ole liian paljoa. (Metsämuuronen, 2005, s. 812)

Avoimessa muodossa olevaan vaihtoehtoon vastasi kahdeksan vastaajaa kuudestatoista vastaajasta. Avoimessa muodossa olevassa vaihtoehtossa pyydettiin vastaajia listamaan 3-5 hyvää ja huonoa asiaa SAP ME-järjestelmästä. Hyviä asioita listasi viisi vastaajaa ja huonoja asioita kahdeksan vastaajaa. Hyvissä asioissa ”selkeys” ja ”helppo kirjautua / salasanan saa tallennettua” saivat molemmat kahden henkilön listauksen, kun taas huonoissa asioissa vastaajia askarrutti eniten SAP ME-järjestelmän hitaus ja painikkeiden liian pieni koko. Seitsemän vastaajista oli sitä mieltä, että painikkeet ovat liian pieniä ja



viisi vastaajista koki järjestelmän oleva hidas. Seitsemän vastaajaa, jotka totesivat painikkeiden olevan liian pieniä, niin neljä mainitsi suurimman ongelman olevan komponenttien jäljitysnäkymässä näkyvä, kuviossa 14 oikealla alhaalla oleva add-painike. Painikkeiden pieni koko tuli esille myös itse tehtyjen vaihtojen vastauksissa, joten voidaan todeta, että tämä on suurin ongelma nykyisessä SAP ME-järjestelmässä.



**Kuvio 14.** Nykyisen SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä, komponenttien jäljitysnäkymästä.

Yhteenvedona voidaan todeta, että nykyisessä SAP ME -järjestelmän käyttöliittymän käytettävyydessä on kehitettävää. SUS-kyselyn pistekeskiarvo 53 kuvastaa sitä hyvin. Suurimmat käytettävyysongelmat näyttäisivät olevan tuloksien mukaan painikkeiden ja tekstien koossa, liiallisen epäoleellisen tiedon näkymisessä, väärän valinnan jälkeen palautumisessa alkuun, hitaudessa ja virheviestien määrässä.

### 5.3 Tavoitteiden asettaminen

Tässä tutkimuksessa syntyneellä IT-artefaktilla eli suunnitteluohjeella pyritään saavuttamaan parempi SAP ME-järjestelmän käytettävyys. Kehitettyllä IT-artefaktilla on tarkoitus

saada korjattua käytettävyysskyselyn tuloksista ilmenneet käytettävyyssongelmat. Nykyinen SAP ME-järjestelmä sai SUS-tuloksen keskiarvoksi 53, joka vastasi arvosanaltaan D:tä. Tämä kertoo paljon nykyisen järjestelmän käytettävyydestä, koska Bangor ja muut (2008, s 592) toteavat, että alle 70 SUS-tuloksen saaneiden järjestelmien kanssa suositellaan panostamaan tarkempaan valvontaan ja jatkuvaan parantamiseen. He myös painottavat, että 50 SUS-tuloksen alittavat ovat jo huolestuttavia, eikä niitä pitäisi hyväksyä.

Nykyinen SAP ME-järjestelmä ylitti 50 pistemäärän rajan vain muutamalla pisteellä, josta voidaan todeta, että nykyisessä SAP ME-järjestelmässä on selkeästi ongelmia käytettävyyden kanssa. SUS-kyselystä 70 tuloksien saaneita järjestelmiä voidaan pitää vähintäänkin kelvollisina ja paremmista järjestelmistä voidaan puhua silloin, kun SUS-tulokset ovat 70–80 välillä (Bangor ja muut, 2008, s 592). Tavoitteena onkin saada nostettua suunnitellun IT-artefaktin avulla SAP ME-järjestelmän SUS-tuloksen keskiarvo ainakin yli tämän 70 pisteen rajan, joka vastaa Sauronin ja Lewisin (2012, s. 204) kehittämässä pisteasteikossa arvosanaa C:tä ja siitä ylöspäin. Käytettävyysskyselyn itse tehtyjen vaihtoehtojen vastauksissa nousi mm. esiin, että nykyisessä käyttöliittymässä painikkeet ja teksti ovat liian pienellä. Myös se mitä käyttöliittymässä on näkyvillä ja miten paljon sen kanssa tulee virheviestejä, vaatisi kehittämistä. Näihin ongelmiin IT-artefakti pyrkii luomaan ratkaisun ja sitä myötä parantamaan SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä.

#### **5.4 IT-artefaktin kehitys**

Artefaktin suunnittelussa ja kehityksessä on tarkoitus luoda artefakti, jossa määritellään artefaktin haluttu toiminnallisuus ja arkkitehtuuri. Artefakti rakennetaan aiemman teorian perusteella ja artefakti voi olla mikä tahansa suunniteltu esine, kuten rakenne, malli, menetelmä tai ilmentymä. (Hevner ja muut, 2004, s. 77; March & Smith, 1995, s. 263; Nunamaker ja muut, 1990, s. 93–94; Peppers ja muut, 2008, s. 55) Vaatimusmäärittelyt IT-artefaktille eli suunnitteluohjeelle kerättiin suunnittelutieteellisen tutkimuksen tutkimusyhteisöihin perustuen, jossa suunnitteluohjeen tietopohjan perustana toimi käytettävyysskyselyn tulokset, sekä luvut 2 ja 3. IT-artefaktin demonstroinnin aikana tehdyt

heuristinen arviointi ja käyttäjättestaus tuovat käytettävyysskyselyn lisäksi arvokasta tietoa tietopohjaan, joka auttaa kehittämään IT-artefaktia.

Suunnitteluohje tullaan kehittämään taulukon 11 vaatimusmäärittelyjen mukaan. Oikealla taulukossa 11 on kuvailtu myös ne asiat, mitä tietyllä vaatimusmäärittelyllä pyritään saavuttamaan ja miksi kyseinen vaatimusmäärittely on otettu listaan mukaan

**Taulukko 11.** Vaatimusmäärittelyt IT-artefaktille.

Vaatimusmäärittely	Kuvaus ja perustelut
Minimoidaan liiallinen informaatio	<p>Käyttöliittymän liiallinen informaatio lisää kognitiivista työ-määrää, joka vaikuttaa negatiivisesti käyttäjien tehokkuuteen. Tiedon kasvaessa ihmisen päätöksenteon vastetarkkuus heikenee. (Kalakoski ja muut, 2020) Kun ihminen hakee tietoa, on haetun tiedon määrä verrannollinen siihen, miten paljon tietoa on sijoitettu käyttöliittymään samanaikaisesti. Tämän vuoksi käyttöliittymällä tulisikin olla näkyvissä kerralla vain tehtävän kannalta oleelliset tiedot. (Näsänen, 2007) Mitä enemmän tietoa on näkyvissä kerralla, sitä enemmän silmän liikettä ja sitä enemmän näytön katselu kuormittaa käyttäjää, joka vaikuttaa negatiivisesti käyttäjän tehokkuuteen (Näsänen, 2007; Wu ja muut, 2016). Käyttöliittymissä ei saisi olla näkyvillä merkityksetöntä tai harvoin käytettävää tietoa (Nielsen, 1994; Molich &amp; Nielsen, 1990).</p> <p>Käytettävyysskyselyjen tuloksissa ilmeni, että käyttäjät kokevat nykyisessä SAP ME-järjestelmässä olevan liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä.</p>
Ryhmitellään ja järjestellään tieto merkityksellisiin osiin	<p>Sopivan tiedon määrän lisäksi, tiedon ryhmittäminen ja järjestäminen merkityksellisiin osiin käyttäen luvussa 2.1.1 esitetyjä hahmolakeja, auttaa ohjaamaan käyttäjän oikean tiedon luokse ja helpottaa sen havaitsemista (Preece ja muut, 1994). Kategorioinnilla ja järjestyksellä voidaan auttaa aloittelevia</p>

	käyttäjiä löytämään kohteet nopeammin käyttöliittymästä (Card, 1984).
Lisätään painikkeisiin ikonit, kasvatetaan tekstin ja painikkeiden kokoa	<p>Näiden huomioimisella voidaan parantaa ihmisen luku- tai havaintonopeutta löytämään elementit nopeammin käyttöliittymästä. Pyrkimys on saada ikonit vastaamaan niille tarkoitettua toimintoa ja erottumaan muista ikoneista. Asetetaan painikkeet/elementit sopivan kauas toisistaan ja käytetään tarvittaessa maltillisesti värejä, kylläisten värien sijasta. Ikonien tulisi muistuttaa niitä toimintoja, mitä niillä halutaan saavuttaa. Ikonien avulla voidaan helpottaa käyttäjää havaitsemaan, oppimaan ja ymmärtämään käyttöliittymän painikkeiden toiminnot paremmin. (Legge ja muut, 1985; Lindberg &amp; Näsänen, 2003; Näsänen, 2007; Czerwinski ja muut, 1999; Schwier &amp; Misanchuk, 1995; Preece ja muut, 1994)</p> <p>Painikkeiden ja tekstien koon ongelmallisuus tuli ilmi käytettävyysskyselyssä.</p>
Huomioidaan tuttuus ikoneissa, sanoissa ja elementeissä	<p>Valitaan ikonit, sekä toimintojen ja painikkeiden nimet niiden merkityksen, tuttuuden ja kuviteltavuuden perusteella. Kohteen tuttuudella ja siihen liittyvällä mielikuvalla voidaan edistää ärsykkeen merkitystä. Tutut ja mielikuvittelliset sanat on todettu olevan niitä, jotka ihmisen on kaikista helpointa muistaa. Pyritään saada asiat vastaamaan järjestelmän ja tosimaailman välillä, ei ammattisanastoa. (Preece ja muut, 1994; Mollich &amp; Nielsen, 1990; Nielsen, 1994)</p>
Tuetaan käyttäjän spatiaalista muistia	<p>Pyritään pitämään painikkeiden järjestys samanlaisena, vaikka painikkeiden paikka käyttöliittymässä vaihtuisikin. Käyttäjän spatiaalisen muistin huomioiminen auttaa käyttäjiä nopeampaan tietokoneen ja ihmisen väliseen vuorovaikutukseen ja nopeamaan tiedonhakuun. (Scarr ja muut, 2012) Muutetaan painikkeiden, tekstien tai elementtien paikkaa vain silloin, kun siihen on erittäin hyvä syy.</p>

<p>Ennaltaehkäistään virheiden syntymistä, panostetaan selkeisiin ja hyviin virheilmoituksiin</p>	<p>Virheilmoitusten tulisi olla selkeitä, eikä niiden pitäisi sisältää virhekoodeja (Nielsen, 1990).</p> <p>Käytettävyysselvitysten tuloksista ilmeni, että virheilmoituksia tulee jonkin verran nykyisen SAP ME-järjestelmän kanssa, sekä väärän valinnan jälkeen käyttäjät kokevat vaikeaksi palata takaisin alkuun.</p>
<p>Pidetään järjestelmän tila selkeänä ja annetaan mahdollisuus helppoihin poistumisteihin</p>	<p>Tuetaan käyttäjän muistikuormaa kumoamisvaihtoehdoilla, joilla käyttäjä pystyy helposti palaamaan alkuun väärin valintojen jälkeen. Käyttäjän tulisi aina tietää mitä tapahtuu tai mikä on käyttöliittymän nykyinen tila, sitä käyttäessä. Tehdyn toiminnon jälkeen käyttäjälle tulisi antaa asianmukainen palaute kohtuullisen ajan kuluessa. Käyttäjät valitsevat käyttöliittymissä toiminnot usein vahingossa ja täten heillä täytyisi olla helppo ”poistumistie” kesken ei halutun prosessin ilman, että käyttäjä joutuisi käymään koko ei halutun prosessin kokonaan läpi. (Nielsen, 1990; Nielsen, 1994)</p> <p>Käytettävyysselvitysten tuloksista ilmeni, että väärän valinnan jälkeen, käyttäjät kokivat vaikeaksi palata takaisin alkuun.</p>
<p>Yhdistetään kognitiivinen ja affektiivinen näkökulma</p>	<p>Kognitiivisen näkökulman huomioiminen käyttöliittymäsuunnittelussa vaikuttaa voimakkaasti järjestelmien käytettävyyteen. Vielä parempaan käytettävyyteen päästään, kun affektiiviset näkökulmat yhdistetään kognitiivisten näkökulmien kanssa. (Prastawa ja muut, 2019)</p> <p>Kognitiivisesta näkökulmasta huomion kohteena ovat virheiden ehkäisy, vuorovaikutus (palaute ja apu), helposti opittavuus, selkeä luettavuus, helppo muistettavuus, selkeä navigoitavuus, tyytyväisyys järjestelmää kohtaan, sivuston tilan ja suunnan ymmärrettävyys ja helpot palata takaisin -vaihtoehdot.</p>

	Affektiivisesta näkökulmasta kohteena ovat värit, kirkkaus, vetoavuus ja miellyttävyys, harmonisuus, mukavuus, luettavuus ja houkuttelevuus.
Käytetään värejä oleellisimpien elementtien kanssa	<p>Oleellisimpien osien vaaleilla ja haaleilla taustaväreillä voidaan nopeuttaa tietojen etsimiseen kuluva aikaa (Van Laar, 2001). Väreillä voidaan myös vaikuttaa käyttöliittymän miellyttävyteen ja mukavuuteen. Väreillä voidaan jäsenellä tietoja käyttöliittymässä, joka auttaa niiden ymmärtämisessä ja tulkinnaissa, mutta värien käytössä on kuitenkin hyvä pysyä maltillisena tai olla käyttämättä teksteissä, suurilla alueilla ja taustoissa liian kylläisiä värejä, kuten punaista ja syvän sinistä tai näiden värien ääripäitä, lähellä olevia muita yhtä voimakkaita värejä. (Schwier &amp; Misanchuk, 1995; Preece ja muut, 1994)</p> <p>Kylläisien värien käyttö voi tehdä käyttöliittymästä liian raikean, vaikeasti tulkittavan ja hämmentävän (Preece ja muut, 1994).</p> <p>Suunnittelussa olisikin hyvä lähteä liikkeelle yhdellä värillä ja sen jälkeen lisätä uusi väri. Värien oikeanlainen käyttö voi stimuloida, rauhoittaa ja parantaa ihmisten suorituskykyä. (Schwier &amp; Misanchuk, 1995)</p>

## 5.5 Käyttöliittymän kehitys

Käyttöliittymää lähetettiin suunnittelemaan Gould ja Lewisin (1985, s. 300) ehdottaman kolmen suunnitteluperiaatteen ja Cañasin (2008, s. 2634) keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaatteen mukaan, jossa määritellään käyttöliittymän ja ihmisen kognitiiviset toiminnot. Käyttöliittymän toiminnot on saatava sopimaan tehtävään liittyviin ihmisen kognitiivisiin toimintoihin (Cañas, 2008, s. 2633; Ojel-Jaramillo & Cañas, 2006, s. 108). Aluksi listattiin käyttöliittymän toiminnot ja ihmisen kognitiiviset toiminnot, jotka kuvataan taulukossa 12. Vasemmalla nähdään käyttöliittymän toiminnot ja oikealla ihmisen kognitiiviset toiminnot, jotka ovat vuorovaikutuksessa käyttöliittymän toimintojen

kanssa. Toimintojen lisäksi, oikealla puolella kuvataan, miten nämä kognitiiviset toiminnot on pyritty huomioimaan käyttöliittymäsuunnittelussa. Kuten taulukossa 12 nähdään, suunnittelun varhaisessa vaiheessa on mietitty kaikki ne tehtävät, mitä käyttäjän täytyy käyttöliittymän kanssa saada suoritettua. Nämä tiedot kerättiin haastattelemalla järjestelmäasiantuntijaa, joka toimi tässä tutkimuksessa myös käyttöliittymän heuristisen arvioinnin toteuttajana, yhdessä käytettävyydasiantuntijan kanssa. Järjestelmäasiantuntijalla on pitkä kokemus SAP ME-järjestelmän käytöstä ja siitä, mitä toimintoja työntekijät tekevät sillä tuotantolinjoilla

**Taulukko 12.** Käyttöliittymän ja kognitiivisen ergonomian toiminnot.

Käyttöliittymän toiminnot	Ihmisen kognitiiviset toiminnot ja niiden huomioiminen
Tuotteen valitseminen	<p>Havaitseminen, tarkkaavaisuus ja tunnistaminen.</p> <p>Helpotetaan havaitsemista isolla tekstikentällä, jossa valkoinen taustaväri ja tekstikentän lopussa olevalla isommalla painikkeella, josta aukeaa tuotteen valintaikkuna. Näytetään käyttäjälle vain oleelliset tiedot tuotteen valintaikkunassa.</p>
Valmistuksen aloittaminen painamalla start-painiketta	<p>Muisti, havaitseminen, tunnistaminen ja kieli.</p> <p>Lisätään start-painikkeeseen, sen toimintoa vastaava ikoni ja suurennetaan painiketta ja tekstiä. Tällä parannetaan käyttäjän havaintonopeutta. Tuetaan käyttäjän muistia valitsemalla ikonit tuttuuden mukaan ja pyritään olla muuttamatta painikkeen sijaintia vanhasta sijainnista. Käytetään painikkeessa samaa nimeä kuin aiemmassa versiossa.</p>
Työohjeiden avaaminen	<p>Muisti, havaitseminen, tunnistaminen ja kieli.</p> <p>Lisätään workinstruction-painikkeeseen, sen toimintoa vastaava ikoni ja suurennetaan painiketta ja tekstiä. Tällä parannetaan käyttäjän havaintonopeutta. Tuetaan käyttäjän muistia valitsemalla ikonit tuttuuden mukaan ja pyritään olla muutta-</p>

	<p>matta painikkeen sijaintia vanhasta sijainnista. Avataan työohjeet omaan ikkunaan, jotta käyttäjä saa sen tarvittaessa piiloon. Tällä saadaan tarvittaessa turhaa tietoa pois näytöltä. Käytetään painikkeessa samaa nimeä kuin aiemmassa versiossa.</p>
Komponenttilistan avaaminen	<p>Muisti, havaitseminen, tunnistaminen ja kieli.</p> <p>Lisätään assemble-painikkeeseen, sen toimintoa vastaava ikoni ja suurennetaan painiketta ja tekstiä. Tällä parannetaan käyttäjän havaintonopeutta. Tuetaan käyttäjän muistia valitsemalla ikonit tuttuuden mukaan ja pyritään olla muuttamatta painikkeen sijaintia vanhasta sijainnista. Käytetään painikkeessa samaa nimeä kuin aiemmassa versiossa.</p>
Komponenttien jäljittäminen	<p>Tarkkaavaisuus, kieli, muisti ja ajattelu.</p> <p>Avataan komponentti-ikkunan viereen jäljitysikkuna. Käyttäjä tarvitsee tietoa molemmista ikkunoista, joten käyttäjän ei tarvitse muistella, mitä tietoa toisessa näkymässä oli näkyvissä. Annetaan käyttäjälle hallinta valita listalta haluamansa komponentti jäljitettäväksi.</p>
Sign off -toiminto eli laitteen palauttaminen työtilalle	<p>Muisti, havaitseminen, tunnistaminen ja kieli.</p> <p>Lisätään sign off-painikkeeseen, sen toimintoa vastaava ikoni ja suurennetaan painiketta ja tekstiä. Tällä parannetaan käyttäjän havaintonopeutta. Tuetaan käyttäjän muistia valitsemalla ikonit tuttuuden mukaan ja pyritään olla muuttamatta painikkeen sijaintia vanhasta sijainnista. Käytetään painikkeessa samaa nimeä kuin aiemmassa versiossa.</p>
Reprint -toiminto eli uudelleen tulostaminen	<p>Muisti, havaitseminen, tunnistaminen ja kieli.</p> <p>Lisätään reprint-painikkeeseen, sen toimintoa vastaava ikoni ja suurennetaan painiketta ja tekstiä. Tällä parannetaan käyttäjän</p>



	havaintonopeutta. Tuetaan käyttäjän muistia valitsemalla ikonit tuttuuden mukaan ja pyritään olla muuttamatta painikkeen sijaintia vanhasta sijainnista. Avataan reprintin näkymä pop-up-ikkunaan keskelle näyttöä. Käytetään painikkeessa samaa nimeä kuin aiemmassa versiossa.
Laitteen merkitseminen valmiiksi	Muisti, havaitseminen, tunnistaminen ja kieli.  Lisätään complete-painikkeeseen, sen toimintoa vastaava ikoni ja suurennetaan painiketta ja tekstiä. Tällä parannetaan käyttäjän havaintonopeutta. Tuetaan käyttäjän muistia valitsemalla ikonit tuttuuden mukaan ja pyritään olla muuttamatta painikkeen sijaintia vanhasta sijainnista. Käytetään painikkeessa samaa nimeä kuin aiemmassa versiossa.

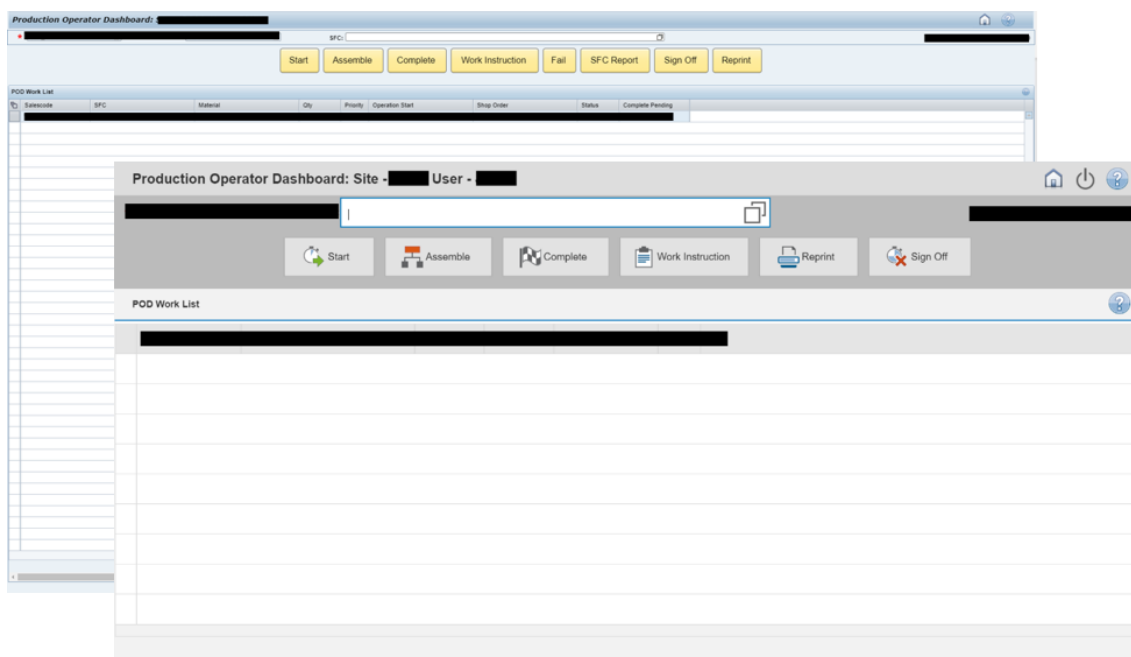
Gould ja Lewisin (1985, s. 300) kolmessa suunnitteluperiaatteessa keskitytään varhaisessa vaiheessa käyttäjiin ja tehtäviin, toteutetaan empiirinen mittaus ja iteratiivinen muotoilu. Heuristinen arviointi ja käyttäjättestaus tulee toimimaan tässä tutkimuksessa empiirisenä mittauksena. Nämä molemmat tuotetaan silloin, kun käyttöliittymää testataan ja niitä iteroidaan niin kauan, kunnes käytettävyysongelmia enää ilmene tai niin kauan, kunnes asiantuntijat ja perehdyttäjät katsovat, ettei lisäarvioinneille ole enää tarvetta.

IT-artefaktin vaatimusmäärittelylistan ja keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaatteen toimesta syntyi itse IT-artefakti eli suunnitteluohje siitä, mitä käyttöliittymäsuunnittelussa täytyy ottaa huomioon, jotta saadaan kehitettyä käytettävyydeltään parempi käyttöliittymä. IT-artefakti sisälsi yhdeksän avainasiaa, jotka otettiin huomioon käyttöliittymän suunnittelussa:

- minimoidaan liiallinen informaatio
- ryhmitellään ja järjestellään tieto merkityksellisiin osiin
- lisätään painikkeisiin ikonit, kasvatetaan tekstin ja painikkeiden kokoa

- huomioidaan tuttuus ikoneissa, sanoissa ja elementeissä
- tuetaan käyttäjän spatiaalista muistia
- ennaltaehkäistään virheiden syntymistä, panostetaan selkeisiin ja helposti ymmärrettäviin virheilmoituksiin
- pyritään pitämään järjestelmän tila selkeänä ja annetaan mahdollisuus helppoihin poistumistehin
- yhdistetään kognitiivinen ja affektiivinen näkökulma
- käytetään värejä oleellisimpien elementtien kanssa.

IT-artefakti tarkempi kuvaus on kuvattu kokonaisuudessaan luvussa 6. Syntyneen suunnitteluohjeen avulla rakennettiin ensimmäinen versio SAP ME-järjestelmän käyttöliittymästä, joka nähdään kuviossa 15.



**Kuvio 15.** Ensimmäinen versio IT-artefaktin avulla kehitetystä SAP ME-järjestelmän käyttöliittymästä.

Kuten kuviosta 15 huomataan, että mm. tekstit ja painikkeet ovat kasvattaneet kokoa ja painikkeiden sisälle on lisätty ikonit auttamaan niiden tunnistamista. Tämä parantaa ihmisen luku- tai havaintonopeutta löytämään elementit nopeammin käyttöliittymästä

(Legge ja muut, 1985, s. 20–21; Lindberg & Näsänen, 2003, s. 118; Näsänen, 2007, s. 17; Czerwinski ja muut, 1999, s. 7; Schwier & Misanchuk, 1995, s. 2; Preece ja muut, 1994, s. 89). Ikonien avulla voidaan helpottaa käyttäjää havaitsemaan, oppimaan ja ymmärtämään käyttöliittymän painikkeiden toiminnot paremmin (Näsänen, 2007, s. 20; Preece ja muut, 1994, s. 95). Vertaamalla kuviossa 15 näkyviä nykyistä ja päivitettyä käyttöliittymää keskenään, nähdään, että painikkeiden isomman koon lisäksi, osa painikkeista on poistettu ja muutaman painikkeen järjestystä on muutettu.

Käyttöliittymästä poistettiin ne painikkeet, joita käyttäjä ei oikeasti tarvitse työssään ja ne painikkeet sijoitettiin alkuun, joita käyttäjä tarvitsee kaikista useammin. Pyrkimällä pitämään painikkeet samassa paikassa ja samassa järjestyksessä, tukee käyttäjien spatiaalista muistia, joka auttaa käyttäjiä nopeampaan tietokoneen ja ihmisen väliseen vuorovaikutukseen, sekä nopeampaan tiedonhakuun (Scarr ja muut, 2012, s. 1, s. 19, s. 62). Painikkeiden pitämistä samassa paikassa ei ollut täysin mahdollista toteuttaa. Sign off-painikkeen paikka vaihdettiin viimeiseksi, koska käyttäjä käyttää sitä kaikista vähiten, muihin painikkeisiin verrattuna.

## 5.6 IT-artefaktin demonstrointi

Tässä luvussa kuvataan kehitetyn IT-artefaktin demonstrointi, jonka avulla päivitettiin Danfossin tuotannossa käytettävä SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä. Eli tässä luvussa kuvataan päivitetyn käyttöliittymän testaus kahdessa ympäristössä, sekä kuvaillaan kehitetylle käyttöliittymälle toteutettu heuristisen arviointi, käyttäjätestaus ja käytettävyysselvityksen tulokset. Demonstroinnissa on tarkoitus testata uutta tai paranneltua artefaktia käytännössä aiemmin todetun ongelman ratkaisemiseksi (Peppers ja muut, 2008, s. 55). Tämän demonstroinnin aikana on tavoite löytää heuristisen arvioinnin ja käyttäjätestauksen avulla lisää arvokasta tietoa, jolla voidaan kehittää tässä tutkimuksessa kehitettyä IT-artefaktia entistä paremmaksi.

Päivitettyä käyttöliittymää testattiin aluksi asiantuntijoiden toimesta SAP ME:n testipuolella, jossa samalla toteutettiin käyttöliittymälle heuristinen arviointi. Kun heuristinen arviointi oli tehty ja sen avulla löydetyt käytettävyysongelmat korjattu, siirryttiin testaamaan käyttöliittymää Danfossin kohdelinjoilla, jossa sille toteutettiin käyttäjättestaus. Kohdelinjoilla käyttöliittymän testaaminen toteutettiin kahdessa vaiheessa. Aluksi käyttöliittymää testattiin kohdelinjan perehtyjän toimesta tuotantopuolella kahdella tuotantolinjan työpisteellä, jossa käyttöliittymää iteroitiin niin kauan, kunnes perehdyttäjä koki käyttöliittymän olevan valmis asennettavaksi kaikille kahden kohdelinjan muille työpisteille.

### 5.6.1 Heuristinen arviointi

Ennen IT-artefaktin avulla kehitetyn käyttöliittymän testaamista Danfossin kahdella tuotantolinjoilla, käyttöliittymää testattiin kahden asiantuntijan toimesta SAP ME:n testipuolella, jossa päivitetylle SAP ME-järjestelmälle toteutettiin heuristinen arviointi. Toinen asiantuntijoista toimi järjestelmäasiantuntijana ja toinen käytettävyydasiantuntijana, joka on myös tämän tutkimuksen tekijä. Nielsenin (1994b) mukaan heuristisen arvioinnin olisi voinut myös toteuttaa yksin, mutta tehokkaimmin se onnistuisi 3-5 arvioijalla. Nielsen (1994b) myös toteaa jokaisen lisäarvioijan lisäävän kustannuksia. Kustannusyistä tässä tutkimuksessa päädyttiin kahteen arvioijaan. Testauksen yhteydessä käyttöliittymälle tehtiin heuristinen arviointi. Tämä toteutettiin siksi, että heuristisen arvioinnin avulla voidaan löytää mahdolliset käytettävyysongelmat ja tämän jälkeen korjaamaan ne (Nielsen, 1992, s. 373). Heuristisen arvioinnin lomake löytyy kokonaisuudessaan liitteestä 4. Arvioijat toteuttivat heuristisen arvioinnin itsenäisesti lomakkeen avulla, kun käyttivät SAP ME-järjestelmää verkkoselaimen kautta.

SAP ME-järjestelmän heuristisessa arvioinnissa löytyi yhteensä 16 käytettävyysongelmaa. Löydetyt käytettävyysongelmat kerättiin yhdeksi listaksi ja heuristisen arvioinnin jälkeen arvioijat tekivät vakavuusluokittelun. Arvioijat luokittelivat jokaisen käytettävyysongelman vakavuusluokituksilla vasta heuristisen arvioinnin jälkeen, koska Nielsenin (1994c) mukaan arvioijien on vaikeaa keskittyä heuristiseen arviointiin ja vakavuusluokitteluun

saman aikaisesti. Vakavuusluokittelu toteutettiin sen takia, koska sillä helpotetaan jakamaan resurssit sinne, missä ongelmia on eniten ja nähdään, että mitkä ongelmat ovat kaikista vakavimmasta päästä (Nielsen, 1994c). Käytettävyysohjelmien vakavuusluokittelulomake löytyy liitteestä 5. Lomake ei kuitenkaan sisällä löydettyjä käytettävyysohjelmiä, koska niissä on tietoa, jota ei saa tässä tutkimuksessa julkistaa.

Käytettävyysohjelmien vakavuusluokittelu tehtiin Nielsenin (1994c) jakamien vakavuusluokitusten mukaan:

**0** = En koe, että tämä olisi käytettävyysohmela

**1** = Kosmeettinen ohmela: jos ei ole ylimääräistä aikaa, ei ole tarvetta korjata

**2** = Pieni käytettävyysohmela: alhaisen korjaamisen prioriteetti

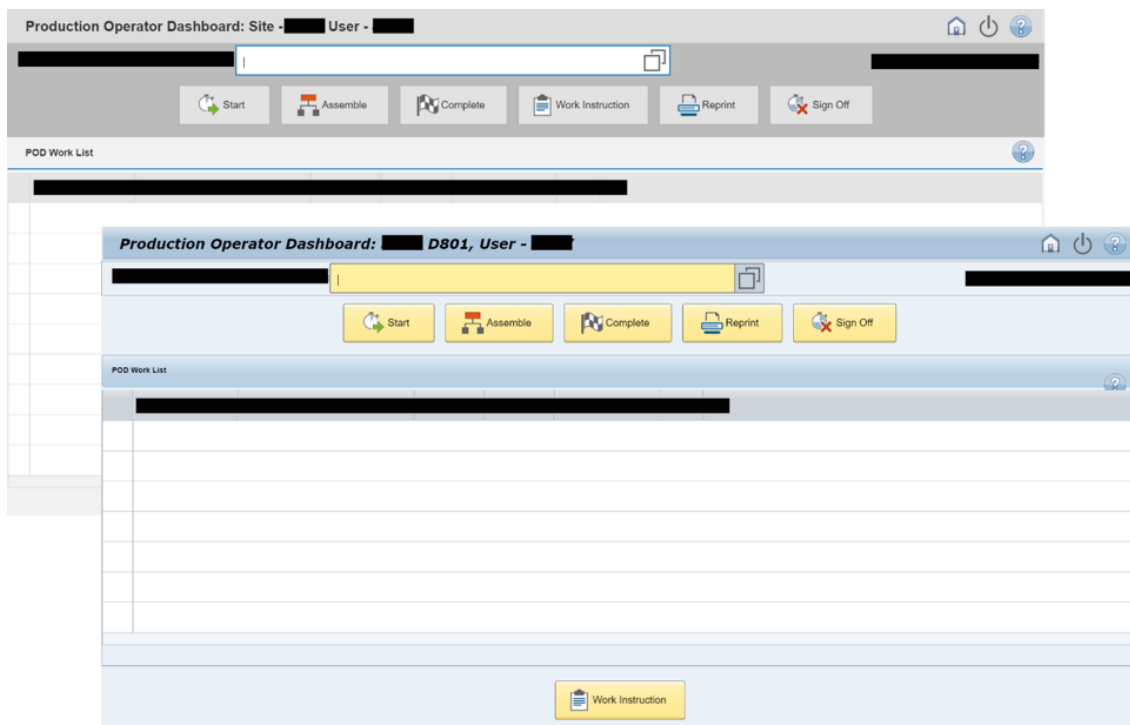
**3** = Suuri käytettävyysohmela: tämä olisi tärkeä korjata, asetettava etusijalle

**4** = Katastrofaalinen ohmela: tämä olisi välittömästi korjattava, tuotetta ei saa julkaista ennen kuin tämä on korjattu

Kaksi käytettävyysohmelmaa sai vakavuusluokittelun keskiarvoksi nelosen, neljä käytettävyysohmelmaa kolmosen ja kaksi käytettävyysohmelmaa 2,5. Kaksi nelosen saanutta käytettävyysohmelmaa johtuivat siitä, että käyttöliittymään jäi kaksi haamuikkunaa näkyviin ja virheilmoituksia jäi tulematta. Kolmen keskiarvon saaneet käytettävyysohjelmat liittyivät painikkeisiin ja ylimääräisen tiedon näkymiseen. Workinstruction-painike koettiin olevan liian lähellä signoff-painiketta, joka vahingossa painattaessa palauttaa laitteen työlistalle. Start-painikkeen tarkoitus on ottaa laite työn alle, jonka jälkeen siirrytään assemble -toimintoon eli komponenttien jäljitykseen. Tämän assemble-painikkeen painaminen koettiin turhaksi, koska kyseisen toiminnon saisi lisättyä suoraan start-painikkeen sisään. Loput kolmen ja siitä alemman keskiarvon käytettävyysohjelmat koskivat enimmäkseen liiallisen ja turhan informaation määrää käyttöliittymällä.

Heuristisella arvioinnilla löydettyistä käytettävyysohjelmissa korjattiin 11/16 käytettävyysohmelmaa. Loput viisi käytettävyysohmelmaa koettiin tarpeettomaksi korjata, koska

koettiin, että niiden korjaaminen ei olisi enää vaikuttanut käyttöliittymän käytettävyyteen. Uuden käyttöliittymän testaamisen jälkeen, järjestelmän todettiin olevan valmis testattavaksi kahdella kohdelinjalla, joten toiseen heuristiseen arviointiin ei ollut tarvetta. SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä päivittyi jonkin verran käytettävyysohjelmien korjaamisen jälkeen, päivittynyt käyttöliittymä nähdään kuviossa 16.



**Kuvio 16.** SAP ME-järjestelmän käyttöliittymät (nykyinen ja päivitetty).

Kuviossa 16 nähdään, että käyttöliittymän värimaailma on muuttunut edellisestä versiosta ja sen, että workinstruction-painike on nyt siirretty pois muista painikkeista, käyttöliittymän alareunaan. Signoff-painike on myös siirretty viimeiseksi, koska sitä painiketta käyttäjä tarvitsee kaikista vähiten. Värimaailma vaihdettiin harmaasta alkuperäisen käyttöliittymän värimaailmaan sen takia, koska korjatun käyttöliittymän testauksen yhteydessä sitä koettiin olevan miellyttävämpi käyttää. Tämä voi johtua affektiivisen näkökulman yhdistämisestä kognitiiviseen näkökulmaan, koska Prastawa ja muut, (2019, s. 525) toteavat, että kognitiivisen ja affektiivisen näkökulmien yhdistäminen käyttöliittymäsuunnittelussa olisi suositeltavaa, jos halutaan saavuttaa käyttöliittymään parempi käy-

tettävyys. Affektiivisellä tarkoitetaan muun muassa värejä, kuvia ja muotoja, joilla pystytään vaikuttamaan käyttäjän tunnetilaan (Prastawa ja muut, 2019 s. 508, s. 514). Fagerbergin ja muiden (2004, s. 380) kehittämä väriympyrä jakaa värit paljon kiihottaviin, vähän kiihottaviin, epämukaviin ja miellyttäviin väreihin. Väriympyrän mukaan päivitetyn käyttöliittymän värimaailma osuu miellyttävien värien puolelle. Haalean sinistä väriä pidetään melko neutraalina, mutta kuitenkin miellyttävänä värinä ja keltaista iloisena, onnellisena ja tyytyväisenä (Fagerbergin ja muut, 2004, s. 380). Tämä voi hyvin selittää se, että miksi SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän testauksen yhteydessä vaalean sininen ja keltainen sisältävä käyttöliittymä koettiin enemmän miellyttäväksi.

Jos verrataan kuviossa 23 olevaa harmaata käyttöliittymä päivitettyyn käyttöliittymään, niin voidaan helposti todeta, että kuvion päivitetyn käyttöliittymän haalean keltaiset painikkeet erottuvat helpommin käyttöliittymästä kuin harmaat painikkeet. Van Laar (2001, s. 132–133) toteaaakin, että oleellisimpien osien vaaleilla ja haaleilla taustaväreillä voidaan nopeuttaa tietojen etsimiseen kuluva aikaa. Vaikka harmaan käyttöliittymän painikkeet ovatkin haalean harmaat, ne eivät kuitenkaan erotu läheskään yhtä hyvin, koska kaikki muu käyttöliittymässä on myös harmaata. Tämä voi johtua siitä, että visuaalinen haku tapahtuu silloin paljon nopeammin, kun häiriötekijät ovat samankaltaisia, koska tällöin on helpompaa tunnistaa nämä häiriötekijöiksi (Duncan & Humphreys, 1989, s. 456). Tässä tapauksessa häiriötekijät (muut osat käyttöliittymässä) muistuttavat liikaa painikkeiden väriä ja tämä johtaa siihen, että painikkeiden havaitseminen vaikeutuu.

### **5.6.2 Käyttäjätestaus**

Kun testaaminen saatiin valmiiksi SAP ME:n testipuolella, siirryttiin testaamaan IT-artefaktin avulla rakennettua SAP ME-järjestelmän käyttöliittymää tuotantopuolella eli niin sanotulla livepuolella. Tämä toteutettiin siksi, että haluttiin nähdä, miten käyttöliittymä toimii tuotantopuolella. Vaikka käyttöliittymä toimisikin testipuolella, niin se ei aina tarkoita, että se toimisi moitteettomasti myös tuotantopuolella. Käyttöliittymää oli tätä ennen testattu ainoastaan testipuolella. Käyttäjätestaus toteutettiin yhden kohdelinjan perehdyttäjän toimesta, jossa käyttöliittymää testattiin kahdella työpisteellä, ennen kuin

käyttöliittymä asennettiin kaikille kohdelinjan muille työpisteille. Kaksi työpistettä sen takia, koska valmistusprosessi eroaa työpisteiden välillä ja tämän takia täytyi nähdä, että päivitetty käyttöliittymä soveltuu molempiin.

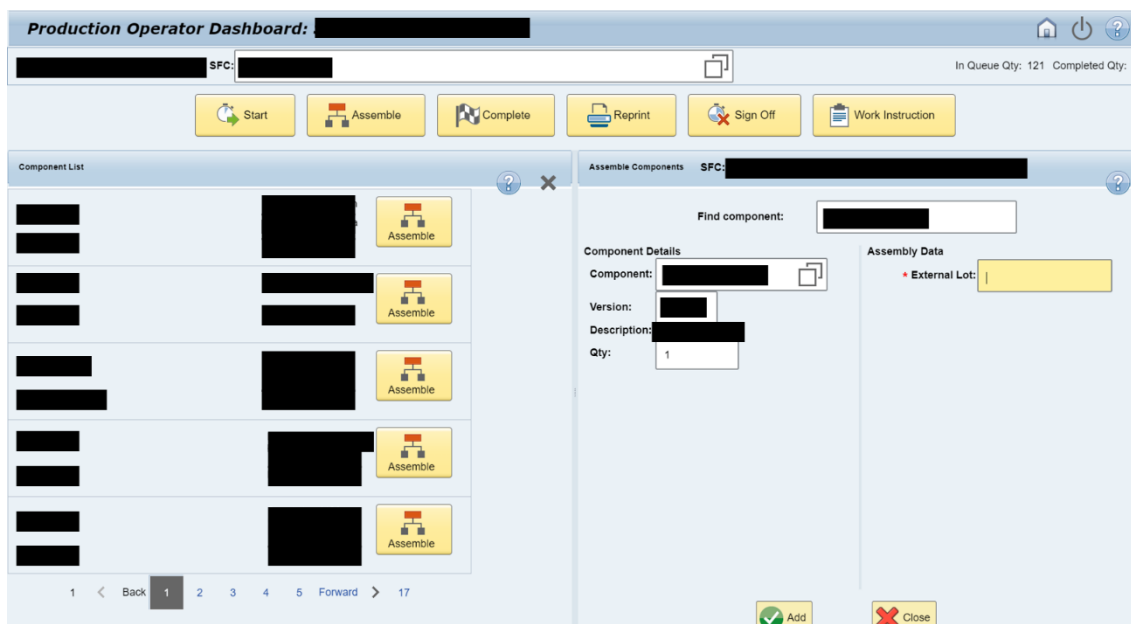
Gould ja Lewis (1985, s. 300) ja Preece ja muut (1994, s. 353) toteavat, että käyttäjien tulisi testata ja käyttää prototyyppiä jo varhaisessa vaiheessa kehitysprosessia. Testauksessa tulisi käyttää iteratiivista muotoilua, jolla tarkoitetaan sitä, että käyttöliittymää iteroidaan jokaisen muutoksen tai korjauksen jälkeen niin kauan, kunnes ongelmia ei enää löydy (Gould & Lewis, 1985, s. 300; Preece ja muut, 1994, s. 353). Siihen tilanteeseen, että käytettävyyso ongelmia ei enää löytynyt, tarvittiin tässä tutkimuksessa kolme iterointia eli perehdyttäjät testasi käyttöliittymää kolme kertaa, jonka jälkeen hän totesi käyttöliittymän olevan valmis asennettavaksi kaikille kahden kohdelinjojen muille työpisteille.

Ensimmäisellä iterointi kerralla perehdyttäjät löysi viisi käytettävyyso ngelmaa, jotka liittyivät enimmäkseen siihen, mitä tietoa järjestelmä näyttää. Tuotelistalla näkyi poistetut laitteet, joiden ei pitäisi siellä näkyä ja komponenttilistassa jäljitettävät komponentit näkyivät sekaisin monella sivulla, vaikka niiden pitäisi näkyä ensimmäisenä listalla. Komponenttilistaan oli myös jäänyt väärä asetus päälle, jossa käyttäjä voinut valita tiettyä komponenttia jäljitykseen, vaan käyttäjän täytyi aina valita ensimmäisenä oleva komponentti listalta.

Toinen iteraatio toteutettiin sen jälkeen, kun ensimmäisen iteraation aikana löydetyt käytettävyyso ngelmat oli saatu korjattua. Toisen käyttäjätestauksen toteutti sama tuotantolinjan perehdyttäjät, jonka aikana käyttöliittymästä löytyi toiset viisi käytettävyyso ngelmaa, joista suurimmat ongelmat olivat se, että työlistalla ja komponenttien jäljitysnäky-mässä näkyi liian vähän laitteita ja komponentteja kerralla ja se, että komponenttilistalla näkyvistä komponenteista puuttui yksi tärkeä tieto. Myös käyttöliittymän aikakatkaisun (session timeout) koettiin olevan liian lyhyt eli aina kun aika umpeutuu, niin käyttäjän täytyy kirjautua järjestelmään uudestaan, joka hidastaa huomattavasti työn tekemistä.



Perehdyttäjä myös totesi muutaman kentän olevan turhia, joiden ei tarvitsisi näkyä käyttäjälle. Nämä ongelmat korjattiin ja päivitetty versio käyttöliittymästä nähdään kuviossa 17.



**Kuvio 17.** SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä käyttäjätestauksen kolmannen iteraation jälkeen.

Kuten kuviossa 17 nähdään, niin workinstruction-painike on siirretty takaisin samalle puolelle muiden painikkeiden kanssa. Tämä siirto mahdollisti enemmän näkyvyyttä työ- ja komponenttilistalle. Workinstruction-painiketta ei kuitenkaan laitettu samalla paikalle, mistä se alun perin siirrettiin pois, vaan se laitettiin viimeiseksi sen takia, koska siihen on helpompi osua, kun oikealla puolella ei ole muita painikkeita. Kolmannen iteraation jälkeen käyttöliittymän katsottiin olevan valmis asennettavaksi kohdelinjojen muille työpis-teille. Tuotantolinjojen työntekijöiden perehdytyksen toteuttivat perehdyttäjät, joille käyttöliittymä esiteltiin ensimmäisenä.

### 5.6.3 Päivitetyn käyttöliittymän käytettävyykselyn tulokset

Uuden päivitetyn SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän annettiin olla kohdelinjoilla käytössä kolme viikkoa, jonka jälkeen käyttöliittymälle toteutettiin sama käytettävyyksely,

joka toteutettiin aiemmin tässä tutkimuksessa, vanhalle SAP ME-järjestelmän käyttöliittymälle. Tällä mahdollistettiin se, että kaikki linjan työntekijät kerkeäisivät varmasti käyttämään päivitettyä käyttöliittymää ennen käytettävyysselvityksen toteuttamista. Käyttäjille ei myöskään toteutettu heti uutta käytettävyysselvitystä, koska Sauronin (2011, s. 96) ja Mclellanin ja muiden (2011, s. 62) tutkimuksien mukaan SUS-kyselyn tuloksissa voi olla 6-16% ero, kun verrataan tuloksia pitkään sovellusta käyttävien ja ensi kertaa käyttävien vastaajien kesken. Käyttäjät, jotka olivat käyttäneet sovellusta pitkään, antoivat mukaan paremmat tulokset kuin ensi kertaa käyttävät. Tämä voisi vaikuttaa negatiivisesti tämän tutkimuksen tuloksiin, koska tässä tutkimuksessa ensimmäinen käytettävyysselvitys toteutettiin käyttäjille, jotka olivat käyttäneet SAP ME-järjestelmää jo pitemmän ajan.

Päivitetyn SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän käytettävyysselvitykseen osallistui 18 työntekijää, joka on kaksi enemmän kuin ensimmäisellä käytettävyysselvityksellä. Iän ja työkokemuksen jätti vastaamatta kolme vastaajaa. Iän vastanneiden keskiarvoikä oli 37,33 vuotta ja työkokemusvuoden vastaajien työkokemusvuosien keskiarvo oli 8,46 vuotta. Käytettävyysselvitys toteutettiin samalla kahden tuotantolinjan henkilöstöllä, jotka vastasivat ensimmäiseenkin käytettävyysselvitykseen. Viikoittainen tuotantolinjojen henkilöstömäärä voi vaihdella jonkin verran suuntaan tai toiseen, joten siitä johtuu tuo kahden henkilön ero. Päivitetyn SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä sai SUS-tuloksien keskiarvoksi 75,56, joka vastaa luvun 3.3.1 taulukon 6 mukaan arvosanaa B. Heikoin tulos oli 57,50 (arvosana D) ja parhain 97,50 (arvosana A+). Päivitetty käyttöliittymä sai SUS-tulokseksi 22,56 pistettä paremman tuloksen, kuin vanhempi versio. Päivitetyn käyttöliittymän SUS-kyselyn tulokset ja pisteytys löytyy kokonaisuudessaan liitteistä 6 ja 7.

Toisen käytettävyysselvityksen SUS-vaihtoehdot ja omat vaihtoehdot analysoitiin samoilla menetelmillä, kuten ensimmäisessäkin käytettävyysselvityksessä eli Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimen ja erotteluanalyysin avulla. SUS-vaihtoehdoista, vastaajien ikä ja työkokemus korreloi negatiivisessa suunnassa yhtä vahvasti vaihtoehdon ”mielestäni uutta SAP ME:tä on helppo käyttää” kanssa, jossa molempien korrelaatio oli -0,553

( $p < 0,05$ ). Tästä voidaan päätellä, että kun kyseessä on negatiivinen korrelaatio, niin esimerkiksi käyttäjän iän noustessa vaihtoehdon ”mielestäni uutta SAP ME:tä on helppo käyttää” arvo voi laskea eli mitä enemmän käyttäjällä on ikää, sitä vähemmän käyttäjä kokee SAP ME:n olevan helppo käyttää. Taulukossa 13 kuvataan SUS-vaihtoehtojen korrelaatiot keskenään.

**Taulukko 13.** Toisen käytettävyysskyselyn SUS-vaihtoehtojen korrelaatiot ja p-arvo.

SUS-vaihtoehdot	Korrelaatio ja p-arvo
”Mielestäni uuden SAP ME:n käyttö on kömpelöä” ja ”tunsin oloni hyvin luottavaiseksi uutta SAP ME:tä käyttäessäni”	-0,688 ( $p < 0,01$ )
”Mielestäni uuden SAP ME:n käyttö on kömpelöä” ja ”minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin uuden SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan”	0,658 ( $p < 0,01$ )
”Mielestäni uuden SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen” ja ”tunsin oloni hyvin luottavaiseksi uutta SAP ME:tä käyttäessäni”	0,552 ( $p < 0,05$ )
”Mielestäni uutta SAP ME:tä on helppo käyttää” ja ”mielestäni uuden SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta”	-0,548 ( $p < 0,05$ )
”Mielestäni uutta SAP ME:tä on helppo käyttää” ja ”minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin uuden SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan”	-0,541 ( $p < 0,05$ )
”Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi uutta SAP ME:tä käyttäessäni ja minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin uuden SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan	-0,538 ( $p < 0,05$ )
”Luulen, että voisin käyttää uutta SAP ME:tä säännöllisesti” ja ”mielestäni uusi SAP ME on liian monimutkainen”	-0,515 ( $p < 0,05$ )

Voimakkain korrelaatio (0,658) havaittiin vaihtoehtojen ”mielestäni uuden SAP ME:n käyttö on kömpelöä” ja ”minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin uuden SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan” välillä. Tästä voidaan tulkita, että aina kun jommankumman vaihtoehdon arvo nousee, niin on hyvin todennäköistä, että toinenkin arvo nousee.

Taulukon 13 vaihtoehtojen perusteella voidaan myös todeta, että esim. jos käyttäjä kokee uuden SAP ME:n käytön kömpelöksi (arvo nousee), se hyvin todennäköisesti tulee vaikuttamaan myös siihen, miten luottavainen käyttäjä on uuden SAP ME-järjestelmän käytön kanssa (arvo laskee) tai toisinpäin.

Toisen käytettävyysskyselyn omat vaihtoehdot eivät korreloineet iän ja työkokemuksen kanssa. Omien vaihtoehtojen väliset korrelaatiot kuvataan taulukossa 14.

**Taulukko 14.** Toisen käytettävyysskyselyn omien vaihtoehtojen korrelaatiot ja p-arvo.

SUS-vaihtoehdot	Korrelaatio ja p-arvo
"Koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset uudessa SAP ME:ssä" ja "mielestäni teksti on uudessa SAP ME:ssä sopivan kokoista"	0,473 (p<0,05)
"Koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset uudessa SAP ME:ssä" ja "mielestäni painikkeet uudessa SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä"	0,723 (p<0,001)
"Mielestäni teksti on uudessa SAP ME:ssä sopivan kokoista" ja "mielestäni painikkeet uudessa SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä"	0,473 (p<0,05)

Taulukossa 14 olevien vaihtoehtojen perustella voidaan todeta, että kun arvot nousevat painikkeiden ja tekstin sopivalla koolla olevissa vaihtoehdoissa, voi se myös nostaa vaihtoehdon "mielestäni painikkeet uudessa SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä" arvoa tai toisinpäin.

Kuvioon 18 laitettiin ne vaihtoehdot samaan, joiden tulokset ovat samankaltaiset. Keltainen väri kuvaa ensimmäisen ja sininen toisen käytettävyysskyselyn tuloksia.

	Koen, että SAP ME:n käyttäminen ei kuormita minua liikaa	Koen, että uuden SAP ME:n käyttäminen ei kuormita minua liikaa	Koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset SAP ME:ssä	Koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset uudessa SAP ME:ssä
Täysin eri mieltä	0	5,56	56,25	0
Jokseenkin eri mieltä	0	0	31,25	0
Ei samaa eikä eri mieltä	56,25	5,56	6,25	0
Jokseenkin samaa mieltä	25	61,11	6,25	27,78
Täysin samaa mieltä	18,75	27,78	0	72,22

**Kuvio 18.** Ensimmäisen (keltainen, n=16) ja toisen (sininen, n=18) käytettävyysskyselyn kaksi ensimmäistä omaa vaihtoehtoa vertailussa.

Kuviossa 18 on selvästi nähtävissä parannusta ensimmäisen ja toisen käytettävyysskyselyn välillä. Varsinkin päivitetyn käyttöliittymän painikkeiden koko oli vastaajien mieleen, koska yli puolet vastaajista oli täysin eri mieltä sen väittämän kanssa, että nykyisessä käyttöliittymässä olisi sopivan kokoisen painikkeet. Kuvion 19 sisältävissä vaihtoehtoissa nähdään myös parannusta. Vastaajat eivät enää olleet epävarmoja käyttöliittymän tekstin koon kanssa ja he myös kokivat löytävän painikkeet helpommin päivitetystä käyttöliittymästä.

	Mielestäni teksti on SAP ME:ssä sopivan kokoista	Mielestäni teksti on uudessa SAP ME:ssä sopivan kokoista	Mielestäni painikkeet SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä	Mielestäni painikkeet uudessa SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä
Täysin eri mieltä	12,5	0	12,5	0
Jokseenkin eri mieltä	25	5,56	6,25	0
Ei samaa eikä eri mieltä	31,25	0	50	0
Jokseenkin samaa mieltä	31,25	22,22	25	27,78
Täysin samaa mieltä	0	72,22	6,25	72,22

**Kuvio 19.** Ensimmäisen (keltainen, n=16) ja toisen (sininen, n=18) käytettävyysskyselyn toiset kaksi omaa vaihtoehtoa vertailussa.

Omien vaihtoehtojen toisen käytettävyysskyselyn jäljellä olevia kolmea vaihtoehtoa vertaillaan kuviossa 19. Näistä tuloksista voidaan tulkita, että vaihtoehtoissa ei tapahtunut yhtä selkeitä muutoksia, kuin aiemmissa vaihtoehdossa (ks. kuvio 18 ja kuvio 19). Kuviossa 20 nähdään myös, että vaihtoehtojen prosenttiosuudet jakautuivat selvästi tasaisemmin, kuin aiempien kuvioiden prosenttiosuudet. Osa käyttäjistä koki, että päivitetyn SAP ME-järjestelmän käyttöliittymässä olisi liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä. Osa myös

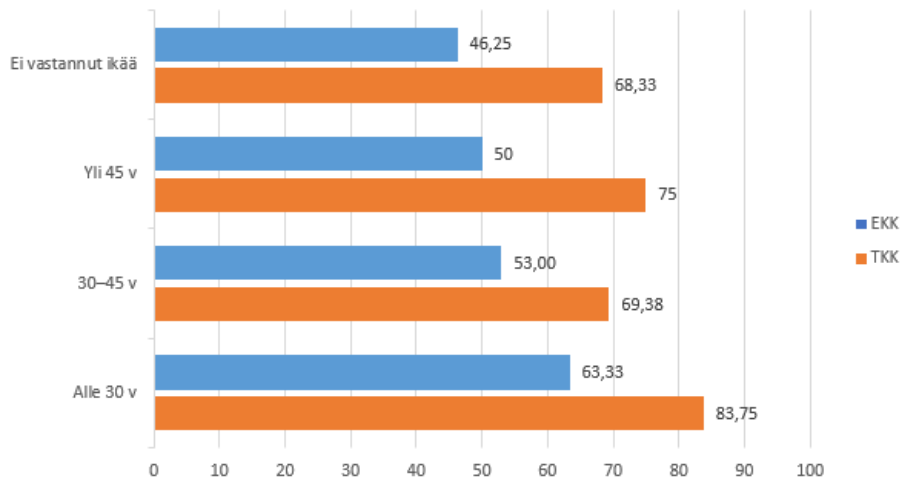
koki, ettei väärän valinnan jälkeen ole helppoa palata takaisin alkuun ja sen, että virheviestejä tulee liikaa.

	Koen, että SAP ME:n näkymässä ei ole liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä	Koen, että uuden SAP ME:n näkymässä ei ole liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä	Mielestäni väärän valinnan jälkeen, SAP ME:ssä on helppoa palata takaisin alkuun	Mielestäni väärän valinnan jälkeen, uudessa SAP ME:ssä on helppoa palata takaisin alkuun	Mielestäni SAP ME:ssä tulee vähän virheviestejä	Mielestäni uudessa SAP ME:ssä tulee vähän virheviestejä
Täysin eri mieltä	25	11,11	12,5	0	6,25	5,56
Jokseenkin eri mieltä	12,5	16,67	31,25	5,56	37,5	11,11
Ei samaa eikä eri mieltä	43,75	16,67	31,25	33,33	25	38,89
Jokseenkin samaa mieltä	12,5	33,33	25	44,44	31,25	38,89
Täysin samaa mieltä	6,25	22,22	0	16,67	0	5,56

**Kuvio 20.** Ensimmäisen (keltainen, n=16) ja toisen (sininen, n=18) käytettävyyskyselyn loput kolme omaa vaihtoehtoa vertailussa.

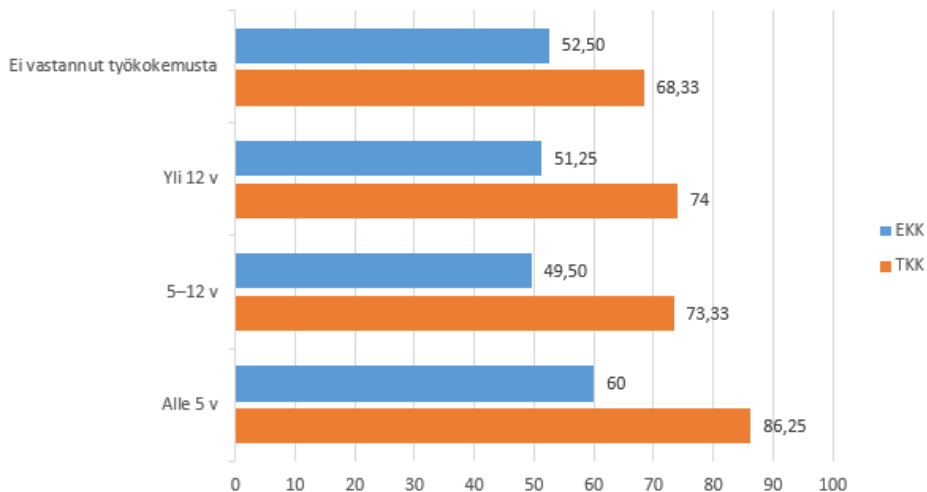
Avoimen muodon vaihtoehdon vastaukset analysointiin ryhmittelyanalyysin avulla, kuten ensimmäisessä käytettävyyskyselyssä. Avoimessa muodossa olevaan vaihtoehtoon vastasi yksitoista vastaajaa kahdeksastatoista vastaajasta. Vastaajia pyydettiin listamaan 3-5 hyvää ja huonoa asiaa uudesta SAP ME-järjestelmästä. Hyviä asioita listasi kymmenen vastaajaa ja huonoja asioita yhdeksän vastaajaa. Hyvistä asioista, painikkeiden koko sai positiivista palautetta kuudelta vastaajalta ja kolme vastaajaa koki järjestelmän helppokäyttöiseksi. Yhden listauksen saivat selkeät opasteet, komponenttilistalta voi valita haluamansa komponentin ja isot selkeät ruudukot. Huonoista asioista eniten sai listauksia komponenttien jäljitysjärjestys, jonka vastasi kuusi vastaajaa. Kolme vastaajista listasi komponenttien jäljitysnäkymässä tulevan virheellisiä jäljityksiä. Yhden listauksen saivat hitaus ja assemble-painikkeen turha painelu, jota täytyy joka kertaa painaa, kun aloitetaan komponenttien jäljitys. Käyttäjät halusivat tämän toiminnon automaattiseksi, jotta assemble-painiketta ei tarvitsi aina painaa.

Käytettävyyskyselyt sisälsivät vaihtoehtojen lisäksi myös iän ja työkokemuksen. Ikä ja työkokemus luokiteltiin kolmeen erilaiseen ikäluokkaan. Molemmat myös sisälsivät luokan ei vastanneista. Kuviossa 21 kuvataan SUS-tuloksien keskiarvot ikäluokittain, joita ovat alle 30 v, 30–45 v, yli 54 v ja ei vastannut ikää. Sininen väri kuvaa ensimmäistä käytettävyyskyselyä ja oranssi toista käytettävyyskyselyä.



**Kuvio 21.** SUS-tulosten keskiarvot ikäluokittain. EKK = ensimmäinen käytettävyysselvitys (n=16); TKK = toinen käytettävyysselvitys (n=18).

Kuviossa 21 olevista tuloksista voidaan tulkita, että parhaimmat SUS-tulokset jakautuivat alle 30-vuotiaiden ikäluokkaan molemmissa käytettävyysselvityksissä ja heikoimmat vastaukset ei vastanneiden ikäluokkaan. Työkokemus luokiteltiin seuraaviin työkokemusluokkiin: alle 5 v, 5–12 v, yli 12 v ja ei vastannut työkokemusta. Näiden SUS-tulosten keskiarvot ovat nähtävissä kuviossa 33.



**Kuvio 22.** SUS-tulosten keskiarvot työkokemusluokittain. EKK = ensimmäinen käytettävyysselvitys (n=16); TKK = toinen käytettävyysselvitys (n=18).

Jos verrataan kuvia 21 ja 22 keskenään, huomataan SUS-tuloksien keskiarvojen olevan lähes identtiset ikä -ja työkokemusluokkien kanssa. Työkokemusluokissa alle 5-vuotiaiden työkokemusluokka sai parhaimmat tulokset ja ikäluokissa sama tapahtui alle 30-vuotiaiden ikäluokassa. Ensimmäisessä käytettävyysselvityksessä heikoimmat SUS-tulokset jakautuivat 5–12 v ikäluokkaan ja toisessa käytettävyysselvityksessä ei vastanneiden työkokemusluokkaan.

Toisen käytettävyysselvityksen tuloksien perusteella voidaan todeta, että SUS-tulosta saatiin parannettua arvosanasta D (SUS-tuloksen keskiarvo 53), arvosanaksi B (SUS-tuloksen keskiarvo 75,56), joka viittaa parantuneeseen SAP ME-järjestelmän käytettävyyteen. Omien vaihtoehtojen tuloksista voidaan todeta, että suurimmat kehitykset tapahtuivat siinä, että käyttäjä ei enää kokenut SAP ME-järjestelmän käyttöä liian kuormittavaksi, käyttäjä ei kokenut painikkeiden olevan enää liian pienet, eikä liian vaikeasti löydettävissä. Myös tekstin ei koettu olevan enää liian pienellä.

## **5.7 IT-artefaktin viestintä**

Tässä tutkimuksessa kehitetyn IT-artefaktin eli suunnitteluohjeen viestiminen tapahtuu käyttäen suunnittelutieteellisen tutkimuksen metodologian prosessimallia. IT-artefakti esitellään Vaasan yliopiston pro gradu -seminaarissa, sekä julkaistaan yliopiston tietokannassa. IT-artefakti tullaan esittelemään myös Danfossilla tuotannon kehitystiimille.



## 6 Tulokset

Tässä luvussa kuvataan tässä tutkimuksessa kehitetty IT-artefakti, miten se kehitettiin ja miten se auttoi parantamaan Danfossin tuotannossa käytettävän SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä.

Tämän tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, miten kognitiivista ergonomiaa parantamalla voidaan vaikuttaa järjestelmän käytettävyyteen. Tutkimuskysymykset painottuivat selvittämään, mitä kognitiiviseen ergonomiaan liittyviä asioita täytyisi ottaa huomioon käyttöliittymän suunnittelussa ja mitä kognitiivisen ergonomian menetelmiä voitaisiin käyttää apuna käyttöliittymän suunnittelussa. Taulukossa 15 kuvataan yhdeksän avainasiaa, mitkä otettiin huomioon SAP ME-järjestelmän käyttöliittymäsuunnittelussa eli esitellään tässä tutkimuksessa kehitetty IT-artefakti, joka toimi SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän suunnitteluohjeena. Tämän jälkeen avataan kognitiivisen ergonomian menetelmä, jota käytettiin IT-artefaktin rakentamisessa.

Taulukon 15 yhdeksän IT-artefaktin avainasiaa oli kerätty kognitiiviseen ergonomiaan liittyvistä tieteellisistä artikkeleista ja ensimmäisestä käytettävyysselvityksestä, joka tehtiin nykyiselle SAP ME-järjestelmälle. Käytettävyysselvityksen lisäksi heuristinen arviointi ja käyttäjätätestaus toivat myös lisää arvokasta tietoa IT-artefaktin kehittämiseen. Heuristinen arviointi ja käyttäjätätestaus toimivat hyvinä analysointi menetelminä, jolla IT-artefaktia saatiin kehitettyä entistä paremmaksi.

**Taulukko 15.** IT-artefakti eli suunnitteluohje.

Avainasia	Kuvaus
Minimoidaan liiallinen informaatio	<p>Käyttöliittymän liiallinen informaatio lisää kognitiivista työ-määrää, joka vaikuttaa negatiivisesti käyttäjien tehokkuuteen. Tiedon kasvaessa ihmisen päätöksenteon vastetarkkuus heikenee. (Kalakoski ja muut, 2020) Tämän vuoksi käyttöliittymällä tulisivin olla näkyvissä kerralla vain tehtävän kannalta oleellimmat tiedot (Näsänen, 2007). Käyttöliittymissä ei saisi olla näkyvillä merkityksetöntä tai harvoin käytettävää tietoa (Nielsen, 1994; Molich &amp; Nielsen, 1990).</p>
Ryhmitellään ja järjestellään tieto merkityksellisiin osiin	<p>Sopivan tiedon määrän lisäksi, tiedon ryhmittäminen ja järjestäminen merkityksellisiin osiin käyttäen luvussa 2.2.1 esitettyjä hahmolakeja, auttaa ohjaamaan käyttäjän oikean tiedon luokse ja helpottaa sen havaitsemista (Preece ja muut, 1994). Esimerkiksi läheisyyden laissa, jossa kohteet ovat lähellä toisiinsa mielletään yhteenkuuluviksi (Eysenck &amp; Keane, 2020; Kuoppala ja muut, 2002). Kategorioinnilla ja järjestyksellä voidaan auttaa aloittelevia käyttäjiä löytämään kohteet nopeammin käyttöliittymästä (Card, 1984).</p>
Lisätään painikkeisiin ikonit, kasvatetaan tekstin ja painikkeiden kokoa	<p>Korkealla kontrastilla, riittävän kokoisilla painikkeilla, kuvilla/ikoneilla ja tekstillä voidaan parantaa ihmisen luku- tai havaintonopeutta löytämään elementit nopeammin käyttöliittymästä. Pyrkimys on saada ikonit vastaamaan niille tarkoitettua toimintoa ja erottumaan muista ikoneista. Asetetaan painikkeet/elementit sopivan kauas toisistaan, mutta niitä voidaan myös silloin pitää lähempänä, jos halutaan niiden olevan yhteenkuuluvia. Käytetään käyttöliittymässä tarvittaessa maltillisesti värejä, kylläisten värien sijasta. Ikonien tulisi muistuttaa niitä toimintoja, mitä niillä halutaan saavuttaa. Ikonien avulla voidaan helpottaa käyttäjää havaitsemaan, oppimaan ja ymmärtämään käyttöliittymän painikkeiden toiminnot parem-</p>

	min. (Legge ja muut, 1985; Lind-berg & Näsänen, 2003; Näsänen, 2007; Czerwinski ja muut, 1999; Schwier & Misan-chuk, 1995; Preece ja muut, 1994)
Huomioidaan tuttuus ikoneissa, sanoissa ja elementeissä	Valitaan ikonit, sekä toimintojen ja painikkeiden nimet niiden merkityksen, tuttuuden ja kuviteltavuuden perusteella. Kohteen tuttuudella ja siihen liittyvällä mielikuvalla voidaan edistää ärsykkeen merkitystä. Tutut ja mielikuvitukselliset sanat on todettu olevan niitä, jotka ihmisen on kaikista helpointa muistaa. Pyritään saada asiat vastaamaan järjestelmän ja tosimaailman välillä, ei ammattisanastoa. (Preece ja muut, 1994; Mollich & Nielsen, 1990; Nielsen, 1994)
Tuetaan käyttäjän spatiaalista muistia	Jos ollaan päivittämässä käyttöliittymää, niin pyritään pitämään painikkeiden järjestys samanlaisena, vaikka painikkeiden paikka käyttöliittymässä vaihtuisikin. Käyttäjän spatiaalisen muistin huomioiminen auttaa käyttäjiä nopeampaan tietokoneen ja ihmisen väliseen vuorovaikutukseen ja nopeamaan tiedonhakuun. (Scarr ja muut, 2012) Muutetaan painikkeiden, tekstien tai elementtien paikkaa vain silloin, kun siihen on erittäin hyvä syy.
Ennaltaehkäistään virheiden syntymistä, panostetaan selkeisiin ja helposti ymmärrettäviin ohjeisiin ja virheilmoituksiin	Virheilmoitusten tulisi olla selkeitä, eikä niiden pitäisi sisältää virhekoodeja. On tärkeää pitää ohje ytimekkäänä, jossa on listattu vain ohjelman kannalta konkreettisemmat vaiheet. (Nielsen, 1990)
Pidetään järjestelmän tila selkeänä ja annetaan mahdollisuus helppoihin poistumisteihin	Tuetaan käyttäjän muistikuormaa kumoamisvaihtoehdoilla, joilla käyttäjä pystyy helposti palaamaan alkuun väärin valintojen jälkeen. Käyttäjän tulisi aina tietää mitä tapahtuu tai mikä on käyttöliittymän nykyinen tila, sitä käyttäessä. Tehdyn toiminnon jälkeen käyttäjälle tulisi antaa asianmukainen palaute kohtuullisen ajan kuluessa. Käyttäjät valitsevat käyttöliittymissä toiminnot usein vahingossa ja täten heillä täytyisi olla helppo ”poistumistie” kesken ei halutun prosessin ilman, että käyttäjä joutuisi käymään koko ei halutun prosessin kokonaan

	läpi. (Nielsen, 1990; Nielsen, 1994) Jos käyttäjä esimerkiksi tallentaa tiedon tietokantaan, täytyy järjestelmän antaa siitä tieto käyttäjälle, että tämä toiminto toteutettiin onnistuneesti.
Yhdistetään kognitiivinen ja affektiivinen näkökulma	<p>Kognitiivisen näkökulman huomioiminen käyttöliittymäsuunnittelussa vaikuttaa voimakkaasti järjestelmien käytettävyyteen. Vielä parempaan käytettävyyteen päästään, kun affektiiviset näkökulmat yhdistetään kognitiivisten näkökulmien kanssa. Affektiivisella tarkoitetaan muun muassa värejä, kuvia ja muotoja, joilla pystytään vaikuttamaan käyttäjän tunnetilaan. (Prastawa ja muut, 2019 s. 508) Fagerbergin ja muiden (2004) kehittämä väriympyrä jakaa värit paljon kiihottaviin, vähän kiihottaviin, epämukaviin ja miellyttäviin väreihin. Pyritään suosimaan käyttöliittymässä miellyttävän puolen värejä, jotka eivät ole liikaa tai liian vähän kiihottavia. Näitä värejä ovat mm. vihreä, keltainen, vaalean sininen ja oranssi.</p> <p>Kognitiivisesta näkökulmasta huomion kohteena ovat virheiden ehkäisy, vuorovaikutus (palaute ja apu), helposti opittavuus, selkeä luettavuus, helppo muistettavuus, selkeä navigoitavuus, tyytyväisyys järjestelmää kohtaan, sivuston tilan ja suunnan ymmärrettävyys ja helpot palata takaisin -vaihtoehdot.</p> <p>Affektiivisesta näkökulmasta kohteena ovat värit, kirkkaus, vetoavuus ja miellyttävyys, harmonisuus, mukavuus, luettavuus ja houkuttelevuus.</p>
Käytetään värejä oleellisten elementtien kanssa	Oleellisten osien vaaleilla ja haaleilla taustaväreillä voidaan nopeuttaa tietojen etsimiseen kuluva aika (Van Laar, 2001). Väreillä voidaan myös vaikuttaa käyttöliittymän miellyttävyyteen ja mukavuuteen. Väreillä voidaan jäsentää tietoja käyttöliittymässä, joka auttaa niiden ymmärtämisessä ja tulkinnaissa, mutta värien käytössä on kuitenkin hyvä pysyä maltillis-

	<p>sena tai olla käyttämättä teksteissä, suurilla alueilla ja taustoissa liian kylläisiä värejä, kuten punaista ja syvän sinistä tai näiden värien ääripäitä, lähellä olevia muita yhtä voimakkaita värejä. (Schwier &amp; Misanchuk, 1995; Preece ja muut, 1994)</p> <p>Kylläisien värien käyttö voi tehdä käyttöliittymästä liian räikeän, vaikeasti tulkittavan ja hämmentävän (Preece ja muut, 1994).</p> <p>Suunnittelussa olisikin hyvä lähteä liikkeelle yhdellä värillä ja sen jälkeen lisätä uusi väri. Värien oikeanlainen käyttö voi stimuloida, rauhoittaa ja parantaa ihmisten suorituskykyä. (Schwier &amp; Misanchuk, 1995)</p>
--	--

Esimerkiksi ensimmäinen versio IT-artefaktilla kehitetystä käyttöliittymästä oli lähes kokonaan harmaa, mutta heurististen arvioinnin avulla huomattiin, että värejä muuttamalla saatiin kehitettyä käyttöliittymästä entistä miellyttävämpi. Käyttäjätestauksen avulla huomattiin muun muassa, että on parempi pitää kaikki käyttöliittymän oleelliset painikkeet lähellä toisiaan. Heuristinen arviointi ja käyttäjätestaus yhdessä IT-artefaktin kanssa auttoi kehittämään Danfossin tuotannossa käytettävän SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän entistä paremmin soveltuvaksi juuri niille ihmiselle, jotka siellä työskentelevät. Heuristisen arvioinnin ja käyttäjätestauksen avulla saatiin kehitettyä IT-artefaktia paremmaksi, mutta niiden avulla saatiin myös kerättyä arvokasta nippelitietoa, kuten esimerkiksi painikkeiden oikean sijainnin, sijoitetaanko painikkeet erikseen vai yhteen ja värimaailman. Tämän avulla saatiin kehitettyä sellainen käyttöliittymä, joka palvelee parhaiten juuri sitä henkilöstöä, jolle se on suunniteltu. Ilman heuristista arviointia ja käyttäjätestausta ensimmäinen versio käyttöliittymästä olisi ollut liian buginen työntekijöiden käytettäväksi. Tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että heuristinen arviointi ja käyttäjätestaus toivat arvokasta tietoa IT-artefaktiin, mutta myös auttoivat saamaan aikaiseksi toimivamman version käyttöliittymästä, joka asennettiin tuotantolinjoille työntekijöiden käytettäväksi.

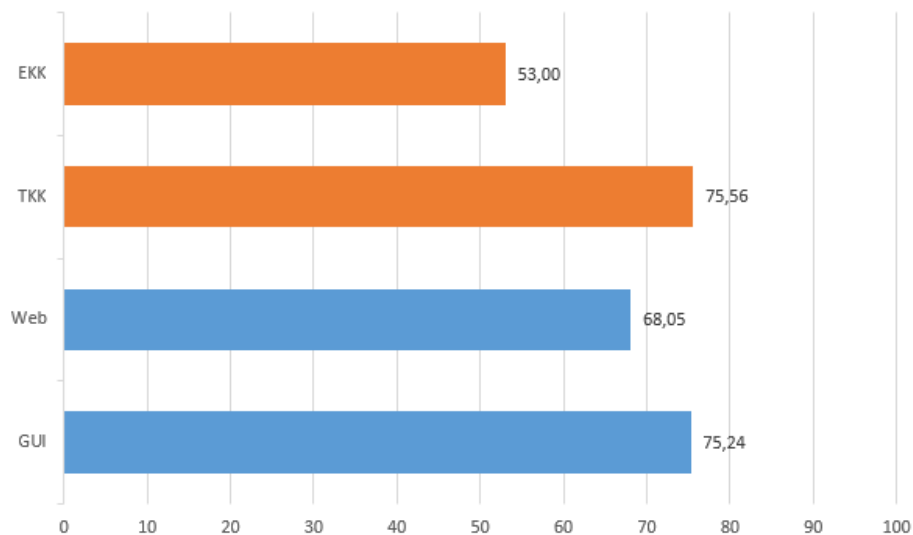
Käyttöliittymän suunnittelussa käytettiin Gould ja Lewisin (1985, s. 300) ehdottamaa kolmea suunnitteluperiaatetta ja Cañasin (2008, s. 2634) keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaatetta. Näistä jälkimmäinen liittyi kognitiivisen ergonomiaan, jossa listattiin käyttöliittymän ja ihmisen kognitiiviset toiminnot. Kuten Cañas (2008, s. 2632) toteaa esimerkissään, jos kuvailemme autolla ajamista itse tehtävänä, tavoitteena ei ole istua autossa ja leikkiä siellä olevilla laitteilla, vaan päästä yhdestä paikasta toiseen mahdollisimman turvallisesti ja nopeasti. Tästä keskinäisen riippuvuuden toimintaperiaatteesta on juuri kysymys.

Otetaan esimerkiksi tässä tutkimuksessa listattu käyttöliittymän toiminto ”valmistuksen aloittaminen painamalla start-painiketta”, joka listattiin luvun 5.4 taulukossa 13 muiden toimintojen kanssa. Tavoitteena on saada käyttäjä toteuttamaan toiminto mahdollisimman nopeasti, helposti ja vaivattomasti. Aluksi täytyy listata ne ihmisen kognitiiviset toiminnot, mitä tarvitaan, että käyttäjä voi havaita start-painikkeen. Käyttäjä tarvitsee toiminnon toteuttamiseen muistia, havaitsemista, tunnistamista ja kieltä. Miten käyttäjä esimerkiksi havaitsee ja tunnistaa oikean painikkeen? Painikkeisiin lisätään painikkeen toimintoa vastaava ikoni ja teksti helpottamaan oikean painikkeen tunnistamista. Lisäksi painikkeen, ikonin ja tekstin täytyy olla tarpeeksi isot, jotta ne ovat helpommin havaittavissa. Muistia ja kielellistä ymmärtämistä voidaan tukea käyttämällä samoja painikkeiden nimiä ja olla muuttamatta painikkeiden sijaintia päivitettyssä käyttöliittymässä. Kielellistä ymmärtämistä voidaan vielä tukea käyttämällä käyttäjän äidinkieltä, mutta se ei ole kaikissa käyttöliittymissä aina mahdollista.

Jotta pysyttäisiin tietämään, että millä tasolla yleisesti tässä tutkimuksessa saadut SUS-tulokset ovat, niin tarkastellaan ensiksi SUS-tuloksia muihin maailmalla tehtyjen SUS-kyselyjen tuloksiin. Bangor ja muut (2008, s. 577) kävivät läpi yhteensä 2324 SUS-kyselyä monesta eri käyttöliittymätyypistä, joiden SUS-tuloksien keskiarvoksi saatiin 70,14. Bangorin ja muiden (2008, s. 582–584) tutkimus osoittaa, että SUS-tulokset vaihtelivat merkittävästi eri käyttöliittymätyyppien mukaan. Jotta voitiin verrata tässä tutkimuksessa saatuja SUS-tuloksia Bangorin ja muiden SUS-tuloksien keskiarvoihin, tässä tutkimuksessa saatuja SUS-tuloksia täytyi verrata SAP ME-järjestelmän kanssa samankaltaisiin

käyttöliittymätyyppeihin. Bangor ja muut (2008, s. 583) jakoivat käyttöliittymätyypit mm. graafisiin käyttöliittymiin (GUI) ja verkkopohjaisiin käyttöliittymiin ja sovelluksiin (Web), jotka ovat käyttöliittymätyypeiltään samankaltaisia, kuin tässä tutkimuksessa käytetty SAP ME-järjestelmä.

Kuviossa 23 nähdään, miten SAP ME-järjestelmän ensimmäisen (EKK) ja toisen käytettävyysskyselyn (TKK) SUS-tulokset pärjäsivät näiden kahden käyttöliittymätyypin, SUS-kyselyn tuloksien keskiarvoihin verrattuna. Oransseilla kuvataan tässä tutkimuksessa saatuja SAP ME-järjestelmän SUS-tuloksia ja sinisellä Bangorin ja muiden (2008, s. 583) SUS-tuloksien keskiarvoja.



**Kuvio 23.** Tässä tutkimuksessa saatujen SAP ME-järjestelmän SUS-tuloksien keskiarvot verrattuna Bangorin ja muiden (mukaillen, 2008, s. 583) SUS-kyselyjen tuloksien keskiarvoihin. Kun verrataan tässä tutkimuksessa saatuja SUS-kyselyjen tulosten keskiarvoja Bangorin ja muiden (2008, s. 583) saamiin SUS-tulosten keskiarvoihin (ks. kuvio 23), voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa kehitetyn IT-artefaktin avulla saatiin parannettua SAP ME-järjestelmän SUS-tulosta yli verkkosivuista saadun keskiarvon, jota voidaan pitää hyvinkin positiivisena tuloksena. SUS-tuloksen keskiarvoa 75,56 voidaan pitää siitäkin syystä erittäin positiivisena, koska SUS-kyselystä 70 tuloksien saaneita järjestelmiä pidetään vähintäänkin kelpoisina ja paremmista järjestelmistä voidaan puhua silloin, kun SUS-tulokset ovat 70–80 välillä (Bangor ja muut, 2008, s 592). Sauronin ja Lewisin (2012, s. 204)

kehittämässä pisteasteikossa, jossa F arvosanana on heikoin, niin 75,56 SUS-tulos vastaa arvosanaa B. Tämä yli 70 SUS-tuloksen keskiarvo oli myös tavoite, johon päivitetyn käyttöliittymän SUS-tuloksien keskiarvo haluttiin saada nostettua.

Vertaamalla ensimmäisen ja toisen käytettävyysskyselyjen tuloksia, voidaan tulkita, että kognitiivisen ergonomian avulla on mahdollista parantaa järjestelmän käytettävyyttä. Kuten kuviosta 23 nähdään, SUS-tuloksen keskiarvo parantui 22,56 pistettä, joka vastaa Sauronin ja Lewisin (2012, s. 204) kehittämässä pisteasteikossa viisi arvosanaa korkeampaa arvosanaa, kun nykyinen käyttöliittymä sai arvosanaksi D:n ja päivitetty B:n. Myös luvun 5.6.3 käytettävyysskyselyn tuloksista voidaan tulkita, omienkin vaihtoehtojen välillä havaittiin parantumista ensimmäisen ja toisen käytettävyysskyselyn välillä.

Ensimmäisen ja toisen käytettävyysskyselyn tuloksia vertaamalla voidaan todeta, että tässä tutkimuksessa kehitetyn IT-artefaktin avulla päivitetty SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä kuormittaa vähemmän käyttäjiä kuin edellinen versio. Tämä tulos tukee hyvin Lindbergin & Näsänen (2003, s. 118) tutkimusta, jossa he toteavat graafisen käyttöliittymän vähentävän käyttäjien muistikuormaa. Käytettävyysskyselyjen tuloksien perusteella, kuormituksen väheneminen voi hyvin johtua siitä, että käyttäjät kokivat painikkeiden ja tekstin olevan päivitettyssä käyttöliittymässä sopivamman kokoisia, jolloin ne ovat myös helpommin löydettävissä. Koon lisäksi painikkeiden havaitsemisen helppouteen saattoi myös vaikuttaa painikkeisiin lisätyt ikonit (Legge ja muut, 1985, s. 20–21; Lindberg & Näsänen, 2003, s. 118; Näsänen, 2007, s. 17).

Painikkeiden ja tekstin koon yhteys painikkeiden löydettävyyteen, havaittiin myös toisessa käytettävyysskyselyssä tehdyn Spearmanin järjestyskorrelaatio-kertoimen avulla, joka on nähtävissä luvun 5.6.3 taulukosta 15. Järjestyskorrelaatio-kertoimen avulla voidaan todeta, että silloin kun vaihtoehdon ”Koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset uudessa SAP ME:ssä” arvo nousee, vaihtoehdon ”mielestäni painikkeet uudessa SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä” arvon voidaan myös odottavan nousta. Toisen käytettävyysskyselyn tulokset tukevat tätä riippuvuutta hyvin vahvasti. Myös käytettävyyssky-



selyn SUS-vaihtoehtojen ja omien vaihtoehtojen keskinäisissä Spearmanin järjestyskorrelaatioissa havaittiin riippuvuutta. Ensimmäisen käytettävyysselvityksen tulokset ovat nähtävissä luvussa 5.2.1 ja toisen käytettävyysselvityksen luvussa 5.6.3.

Ensimmäisen ja toisen käytettävyysselvityksen tuloksista voidaan myös tulkita pientä parantumista liiallisen epäoleellisen tiedon näkymisessä, sekä siinä, miten helpoksi käyttäjä kokee palata virheellisen valinnan jälkeen takaisin alkuun. Kuten Wu ja muiden (2016, s. 171) tutkimuksessa todetaan, epäoleellisen tiedon liiallinen näkyminen käyttöliittymässä voi lisätä kognitiivista työmäärää ja vaikuttaa täten käyttäjän tehokkuuteen negatiivisesti. Liiallinen informaatio voi myös vaikeuttaa käyttöliittymän navigointia (Preece ja muut, 1994, s. 101–102). Tämän tutkimuksen tulokset tukevat myös hyvin näitä kahta tutkimusta, koska käyttäjät kokivat päivitetyn käyttöliittymän vähemmän kuormittavaksi ja painikkeiden löytämisen helpommaksi. Toisen käytettävyysselvityksen tuloksista voidaan päätellä, mihin täytyy vielä keskittyä, kun SAP ME-järjestelmän kehittämistä jatketaan tämän tutkimuksen ulkopuolella. Näiden hoitaminen kuntoon varmasti parantaisi SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä entisestään ja nostaisi SUS-tulosta vieläkin paremmaksi.

Bangor ja muut (2008, s. 584) kävivät läpi 213 SUS-kyselyä, jossa tutkittiin iän vaikutusta SUS-tuloksiin. Bangor ja muut (2008, s. 585) eivät todenneet iän ja SUS-tuloksien välillä olevan vahvaa korrelaatiota, kuten ei sitä todettu olevan tässäkin tutkimuksessa. Tämä on nähtävissä luvun 5.6.3 toisen käytettävyysselvityksen tuloksissa. Tässä tutkimuksessa ensimmäisen käytettävyysselvityksen SUS-tuloksien ja iän välillä oli korrelaatiota  $-0,438$  ja toisen käytettävyysselvityksen SUS-tuloksien kanssa  $-0,455$ , kummatkaan tulokset eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Vaikka tulokset eivät olleet merkitseviä, tuloksien negatiivisesta korrelaatiosta voidaan kuitenkin päätellä, että iän tai SUS-tuloksen noustessa, saattaa jommankumman arvo laskea tai kun jompikumpi nousee, niin toinen laskee. (Mukaka, 2015, s. 69). Työkokemuksen ja SUS-tulosten välillä havaittiin riippuvuutta toisen käytettävyysselvityksen tuloksissa, jotka ovat nähtävissä luvussa 5.6.3.

## 7 Diskussio

Tutkimus toteutettiin käyttäen suunnittelutieteellisen tutkimuksen tutkimusmenetelmiä (ks. luku 4.4), jonka tarkoitus oli selvittää miten kognitiivista ergonomiaa parantamalla, voidaan vaikuttaa järjestelmän käytettävyyteen. Tutkimuksen tavoitteena oli vastata kahteen tutkimuskysymykseen:

- Minkälaisia kognitiivisen ergonomian asioita tulisi ottaa huomioon käyttäjästävällisen järjestelmän suunnittelussa?
- Mitä kognitiivisen ergonomian menetelmiä voitaisiin käyttää apuna käyttöliittymän suunnittelussa?

### 7.1 Merkittävimmät tutkimustulokset

Jatkuva tietomäärän kasvaminen on asettanut kognitiiviselle ergonomialle uudenlaisia vaatimuksia siihen, miten onnistunut ihmisen ja tietokoneen vuorovaikutus saataisiin varmistettua (Kalakoski ja muut, 2019, s. 38). Kognitiivisesti ihmisiä kuormittavat työolosuhteet voivat vaikuttaa merkittävästi tehtävien suorittamiseen, työntekijöiden suorituskykyyn ja tuottavuuteen, sekä yleiseen hyvinvointiin (Couffe & Michael, 2017, s. 175–176; Elfering ja muut, 2015, s. 142–143; Kalakoski ja muut, 2020, s. 14). Tässä tutkimuksessa pyrkimys oli saada aikaiseksi juuri tämä parempi ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus, jossa ihmisinä toimivat Danfossin tuotantolinjan työntekijät ja järjestelmänä Danfossin tuotannossa käytettävä SAP ME-järjestelmä. Tämä tutkimuksen tuloksen perusteella voidaan todeta, että tässä onnistuttiin hyvin.

Tutkimuksen tuloksena syntyi IT-artefakti eli suunnitteluohje siitä, minkälaisia kognitiivisen ergonomian asioita tulisi ottaa huomioon käyttöliittymän suunnittelussa ja mitä kognitiivisen ergonomian menetelmää voidaan käyttää apuna käyttöliittymän suunnittelussa. Tämän tutkimuksen tuloksen (ks. luku 6) perusteella voidaan todeta, että IT-artefaktin yhdeksän avainasian ja kognitiiviseen ergonomiaan liittyvän menetelmän lisäämi-

nen mukaan käyttöliittymäsuunnitteluun, helpottaa kognitiivisen ergonomian huomioimista käyttöliittymäsuunnittelussa ja täten johtaa parempaan järjestelmän käytettävyyteen. Kuten van der Veer (2008, s. 2615, s. 2627), toteaa, että kognitiivista ergonomiaa voidaan pitää tärkeänä tieteellisenä perustana käyttöliittymäsuunnittelulle. Tämän tutkimuksen tulos tukee hyvin tätä asiaa, että käyttöliittymäsuunnittelussa olisi hyvä ottaa huomioon kognitiivisen ergonomian näkökulma ja olla tietoinen käyttäjien mahdollisista kognitiivista rajoituksista. Tämä tutkimus tarjoaa varteenotettavan IT-artefaktin, jota voidaan käyttää parantamaan käyttöliittymien käytettävyyttä.

Tässä tutkimuksessa SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä saatiin parannettua tässä tutkimuksessa kehitetyn IT-artefaktin avulla, joka on todettavissa käytettävyysskyselyn tuloksista. Ensimmäisen (nykyinen käyttöliittymä) ja toisen (päivitetty käyttöliittymä) käytettävyysskyselyn SUS-tuloksen keskiarvo parani 22,56 pistettä. Nykyiselle SAP ME-järjestelmälle tehty käytettävyysskysely sai SUS-tulokseksi 53 (arvosana D) ja IT-artefaktin avulla kehitetty SAP ME-järjestelmä tulokseksi 75,56 (arvosana B) eli Sauronin ja Lewisin (2012, s. 204) kehittämässä pisteasteikossa arvosana nousi viisi arvosanaa ylemmäksi, jota voidaan pitää hyvinkin positiivisena tuloksena. Heuristinen arviointi ja käyttäjättestaus toimivat hyvinä menetelminä, joilla saatiin kerättyä arvokasta tietoa IT-artefaktin kehittämiseen. Ne myös auttoivat saamaan aikaiseksi toimivamman version käyttöliittymästä, joka asennettiin Danfossin kahdelle tuotantolinjalle työntekijöiden käyttöön. Jos tuotantoon asennettu versio olisi sisältänyt kaikki ne virheet, mitä tuli esille heuristisen arvioinnin ja käyttäjättestauksen aikana, niin se olisi voinut vaikuttaa hyvinkin paljon toisen käytettävyysskyselyn tuloksiin.

Käytettävyysskysely sisälsi SUS-kyselyn lisäksi omia vaihtoehtoja ja niiden tuloksissa tahtui myös parannusta nykyisen ja päivitetyn SAP ME-järjestelmän välillä. Selkeimmät parannukset näkyivät siinä, etteivät käyttäjät kokeneet enää painikkeiden ja tekstin kooka ongelmaksi. Käyttäjät myös kokivat päivitetyn käyttöliittymän kuormittavan heitä vähemmän ja myös sen, että painikkeet löytyivät helpommin päivitettyltä käyttöliittymältä. Vaikka iän ja SUS-tuloksien välillä ei havaittu riippuvuutta, tämän tutkimuksen tuloksien

mukaan alle 30-vuotiaat ja alle 5 vuotta Danfossilla työskennelleet antoivat parhaimmat SUS-tulokset.

Yhteenvetona tämän tutkimuksen perusteella voidaan todeta, että panostamalla kognitiiviseen ergonomiaan käyttöliittymäsuunnittelussa, saadaan käyttöliittymän toiminnot paremmin vastaamaan ihmisten kognitiivisia toimintoja. Tämä johtaa parempaan järjestelmän käytettävyyteen, mikä tuli esille käytettävyysselvitysten tuloksissa. Vaikka kognitiiviseen ergonomiaan ei törmää läheskään niin usein kuin fyysiseen ergonomiaan, kognitiivisesta ergonomiasta on kerennyt kertymään jo paljon tutkimuksia, joissa siihen panostamalla on saatu kehitettyä järjestelmistä parempia (Walker, 2002, s. 1861; Wu ja muut, 2016, s. 171; Legge ja muut, 1985, s. 20–21; Lindberg & Näsänen, 2003, s. 118; Näsänen, 2007, s. 17). Tämä tutkimus tukeutuu hyvin näihin muihin tutkimuksiin.

## **7.2 Tuloksien luotettavuus ja rajoitukset**

Tulokset esiteltiin tässä tutkimuksessa hyvin havainnollisesti ja avoimesti. Tulosten analysoimiseen käytettiin aiempaa teoriaa, joiden mukaan tulosten analysoimiseen käytetyt menetelmät, sekä tutkimuksen tulosta voidaan pitää luotettavana. SUS-kyselyyn, SUS-tulosten laskemiseen ja analysoimiseen on olemassa paljon yksinkertaisia ohjeita, kuten luvussa 4.5.1 kuvaillaan. Jotkut tutkijat ovat kuitenkin todenneet sellaisten kyselyjen olevan monimutkaisia ja hämmentäviä, jotka sisältävät sekaisin positiivisia ja negatiivisia vaihtoehtoja (Barnette, 2000, s. 369; Brooke, 2013, s. 35). Tämänkaltaiset kyselyt saattavat myös vaikuttaa tulosten luotettavuuteen (Stewart & Frye, 2004, s. 19–20).

Tässä tutkimuksessa SUS-kyselyn käyttämisessä ei havaittu ongelmia, eikä sen täyttämistä kuulunut negatiivista palautetta tuotantolinjojen henkilöstöltä. Tämän tutkimuksen perusteella SUS-kysely ja sen perään lisätyt itse tehnyt vaihtoehdot, antoivat tärkeää tietoa Danfossilla käytettävästä SAP ME-järjestelmän käyttöliittymästä. Kuten siitä, millä tasolla SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän käytettävyys oli ennen tutkimuksen aloittamista ja millä sen jälkeen, kun käyttöliittymä oli päivitetty, tässä tutkimuksessa kehitetyn

IT-artefaktin avulla. Tämän tutkimuksen perusteella SUS-kysely toimi luotettavana käytettävyyden mittarina, kun halutaan verrata käyttöliittymän käytettävyyden kehitystä, ennen ja jälkeen päivityksen.

Tämän tutkimuksen tuloksen perusteella, lisäämällä käytettävyysskyselyyn SUS-kyselyn lisäksi kognitiiviseen ergonomiaan liittyviä omia vaihtoehtoja, voidaan saada hyvää lisätietoa käyttöliittymän käytettävyydestä. Nämä itse tehnyt vaihtoehdot on kuitenkin hyvä pitää positiivisessa muodossa, eikä jatkaa SUS-kyselyn tapaan positiivisten ja negatiivisten vaihtoehtojen sekoituksena. Kuten Sauro ja Lewis (2001, s. 2221–2222) suosittelevat. He eivät myöskään näe tarvetta, että alkuperäistä SUS-kyselyä käyttävien tutkijoiden tarvitsi vaihtaa positiiviseen SUS-kyselyyn edellyttäen, että tutkijat ovat ohjeistaneet kyselyyn vastaajia tarpeeksi hyvin ja ovat tarkkana SUS-tuloksen laskemisessa (Sauro ja Lewis, 2001, s. 2221–2222). Tässä tutkimuksessa SUS-tuloksien laskemista ei koettu hankalaksi, mutta sen laskemisessa oltiin kuitenkin huolellisia ja otettiin huomioon, ettei tulkita SUS-tulosta prosentteina. SUS-tulokset muutettiin arvosanaksi käyttäen Sauro ja Lewisin (2012, s. 204) kehittämää arvosanalokittelua, joka on nähtävissä luvun 3.3.1 taulukossa 6. Tämän ansiosta tulosten ymmärtäminen, analysointi ja esittäminen oli paljon helpompaa esittää ymmärrettävässä muodossa.

Tutkimuksen rajauksen varmistamiseksi käydään vielä läpi suunnittelutieteellisen tutkimuksen tarkistuslista, jonka avulla nähdään, että onko kaikki suunnittelutieteellisen tutkimuksen kannalta vaadittavat asiat käyty lävitse tutkimuksessa. Vaikka aiemmin esitellyistä suuntaviivoista (ks. luku 4.4) saadaankin jo jonkinlainen kuva siitä, niin taulukossa 16 käydään vielä läpi suunnittelutieteen tutkimuksen tarkistuslista.

**Taulukko 16.** Suunnittelutieteen tutkimuksen tarkistuslista ja vastaukset (mukaillen, Hevner & Chatterjee, 2010, s. 20).

<b>Kysymys</b>	<b>Vastaus</b>
1. Mikä on tutkimuskysymys (suunnitteluvaatimukset)?	Tässä tutkimuksessa vastattiin seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Minkälaisia kognitiivisen ergonomian asioita tulisi ottaa huomioon käyttäjätavallisen järjestelmän suunnittelussa? Mitä kognitiivisen ergonomian menetelmiä voitaisiin käyttää apuna käyttöliittymän suunnittelussa? (ks. luku 6).
2. Mikä on artefakti? Miten artefakti on esitelty?	Tässä tutkimuksessa IT-artefakti toimi suunnitteluohjeena, jonka kehitys esitellään luvussa 5.4 ja lopullinen versio luvussa 6.
3. Mitä suunnitteluprosesseja (hakuheuristiikkaa) käytetään artefaktin rakentamiseen?	IT-artefaktin rakentamisessa käytettiin kognitiivisen ergonomian ja käytettävyyden suunnitteluperiaatteita ja menetelmiä (ks. luvut 2.3 ja 3.2), yhdessä suunnittelutieteellisen tutkimus syklien ja prosessimallin kanssa (ks. luku 4.4).
4. Kuinka artefakti ja suunnitteluprosessit perustuvat tietopohjaan? Mitkä teoriat tukevat artefaktien suunnittelua ja suunnitteluprosessia, jos sellaisia on?	IT-artefaktin tietopohja perustui lukuihin 2 ja 3.
5. Mitä arviointeja tehdään sisäisten suunnittelusyklien aikana? Mitä suunnitteluparannuksia tunnistetaan jokaisen suunnittelusyklin aikana?	IT-artefaktin demonstroinnin aikana, jokaisen suunnittelusyklin iteraation jälkeen uusille toiminnoille toteutettiin heuristinen arviointi asiantuntijoiden toimesta (ks. luku 5.6.1) ja käyttäjättestaus tuotantolinjan perehdyttäjän toimesta (ks. luku 5.6.2). Näissä molemmissa luvuissa on kuvailtu parannukset, mitä iteraatioiden aikana saatiin parannettua.
6. Kuinka artefakti tuodaan sovellusympäristöön ja miten se testataan kentällä? Mitä mittareita käytetään osoittamaan artefaktin	Toteutettu IT-artefakti demonstroitiin Danfossin kohdelinjoilla käytettävään SAP ME-järjestelmään, jota työntekijät käyttävät kosketusnäytöltä (ks. luku 5). Nykyisen SAP ME-järjestelmän käyttöliittymän käytettävyys arvioitiin käytettä-

hyödyllisyys ja parannus aikaisempiin artefakteihin verrattuna?	vyyskyselyllä (ks. luku 5.2.1) ja sama käytettävyysselvitys tehtiin päivitetyle SAP ME-järjestelmän käyttöliittymälle (ks. luku 5.6.3), joka suunniteltiin tässä tutkimuksessa kehitetyn IT-artefaktin avulla.
7. Mitä uutta tietoa tietopohjaan lisätään ja missä muodossa (esim. vertaisarvioitu kirjallisuus, meta-artefaktit, uusi teoria, uusi menetelmä)?	Heuristisen arvioinnin ja käyttäjätestauksen avulla saatiin arvokasta tietoa lisättyä tietopohjaan, joka auttoi kehittämään IT-artefaktia paremmaksi.
8. Onko tutkimuskysymystä käsitelty riittävästi?	Tutkimuskysymykset esitellään luvussa 1.1 ja niihin esitetään vastaukset luvuissa 6 ja 7.

### 7.3 Jatkotutkimukset

Varmasti jokaisen yrityksen pyrkimys on taata työntekijöillensä työympäristö, jossa työntekijä kokee voivansa hyvin. Lisääntynyt tietotekniikka tuo omanlaisensa rasituksen työntekijöille ja tällöin olisikin erityisen tärkeää panostaa järjestelmien käytettävyyteen ja toimivuuteen. Laitteiden ja järjestelmien käytettävyydellä voi olla suurtakin merkitystä työntekijöiden henkiseen terveydentilaan, joka tulee ilmi Hu ja muut (2018, s. 348) ja Sanil ja muut (2013, s. 52) tutkimuksista.

Huomioimalla käyttöliittymäsuunnittelussa kognitiivisen ergonomian tekijät kuten muun muassa havainnoinnin, oppimisen ja muistin, voidaan näillä vaikuttaa merkittävästi työntekijöiden tuottavuuteen (Vimalanathan & Babun, 2012, s. 4223–4226). Jatkotutkimukselle voisikin olla hyvä aihe, jossa verrattaisiin esimerkiksi tuotantolinjojen tehokkuutta ennen järjestelmän päivityksen ja päivityksen jälkeen. Tästä voitaisiin tulkita, miten paljon kognitiivisen ergonomian avulla voitaisiin vaikuttaa tuotantolinjojen tehokkuuteen. Jatkotutkimuksessa voitaisiin verrata tuotantolinjojen tehokkuutta tai työntekijöiden henkilökohtaista tehokkuutta. Tämä varmasti antaisi hyödyllistä informaatio siitä, mitä järjestelmien hyvällä käytettävyydellä voitaisiin saada aikaiseksi yrityksissä. Jatkotutkimuksessa voitaisiin mm. tutkia asioita, joita kognitiivisella ergonomialla tavoitellaan (ks.

luku 2.2), kuten esim. miten käyttöliittymäsuunnittelussa kognitiiviseen ergonomiaan panostamalla, voidaan saada vähennettyä työntekijöiden tekemiä virheitä järjestelmässä tai miten kognitiivisen ergonomian huomioiminen on vaikuttanut tehtäväaikojen lyhentymiseen.



## Lähteet

- Anderson, J. R. 1. (1995). *Cognitive psychology and its implications* (4th ed.). New York: W.H. Freeman.
- Bangor, A., Kortum, P. & Miller, J.A. (2009). Determining What Individual SUS Scores Mean: Adding an Adjective Rating Scale. *Journal of Usability Studies*, 4(3), s. 114-123.
- Bangor, A., Kortum, P. T. & Miller, J. T. (2008). An Empirical Evaluation of the System Usability Scale. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 24(6), s. 574-594. doi:10.1080/10447310802205776.
- Barnette, J. J. (2000). Effects of Stem and Likert Response Option Reversals on Survey Internal Consistency: If You Feel the Need, There is a Better Alternative to Using those Negatively Worded Stems. *Educational and psychological measurement*, 60(3), s. 361-370. doi:10.1177/00131640021970592
- Bevan, N. (2001). International standards for HCI and usability. *International journal of human-computer studies*, 55(4), s. 533-552. <https://doi.org/10.1006/ijhc.2001.0483>
- Blanc, P., Demongodin, I. & Castagna, P. (2008). A holonic approach for manufacturing execution system design: An industrial application. *Engineering applications of artificial intelligence*, 21(3), 315-330. <https://doi.org/10.1016/j.engappai.2008.01.007>
- Borsci, S., Federici, S. & Lauriola, M. (2009). On the dimensionality of the System Usability Scale: A test of alternative measurement models. *Cognitive Processing*, 10(3), s. 193-197. doi:10.1007/s10339-009-0268-9.
- Brooke, J. (2013). SUS: A retrospective. *Journal of Usability Studies*, 8(2), s. 29–40.
- Bryson, A., Forth, J. & Stokes, L. (2017). Does employees' subjective well-being affect workplace performance? *Human relations* (New York), 70(8), s. 1017-1037. <https://doi.org/10.1177/0018726717693073>
- Campbell, B. A., Tossell, C. C., Byrne, M. D. & Kortum, P. (2011). Voting on a Smartphone:

- Evaluating the Usability of an Optimized Voting System for Handheld Mobile Devices. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 55(1), s. 1100-1104. doi:10.1177/1071181311551230.
- Cañas, J. (2008). Cognitive Ergonomics in Interface Development Evaluation. *Journal Of Universal Computer Science*, 14(16), 2630-2649. <https://doi.org/10.3217/jucs-014-16-2630>
- Cañas, J., Salmerón, L. & Fajardo, I. (2004). Toward the analysis of the interaction in the joint cognitive system. In book: *Future Interaction Design*, s. 85–104. Springer-Verlag. [Lainattu 08.10.2020]. Saatavana: [https://www.researchgate.net/publication/263009950\\_Toward\\_the\\_analysis\\_of\\_the\\_interaction\\_in\\_the\\_joint\\_cognitive\\_system](https://www.researchgate.net/publication/263009950_Toward_the_analysis_of_the_interaction_in_the_joint_cognitive_system).
- Card, S. (1984) Visual search of computer command menus. *Attention and performance X: Control of language processes*, s. 97–108.
- Chimbo, B., Gelderblom, J. H. & Villiers, M. R. d. (2011). Engageability: A new sub-principle of the learnability principle in human-computer interaction. *The Journal for Transdisciplinary Research in Southern Africa*, 7(2), s. e1-e24. doi:10.4102/td.v7i2.248
- Chin, J., Diehl, V. & Norman, K. (1988). Development of an instrument measuring user satisfaction of the human-computer interface. <https://doi.org/10.1145/57167.57203>
- Cowan, N. (2001). The Magical Number 4 in Short-Term Memory: A Reconsideration of Mental Storage Capacity. *Behavioral & Brain Sciences*, 24(1), s. 87–185.
- Couffe, C. & Michael, G. A. (2017). Failures Due to Interruptions or Distractions: A Review and a New Framework. *American Journal of Psychology*, 130(2), s. 163-181. <https://doi.org/10.5406/amerjpsyc.130.2.0163>
- Czerwinski, M., Van Dantzich, M., Robertson, G. & Hoffman, H. (1999). The contribution of thumbnail image, mouse-over text and spatial location memory to web page re-retrieval in 3d. In *Proceedings of Interact*, volume 99, s. 163–170, 1999.
- Danfoss. (2020). Tietoja Danfossista. [Lainattu 05.10.2020]. Saatavana:

<https://www.danfoss.com/fi-fi/about-danfoss/company/>

- de Haan, G. & Dittmar, A. (2016). The Role of Cognitive Ergonomics in Interaction Design, Addressing Advances in HCI.
- Deng, L., Wang, G. & Yu, S. (2016). Layout Design of Human-Machine Interaction Interface of Cabin Based on Cognitive Ergonomics and GA-ACA. *Computational Intelligence and Neuroscience*, 2016(2016), . doi:10.1155/2016/1032139
- Duncan, J & Humphreys, G.W. (1989). A resemblance theory of visual search. *Psychological Review*, 96, s. 433–458.
- Elfering, A., Grebner, S. & Ebener, C. (2015). Workflow interruptions, cognitive failure and near-accidents in health care. *Psychology, health & medicine*, 20(2), s. 139-147. <https://doi.org/10.1080/13548506.2014.913796>
- Eysenck, M. W. & Keane, M. T. (2020). *Cognitive psychology: A student's handbook* (Eighth edition.). Abingdon: Routledge.
- Fagerberg, P., Ståhl, A. & Höök, K. (2004). eMoto: Emotionally engaging interaction. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5), s. 377-381. <https://doi.org/10.1007/s00779-004-0301-z>
- Findlater, L. & McGrenere, J. (2004). A comparison of static, adaptive, and adaptable menus. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, CHI '04*, s. 89–96, New York, NY, USA, 2004. ACM.
- Franssila, H., Okkonen, J. & Savolainen, R. (2014). Tietotyön informaatioergonomian arviointi- ja kehittämismenetelmä. [Lainattu 05.10.2020]. Saatavana: [https://ttk.fi/files/5077/Tietotyön\\_informaatioergonomian\\_arviointi\\_ja\\_kehittämismenetelma2014.pdf](https://ttk.fi/files/5077/Tietotyön_informaatioergonomian_arviointi_ja_kehittämismenetelma2014.pdf)
- Franssila, H., Okkonen, J. & Savolainen, R. (2016). Developing measures for information ergonomics in knowledge work. *Ergonomics*, 59(3), s. 435-448. doi:10.1080/00140139.2015.1073795
- Gould, J. & Lewis, C. (1985). Designing for usability: Key principles and what designers think. *Communications of the ACM*, 28(3), s. 300-311. doi:10.1145/3166.3170
- Gregor, S. & Hevner, A. R. (2013). Positioning and presenting design science research for

- maximum impact.(Essay). MIS Quarterly, 37(2), s. 337.  
doi:10.25300/MISQ/2013/37.2.01
- Gregor, S. (2002). Design Theory in Information Systems. *AJIS. Australasian journal of information systems*, 10(1), . doi:10.3127/ajis.v10i1.439
- Grier, R. A., Bangor, A., Kortum, P. & Peres, S. C. (2013). The System Usability Scale: Beyond Standard Usability Testing. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*, 57(1), s. 187-191. doi:10.1177/1541931213571042
- Gujarati, D & Porter, D. (2009). *Basic Econometrics*. 5th edition. Boston:McGrawHill.
- Gustafson, S., Holz, C. & Baudisch, P. (2011). Imaginary phone: learning imaginary interfaces by transferring spatial memory from a familiar device. In *Proceedings of the 24th annual ACM symposium on User interface software and technology, UIST '11*, s. 283– 292, New York, NY, USA, 2011. ACM
- Harada, E. T., Mori, K. & Taniue, N. (2010). Cognitive aging and the usability of IT - based equipment: Learning is the key. *Japanese Psychological Research*, 52(3), s. 227-243. doi:10.1111/j.1468-5884.2010.00440.x
- Heikkilä, T. (2012). *Tilastollinen tutkimus*. 8. painos. Helsinki: Edita Prima Oy
- Hertzum, M. (2010). Images of Usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 26(6), s. 567-600. doi:10.1080/10447311003781300
- Hevner, A. & Chatterjee, S. (2004). Design Research in Information Systems. *MIS Quarterly* Vol. 28 No. 1, s. 75-105/March 2004
- Hevner, A. & Chatterjee, S. (2010). *Design Research in Information Systems. Theory and Practice*. London: Springer New York Dordrecht Heidelberg.
- Hevner, A., March, S., Park, J. & Ram, S. (2004). Design science in Information Systems research. *Mis Quarterly*, 28(1), s. 75-105
- Hu, Z., Yi, C., Hao, J., Qiao, X. & Guo, X. (2018). Comparative study on the effects of lighting on cognitive ergonomics in single and multi-working modes. *NeuroQuantology*, 16(5), s. 341-349. doi:10.14704/nq.2018.16.5.1290
- Huestegge, L. & Radach, R. (2012). Visual and memory search in complex environments: Determinants of eye movements and search performance. *Ergonomics*, 55(9), s. 1009. doi:10.1080/00140139.2012.689372

- International Ergonomics Association. Human Factors/Ergonomics (HF/E). [Lainattu 17.09.2020]. Saatavana: <https://iea.cc/what-is-ergonomics/>.
- ISO. (2018). Ergonomics of human-system interaction — Part 11: Usability: Definitions and concepts. [Lainattu 06.04.2021]. Saatavana: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:9241:-11:ed-2:v1:en>.
- Jeffries, R., Miller, J., Wharton, C. & Uyeda, K. (1991). User interface evaluation in the real world: A comparison of four techniques.
- Kaber, D., Segall, N., Green, R., Entzian, K. & Junginger, S. (2006). Using multiple cognitive task analysis methods for supervisory control interface design in high-throughput biological screening processes. *Cognition, Technology & Work*, 8(4), s. 237-252. doi:10.1007/s10111-006-0029-9
- Kalakoski, V. (2010). Miten aivomme mukautuvat työelämän haasteisiin? [Lainattu 17.09.2020]. Saatavana: <http://www.kuntoutussaatio.fi/files/337/kalakoski.pdf>.
- Kalakoski, V., Henelius, A., Oikarinen, E., Ukkonen, A. & Puolamäki, K. (2019). Cognitive ergonomics for data analysis. Proceedings of the 31st European Conference on Cognitive Ergonomics. Association for Computing Machinery, New York, NY, USA, s. 38–40.
- Kalakoski, V., Selinheimo, S., Valtonen, T., Turunen, J., Käpykangas, S., Ylisassi, H., . . . Paajanen, T. (2020). Effects of a cognitive ergonomics workplace intervention (CogErg) on cognitive strain and well-being: A cluster-randomized controlled trial. A study proto-col. *BMC Psychology*, 8(1), s. 1-16.
- Kirakowski, J. & Corbett, M. (1993). SUMI: The Software Usability Measurement Inventory. *British Journal of Educational Technology*, 24(3), s. 210-212. doi:10.1111/j.1467-8535.1993.tb00076.x
- Kiss, M. & Eimer, M. (2011). Faster target selection in preview visual search depends on luminance onsets: Behavioral and electrophysiological evidence. *Attention, Perception, & Psychophysics*, 73(6), s. 1637-1642. doi:10.3758/s13414-011-0165-z
- Kortum, P. T. & Bangor, A. (2013). Usability Ratings for Everyday Products Measured With the System Usability Scale. *International journal of human-computer interaction*, 29(2), s. 67-76. <https://doi.org/10.1080/10447318.2012.681221>

- Kuoppala, H., Sinkkonen, I., Vastamäki, R. & Parkkinen, J. (2002). Käytettävyyden psykologia. [Helsinki]: Edita, IT Press.
- Kuusela, V., Hyppönen, A. & Olavi E. Niitamo, A. S. (2000). Tilastografiikan perusteet. Helsinki: Edita.
- Launis, M. & Lehtelä, J. (2011). Ergonomia. Tampere: Tammerprint Oy. [Lainattu 02.09.2020]. Saatavana: [http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136841/978-952-261-059-1\\_Ergonomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://www.julkari.fi/bitstream/handle/10024/136841/978-952-261-059-1_Ergonomia.pdf?sequence=1&isAllowed=y).
- Lavie, N. (2005). Distracted and confused?: Selective attention under load. *Trends in cognitive sciences*, 9(2), s. 75-82. doi:10.1016/j.tics.2004.12.004
- Legge G.E., Pelli D.G., Rubin G.S. & Schleske M.M. (1985). Psychophysics of reading - I. Normal vision. *Vision Research*, 25, s. 239-252.
- Lewis, C., Polson, P., Wharton, C. & Rieman, J. (1990). Testing a walkthrough methodology for theory-based design of walk-up-and-use interfaces.
- Lewis, J. R. (2018). The System Usability Scale: Past, Present, and Future. *International Journal of Human - Computer Interaction*, 34(7), s. 577-590. doi:10.1080/10447318.2018.1455307
- Lewis, J. R. (2018b). Measuring Perceived Usability: The CSUQ, SUS, and UMUX. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 34(12), s. 1148-1156. doi:10.1080/10447318.2017.1418805
- Lindberg, T. & Näsänen, R. (2003). The effect of icon spacing and size on the speed of icon processing in the human visual system. *Displays*, 24(3), s. 111-120. doi:10.1016/S0141-9382(03)00035-0
- Madl, T., Chen, K., Montaldi, D. & Trapp, R. (2015). Computational cognitive models of spatial memory in navigation space: A review. *Neural networks*, 65(3), s. 18-43. doi:10.1016/j.neunet.2015.01.002
- March, S. T. & Smith, G. F. (1995). Design and natural science research on information technology. *Decision Support Systems*, 15(4), s. 251-266. doi:10.1016/0167-9236(94)00041-2
- March, S. T. & Storey, V. C. (2008). Design Science in the Information Systems Discipline:

- An Introduction to the Special Issue on Design Science Research. *MIS Quarterly*, 32(4), s. 725-730. doi:10.2307/25148869
- Marchitto, M. & Cañas, J. J. (2011). User Experience As A Challenge For Cognitive Psychology And Ergonomics. *Human technology*, 7(3), s. 268-280. doi:10.17011/ht/urn.2011112211715
- Martins, A. I., Rosa, A. F., Queirós, A., Silva, A. & Rocha, N. P. (2015). European Portuguese Validation of the System Usability Scale (SUS). *Procedia computer science*, 67(C), s. 293-300. doi:10.1016/j.procs.2015.09.273
- McLellan, S., Muddimer, A. & Peres, C. (2011). The Effect of Experience on System Usability Scale Ratings. *Journal of Usability Studies*. Vol. 7, Issue 2, February 2012, s. 56-67
- Metsämuurojen, J. (2005). Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Jyväskylä: Gummerus Kirjapaino Oy.
- Mohammed, W. M., Ramis Ferrer, B., Iarovyi, S., Negri, E., Fumagalli, L., Lobov, A. & Martinez Lastra, J. L. (2018). Generic platform for manufacturing execution system functions in knowledge-driven manufacturing systems. *International Journal of Computer Integrated Manufacturing*, 31(3), s. 262-274. doi:10.1080/0951192X.2017.1407874
- Molich, R. & Nielsen, J. (1990). Improving a human-computer dialogue. *Communications of the ACM*, 33(3), s. 338-348. <https://doi.org/10.1145/77481.77486>
- Mukaka, M. (2015). Statistics Corner: A guide to appropriate use of Correlation coefficient in medical research. *Malawi Medical Journal*, 24(3).
- Myers, M. D. & Venable, J. R. (2014). A set of ethical principles for design science research in information systems. *Information & management*, 51(6), s. 801-809. doi:10.1016/j.im.2014.01.002
- Nielsen, J. (1992). Finding usability problems through heuristic evaluation, *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing System (CHI 92)*, Monterey, CA, May 3-7, 1992, s. 373-380.
- Nielsen, J. (1994). 10 Usability Heuristics for User Interface Design. [Lainattu 02.12.2020]. Saatavana: <https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>

- Nielsen, J. (1994b). How to Conduct a Heuristic Evaluation. [Lainattu 03.12.2020]. Saatavana: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-conduct-a-heuristic-evaluation/>
- Nielsen, J. (1994c). Severity Ratings for Usability Problems. [Lainattu 18.12.2020]. Saatavana: <https://www.nngroup.com/articles/how-to-rate-the-severity-of-usability-problems/>
- Nielsen, J. (1997). Let's ask the users. *IEEE Software*, 14(3), s. 110-111.  
doi:10.1109/52.589250
- Nielsen, J. (2012). Usability 101: Introduction to Usability. Nielsen Norman Group. [Lainattu 25.09.2020]. Saatavana: <https://www.nngroup.com/articles/usability-101-introduction-to-usability/>.
- Nielsen, J. & Molich, R. (1990). Heuristic evaluation of user interfaces, *Proceedings of the Conference on Human Factors in Computing Systems (CHI 90)*, Seattle, WA, April 1-5, s. 249-256.
- Nielsen, K., Nielsen, M. B., Ogbonnaya, C., Käsälä, M., Saari, E. & Isaksson, K. (2017). Workplace resources to improve both employee well-being and performance: A systematic review and meta-analysis. *Work and stress*, 31(2), s. 101-120.  
<https://doi.org/10.1080/02678373.2017.1304463>
- Nunamaker, J. F., Chen, M. & Purdin, T. D. (1990). Systems Development in Information Systems Research. *Journal of management information systems*, 7(3), s. 89-106.  
doi:10.1080/07421222.1990.11517898
- Näsänen, R. (2007). Visuaalisen käytettävyyden opas. Työterveyslaitos. [Lainattu 14.10.2020]. Saatavana: <http://nasanen.info/Opas2007.pdf>
- Ojel-Jaramillo, J. M. & Cañas, J. J. (2006). Enhancing the Usability of Telecare Devices. *Human technology*, 2(1), s. 103-118. doi:10.17011/ht/urn.2006161
- Pak, R., Rogers, W. A. & Fisk, A. D. (2006). Spatial Ability Subfactors and Their Influences on a Computer-Based Information Search Task. *Human Factors: The Journal of Human Factors and Ergonomics Society*, 48(1), s. 154-165.  
doi:10.1518/001872006776412180
- Peppers, K., Tuunanen, T., Rothenberger, M, A. & Chatterjee, S. (2008). A Design Science



- Research Methodology for Information Systems Research. Journal of Management Information Systems/Winter 2007-8. Vol. 24, No. 3. M. E. Sharpe Inc. s. 45-77.
- Prastawa, H., Ciptomulyono, U., Laksono-Singgih, M. & Hartono, M. (2019). The effect of cognitive and affective aspects on usability. *Theoretical Issues in Ergonomics Science*, 20(4), s. 507-531. doi:10.1080/1463922X.2018.1547458
- Preece, J., Rogers, Y., Sharp, H., Benyon, D., Holland, S. & Carey, T. (1994). *Human-computer interaction*. Wokingham: Addison-Wesley.
- Rakennuslehti. (2014). Tanskalainen Danfoss ostaa Vaconin. [Lainattu 05.10.2020]. Saatavana: <https://www.rakennuslehti.fi/2014/09/tanskalainen-danfoss-ostaa-vaconin/>.
- Rodrigues, M., Castello Branco, I., Shimioishi, J., Rodrigues, E., Monteiro, S. & Quirino, M. (2012). Cognitive-ergonomics and instructional aspects of e-learning courses. *Work* (Reading, Mass.), 41 Suppl 1(1), s. 5684. doi:10.3233/WOR-2012-0919-5684
- Sanil, S., Nair, V. & Ramanathan, H. (2013). Cognitive Ergonomics and Employee Well-being in Financial Companies. *Journal of Strategic Human Resource Management*, 2(3), s. 48-55
- SAP Manufacturing Execution. [Lainattu 17.12.2020]. Saatavana: <https://www.sap.com/products/execution-mes.html?btp=4ad5dee8-c491-4fea-8edf-2edc0b021444>
- SAP ME. (2014). How To Set Up and Use the SAP ME POD. [Lainattu 28.02.2021]. Saatavana: [https://help.sap.com/doc/c0940db75657485392b6c0ad918218c4/15.2/en-US/sap\\_me\\_pod\\_how\\_to\\_guide\\_en.pdf](https://help.sap.com/doc/c0940db75657485392b6c0ad918218c4/15.2/en-US/sap_me_pod_how_to_guide_en.pdf)
- Sauro, J. (2011). *A practical guide to the System Usability Scale (SUS): Background, benchmarks & best practices*. Denver, CO: Measuring Usability LLC.
- Sauro, J. & Lewis, J. R. k. (2012). *Quantifying the user experience: Practical statistics for user research*. Waltham: Morgan Kaufmann.
- Sauro, J. (2010). That's the worst website ever!: Effects of extreme survey items.

- [Lainattu 01.10.2020]. Saatavana: [www.measuringusability.com/blog/extreme-items.php](http://www.measuringusability.com/blog/extreme-items.php).
- Sauro, J. & Lewis, J. (2011). When designing usability questionnaires, does it hurt to be positive?
- Scarr, J., Cockburn, A. & Gutwin, C. (2012). Supporting and exploiting spatial memory in user interfaces. *Foundations and Trends in Human-Computer Interaction*, 6(1), s. 1-84.
- Schwier, R. A. & Misanchuk, E. R. (1995). *The Art and Science of Color in Multimedia Screen Design, Part 1: Art, Opinion, and Tradition*.
- Shackel, B. (2009). Usability – Context, framework, definition, design and evaluation. *Interacting with computers*, 21(5-6), s. 339-346.
- Simon, H. (1996). *The Sciences of Artificial*, 3rd edn., MIT Press, Cambridge, MA.
- Smith, S. L. & Mosier, J. N. (1986). *Guidelines for Designing User Interface Software*.
- Solis Marcos, I. & Kircher, K. (2018). Event-related potentials as indices of mental workload while using an in-vehicle information system. *Cognition, Technology & Work*, 21(1), s. 1-13. doi:10.1007/s10111-018-0485-z
- Stewart, T. J. & Frye, A. W. (2004). Investigating the Use of Negatively Phrased Survey Items in Medical Education Settings: Common Wisdom or Common Mistake? *Academic Medicine*, 79(Supplement), s. S18-S20. doi:10.1097/00001888-200410001-00006
- Su, K., Chen, C. & Shue, L. (2013). Implication of Cognitive Style in Designing Computer - Based Procedure Interface. *Human Factors and Ergonomics in Manufacturing & Service Industries*, 23(3), s. 230-242. doi:10.1002/hfm.20315
- TEPA-termipankki (2008). [Lainattu 7.1.2021]. Saatavana: <https://termipankki.fi/tepa/fi/>
- Tufte, E. (2001). *The Visual Display of Quantative Information*. 2. painos. Graphic Press. Cheshire.
- Tullis, T. (2013). *Measuring the user experience collecting, analyzing, and presenting usability metrics*, second edition.
- Tullis, T.S., & Stetson, J.N. (2004). *A Comparison of Questionnaires for Assessing Website Usability*.

- Walker, B. N. (2002). Designing Better Traveler Information Systems: Cognitive and Task-Related Factors. *Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting Proceedings*, 46(22), s. 1858-1862.
- van der Veer, G. (2008). Cognitive Ergonomics in Interface Design - Discussion of a Moving Science. *Journal of universal computer science*, 14(16), s. 2614-2629. doi:10.3217/jucs-014-16-2614
- Van Laar, D. (2001). Psychological and cartographic principles for the production of visual layering effects in computer displays. *Displays*, 22(4), s. 125-135. doi:10.1016/S0141-9382(01)00059-2
- Wechsung, I. & Naumann, A. (2008). Evaluation methods for multimodal systems: A comparison of standardized usability questionnaires. *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 5078, s. 276-284. doi:10.1007/978-3-540-69369-7\_32
- Vimalanathan, K. & Ramesh Babu, T. (2012). The combined effect of environmental and cognitive ergonomics factors on the office workers's productivity in India. *Journal of Applied Sciences Research*, 8(8), s. 4222-4226.
- Wu, L., Zhu, Z., Cao, H. & Li, B. (2016). Influence of information overload on operator's user experience of human-machine interface in LED manufacturing systems. *Cognition, Technology & Work*, 18(1), s. 161-173. doi:10.1007/s10111-015-0352-0

## Liitteet

### Liite 1. Käytettävyysselvitys



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA



Tällä kyselyllä selvitetään Danfossin tuotannossa käytettävän SAP ME-järjestelmän käytettävyyttä.

Ikä: \_\_\_\_\_

Kuinka pitkään työskennellyt Danfossilla: \_\_\_\_\_

	Täysin eri mieltä				Täysin samaa mieltä
1. Luulen, että voisin käyttää SAP ME:tä säännöllisesti	1	2	3	4	5
2. Mielestäni SAP ME on liian monimutkainen	1	2	3	4	5
3. Mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää	1	2	3	4	5
4. Mielestäni SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta	1	2	3	4	5
5. Mielestäni SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen	1	2	3	4	5
6. Mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epäjohdonmukaisuuksia	1	2	3	4	5
7. Uskon, että suurin osa oppii käyttämään SAP ME:tä hyvin nopeasti	1	2	3	4	5
8. Mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä	1	2	3	4	5

9. Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi SAP ME:tä käyttäessäni

1	2	3	4	5

10. Minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan

1	2	3	4	5

*Kysely jatkuu toisella puolella* →

- |  |                      |  |                        |  |
|--|----------------------|--|------------------------|--|
|  | Täysin<br>eri mieltä |  | Täysin<br>samaa mieltä |  |
|--|----------------------|--|------------------------|--|
11. Koen, että SAP ME:n käyttäminen ei kuormita minua liikaa
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
12. Koen, että painikkeet ovat sopivan kokoiset SAP ME:ssä
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
13. Mielestäni teksti on SAP ME:ssä sopivan kokoista
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
14. Mielestäni painikkeet SAP ME:ssä ovat helposti löydettävissä
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
15. Koen, että SAP ME:n näkyvässä ei ole liikaa epäoleellista tietoa näkyvillä
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
16. Mielestäni väärän valinnan jälkeen, SAP ME:ssä on helppoa palata takaisin alkuun
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |
17. Mielestäni SAP ME:ssä tulee vähän virheviestejä
- |   |   |   |   |   |
|---|---|---|---|---|
|   |   |   |   |   |
| 1 | 2 | 3 | 4 | 5 |

18. Listaatko vielä alla olevaan taulukkoon 3-5 hyvää ja huonoa asiaa SAP ME-järjestelmästä

Hyvää	Huonoa

Kiitos vastaamisesta!

## Liite 2. SUS-kyselyn tulokset (nykyinen käyttöliittymä)

Vastaaja	Vaihtoehto	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
1.	Luulen, että voisin käyttää SAP ME:tä säännöllisesti	5	3	4	4	1	4	5	3	4	3	4	5	4	3	5	4
2.	Mielestäni SAP ME on liian monimutkainen	4	3	3	3	2	2	3	2	3	3	2	3	1	4	3	1
3	Mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää	3	3	4	3	4	3	3	4	2	3	4	3	4	3	3	5
4	Mielestäni SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta	2	5	3	4	3	4	3	4	5	3	4	4	2	4	5	1
5	Mielestäni SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen	4	4	2	3	2	3	3	3	2	3	3	1	3	2	3	3
6	Mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epäjohdonmukaisuuksia	3	3	3	3	3	3	3	2	3	3	3	3	2	4	3	3
7	Uskon, että suurin osa oppii käyttämään SAP ME:tä hyvin nopeasti	4	3	3	3	2	4	4	3	3	3	4	4	4	3	3	4
8	Mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä	5	4	4	3	2	3	3	3	4	4	3	3	2	5	5	2
9	Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi SAP ME:tä käyttäessäni	4	2	3	3	2	2	3	4	2	3	3	3	4	3	4	4
10	Minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan	2	3	4	3	3	3	3	2	5	3	2	3	1	4	1	1

### Liite 3. SUS-kyselyn pisteytys (nykyinen käyttöliittymä)

Vastaaja	Vaihtoehto	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16
1.	Luulen, että voisin käyttää SAP ME:tä säännöllisesti	4	2	3	3	0	3	4	2	3	2	3	4	3	2	4	3
2.	Mielestäni SAP ME on liian monimutkainen	1	2	2	2	3	3	2	3	2	2	3	2	4	1	2	4
3	Mielestäni SAP ME:tä on helppo käyttää	2	2	3	2	3	2	2	3	1	2	3	2	3	2	2	4
4	Mielestäni SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta	3	0	2	1	2	1	2	1	0	2	1	1	3	1	0	4
5	Mielestäni SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen	3	3	1	2	1	2	2	2	1	2	2	0	2	1	2	2
6	Mielestäni SAP ME:ssä on liikaa epäjohdonmukaisuuksia	2	2	2	2	2	2	2	3	2	2	2	2	3	1	2	2
7	Uskon, että suurin osa oppii käyttämään SAP ME:tä hyvin nopeasti	3	2	2	2	1	3	3	2	2	2	3	3	3	2	2	3
8	Mielestäni SAP ME:n käyttö on kömpelöä	0	1	1	2	3	2	2	2	1	1	2	2	3	0	0	3
9	Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi SAP ME:tä käyttäessäni	3	1	2	2	1	1	2	3	1	2	2	2	3	2	3	3
10	Minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan	3	2	1	2	2	2	2	3	0	2	3	2	4	1	4	4
	<b>Yhteensä</b>	<b>24</b>	<b>17</b>	<b>19</b>	<b>20</b>	<b>18</b>	<b>21</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>13</b>	<b>19</b>	<b>24</b>	<b>20</b>	<b>31</b>	<b>13</b>	<b>21</b>	<b>32</b>
	<b>SUS-arvo</b>	<b>60</b>	<b>42,5</b>	<b>47,5</b>	<b>50</b>	<b>45</b>	<b>52,5</b>	<b>57,5</b>	<b>60</b>	<b>32,5</b>	<b>47,5</b>	<b>60</b>	<b>50</b>	<b>77,5</b>	<b>32,5</b>	<b>52,5</b>	<b>80</b>



## Liite 4. Heuristisen arvioinnin lomake



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA



### SAP ME-järjestelmän heuristinen arviointi

Heuristisessa arvioinnissa pyritään löytämään mahdolliset käytettävyysongelmat ja tämän jälkeen korjaamaan ne. Heuristiseen arviointiin kannattaa varata jonkin verran aikaa, koska yhden käyttöliittymän heuristinen arviointi kaikkine toimintoineen kestää yleensä yksi tai kaksi tuntia. Arvioinnin aikana arvioijan olisi hyvä käydä käyttöliittymä läpi vähintään kaksi kertaa ja arvioijien täytyisi olla toisistaan riippumattomia. Heuristisen arvioinnin jälkeen kaikkien arvioijien löydetyt käytettävyysongelmat kootaan yhteen, jonka jälkeen niille tehdään vakavuusluokittelu.

Käy SAP ME-järjestelmän käyttöliittymä läpi seuraavalla kymmenen heuristisen arvioinnin periaatteella ja kirjaa löydetyt käytettävyysongelmat listan perään perustelujen kanssa. Perustelut eivät voi pelkästään olla omia mielipiteitä vaan perustelut täytyy viitata heuristiikkaan tai muihin käytettävyystudkimuksien tuloksiin.

Toiminnot, jotka toteutetaan:

- laitteen valitseminen
- valmistuksen aloittaminen (Start)
- työhohjeiden avaaminen (Work Instruction)
- kaikkien komponenttien jäljitys (Assemble)
- sign off -toiminto (Sign Off)
- reprint -toiminto (Reprint)
- laitteen merkitseminen valmiiksi (Complete)

Periaate	Kuvaus
Esteettinen ja minimalistinen suunnittelu	Käyttöliittymissä ei saisi olla näkyvillä merkityksetöntä tai harvoin käytettävää tietoa. Merkityksetön tieto kilpailee tärkeän informaation kanssa ja täten heikentää tärkeän tiedon näkyvyyttä.
Vastaavuus järjestelmän ja tosi- maailman välillä	Käyttöliittymässä käytettävät sanat tulisi olla käyttäjille tuttuja, eikä ammattikielen sanastoa.
Tunnistaminen mieluummin kuin muistaminen	Ihmisen lyhytaikaisella muistilla on omat rajallisuudet, joten on tärkeää minimoida käyttäjän muistikuormaa toteuttamalla kaikki vaihtoehdot, elementit ja toiminnot näkyviksi ja helposti tunnistettaviksi. Käyttäjän ei myöskään tarvitsisi muistaa asioita vaiheesta toiseen, ja käyttöliittymän ohjeiden olisi hyvä olla helposti saatavilla.
Yhdenmukaisuus ja standardit	Käyttöliittymässä olevien erilaisten toimintojen ei pitäisi toimia samalla tavalla. Käyttäjän joutuessa miettimään sitä, että tarkoittavatko jotkut toiminnot tai sanat samaa, niin tämä voi lisätä merkittävästi käyttäjän kognitiivista kuormitusta.
Järjestelmän tilan selkeys	Käyttäjän tulisi aina tietää mitä tapahtuu tai mikä on käyttöliittymän nykyinen tila sitä käyttäessä. Tehdyn toiminnon jälkeen käyttäjälle tulisi antaa asianmukainen palaute kohtuullisen ajan kuluessa siitä, kun käyttäjä on toiminnon suorittanut.
Käyttäjän hallinta ja vapaus	Käyttäjät valitsevat käyttöliittymissä toiminnot usein vahingossa ja täten heillä täytyisi olla helppo ”poistumistie” kesken ei halutun prosessin ilman, että käyttäjä joutuisi käymään koko ei halutun prosessin kokonaan läpi. Ihminen kokee lisääntyvää vapauden ja luottamuksen tunnetta, kun hän pystyy peruuttamaan ei halutut toiminnot, eikä täten jää käyttöliittymään jumiin ja koe turhautumista.

Joustavuus ja käytön tehokkuus	Aloittelevilta käyttäjiltä piilotetut pikanäppäimet voivat palvella hyvin kokeneempia käyttäjiä ja sekoittaa vähemmän aloittelevia käyttäjiä. Täten käyttöliittymä palvelisi hyvin molempia käyttäjäryhmiä.
Auta käyttäjiä tunnistamaan, diagnosoimaan ja palautumaan virhetilanteista	Virheilmoitusten tulisi olla selkeitä, eikä niiden pitäisi sisältää virhekoodeja. Virheilmoituksissa tulisi olla ongelman syy ja rakentava palaute siitä, miten ratkaista ongelma. Virheilmoitusten olisi hyvä olla visuaalisia, jotta käyttäjän olisi helppo havaita ja tunnistaa ne.
Virheiden ennaltaehkäisy	Hyviä virheilmoituksia tarvitaan, mutta vielä tärkeämpää olisi saada tehtyä ohjelma, jossa ei esiintyisi paljoa virheitä.
Ohjeet ja dokumentaatio	Kaikista paras vaihtoehto olisi, jos käyttöliittymän käyttöön ei tarvitsi lainkaan lisäselvityksiä tai ohjeistuksia, mutta joissakin tilanteissa nämä ovat tarpeellisia. On tärkeää pitää ohje ytimekkäänä, jossa on listattu vain ohjelman kannalta konkreettisemmat vaiheet. Ohjeesta pitäisi olla myös helppo etsiä tietoa.

**Löydetyt käytettävyysoongelmat:**

## Liite 5. Käytettävyyssongelmien vakavuusluokittelulomake



Vaasan yliopisto  
UNIVERSITY OF VAASA



### SAP ME-järjestelmästä löydettyjen käytettävyyssongelmien vakavuusluokittelu

Vakavuusluokitusten avulla käytettävyyssongelmat pystytään priorisoida, jotta tiedetään mihin käytettävyyssongelmaan kannattaa jakaa eniten resursseja. Vakavuusluokitukset auttavat myös näkemään, että mitkä käytettävyyssongelmat ovat vakavimmasta päästä ja mitkä niitä, joiden takia ohjelma voidaan julkaista, vaikka kyseisiä käytettävyyssongelmia ei korjattaisi, koska ne ovat vakavuudeltaan heikoimmasta päästä.

Luokittele listassa olevat käytettävyyssongelmat seuraavilla vakavuusluokilla:

**0** = En koe, että tämä olisi käytettävyyssongelma

**1** = Kosmeettinen ongelma: jos ei ole ylimääräistä aikaa, niin ei ole tarvetta korjata

**2** = Pieni käytettävyyssongelma: alhaisen korjaamisen prioriteetti

**3** = Suuri käytettävyyssongelma: tämä olisi tärkeä korjata, asetettava etusijalle

**4** = Katastrofaalinen ongelma: tämä olisi välittömästi korjattava, tuotetta ei saa julkaista ennen kuin tämä on korjattu

**Löydetyt käytettävyyssongelmat:**

**Vakavuusluokka:**

## Liite 6. SUS-kyselyn tulokset (päivitetty käyttöliittymä)

Numero	Vaihtoehto	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18
1.	Luulen, että voisin käyttää uutta SAP ME:tä säännöllisesti	5	5	4	4	5	4	5	4	5	4	5	5	4	5	5	4	4	5
2.	Mielestäni uusi SAP ME on liian monimutkainen	2	1	2	3	1	1	2	2	1	2	1	2	2	1	2	2	2	1
3	Mielestäni uutta SAP ME:tä on helppo käyttää	4	5	5	3	5	5	4	4	5	4	4	4	4	2	4	4	5	4
4	Mielestäni uuden SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta	2	1	2	3	1	1	2	3	2	2	3	2	2	4	4	2	3	1
5	Mielestäni uuden SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen	3	5	3	3	3	3	3	4	4	4	4	3	4	2	3	4	4	3
6	Mielestäni uudessa SAP ME:ssä on liikaa epäjohdonmukaisuuksia	2	1	3	3	3	2	3	1	4	2	2	2	3	2	3	3	3	4
7	Uskon, että suurin osa oppii käyttämään uutta SAP ME:tä hyvin nopeasti	5	4	5	4	4	5	4	4	5	4	5	5	4	2	4	5	4	5
8	Mielestäni uuden SAP ME:n käyttö on kömpelöä	1	1	2	2	1	3	3	1	1	2	2	3	2	2	3	2	2	4
9	Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi uutta SAP ME:tä käyttäessäni	4	5	4	3	5	2	4	5	5	4	5	4	3	3	3	4	4	3
10	Minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin uuden SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan	1	1	2	2	1	1	2	1	1	2	1	3	2	2	3	2	1	2

## Liite 7. SUS-kyselyn pisteytys (päivitetty käyttöliittymä)

Numero	Vaihtoehto	V1	V2	V3	V4	V5	V6	V7	V8	V9	V10	V11	V12	V13	V14	V15	V16	V17	V18
1.	Luulen, että voisin käyttää uutta SAP ME:tä säännöllisesti	4	4	3	3	4	3	4	3	4	3	4	4	3	4	4	3	3	4
2.	Mielestäni uusi SAP ME on liian monimutkainen	3	4	3	2	4	4	3	3	4	3	4	3	3	4	3	3	3	4
3	Mielestäni uutta SAP ME:tä on helppo käyttää	3	4	4	2	4	4	3	3	4	3	3	3	3	1	3	3	4	3
4	Mielestäni uuden SAP ME:n käyttäminen vaatii kokeneemman käyttäjän opastusta	3	4	3	2	4	4	3	2	3	3	2	3	3	1	1	3	2	4
5	Mielestäni uuden SAP ME:n eri toiminnot on liitetty hyvin yhteen	2	4	2	2	2	2	2	3	3	3	3	2	3	1	2	3	3	2
6	Mielestäni uudessa SAP ME:ssä on liikaa epäjohdonmukaisuuksia	3	4	2	2	2	3	2	4	1	3	3	3	2	3	2	2	2	1
7	Uskon, että suurin osa oppii käyttämään uutta SAP ME:tä hyvin nopeasti	4	3	4	3	3	4	3	3	4	3	4	4	3	1	3	4	3	4
8	Mielestäni uuden SAP ME:n käyttö on kömpelöä	4	4	3	3	4	2	2	4	4	3	3	2	3	3	2	3	3	1
9	Tunsin oloni hyvin luottavaiseksi uutta SAP ME:tä käyttäessäni	3	4	3	2	4	1	3	4	4	3	4	3	2	2	2	3	3	2
10	Minun piti opetella paljon asioita, ennen kuin uuden SAP ME:n käyttö alkoi sujumaan	4	4	3	3	4	4	3	4	4	3	4	2	3	3	2	3	4	3
	<b>Yhteensä</b>	<b>33</b>	<b>39</b>	<b>30</b>	<b>24</b>	<b>35</b>	<b>31</b>	<b>28</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>29</b>	<b>28</b>	<b>23</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>30</b>	<b>28</b>
	<b>SUS-tulos</b>	<b>82,5</b>	<b>97,5</b>	<b>75</b>	<b>60</b>	<b>87,5</b>	<b>77,5</b>	<b>70</b>	<b>82,5</b>	<b>87,5</b>	<b>75</b>	<b>85</b>	<b>72,5</b>	<b>70</b>	<b>57,5</b>	<b>60</b>	<b>75</b>	<b>75</b>	<b>70</b>