

Minna Nevala

**ELEKTRONISTEN OPPIMISSOVELLUSTEN KÄYTET-  
TÄVYYS - TEKNINEN NÄKÖKULMA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO  
TIETOJENKÄSITTELYTIETEIDEN LAITOS  
2014

## TIIVISTELMÄ

Nevala, Minna

Elektronisten oppimissovellusten käytettävyys – tekninen näkökulma

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2014, 47 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja: Makkonen, Pekka

Elektroniset oppimissovellukset ovat yleistyneet viimeisten kymmenen vuoden aikana marginaalista kaikkeen oppimiseen liittyvään. Niitä on suunniteltu eri ikäryhmille sekä koulutuksessa että työelämässä. Elektroninen oppiminen luo oppimiseen monia uusia mahdollisuuksia, kuten riippumattomuuden ajasta ja paikasta. Toisaalta elektronisen oppimisen yleistymisen havaittiin tuoneen mukanaan myös uusia haasteita, joista merkittävin oli elektroniseen oppimiseen osallistujien korkea keskeyttämisprosentti. Elektroninen oppiminen ei motivoi oppijoita samaan tapaan kuin perinteiset oppimisen muodot. Elektronista oppimissovellusta käyttävän oppijan tyytyväisyyteen vaikuttivat olennaisesti sekä sovelluksen käytön helppous että miellyttävyys eli toisin sanoen sovelluksen käytettävyys. Tässä tutkielmassa selvitettiin kirjallisuuteen tutustuen, miten elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä arvioitiin. Yleisellä tasolla selvitettiin myös minkälaiset tekniset ratkaisut tukevat e-oppimissovellusten käytettävyyttä. Pääsääntöisesti käytettävyyden arviointimenetelmät jaettiin käyttäjätesteihin ja asiantuntija-arviointeihin, mutta näitä menetelmiä myös yhdistettiin tarkastelluissa tutkimuksissa. Yleisin menetelmä, jolla elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä arvioitiin, oli heuristinen arviointi. Tässä tutkielmassa tarkasteltiin myös muita monivaiheisempia menetelmiä. Havaittiin, että tavanomaiset käytettävyyden arviointimenetelmät eivät ole riittäviä arvioimaan oppimissovellusten käytettävyyttä, koska ne eivät huomioi elektronisiin oppimissovelluksiin oleellisesti liittyvää pedagogista näkökulmaa. Tulosten perusteella elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä arvioitiin helpoiten ja nopeimmin sopivalla heuristisella arviointimenetelmällä. Tarkastellun kirjallisuuden perusteella elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä tukevat tärkeimmät tekniset ratkaisut liittyivät yleisellä tasolla sovellusten esteettisyyteen, minimalistiseen suunnitteluun, visuaalisuuteen ja niiden tarjoamaan vuorovaikutukseen.

Asiasanat: elektroninen oppiminen, käytettävyys, käytettävyyden arviointi

## **ABSTRACT**

Nevala, Minna

Usability of electronic learning applications - technical perspective

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2014, 47 p.

Information Systems, Bachelor's Thesis

Supervisor: Makkonen, Pekka

Electronic learning applications have become more and more common during the last ten years. The applications have been designed to every age groups both at schools and work life. Electronic learning creates many new opportunities to learning such as learning will be free from time and place. On the other hand electronic learning brings new challenges. One of the main challenges is high percentages of dropouts during the electronic learning. Electronic learning does not motivate learners in the same way than traditional learning. One of the main reasons for learner's satisfaction with the use of the application during the electronic learning is an easiness of use in the other words usability of the application. This bachelor's thesis is a literature survey, which examines ways how usability of the electronic learning applications is evaluated. Technical aspects, which support usability of the electronic learning applications, were inspected at the universal level. Principally usability evaluation methods are divided into empirical user testing and usability inspections, but these methods were also combined in some studies, which were examined in this bachelor's thesis. The most common method, which was used at usability evaluation of the electronic learning applications, was heuristic evaluation. More complex methods were also introduced in this bachelor's thesis. It was observed that traditional methods of the usability evaluation were not sufficient to evaluate the learning applications, because these methods do not pay enough attention to essential pedagogical aspects of the learning applications. According to the results of this bachelor's thesis a suitable heuristic evaluation method was the easiest and fastest method to evaluate usability of the electronic learning applications. The literature survey revealed also that the most important technical aspects of electronic learning applications are in general related to aesthetics, minimalist design, visuality, and interaction of the application.

Keywords: electronic learning, usability, usability evaluation

## KUVIOT

KUVIO 1 Oppimisen LEPO-viitekehys .....	13
KUVIO 2 Oppimistyylien väliset suhteet.....	14
KUVIO 3 Järjestelmän hyväksyttävyyden jako attribuutteihin.....	19

## TAULUKOT

TAULUKKO 1 Yhteenveto e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointimentelmistä. ....	36
--	----

# SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ .....	2
ABSTRACT .....	3
KUVIOT .....	4
TAULUKOT .....	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 OPPIMINEN JA ELEKTRONINEN OPPIMINEN.....	10
2.1 Oppiminen.....	10
2.1.1 Yleisimmät oppimiskäsitykset .....	10
2.1.2 Oppimistavat .....	11
2.1.3 Motivaatio ja oppiminen .....	12
2.1.4 Oppimisen LEPO-viitekehys .....	13
2.2 Elektroninen oppiminen.....	14
2.2.1 Elektronisen oppimisen etuja .....	15
2.2.2 Elektronisen oppimisen haasteita .....	15
3 KÄYTETTÄVYYS JA KÄYTETTÄVYYDEN ARVIOINTI.....	17
3.1 Taustatietoa käytettävyydestä .....	17
3.2 Käytettävyys Jakob Nielsenin mukaan .....	18
3.3 Käytettävyys ISO-9241-11-standardin mukaan.....	20
3.4 Käytettävyyden arviointi.....	21
3.4.1 Heuristinen arviointi.....	21
3.4.2 Kognitiivinen läpikäynti .....	22
3.4.3 Ääneen ajattelu .....	23
3.4.4 Kyselytutkimukset .....	23
3.4.5 Skenaariot.....	24
4 ELEKTRONISTEN OPPIMISSOVELLUSTEN KÄYTETTÄVYYDEN ARVIOINTI.....	25
4.1 Taustaa e-oppimissovellusten käytettävyydestutkimuksesta.....	25
4.2 Nielsenin heuristiikkojen soveltaminen ja kyselytutkimukset.....	26
4.3 Useita arviointimenetelmiä yhdistävät menetelmät.....	31
4.4 Johtopäätöksiä e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointimenetelmistä .....	34

5	YHTEENVETO .....	38
	LÄHTEET .....	43

# 1 JOHDANTO

Oppimisen tukeminen erilaisilla teknologioilla on yleistynyt voimakkaasti viimeisten kymmenen vuoden aikana ja sen merkitys koulutuksessa on jatkanut kasvuaan (Juutinen, 2011). Teknologian avustama oppiminen ei ole enää vain pienten akateemisten oppimiskokeilujen kohteena, vaan siitä on tullut maailmanluokan liiketoimintaa, jolla opetetaan kaiken ikäisiä ja erilaisissa elämäntilanteissa olevia oppijoita (Phillips, McNaught & Kennedy, 2012). Esimerkiksi Suomen hallitus on 25.3.2014 julkaisemassaan rakennepoliittisessa ohjelmassaan linjannut päätöksen, jonka mukaan oppimateriaalien keskitettyä hankintaa yleissivistävässä koulutuksessa tulisi siirtää kohti digitaalisia oppimateriaaleja. Perusopetuksen tasolla tästä arvellaan koituvan noin 4,5–9 miljoonan euron säästöt oppimateriaalien kustannuksissa (Suomen hallitus, 2014). Viime vuosina erityisesti USA:ssa yleistyneet moocit (engl. massive open online course) kilpailevat institutionaalisen koulutuksen kanssa akateemisellakin tasolla (Koivisto, 2014).

Yleisessä merkityksessä elektronisella oppimisella eli e-oppimisella voidaan tarkoittaa mitä tahansa oppimistapahtumaa, johon liittyy jollakin tapaa jokin elektroninen väline tai laite, joka tukee oppimista. (Clark & Mayer, 2011; Donnelly, Kirk & Benson, 2012; Mason & Rennie, 2006). Elektroninen oppiminen tulisikin ensisijaisesti nähdä työkaluna, jolla edistetään ja parannetaan oppimiskokemusta (Donnelly ym., 2012). Elektroniselle oppimiselle ei kuitenkaan ole olemassa vakiintuneessa käytössä olevaa määritelmää ja siitä esiintyy lukuisia joukko suppeampiakin kuvauksia, joten termin merkitys kirjallisuudessa on tarkistettava aina asiayhteyden mukaan.

Elektroninen oppiminen luo oppimiseen monia uusia mahdollisuuksia, joita aikaisemmin ei ollut saatavilla. Oppiminen voi esimerkiksi tapahtua ajasta ja paikasta riippumatta (Rennie & Morrison, 2013). Toisaalta kustantajat voivat tuoda sähköisiin oppimateriaaleihin ominaisuuksia, joita painetuissa oppikirjoissa ei pystytä toteuttamaan. Esimerkki tällaisesta uudesta teknologiasta on tekoälyä hyödyntävä digitaalinen oppikirja (Forsell & Fordell, 2014).

Elektronisen oppimisen yleistymisen on tuonut mukanaan monia uusia haasteita, joita perinteisessä oppimisessa ja opettamisessa ei jouduta kohta-

maan. Vastineena hallituksen päätökseen oppimateriaalien hankinnan suhteen Opetusalan ammattijärjestö (OAJ) on erityisen pettynyt siihen, että säästöjä haetaan oppimateriaalihankintoja keskittämällä (Nissilä, 2014). OAJ:n mielestä halvimpia materiaaleja hankittaessa ei välttämättä huomioida tarpeeksi niiden laatua ja opettajien ammattitaito sivuutetaan. OAJ on myös huolissaan opettajien pedagogisesta vapaudesta valita itse oppimateriaalinsa. (Nissilä, 2014.) Haastetta e-oppimiseen tuovat myös e-kurssien korkeat keskeyttämisprosentit (Levy, 2004).

Oppijoiden motivoinnin lisäksi e-oppimissovelluksen käyttäjien negatiivisia tai positiivisia kokemuksia ei voi sivuuttaa (Juutinen, 2011). Tämän vuoksi, kuten Sun, Tsai, Finger, Chen ja Yeh (2008) havaitsivat, elektronisten oppimissovellusten käytön helppous on eräs tärkeä asia, joka motivoi oppijoita jatkaamaan e-oppimista.

Elektronisen oppimissovelluksen käytön helppous, miellyttävyys ja käyttäjän tyytyväisyys käyttökokemuksen yhteydessä tarkoittaa toisin sanoen sovelluksen käytettävyyttä (Nielsen, 1993). Käytettävyyden kaksi tunnetuinta määritelmää ovat antaneet Jakob Nielsen (1993) ja kansainvälinen standardisoimisjärjestö ISO (International Organization for Standardization). Käytettävyyteen liitettyjä attribuutteja tai laatuominaisuuksia ovat opittavuus, tehokkuus, muistettavuus, virheettömyys, tyytyväisyys ja tarkkuus (Nielsen, 1993; VTT, 2014). Käytettävyyttä on mahdollista arvioida monilla erilaisilla menetelmillä, jotka voidaan luokitella muun muassa kokeellisiin käyttäjätesteihin ja asiantuntija-arviointeihin (Riihiaho, 2000). Koska Sun ym. (2008) havaitsivat elektronisten oppimissovellusten käytettävyyden olevan keskeisessä asemassa keskeyttääkö oppija e-oppimisensa vai ei, niin olisikin tärkeää pohtia e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointia.

Tutkimusongelmaa tarkastellaan yleisellä tasolla e-oppimissovellusten teknisen näkökulman kautta. Tekninen näkökulma on laaja aihealue, joka voi käsittää esimerkiksi näkökulmia sovelluksen ohjelmointiin ja laitteiston suunnitteluun. Tässä tutkielmassa teknisellä näkökulmalla tarkoitetaan käytettävyyteen liittyviä asioita. Tämän tutkielman ensimmäinen tutkimuskysymys on: Miten e-oppimissovellusten käytettävyyttä arvioidaan? Toisena tutkimuskysymyksenä pohditaan yleisellä tasolla seuraavaa: Minkälaiset tekniset ratkaisut tukevat e-oppimissovellusten käytettävyyttä? Tässä tutkielmassa ei oteta laajemmin kantaa siihen, minkälaiset pedagogiset ratkaisut tukevat elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä, eikä myöskään miten käytettävyyys vaikuttaa oppimistulokseen, sillä pedagogisella suunnittelulla on tässä yhteydessä vahva osansa. Painopisteenä tässä tutkimuksessa ei siten ole tutkia elektronisten oppimissovellusten pedagogista soveltuvuutta erilaisiin oppimistilanteisiin. Tutkielmassa ei esimerkiksi vertailla laajemmin sitä, mitä eroa on oppijan oppimiskokemuksen kannalta ns. perinteisten oppimistilanteiden ja elektronisten oppimissovellusten oppimiskokemuksissa. Pedagogisten näkökulmien laajamittainen huomioiminen vaatisikin ihan oman tutkimuksensa, minkä vuoksi sitä ei ole mielekää ottaa mukaan tähän tutkimukseen. Elektronisten oppimissovellusten pedagogista käytettävyyttä on tutkinut mm. Nokelainen (2006).



Toisaalta pedagogista näkökulmaa ei voida kokonaan jättää huomioimatta, sillä tavanomaiset käytettävyyden arviointimenetelmät eivät ole sellaisenaan riittäviä arvioimaan elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä (Reeves ym., 2002; Zaharias, 2006). Tätä tutkimusta on rajattu myös siten, että tässä ei tarkastella mobiilioppimista eli m-oppimista elektronisesta oppimisesta erillisenä osana, eikä tässä tutkielmassa myöskään tutustuta tarkemmin ennen vuotta 2000 tehtyihin e-oppimissovellusten käytettävyyden tutkimuksiin, sillä teknologian kehitys on ollut nopeaa. Mobiilioppimista on tarkastellut kokoomateoksessaan mm. Rikala (2013). Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä ovat 1990-luvun puolella tutkineet mm. Squires ja Preece (1999) sekä Albion (1999). Tämä tutkielma on tehty kirjallisuuskatsauksena ja aineistoa on kerätty mm. ScienceDirect-, Google Scholar- ja Nelli-tietokannoista.

Yleisesti elektronisten oppimissovellusten käytettävyyden arviointiin on käytetty kokeellisia käyttäjätestejä, asiantuntija-arviointeja sekä näitä menetelmiä yhdistäviä arviointimenetelmiä. Kaikkia e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointiin sovellettuja menetelmiä on muokattu jollakin tavalla sopiviksi e-oppimissovellusten käytettävyyden testaamiseen. Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä tukevinä tärkeinä teknisinä ratkaisuinä voidaan pitää niiden esteettisyyttä, minimalistista suunnittelua, visuaalisuutta ja monipuoliseen vuorovaikutukseen liittyviä ratkaisuja. Lisäksi virhetilanteiden estäminen, käytön tehokkuus ja joustavuus sekä henkilökohtaista oppimista tukevat ratkaisut ovat tärkeitä teknisiä piirteitä. Teknisten ratkaisujen yksityiskohtaisemmat piirteet riippuvat täysin suunniteltavasta tai testattavana olevasta sovelluksesta.

Tutkielma sisältää viisi lukua, joista ensimmäinen on johdanto. Luvussa kaksi käsitellään oppimista ja elektronista oppimista. Tämä luku aloitetaan tarkastelemalla oppimista, erilaisia oppimiskäsityksiä, oppimistapoja, oppimisen ja motivaation suhdetta sekä oppimisen viitekehystä. Lopuksi luvussa käsitellään elektronista oppimista, sen etuja ja haasteita. Luvussa kolme kartoitetaan käytettävyyden taustaa ja määritellään käytettävyys Jakob Nielsenin ja ISO-standardin mukaan. Käytettävyyden arviointimenetelmistä tarkastellaan yksityiskohtaisemmin muutamia yleisimpiä menetelmiä, joita on käytetty myös elektronisten oppimissovellusten käytettävyyden arvioinnissa. Luvussa neljä käydään läpi tutkimuksia, joissa on arvioitu e-oppimissovellusten käytettävyyttä. Näitä menetelmiä ovat asiantuntijoiden tekemät arvioinnit ja käyttäjätetit sekä näitä molempia menetelmiä yhdistävät monivaiheisemmat arviointimenetelmät. Luvun lopuksi tarkastellaan yleisellä tasolla niitä teknisiä ratkaisuja, jotka tukevat e-oppimissovellusten käytettävyyttä. Viimeisessä luvussa esitetään yhteenveto tutkielmassa käsitellyistä asioista tiivistetysti, ja yhteenvedon lopussa sivutaan joitakin mahdollisia jatkotutkimusten aihealueita.

## 2 OPPIMINEN JA ELEKTRONINEN OPPIMINEN

Tässä luvussa kerrotaan lyhyesti oppimisesta sekä elektronisesta oppimisesta, sen kehityksestä, nykyisistä suuntauksista ja elektroniseen oppimiseen liittyvistä haasteista. Luvussa 2.1 käsitellään lyhyesti oppimista yleisesti ja luvussa 2.2 esitellään elektronisen oppimisen erityispiirteitä.

### 2.1 Oppiminen

Oppiminen määritellään tavallisesti prosessiksi, jossa tapahtuu jossain määrin pysyvä muutos oppijan tiedoissa ja/tai taidoissa. Muutos muodostuu vuorovaikutuksesta ympäristön kanssa kokemuksen kautta. (Phillips ym., 2012; Sinkkonen, Kuoppala, Parkkinen & Vastamäki, 2006.)

Oppimisprosessissa oppija kokoaa itselleen esimerkiksi mielikuvan eli representaation opeteltavasta asiasta. Toisaalta muutoksen ei kuitenkaan välttämättä tarvitse olla täysin pysyvää, eikä tapahtua heti vuorovaikutuksen jälkeen, mutta opittua tietoa tai taitoa edellytetään osattavan käyttöä tai soveltaa uusissa tilanteissa. (Phillips ym., 2012; Sinkkonen ym., 2006.)

#### 2.1.1 Yleisimmät oppimiskäsitykset

Oppimista voidaan pitää yleisesti ihmisen lajityypillisenä ominaisuutena tai taipumuksena, joka voi hyödyttää sekä yksilöä että kulttuurievoluution kautta myös koko yhteiskuntaa. Oppimista on kuvattu ja pyritty ymmärtämään erilaisilla teorioilla, jotka korostavat oppimistapahtuman eri puolia. (Sinkkonen ym., 2006.)

*Behavioristisen oppimiskäsityksen* mukaan oppiminen kytkeytyy ehdollistamiseen. Oppija kokee mielihyvää ja epämiellyttäviä elämyksiä, ja näiden tunneperäisten palautteiden perusteella oppijan kokemukset joko vahvistuvat (positiivinen palaute) tai hiipuvat (negatiivinen palaute). Behavioristisen käsityksen mukaan oppimista voidaan tehostaa erilaisilla palkinnoilla ja rangaistuksil-

la, joiden avulla sekä vahvistetaan toivottuja ja heikennetään ei-toivottuja oppimistuloksia. (Sinkkonen ym., 2006.) Behavioristinen oppimiskäsitys ei korosta oppijan luovuutta tai yksilöllistä oppimista (Leonard, 2002).

*Kognitiivisen oppimiskäsityksen* mukaan oppiminen on ihmisen eräänlainen yleispiirre, joka on läsnä sekä jokapäiväisessä arkielämässä että erilaisissa oppimistapahtumissa. Kyseinen oppimiskäsitys korostaa ihmisen kykyä järjestää tietoja ja taitoja uudelleen. (Sinkkonen ym., 2006.) Ajattelemalla, pohtimalla ja ymmärtämällä oppijat kasvattavat tieto- ja taitovarantojaan ja liittävät niitä aikaisemmin oppimiinsa asioihin. Taito- ja tietovarantoja voidaan kuvailla ja jakaa puhutun kielen kautta. (Leonard, 2002.)

Oppijan oma aktiivinen rooli korostuu *konstruktiivisessa oppimiskäsityksessä*, joka painottaa oppijan aktiivisuutta ja prosessia liittää uusia asioita aikaisemmin opittuihin tietoihin ja taitoihin (Leonard, 2002). Tämän oppimiskäsityksen mukaan oppija konstruoi eli rakentaa uutta tietoa aikaisemman tietonsa päälle ja ympärille eli uusi tieto prosessoituu kunkin oppijan omaa taustaa vasten. Tällöin oppimisen suunnittelussa on otettava huomioon oppijan lähtötaso ja ennakkokäsitykset. (Sinkkonen ym., 2006.)

Yksilöiden erilaisuuden kunnioittaminen ja oppijan kasvu ihmisenä ovat keskeisessä asemassa *humanistisessa oppimiskäsityksessä*. Oppimiskäsitys korostaa myös opiskelun yksilöllistä suunnittelua ja joustavuutta. (Sinkkonen ym., 2006.)

Edellä esiteltiin erilaisia oppimiskäsityksiä, jotka painottavat oppimisen teoriassa sen eri puolia. Oppimiskäsityksistä vanhin on behavioristinen oppimiskäsitys, mutta yhä tänäkin päivänä eri koulutusasteista löytyy tämän käsityksen perusteella suunniteltuja oppimistapahtumia (Leonard, 2002; Sinkkonen ym., 2006). Nykyään oppimisen trendi on kuitenkin siirtymässä kohti konstruktiivisen oppimiskäsityksen mukaista suuntausta, jolloin oppimisessa pyritään harjaannuttamaan yhä enemmän oppijan tietoja ja taitoja liittyen kriittiseen ajatteluun ja ongelmanratkaisuun (Phillips ym., 2012).

### 2.1.2 Oppimistavat

Oppimiskäsitykset korostivat oppimista mielen sisäisenä prosessina, mutta oppimiseen liittyy kiinteästi myös ulkoinen ympäristö, jossa oppiminen tapahtuu: tila, välineet ja resurssit. Tuotteiden, laitteiden ja järjestelmien käyttöä voidaan opetella pääsääntöisesti kahdella eri tavalla. Sinkkonen ym. (2006) mukaan nämä tavat ovat

1. Tehtäväketjun tai toimenpidesarjan oppiminen.
2. Toimintaperiaatteen ymmärtäminen.

Kaksi edellä mainittua tapaa opetella hyödykkeiden käyttöä eivät ole toisiaan poissulkevia vaan oppimistavat tukevat toisiaan. Ensimmäinen tapa eli tehtäväketjun oppiminen tarkoittaa sitä, että oppija harjoittelee tuotteen käyttöä prosessina, joka sisältää sarjan peräkkäisiä toimenpiteitä. Harjoittelu jatkuu, kun-

nes oppija on oppinut toistamaan prosessin sisältämät toimenpiteet virheettömästi. Toimenpidesarjan oppiminen koostuu siitä, että oppija opettelee mitä tehtäviä toimenpidesarjaan kuuluu, miten nämä toimenpiteet tehdään, missä järjestyksessä ja ympäristössä ne suoritetaan. (Sinkkonen ym., 2006.)

Toinen tapa eli toimintaperiaatteen ymmärtäminen tarkoittaa syy- ja seuraussuhteiden ymmärtämistä ja niiden järjestämistä representaatioksi, jolloin käyttötilanteesta muodostuu johdonmukainen kokonaisuus. Toimintaperiaatteen ymmärtäminen saattaa olla oppijalle vaativampi tapahtuma kuin pelkän toimenpidesarjan oppiminen, mutta kokonaisuuden ymmärtäminen mahdollistaa asioiden laajemman soveltamisen. (Sinkkonen ym., 2006.)

Edellä esiteltiin kaksi oppimistapaa yleisesti. Oppimistavoissa on myös havaittu eroja aloittelijoiden ja asiantuntijoiden välillä. Älykkyydellä, muistilla ja oppimisstrategioilla ei ole havaittu olevan huomattavaa vaikutusta siihen miten aloittelijoiden ja asiantuntijoiden oppimistavat eroavat toisistaan (Bransford, Brown & Cocking, 2000). Asiantuntijoilla on kuitenkin enemmän seikka-peräistä ja järjestelmällisesti rakennettua tietoa, joka auttaa heitä löytämään yhteyksiä ja malleja irrallisesta ja osittaisesta informaatiosta. Asiantuntijoiden on myös havaittu pystyvän palauttamaan mieleen tärkeinä pitämiään tietoja suhteellisen nopeasti ja vaivattomasti. Toisin sanoen asiantuntijoilla on johdonmukaisesti järjestetty ja helposti saatavilla oleva henkilökohtainen tietojen verkko, joka mahdollistaa asioiden syvällisen ymmärtämisen. (Bransford, ym. 2000; Phillips, ym., 2012.)

### 2.1.3 Motivaatio ja oppiminen

Oppimisen ohjaavana voimana ja vaikuttimena toimii psyykinen syy eli motivaatio. Syy aktivoi oppijaa toimimaan, ja se voi koostua useista erilaisistakin motivaatioista. Motivaatio on läsnä kaikissa oppimiskäsityksissä, joista esimerkiksi behavioristinen koulukunta painottaa oppimisen ulkopuolista motivaatiota. Toisaalta kognitiivinen ajattelu korostaa oppijan sisäisiä motiiveja. (Sinkkonen ym., 2006.)

Engeström (1987) nimeää ja erittelee kolme lähtökohtaa oppimisen motivaatiolle:

1. Tilannekohtaisessa motivaatiossa tilapäiset ulkoiset tekijät luovat lyhytjännitteisen kiinnostuksen oppimiseen.
2. Välineellisessä motivaatiossa palkkioiden tavoittelu toimii oppimisen kannustimena.
3. Sisällöllisessä motivaatiossa oppiminen kohdistuu opittavan asian sisältöön tai käyttömahdollisuuksiin.

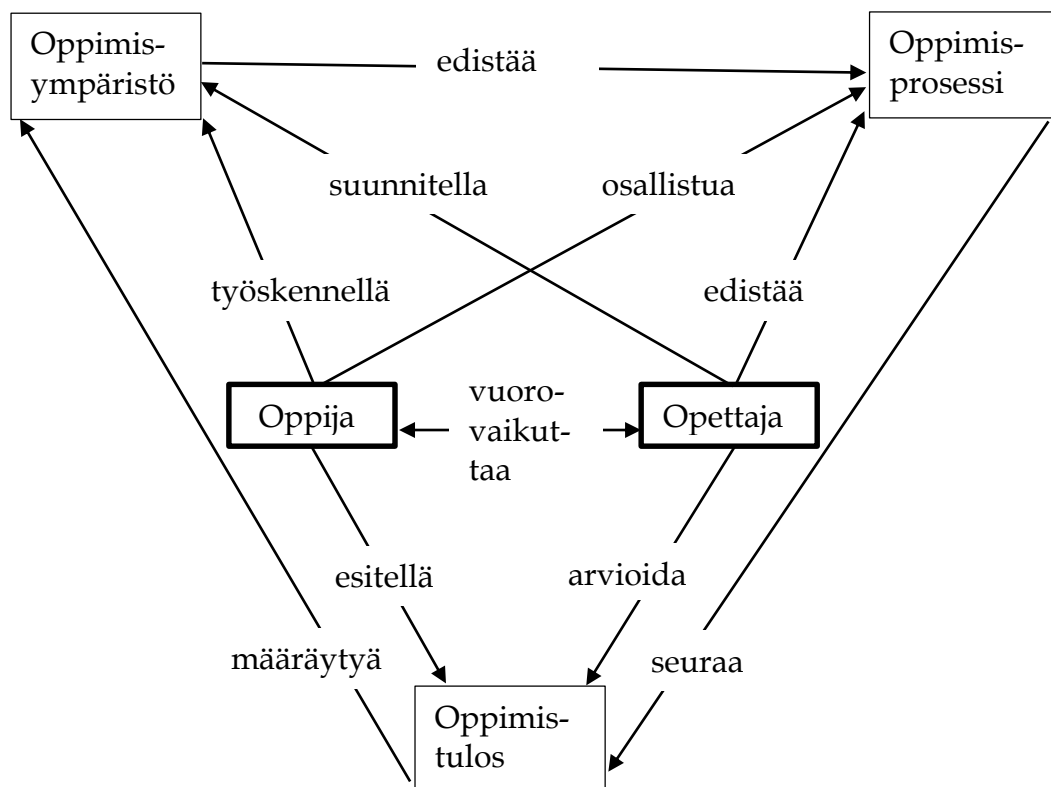
Engeströmin (1987) mukaan tilannekohtainen oppimismotivaatio saattaa suuntautua toisarvoisiin asioihin ja välineellinen motivaatio voi kannustaa tietojen pinnalliseen oppimiseen niiden syvällisemmän ymmärtämisen sijaan. Sisällölli-

sen motivaation tukeminen puolestaan parantaa oppimisen houkuttelevuutta (Engeström, 1987).

## 2.1.4 Oppimisen LEPO-viitekehys

Oppiminen voidaan käsitteellistää kolmeen pääkomponenttiin, joita ovat oppimisympäristö, oppimisprosessi ja oppimisen tulokset (Phillips ym., 2012). Mainittujen komponenttien kanssa vuorovaikuttavat kaksi toimijaa, joita kuvataan rooleilla oppija ja opettaja. Näistä kolmesta komponentista ja kahdesta toimijasta sekä niiden välisistä vuorovaikutuksista voidaan muodostaa ns. LEPO (Learning Environment, Process, Outcomes) -viitekehys, joka esittää oppimisen pääkomponentit, toimijoiden roolit ja niiden välisen vuorovaikutuksen. (Phillips ym., 2012.)

LEPO-viitekehysten graafinen malli esitellään kuviossa 1. Viitekehysten mallissa ylin taso ilmaisee sen, että oppimisympäristö edistää oppimisprosessia, mikä johtaa oppimistuloksiin. Tavoitellut oppimistulokset puolestaan määräävät oppimisympäristön. (Phillips ym., 2012.) Viitekehysten mukaisessa mallissa opettajat suunnittelevat oppimisympäristöt, edistävät oppimisprosessia ja arvioivat oppimisen tuloksia. Oppijat puolestaan työskentelevät oppimisympäristöissä, osallistuvat oppimisprosessiin ja esittelevät oppimistuloksiaan. Mallissa huomioidaan myös opettajan ja oppilaan välinen vuorovaikutus. (Phillips ym., 2012.)



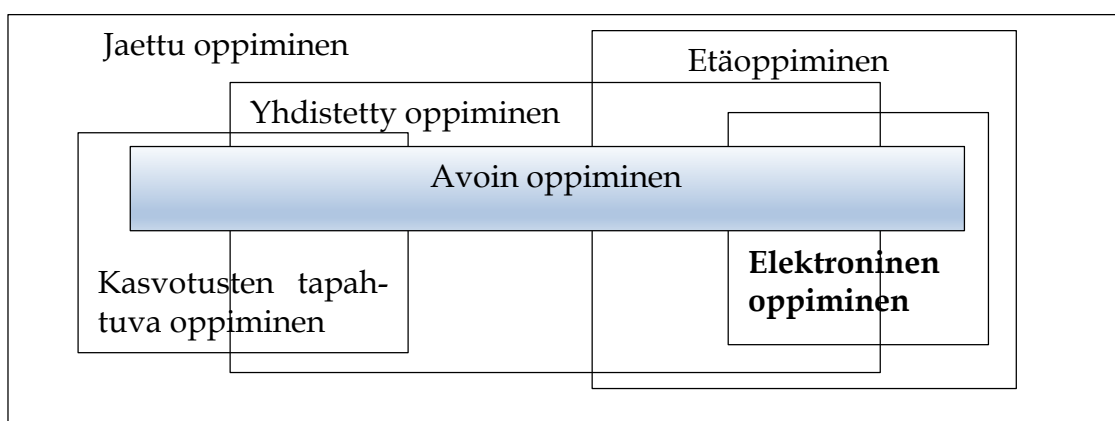
KUVIO 1 Oppimisen LEPO-viitekehys (Phillips ym., 2012, 27).

LEPO-viitekehys kuvaa oppimista yleisellä tasolla, joten sitä voidaan suoraan käyttää kuvaamaan myös elektronista oppimista. Tässä tapauksessa oppimisympäristö on elektroninen oppimissovellus, jossa oppijat työskentelevät, ja jonka kautta he esittävät oppimistuloksiaan.

## 2.2 Elektroninen oppiminen

Laajimmassa merkityksessään elektronisella oppimisella tarkoitetaan mitä tahansa oppimiskokemusta tai -tilannetta, johon tavalla tai toisella liittyy oppimisen suora tukeminen jollakin elektronisella välineellä tai laitteella (Clark & Mayer, 2011; Donnelly ym., 2012; Mason & Rennie, 2006). Näitä erilaisia välineitä voivat olla esimerkiksi Internet, sähköposti, videot, äänitteet ja erilaiset tiedostonjakopalvelut. Elektronisen oppimisen teknologinen perusta nojaa vahvasti Internetiin ja siihen liittyviin erilaisiin kommunikaatioteknologioihin (Garrison, 2011). Elektroniseen oppimiseen tarvittavia laitteita ovat esimerkiksi tietokoneet, mobiililaitteet, televisio ym. Garrisonin (2011) mukaan elektroninen oppiminen voidaan muodollisesti määritellä elektronisesti välitetyksi asynkroniseksi eli ei-reaaliaikaiseksi tai synkroniseksi eli samanaikaiseksi kommunikaatioksi, jonka tarkoituksena on vahvistaa ja rakentaa tietoa.

Elektronista oppimista voidaan käsitellä myös osana erilaisia pedagogisia oppimistyyliä. Elektroninen oppiminen: se on osa laajempaa jaetun oppimisen kokonaisuutta. Jaettu oppiminen sisältää myös yhdistetyn oppimisen, kasvotusten tapahtuvan oppimisen, etäoppimisen ja avoimen oppimisen pedagogiset tyylit (Rennie & Morrison, 2013). Edellä lueteltuja oppimisen pedagogisia tyyliä, niiden välisiä suhteita ja jakautumista on havainnollistettu kuviossa 2.



KUVIO 2 Oppimistyylien väliset suhteet (Rennie & Morrison, 2013, 27).

Elektroninen oppiminen on osa etäoppimista, mutta sisältää piirteitä myös sekä yhdistetystä että avoimesta oppimisesta (Rennie & Morrison, 2013). Etäoppimisen tyypillinen piirre on oppimisen riippumattomuus ajasta ja paikasta, toisin sanoen oppijat voivat opiskella asioita joustavasti ja jopa eri puolilla maailmaa. Yhdistetty oppiminen sisältää sekä asynkronista etäoppimista että kasvotusten tapahtuvaa oppimista, jossa opettaja ja oppija kohtaavat reaaliajassa toisensa. (Rennie & Morrison, 2013.) Avoin oppiminen kuvaa oppimisen esteiden poistamista, jolloin jokainen oppija voisi löytää itselleen parhaiten sopivan oppimisen pedagogian (Mason & Rennie, 2006).

### **2.2.1 Elektronisen oppimisen etuja**

Elektronisella oppimisella on useita hyötyjä verrattuna tavanomaiseen, pelkästään kasvotusten tapahtuvaan oppimiseen. Elektroninen oppiminen voidaan räätälöidä siten, että oppimateriaali on saatavilla vuorokauden jokaisena tuntiina paikasta riippumatta Internetin välityksellä. Tällä tavoin järjestetyn oppimisen ei tarvitse edes rajoittua yhden maan sisälle. (Phillips, ym., 2012; Rennie & Morrison, 2013.) Elektroninen oppiminen mahdollistaa myös sen, että useat oppijat voivat käyttää oppimisresursseja laajasti ja yhtäaikaisesti. Opettajien on mahdollista jakaa tietoa helposti ja joustavasti laajoillekin oppijajoukoille. Toisaalta tiedon jakamista voidaan myös rajoittaa vain tietyille joukoille oppijoita.

Elektroniset oppimissovellukset voivat olla liikuteltavia, sisältää havainnollisia videoita ja interaktiivisia keskusteluja oppijoiden kesken (Rennie & Morrison, 2013). Elektroninen oppimateriaali voi olla myös täysin ilmaista ja laillista (esim. Project Gutenberg), mikä tasaa oppijoiden välisten varallisuuserojen vaikutusta oppimiseen. Elektronisen oppimisen tarkoituksena on myös tehdä oppimisesta joustavaa ja tuoda oppimateriaaleja helpommin ja ajantasaisempina saataville. (Rennie & Morrison, 2013).

### **2.2.2 Elektronisen oppimisen haasteita**

Elektroniseen oppimiseen liittyy monia haasteita, jotka eivät välttämättä koske ollenkaan perinteistä kasvotusten tapahtuvaa oppimista. Elektronisen oppimisen alkuaikoina opetuspedagogiaan ei kiinnitetty kovinkaan paljon huomiota ja e-oppimissovelluksissa niiden tekniset sovellukset olivat pääosassa. Nykyään tilanne on kuitenkin muuttunut ja myös opetuspedagogioihin kiinnitetään enemmän huomiota. (Donnelly, ym., 2012.) Oppijat eivät nykyään välttämättä ole opiskelijoita, sillä aikuiskoulutus ja erilaiset työhön kuuluvat koulutukset ovat yhä yleisempiä. Tämä asettaa enemmän vaatimuksia koulutuksen ajankäytölle ja kustannustehokkuudelle (Bietz, 2014). Työnantajat voivat myös säästää tila- ja matkakustannuksissa (Juutinen, 2011). Elektronisen oppimisen jatkuva kehitys saattaa luoda paineita opetusta järjestäville tahoille, kuten oppilaitoksille ja opettajille. Elektroniseen oppimiseen liittyy aina esimerkiksi suunnittelua ja kehittämistä, mutta tarvitaan myös henkilöitä järjestelmien ylläpitoon ja e-

oppimisen tukemiseen sekä ajantasaisen oppimissisällön tuotantoon. (Donnelly, ym., 2012.)

Elektronisen aineiston helppo saatavuus on myös herättänyt huolta plagiarismiin liittyen ja esimerkiksi Rennie ja Morrison (2013) epäilevät, että mobiililaitteilla on helppo huijata kokeissa. Toisaalta mobiililaitteiden rajoitettu muistikapasiteetti ja akunkesto voivat rajoittaa e-oppimissovellusten käyttöä (Rennie & Morrison, 2013). Avoin oppimisympäristö on myös herättänyt huolta oppimissisällön laadusta ja luotettavuudesta, sillä esimerkiksi wiki-ympäristöissä helppo sisäänpääsy ja ympäristö, jota ei valvota, voi levittää väärää tietoa. Elektronista aineistoa voidaan myös levittää, julkaista ja käyttää ilman asianmukaisia lupia. (Rennie & Morrison, 2013.) Toisinaan saattaa myös olla vaikeaa todentaa, että oppija itse on todellakin oppimissuoritustensa takana.

Eräs elektroniseen oppimisen liittyvä haaste on myös oppijoiden motiivointi oppimiseen (Juutinen, 2011; Kiili, 2005). Esimerkiksi pelkästään e-oppimista sisältävillä kursseilla on raportoitu 15–40 prosenttiyksikköä korkeampia keskeyttämislukuja kuin kursseilla, joissa järjestetään myös kasvotusten tapahtuvaa opetusta (Levy, 2007). Levy (2007) raportoi yhdeksi merkittävimmäksi keskeyttämisen syyksi oppijoiden tyytymättömyyden e-oppimiseen. Toisaalta hän havaitsi, että keskeyttäjät olivat todennäköisemmin opintojensa alkupuolella kuin opintojen loppuvaiheessa. Levy (2007) päätteli, että oppijoiden harjaantuminen elektroniseen oppimiseen vähentää keskeyttämistä. Toisaalta hän näki tärkeänä myös mitata oppijoiden tyytyväisyyttä e-opetukseen. Myös Liaw (2008) havaitsi oppijoiden kokeman tyytyväisyyden e-oppimista kohtaan kannustavan heitä opiskelemaan elektronisten oppimissovellusten avulla.

Sun, Tsai, Finger, Chen ja Yeh (2008) sekä Paechter ja Maier (2010) ovat tutkineet, mitä tekijöitä pidetään tärkeinä ja oleellisina jotta oppijat olisivat tyytyväisiä e-oppimiseen. E-oppimisen joustavuus, laatu, hyödyllisyys, monipuolisuus ja opettajan asenne e-oppimista kohtaan havaittiin tärkeiksi oppijoille. Paechter ja Maier (2010) havaitsivat myös oppijoiden välisen vuorovaikutuksen parantavan tyytyväisyyttä e-oppimiseen. Toisaalta merkittävään asemaan nousi myös oppijan kokema stressi tietokoneiden käytön yhteydessä ja e-oppimissovellusten käytön helppous (Sun ym., 2008). Tästä voidaan päätellä, että e-oppimissovellusten käytettävyydellä on huomattava merkitys sille, millainen on oppijan kokema tyytyväisyys e-oppimisen yhteydessä ja haluaako oppija jatkaa elektronista oppimista.



### 3 KÄYTETTÄVYYS JA KÄYTETTÄVYYDEN ARVIOINTI

Tässä luvussa käsitellään lyhyesti käytettävyyttä, sen määritelmiä ja käytettävyyden arviointimenetelmiä. Luvussa 3.1 taustoitetaan käytettävyyttä, luvussa 3.2 esitellään käytettävyys Jakob Nielsenin mukaan ja vastaavasti seuraavassa luvussa 3.3 esitellään käytettävyyden ISO-standardi. Luvussa 3.4 käydään läpi tunnetuimpia käytettävyyden arviointimenetelmiä.

#### 3.1 Taustatietoa käytettävyydestä

Käytettävyyttä kuvattiin alun perin termillä käyttäjäystävällisyys. Pian termi havaittiin kuitenkin ongelmalliseksi, sillä tietokoneiden ei todellisuudessa oletettukaan olevan ystävällisiä käyttäjilleen, vaan suorittavan käyttäjien haluamat toimet täsmällisesti ja tehokkaasti. Tietokoneiden käyttöön liittyvistä ongelmista nousi tieteenala, joka tutkii ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta (engl. Human-computer interaction HCI). (Nielsen, 1993.)

Ihmisen ja tietokoneen välistä vuorovaikutusta tutkiva laaja tieteenala sisältää tutkimusta mm. vuorovaikutteisten tieto(kone)järjestelmien suunnittelusta, arvioinnista ja käyttöönotosta sekä muista näitä koskevista ilmiöistä. (Sinkkonen ym. 2006). Toisinaan tieteenalan synonyymina käytetään esimerkiksi käyttäjäkeskeistä suunnittelua (engl. User-centered design, UCD) (Nielsen, 1993; Wallach & Scholz, 2012). Toisaalta Sinkkonen ym. (2006) mainitsevat, että käytettävyyttä tutkittaessa pitäisi myös ottaa huomioon, että ihmisen ja koneen väliseen vuorovaikutukseen liittyy myös ihminen osana organisaatiota, sen toimijana ja työntekijänä.

Tuotteiden, laitteiden ja järjestelmien käyttäminen herättää niiden käyttäjissä erilaisia tunteita. Kognitiivisten tunneteorioiden mukaan ihmiset toimivat uskomustensa ja tietojensa mukaisesti (Sinkkonen ym., 2006). Huonosti suunnitellun tuotteen käyttäminen herättää turhautumista ja aiheuttaa stressiä myös oppimissovellusten tapauksessa (Sun ym., 2008). Tuhlattua aikaa voidaan mita-

ta esimerkiksi menetetyt työ- tai oppimispanoksen muodossa. Hyvin toimiva järjestelmä tuottaa kustannussäästöjä ja kasvattaa käyttäjien suorituskykyä, vaikka näitä asioita voi olla vaikea mitata suoraan (Nielsen, 1993).

Yleisimmin mainitut ja tunnetuimmat kaksi, hieman eri asioita painottavat, käytettävyyden määritelmät esittelivät Jakob Nielsen (1993) ja kansainvälinen standardisoimisjärjestö ISO (International Organization for Standardization).

### 3.2 Käytettävyys Jakob Nielsenin mukaan

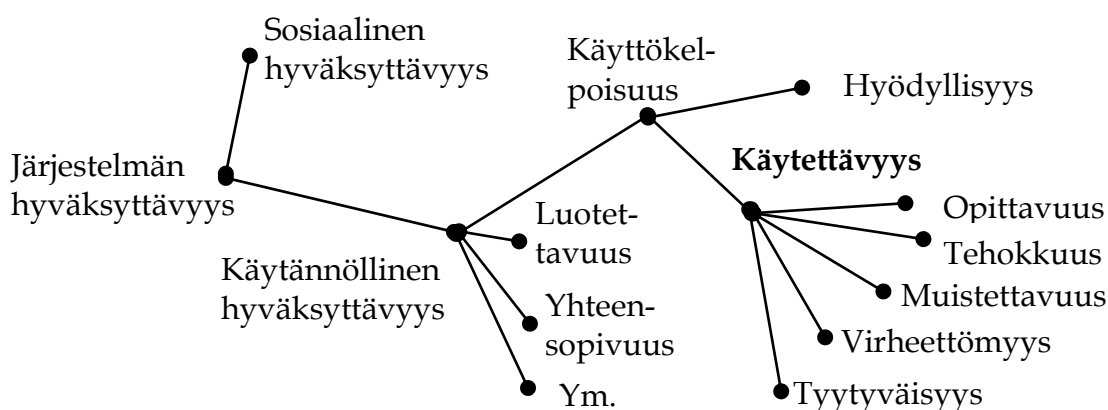
Nielsenin (1993) mukaan käytettävyys on pohjimmiltaan vain yksi osa laajempaa kokonaisuutta, jota hän nimittää järjestelmän hyväksyttävyydeksi. Järjestelmän hyväksyttävyyden tarkoittaa Nielsenin (1993) mukaan sitä, että järjestelmä on tarpeeksi hyvä täyttääkseen eri kohderyhmien, kuten esimerkiksi järjestelmän käyttäjien, omistajien ja ylläpitäjien, tarpeet ja vaatimukset.

Nielsen (1993) jakaa järjestelmän hyväksyttävyyden sosiaaliseen ja käytännölliseen hyväksyttävyyteen. Järjestelmän käytännöllisen hyväksyttävyyden osa-alueita ovat mm. yhteensopivuus, luotettavuus, kustannukset ja käyttökelpoisuus. Käyttökelpoisuus jakautuu hyödyllisyyteen ja käytettävyyteen. Näistä hyödyllisyys käsittelee kysymystä, kuinka hyvin järjestelmän toiminnallisuus pystyy vastaamaan käyttäjän tarpeisiin ja käytettävyys käsittelee kysymystä, kuinka hyvin käyttäjät pystyvät hyödyntämään tätä järjestelmän toiminnallisuutta. Nielsenin (1993) mukaan käytettävyys koostuu viidestä osa-alueesta tai attribuutista, jotka ovat:

- opittavuus
- tehokkuus
- muistettavuus
- virheettömyys
- tyytyväisyys.

Nielsenin (1993) malli, jonka mukaan käytettävyys on vain yksi järjestelmän hyväksyttävyyden osa, on havainnollistettu kuviossa 3. Seuraavassa on kuvailtu tarkemmin, mitä Nielsen (1993) tarkoittaa käytettävyyden viidellä osa-alueella eli attribuutilla.

*Opittavuus* tarkoittaa yksinkertaisimmillaan sitä, että järjestelmää on helppo oppia käyttämään (Nielsen, 1993). Nielsen (1993) pitää opittavuutta käytettävyyden tärkeimpänä attribuuttina. Tämä attribuutti koskee kaikkia järjestelmän potentiaalisia käyttäjiä eli aloittelijoitakaan ei saisi unohtaa. Helposti opittavan järjestelmän käytön pystyvät myös aloittelijat omaksumaan nopeasti, mutta oppiminen yleensä hidastuu monimutkaisten järjestelmien kohdalla alun jälkeen. Opittavuutta on helppo testata esimerkiksi siten, että mitataan aikaa miten kauan aloittelijalta kuluu tietyn taitotason saavuttamiseen järjestelmän käytössä. (Nielsen, 1993.)



KUVIO 3 Järjestelmän hyväksyttävyyden jako attribuutteihin (Nielsen, 1993, 25). Termien suomennokset Mustaniemi (2009).

*Tehokkuudella* tarkoitetaan sitä, miten tehokasta järjestelmää on käyttää eli toisin sanoen miten tuottavaa järjestelmän käyttö on verrattuna käyttöön kuluvaan aikaan. Järjestelmän tehokkuutta voidaankin mitata esimerkiksi sillä, miten kauan kokeneilta käyttäjältä kuluu aikaa jonkin tehtävän tekemiseen. (Nielsen, 1993.)

*Muistettavuus* määritellään siten, että järjestelmän käyttö on helppo muistaa, eikä käyttöä tarvitse opetella jokaisella käyttökerralla uudelleen, vaikka edellisestä käytöstä olisi kulunut jo jonkin aikaa (Nielsen, 1993). Muistettavuus on tärkeä attribuutti erityisesti järjestelmän satunnaisia käyttäjiä koskien. He ovat jo aikaisemmin opetelleet käyttämään järjestelmää, mutta onko uudelleenkäyttö heidän mielestään vaivatonta. (Nielsen, 1993.) Toisaalta järjestelmän helppo opittavuus tukee sen käytön muistettavuutta. Nielsenin (1993) mukaan muistettavuus on yksi harvemmin testatuista käytettävyyssattribuuteista.

*Virheettömyys* tarkoittaa sitä, että käyttäjän tulisi pystyä mahdollisimman virheettömään suoritukseen järjestelmää käyttäessään (Nielsen, 1993). Nielsen (1993) määrittelee virheen sellaiseksi käyttäjän toiminnoksi, joka ei johda toivotuun lopputulokseen. Virheet voivat olla vakavia tai vähäisiä. Virheiden taso tulisi ottaa huomioon, sillä vakavat käytettävyyssvirheet tulisi pyrkiä eliminomaan järjestelmästä kokonaan. Virheiden määrää voidaan mitata yhtä aikaa muiden käytettävyyssattribuuttien testaamisen aikana yksinkertaisesti laskemalla käyttäjän tekemien virheiden määrä. (Nielsen, 1993.)

*Tyytyväisyys* tarkoittaa järjestelmän käytön miellyttävyyttä. Toisaalta järjestelmän käytön miellyttävyyden on käyttäjän subjektiivinen kokemus (Nielsen, 1993). Tyytyväisyys on erityisen tärkeä käytettävyyssattribuutti esimerkiksi peleissä. Käyttäjän tyytyväisyyttä voidaan helpoiten mitata erilaisilla kyselytutkimuksilla, joissa erotellaan käyttäjien subjektiivisia mieltymyksiä. (Nielsen, 1993.)

Kaiken kaikkiaan järjestelmiä on kuitenkin vaikea suunnitella ja kehittää sellaisiksi, jotta ne täyttäisivät täysin kaikki käytettävyyden eri osa-alueet sekä aloittelijoiden että kokeneiden käyttäjien mielestä. Useimmiten on tehtävä va-

lintoja, joten suunnittelutyössä olisikin valittava ne käytettävyyssattribuutit, joita kehitettävän järjestelmän halutaan korostavan. (Nielsen, 1993).

### 3.3 Käytettävyys ISO-9241-11-standardin mukaan

Kansainvälinen standardisoimisjärjestö ISO (engl. International Organization for Standardization) korostaa käytettävyyden olevan käyttäjän näkökulman mukainen järjestelmän laatutekijä (VTT, 2014). Kuten Nielsenin (1993) käytettävyyden määritelmä, myös ISO-9241-11-standardin mukainen määritelmä käytettävyydelle koostuu useammasta osa-alueesta tai attribuutista. Kokonaisuudessa ISO-9241-standardi käsittelee ergonomisia vaatimuksia ihmisen ja tietokoneen välisessä vuorovaikutuksessa ja keskittyi alun perin nimenomaan toimistotyöntekijöiden näyttöpäätetyöskentelyn ergonomiaan (VTT, 2014). ISO-9241-11 (1998 Part 11. Guidance on usability) määrittelee käytettävyyden seuraavasti: "Tarkkuus, tehokkuus ja tyytyväisyys, jolla määritellyt käyttäjät saavuttavat määritellyt tavoitteet tietyssä ympäristössä." (VTT, 2014). ISO-standardin mukaiset käytettävyyden kolme attribuuttia ovat:

- tarkkuus
- tehokkuus
- tyytyväisyys.

Tarkkuudella tarkoitetaan ISO-9241-11-standardin mukaan sitä, että onko järjestelmässä tarvittavat ja oikeat ominaisuudet käyttäjän kannalta ja saavuttaako käyttäjä halutut tavoitteet (VTT, 2014). Tarkkuus-attribuuttia nimitetään suomeksi toisinaan myös tuottavuudeksi (Sinkkonen ym., 2006). Tehokkuus ja tyytyväisyys olivat myös Nielsenin (1993) määrittelemiä attribuutteja käytettävyydelle. Tehokkuudella tarkoitetaan sitä miten nopeaa ja helppoa järjestelmän käyttäminen käyttäjälle on ja tyytyväisyys kuvaa sitä miten miellyttävää järjestelmän käyttäminen on käyttäjän subjektiivisen kokemuksen mukaan. (Nielsen, 1993; VTT, 2014).

ISO-standardin suomennokset poikkeavat hiukan toisistaan ja esimerkiksi Sinkkonen, Nuutila ja Törmä (2009, 20) esittävät ISO-9241-11-standardin "Mittariksi, jolla mitataan, kuinka käyttökelpoinen, tehokas ja miellyttävä tuote on käyttää oikeassa käyttöympäristössä, kun käyttäjinä ovat sen omat käyttäjät."

Erilaisista suomennoksista huolimatta ISO-9241-11-standardi korostaa samoja asioita kuin Nielsenin (1993) määrittelemä käytettävyys. Tosin Nielsenin (1993) määrittelemä käytettävyys sisältää enemmän attribuutteja ja hänen mielestään tärkein käytettävyysattribuutti on opittavuus, jota ISO-standardi ei mainitse ollenkaan.

### 3.4 Käytettävyyden arviointi

Käytettävyyttä voidaan arvioida lukuisilla eri menetelmillä, joiden luokittelu on kirjavaa ja jopa sekavaa. Käytettävyyden arvioinnin tarkoitus on yksinkertaisuudessaan antaa tietoa järjestelmän käytettävyydestä ja tämän tiedon avulla järjestelmästä tulisi tehdä käyttölaadultaan parempi (Sinkkonen ym., 2006).

Ideaalitilanteessa käytettävyyttä tulisi arvioida koko järjestelmän tuotekehitysprosessin ajan, esimerkiksi tutkimalla aluksi vanhaa järjestelmää ja jatkaa arviointien tekemistä koko iteratiivisen prosessin ajan (Sinkkonen ym., 2006). Yleisesti käytettävyyden arviointimenetelmät ovat ainoa tapa mitata käytettävyyttä objektiivisesti. On myös hyvä huomata, että mitä aikaisemmassa tuotekehitysprosessin vaiheessa ongelmakohdat havaitaan ja korjataan, todennäköisemmin sitä halvemmaksi ja helpommaksi niiden korjaaminen tulee. (Sinkkonen ym. 2006.)

Käytettävyyden arviointimenetelmät jaetaan Riihiahon (2000) mukaan kokeellisiin käyttäjätesteihin ja asiantuntija-arviointeihin, jotka suoritetaan ilman testikäyttäjää. Käyttäjätesteistä yleisin menetelmä on käytettävyydestä, jossa käyttäjät testaavat järjestelmän käytettävyyttä suorittamalla annettuja valittuja tehtäviä järjestelmän avulla (Riihiahon, 2000). Järjestelmän käytettävyydestä saadaan tietoa, kun arvioidaan miten hyvin testikäyttäjät onnistuivat annettujen tehtävien suorittamisessa. Asiantuntija-arviointimenetelmistä yleisin on heuristinen arviointi, jossa asiantuntija käy läpi järjestelmän käyttöliittymää tiettyjen hyviksi havaittujen, käytettävyyden suunnittelusääntöjen tai käytettävyyssperiaatteiden mukaan. (Riihiahon, 2000.)

Heuristista arviointia pidetään yleensä halvimpänä ja nopeimpana menetelmänä paljastamaan käytettävyyso ongelmia, mutta kokeelliset käyttäjätetit paljastavat yleensä enemmän vakavampia ongelmia. Käyttäjätetit ovat myös huomattavasti kalliimpia toteuttaa ja niiden tekemiseen kuluu enemmän aikaa. Toisaalta sopivien testikäyttäjien löytäminen voi olla haastavaa. Paras tulos saavutetaan yleensä käyttämällä sekä asiantuntija-arviointia että käyttäjätestausta. (Hollingsed & Novick, 2007; Holzinger, 2005; Riihiahon, 2000.)

Tässä tutkielmassa asiantuntija-arvioinneista ja kokeellisista käyttäjätesteistä esitellään lähemmin viisi menetelmää. Näitä kaikkia viittä menetelmää on käytetty myös elektronisten oppimisovellusten arvioinneissa, joista kerrotaan enemmän luvussa 4.

#### 3.4.1 Heuristinen arviointi

Heuristisessa arvioinnissa asiantuntija arvioi järjestelmän käytettävyyttä tietyn heuristiikkalistan mukaa. Heuristiikat ovat käytettävyyden suunnittelusääntöjä tai käytettävyyssperiaatteita. (Riihiahon, 2000.) Arvioinnin tavoitteena on havaita heuristiikkoja rikkovia kohteita ja löytää käytettävyysesteitä (Wallach & Scholz, 2012). Heuristinen arviointi on nopea, helppo ja halpa menetelmä käytettävyy-

den testaamiseen. Heuristinen arviointi on myös eräs yleisimmin käytetty käytettävyyden arviointimenetelmä. (Holzinger, 2005.)

Mainitussa menetelmässä yleensä useampi arvioija tarkastelee, miten hyvin järjestelmän käyttöliittymä noudattaa tiettyjä käytettävyyden periaatteita eli heuristiikkoja. Periaatteessa heuristisen arvioinnin voi suorittaa kuka tahansa, mutta paras tulos saavutetaan käyttämällä useampaa asiantuntijaa, sillä yksi arvioija löytää arviolta vain noin 35 prosenttia käytettävyysongelmista. (Nielsen, 1993.) Heuristisessa arvioinnissa kukin arvioija tekee arvioinnin itsenäisesti ja vasta arvioinnin jälkeen saadut tulokset kootaan yhteen (Nielsen, 1993). Nielsenin (1993) esittelemä heuristiikkalista on monen heuristiikkalistan pohjana ja hänen esittämänsä uudistettu kymmenen kohdan heuristiikkalista on seuraavanlainen (Nielsen, 1994, suomennokset osittain Mustaniemi, 2009):

1. Järjestelmän tilan näkyvyys
2. Yhtenevyys järjestelmän ja tosielämän välillä
3. Käyttäjän kontrolli ja vapaus
4. Yhteneväisyys ja standardit
5. Virheiden estäminen
6. Tunnistaminen muistamisen sijaan
7. Käytön joustavuus ja tehokkuus
8. Esteettinen ja minimalistinen suunnittelu
9. Auta käyttäjää tunnistamaan ja määrittelemään virhetilanteita sekä toipumaan niistä
10. Opastus ja dokumentaatio

Heuristisen arviointimenetelmän huono puoli on, että hyvän arviointituloksen saavuttamiseksi tarvitaan asiantuntijoita. Myös kokonaisuuden arviointi saattaa jäädä sivuseikaksi vain tiettyjen heuristiikkojen toteutumista arvioitaessa. (Hollingsed & Novick, 2007; Holzinger, 2005.)

### 3.4.2 Kognitiivinen läpikäynti

Kognitiivinen läpikäynti on heuristisen arvioinnin lisäksi toinen yleinen asiantuntijoiden käyttämä arviointimenetelmä. Kognitiivisessa läpikäynnissä simuloidaan askel askeleelta käyttäjän toimenpiteitä annetussa tehtävässä. (Holzinger, 2005.) Tällä menetelmällä voidaan tutkia järjestelmän toimintaa käyttäjän näkökulmasta, mikä korostaa käytettävyyden kognitiivisia puolia kuten opittavuutta (Holzinger, 2005; Wharton, Rieman, Lewis & Polson, 1994). Kognitiivisen läpikäynnin avulla voidaan analysoida mentaalisia prosesseja, joita käyttäjä joutuu käymään läpi suorittaessaan tehtävää. Kognitiivinen läpikäynti voidaan suorittaa missä vaiheessa järjestelmänkehitystä tahansa, esimerkiksi käyttöliittymän prototyypillä. (Hollingsed & Novick, 2007.) Menetelmän huonoiksi puoleiksi Holzinger (2005) toteaa testattavien tehtävien mahdollisesti suppean määrän ja prototyyppien yksinkertaisuuden, jolloin testistä ei välttämättä saada tarvittavan tarkkaa tulosta.

Heuristinen arviointi ja kognitiivinen läpikäynti ovat niitä käytettävyyden arviointimenetelmiä, joissa testikäyttäjiä ei ole mukana. Varsinaisissa käyttäjätesteissä mukana on aina käyttäjä, jonka käyttäytymistä testeissä testataan tai tarkkaillaan. Käytettävyyden arviointimenetelmistä ääneen ajattelu ja käyttäjäkyselyt voidaan luokitella käytettävyyden arviointimenetelmäksi (Nielsen, 1993) tai varsinaisten käyttäjätestien tiedonkeruumenetelmiksi (Riihiahho, 2000). Käyttäjätesteillä saadaan tietoa siitä, miten käyttäjät käyttävät järjestelmää ja mitkä ovat järjestelmän käyttöliittymän ongelmakohtia käyttäjien näkökulmasta (Holzinger, 2005).

### 3.4.3 Ääneen ajattelu

Nielsenin (1993) mukaan ääneen ajattelu on mahdollisesti tärkein käytettävyyden arviointimenetelmä. Tässä menetelmässä testikäyttäjät suorittavat heille annettuja tehtäviä ja samalla he kertovat ajatuksistaan, ajatuksenkulustaan ja tunteistaan. Tällä tavoin on helppo hahmottaa testattavan järjestelmän käyttöliittymän ongelmakohdat. (Holzinger, 2005). Menetelmä on halpa ja helppo toteuttaa, sillä testikäyttäjiä tarvitaan yleensä vain noin 3–5 (Nielsen, 1993). Ääneen ajattelun etuna on myös, että se voi paljastaa miksi testikäyttäjät tekevät tiettyjä ratkaisuja järjestelmää käyttäessään (Holzinger, 2005).

Toisaalta ääneen ajattelu voi tuntua varsin epäluonnolliselta ja monien voi olla vaikeaa pukea ajatuksiaan sanoiksi. Lisäksi, jos testikäyttäjä on käyttänyt saman tyyppisiä käyttöliittymiä aiemmin, voi hänen olla hankalaa kertoa, miksi hän valitsee toimintansa juuri kyseisellä tavalla. (Nielsen, 1993).

### 3.4.4 Kyselytutkimukset

Kyselytutkimukset ovat käytettävyydestutkimuksessa epäsuora menetelmä, sillä kyselyillä kootaan testikäyttäjien mielipiteitä käyttöliittymästä, mutta menetelmällä ei kuitenkaan saada suoraan tietoa käyttöliittymän käytettävyydestä. Kyselytutkimukset voidaan suorittaa joko haastatteluina tai paperisina lomakkeina. (Holzinger, 2005.)

Kyselytutkimus on helppo toistaa ja sen avulla löydetään nimenomaan käyttäjän subjektiivisia mieltymyksiä. Toisaalta tutkimuksen validiteetti ei välttämättä ole kovin korkea, sillä käyttäjien vastaukset ovat hyvin subjektiivisia. Luotettavan tilastitiikan saamiseksi kyselytutkimuksiin tarvitaan yleensä vähintään 30 vastaajaa (Nielsen, 1993). Kyselytutkimukset paljastavat myös vähemmän käytettävyyso ongelmia kuin esimerkiksi ääneen ajattelu tai heuristinen arviointi (Holzinger, 2005).

### 3.4.5 Skenaariot

Skenaariot ovat prototyyppisiä testattavasta järjestelmästä, jonka toimintoja ja piirteitä on vähennetty käyttäjätestiä varten. Skenaarioissa testikäyttäjät tekevät ennalta suunniteltuja tehtäviä. (Nielsen, 1993.)

Skenaarioita voivat esimerkiksi (halvimmillaan) olla järjestelmän käyttöliittymän paperimallit, joilla käyttöliittymän toimintaa voidaan testata jo järjestelmäkehityksen varhaisessa vaiheessa. Skenaariot yhdistetäänkin usein käyttäjätesteissä ääneen ajatteluun, jolloin testituloksia voidaan saada nopeasti. (Nielsen, 1993.)



## 4 ELEKTRONISTEN OPPIMISSOVELLUSTEN KÄYTETTÄVYYDEN ARVIOINTI

Tässä luvussa tarkastellaan niitä käytettävyyden arviointimenetelmiä, jotka on suunniteltu nimenomaan e-oppimissovellusten testaamiseen. Luvussa 4.1 esitellään taustoja e-oppimissovellusten käytettävyydestä, luvussa 4.2 käydään läpi e-oppimissovellusten arviointiin käytettyjä heuristiikkalistoja sekä kyselytutkimuksia ja luvussa 4.3 esitellään monivaiheisia e-oppimissovellusten arviointimenetelmiä. Luvussa 4.4 esitetään johtopäätöksiä arviointimenetelmistä saatujen tulosten pohjalta.

### 4.1 Taustaa e-oppimissovellusten käytettävyydestä

Käytettävyyden ISO-9241-11-standardin mukaan voidaan erottaa käyttöympäristö, käyttäjä ja käytön tarkoitus. Elektronisten oppimissovellusten tapauksessa käyttäjä voi olla oppija, opettaja tai e-oppimisjärjestelmän ylläpitäjä. Käyttäjällä on erilaiset tavoitteet e-oppimissovellusta kohtaan riippuen hänen roolistaan suhteessa e-oppimissovellukseen. (Plantak Vukovac, Kirinic & Klicek, 2010.) Käyttäjä voi roolista riippuen esimerkiksi käyttää elektronista oppimissovellusta oppimiseen, tiedon testaamiseen, sisällön tuotantoon tai olla sovelluksen ylläpitäjä ja päivittää sisältöjä. Tärkeimmät roolit ovat oppija ja opettaja (suunnittelija). (Plantak Vukovac ym., 2010.)

Elektronisia oppimissovelluksia tutkittaessa niiden käytettävyys on kuitenkin harvoin ollut tutkimisen kohteena (Granić, 2008; Kukulska-Hulme & Shield, 2004; Zaharias 2006; Plantak Vukovac, 2010). Erityisesti on huomioitava, että e-oppimissovellusten tarkoituksena ei ole olla pelkästään vuorovaikutuksessa käyttäjän kanssa, vaan niiden on myös tuettava tiedon saantia ja levittämistä (Plantak Vukovac ym., 2010). Tämän vuoksi tavanomaiset käytettävyyden arviointimenetelmät, joita esiteltiin luvussa 3, eivät sellaisenaan ole riittäviä e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointiin (Granić, 2008; Reeves ym., 2002; Zaharias, 2006).

Nimenomaan e-oppimissovellusten käytettävyyden testaamiseen on viimeisten noin kymmenen vuoden aikana kehitetty muutamia menetelmiä, mutta vakiintunutta arviointimenetelmää ei ole vielä olemassa ja toisaalta mikään arviointimenetelmä ei ole saavuttanut tätä asemaa (Ardito ym., 2006b). Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyden arviointimenetelmistä puuttuu yhtenäinen ja systemaattinen näkemys, jolla voitaisiin arvioida elektronisten oppimissovellusten eri perspektiivejä, kuten teknistä käytettävyyttä ja oppimisen tehokkuutta. Tämä vaikeuttaa luotettavan ja nopean e-oppimissovelluksen arviointimenetelmän valintaa. (Plantak Vukovac ym., 2010.)

Seuraavissa luvuissa esitellään e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointimenetelmiä ja tutkimusten avulla saatuja tietoja siitä, mitkä tekniset ratkaisut tukevat e-oppimissovellusten käytettävyyttä yleisellä tasolla.

## 4.2 Nielsenin heuristiikkojen soveltaminen ja kyselytutkimukset

Nielsen (1994) esitteli heuristiikkalistan, jonka avulla asiantuntijat voivat paremmin ja systemaattisemmin arvioida erilaisten käyttöliittymien käytettävyyttä. Näitä heuristiikkoja on sovelluttu myös elektronisten oppimissovellusten arviointiin. Nielsenin heuristiikat ovat kuitenkin sellaisenaan puutteellisia arvioimaan e-oppimissovelluksia, sillä ne eivät ota huomioon mm. oppimisen suunnittelua tai vuorovaikutteisuutta, joten heuristiikoista on kehitetty laajempia versioita (Dringus & Cohen, 2005; Mehlenbacher ym., 2005; Oztekin, Kong & Uysal, 2010; Reeves ym., 2002; Ssemugabi & de Villiers, 2007).

Reeves ym. (2002) laajentaa ja muuntaa Nielsenin (1994) kymmenen heuristiikan listaa. Nielsenin (1994) heuristiikat soveltuvat yleisesti ohjelmistojen käyttöliittymien arviointiin, joten e-oppimissovellusten tapauksessa niitä tulee laajentaa vastaamaan paremmin oppimiseen tarkoitettujen sovellusten arviointia (Reeves ym., 2002). Reeves ym. (2002) esittelee 15 heuristiikkaa ja arviointiprosessi sisältää kahdeksan eri vaihetta, jotka ovat erilaisia yksityiskohdaisia ohjeita arvioijalle. Käytettävyysongelmia voidaan arvioida kahdella asteikolla, joita ovat ongelmien vakavuus ja esiintymistiheys. Reevesin ym. (2002) viidentoista heuristiikan lista on seuraava

1. Järjestelmän tilan näkyvyys
2. Yhtenevyys järjestelmän ja tosielämän välillä
3. Toipuminen virhetilanteista ja poistuminen tilanteesta
4. Yhteneväisyys ja standardit
5. Virheiden estäminen
6. Suunnistamisen (navigoinnin) tukeminen
7. Esteettisyys
8. Opastus ja dokumentaatio
9. Vuorovaikutteisuus
10. Viestien suunnittelu
11. Oppimisen suunnittelu

12. Viestinnän yhteneväisyys
13. Ohjeistuksen arviointi
14. Tarpeelliset resurssit tehokkaaseen oppimiseen
15. Tarkoituksenmukainen palaute

Reevesin ym. (2002) heuristiikat 9–15 liittyvät nimenomaan sovelluksen e-oppimisen arviointiin. Reeves ym. (2002) testasivat heuristiikkoja ja arvioivat niiden avulla kaupallisen e-oppimissovelluksen (GMP Basics) käytettävyyttä. Arvioijat olivat asiantuntijoita ja heitä oli kahdeksan. Aikaa arviointiin kului yli kaksi viikkoa, mikä on huomattavasti enemmän kuin tavanomaisen heuristiiseen arviointiin tulisi kulua aikaa, sillä Nielsenin (1994) mukaan arviointi voidaan yleensä suorittaa parissa tunnissa. Toisaalta Reeves ym. (2002) käyttivät useampaa arvioijaa kuin heuristisessa arvioinnissa Nielsenin (1993) mukaan on tarpeen (3–5).

Mehlenbacher ym. (2005) käyttivät heuristiikkalistansa suunnittelussa apuna HCI-tutkimuksen tuloksia ja myös Nielsenin (1994) heuristiikkalista. Mehlenbacherin ym. (2005) mukaan e-oppimisympäristössä tulisi korostua hyödyllisyys, tehokkuus, opittavuus, joustavuus ja tyytyväisyys. Näistä piirteistä Mehlenbacher ym. (2005) esittelevät viiden pääkohdan heuristiikkalistan, joista kukin sisältää useita alakohtia. Nämä on esitetty seuraavassa:

- Oppijan tausta ja tiedot
  1. Helppokäyttöisyys eri alustoilla
  2. Muunneltavuus ja ylläpidettävyys
  3. Virhetilanteiden tukeminen ja niiden antama palaute
  4. Suunnistaminen (navigointi) ja käyttäjän liikkuminen
  5. Käyttäjän kontrolli, virheiden sietokyky ja joustavuus
- Sosiaalinen aktiivisuus
  6. Yhteiset tavoitteet ja tulokset
  7. Tiedonvälityksen käytännöt
- Ohjeistuksellinen sisältö
  8. Valmis kokonaisuus
  9. Esimerkit ja tapauskohtaiset tutkimukset
  10. Luettavuus ja tekstin laatu
  11. Yhteys tosielämän tilanteisiin
- Vuorovaikutuksen ilmaiseminen
  12. Esteettisyys
  13. Yhteneväisyys ja suunnittelu
  14. Typografiset vihjeet ja rakenne
  15. Ominaisuuksien näkyvyys ja kuvailu
- Opettajan toiminta
  16. Asiantuntijuus ja luotettavuus
  17. Tuttavallisuus ja läsnäolo
- Ympäristö ja oppimisen välineet
  18. Opastus ja dokumentaatio

19. Asioiden ja välineiden yhteenkuuluvuus
20. Tavoitteiden ja informaation asiaankuuluvuus
21. Käyttövarmuus ja toiminnallisuus

Mehlenbacher ym. (2005) eivät testaa heuristiikkojaan käytännössä ollenkaan, vaan ainoastaan esittelevät ne. Zaharias ja Koutsabasis (2012) ovat verranneet Reevesin ym. (2002) ja Mehlenbacherin ym. (2005) heuristiikoiden toimivuutta keskenään. Testattavana oli asynkroninen e-kurssi, jonka arvioivat kaksi ns. kaksinkertaista arvioijaa eli arvioijaa, joilla on pitkäaikainen kokemus heuristiisista arvioinneista. Zahariaksen ja Koutsabasisin (2012) mukaan molemmat heuristiikkalistat osoittautuivat erittäin käyttökelpoisiksi. Reevesin ym. (2002) heuristiikkalista käyttämällä voitiin löytää 95 prosenttia tunnistetuista käytettävyysongelmista ja vastaava luku Mechenbacherin ym. (2005) heuristiikkalisticalle oli 93 prosenttia (Zaharias & Koutsabasis, 2012). Zaharias ja Koutsabasis (2012) kuitenkin huomauttavat, että Reevesin ym. (2002) heuristiikoilla 20 prosenttia ongelmista löytyi useammalla kuin yhdellä heuristiikalla ja vastaava luku Mehlenbacherin ym. (2005) tapauksessa oli 39 prosenttia. Reevesin ym. (2002) heuristiikkalista antoi tulokseksi vähemmän toisteisuutta, joten sen käyttö on Zahariaksen ja Koutsabasisin (2012) mukaan suositeltavampaa. Zaharias ja Koutsabasis (2012) ehdottivat myös, että Mehlenbacherin lista tarvitsisi vielä lisää kehitystyötä. Toisaalta Mehlenbacher ym. (2005) eivät testanneet heuristiikkalistaansa julkaisussaan ollenkaan, joten oli ehkä odotettavaa, että Reevesin ym. (2002) lista antoi parempia tuloksia.

Dringuksen ja Cohenin (2005) heuristiikkalistan taustalla ovat sekä Nielsenin kymmenen heuristiikkaa että Reevesin ym. (2002) kehittämät 15 heuristiikkaa. Dringus ja Cohen (2005) muokkaavat näistä 13 heuristiikkaluokkaa, joista kukin sisältää lukuisia heuristiikkoja. Dringuksen ja Cohenin (2005) luokittelemat 13 heuristiikkojen luokkaa ovat

1. Näkyvyys (systeemin tila ja toiminnot)
2. Toiminnallisuus
3. Esteettisyys
4. Palaute ja opastus
5. Virheiden estäminen
6. Muistettavuus
7. Kurssin hallinta
8. Vuorovaikutteisuus
9. Joustavuus
10. Yhtenäisyys ja johdonmukaisuus
11. Tehokkuus (toiminta ja oppiminen)
12. Päällekkäisten toimintojen vähentäminen
13. Helppokäyttöisyys

Dringuksen ja Cohenin (2005) heuristiikkalista ei kuitenkaan mitenkään testata tai verrata käytännössä jo olemassa oleviin Nielsenin (1994) tai Reevesin ym. (2002) heuristiikkalistoihin.

Oztekin ym. (2010) kehittivät heuristisen tarkistuslistan ja testasivat listaa kyselytutkimuksella, eikä asiantuntija-arvioijien avulla. Oztekin ym. (2010) lista perustuu käytettävyyden ISO-standardin mukaiseen kolmeen käytettävyyden attribuuttiin: tarkkuuteen, tehokkuuteen ja tyytyväisyyteen sekä mm. Dringuksen ja Cohenin (2005) ja Arditon ym. (2004b) kehittämiin e-oppimisovellusten käytettävyyden arviointimenetelmiin. Oztekinin ym. (2010) UseLearn-tarkistuslista sisälsi 12 pääkohtaa, joista kukin sisältää useamman alakohdan. Nämä 12 pääkohtaa olivat:

1. Virheiden estäminen
2. Visuaalisuus
3. Joustavuus
4. Kurssin hallinta
5. Vuorovaikutteisuus, palaute ja opastus
6. Helppokäyttöisyys
7. Yhtenäisyys ja toiminnallisuus
8. Arvioinnin toimintasuunnitelma
9. Muistettavuus
10. Yhtenäisyys ja johdonmukaisuus
11. Esteettisyys
12. Päällekkäisten toimintojen vähentäminen

UseLearn-tarkistuslistaa käytettiin kyselytutkimuksessa arvioitaessa e-kurssia, jossa oli käytössä virtuaalinen oppimisympäristö Moodle (Oztekin ym. 2010; Oztekin, Delen, Turkyilmaz & Zaim, 2013). Käytettävyyden testaukseen osallistui 105 arvioijaa, jotka olivat opiskelijoita. Testikäyttäjät arvioivat käytettävyyttä 5-portaisella Likert-asteikolla. Tutkimus paljasti monia kriittisiä käytettävyydsongelmia, joten Oztekin ym. (2010) ja Oztekin ym. (2013) menetelmä oli heidän mielestään tehokas ajan ja rahan käytön suhteen. Oztekinin ym. (2010) ja Oztekinin ym. (2013) mukaan UseLearn-tarkistuslistan vahvin puoli oli se, että menetelmässä keskityttiin vain tiettyjen vakavien käytettävyydsongelmiin etsimiseen, eikä yritettykään löytää kaikkia käytettävyydsongelmia.

De Villiers (2004) käytti heuristiikkalistansa pohjana sekä Nielsenin (1994) että Squiresin ja Preecen (1999) heuristiikkalistoja. Näiden pohjalta de Villiers (2004) kehitti seuraavan kahdeksan kohtaa sisältävän heuristiikkalistan:

1. Sovelluksen suunnittelun ja oppimisen yhteensopivuus
2. Suunnistuksen (navigoinnin) tarkkuus
3. Sopiva oppijan kontrollin taso
4. Kognitiivisten virheiden estäminen
5. Ymmärrettävä ja tarkoituksenmukainen symbolien esittäminen
6. Henkilökohtaisen oppimisen muotojen tukeminen
7. Kognitiivisiin virheiden tunnistaminen ja niistä palautuminen
8. Sovelluksen sopivuus opetukseen ja sen muunneltavuus

De Villiers (2004) testasi heuristiikkojen toimivuutta kyselytutkimuksen avulla. Testattavana oli e-oppimiskurssi ja kyselyyn vastattiin neliportaisella Likert-asteikolla. De Villiers (2004) analysoi 20 kyselytutkimuksen vastausta. Kyselytutkimuksen perusteella de Villiers (2004) päätyi ehdottamaan kahta lisäheuristiikkaa: sovelluksen piirteet, jotka erottavat sen muista oppimissovelluksista ja oppijoiden sitouttaminen oppimiseen.

Ssemugabi ja de Villiers (2007) käyttivät e-oppimissovelluksen (WWW-pohjainen e-oppimissovellus Info3net) arvioitiin sekä kyselytutkimusta että haastattelua ja asiantuntijoiden tekemään heuristista arviointia. Kyselytutkimus ja heuristinen arviointi suoritettiin itsenäisesti samalle e-oppimissovellukselle. Ssemugabin ja de Villiersin (2007) tutkimuksen tarkoituksena oli nimenomaan verrata kyselytutkimuksen tuloksia heuristista arvioinnista saatuihin tuloksiin. Heuristiikkalistan 15 heuristiikkaa olivat samat sekä asiantuntijoille että testikäyttäjille, mutta asiantuntija-arvioijat eivät käyttäneet arvioinnissa heuristiikkoja 12, 15, 16, 17 ja 19, jotka oli suunniteltu erityisesti oppijoille. Ssemugabin ja de Villiersin (2007) heuristiikkalista perustuu mm. Nielsenin (1993) ja Squiresin & Preecen (1999) heuristiikkoihin ja he jakoivat heuristiikat kolmeen kategoriaan. Ssemugabin ja de Villiersin (2007) heuristiikat olivat Nielsenin (1994) kymmenen heuristiikkaa yhdistettynä seuraavan listan heuristiikkoihin:

- Arviointiperusteet opetukseen liittyville www-sivuille
  11. Helppous suunnistaa sivustolla ja sivuston selkeä rakenne
  12. Sivuston asiasisällön asiaankuuluvuus oppimisprosessiin
- Oppimiseen liittyvä ohjeistus, oppimisen tehokkuus
  13. Oppimistavoitteiden ja oppimisen päämäärien selkeys
  14. Vuorovaikutteisen oppimisen tehokkuus
  15. Oppijan kontrollin taso
  16. Tuki henkilökohtaisen oppimisen päämäärille
  17. Kognitiivisten virheiden tunnistaminen ja niistä toipuminen
  18. Oppijoille annettu palaute, opastus ja arviointi
  19. Sisältö tarkoituksenmukaisessa asiayhteydessä oppijoille
  20. Oppijan motivointi, luovuus ja aktiivinen oppiminen

Aluksi käyttäjät testit suoritettiin kyselytutkimuksella, jossa arviointi annettiin 5-portaisella Likert-asteikolla. Testikäyttäjiä oli mukana 61 ja 8 heistä haastateltiin vielä erikseen. Asiantuntija-arvioijista kaksi oli ns. kaksinkertaisia arvioijia huomattavalla HCI-kokemuksella ja arvioijia oli kaiken kaikkiaan neljä. Tutkimuksen tuloksena tämän listan avulla asiantuntija-arvioijat tunnistivat 77 % käytettävyyssongelmista ja käyttäjät testien perusteella tunnistettiin 73 % käytettävyyssongelmista. (Ssemugabi ja de Villiers, 2007.) Tutkimuksen perusteella Ssemugabin ja de Villiersin (2007) heuristiikkalista voidaan pitää toimivana arviointimenetelmänä e-oppimissovelluksille.

Zaharias (2006) sekä Zaharias ja Poylymenakou (2009) kehittivät iteratiivisesti e-oppimissovelluksille kyselytutkimuksen, jolla voidaan arvioida e-oppimissovelluksen teknistä käytettävyyttä ja motivaatiota oppimiselle. Yhtenä pääpainona kyselytutkimuksen kehittämissä oli oppimismotivaation arvioimi-

nen. Kyselytutkimuksen perustana olivat HCI-tutkimuksen yleiset periaatteet sekä kyselyn iteratiivinen kehittäminen kahden laajan kokeellisen käyttäjätestin avulla. (Zaharias, 2006; Zaharias & Poylymenakou, 2009.)

Kyselytutkimuksesta oli useita versioita, jotka sisälsivät eri määrän kysymysten pääluokkia ja niiden alakohtia. Iteraation ensimmäisessä vaiheessa kyselyyn vastasi 113 oppijaa ja toisessa vaiheessa tutkijat saivat 260 vastausta. Tutkittavana olivat liiketoiminta- ja pankkialaan liittyvät e-oppimiskurssit. (Zaharias, 2006; Zaharias & Poylymenakou, 2009.) Lopullisessa vaiheessa kyselytutkimus sisälsi kysymyksiä seitsemästä pääluokasta (Zaharias, 2006; Zaharias & Poylymenakou, 2009):

- Sisältö (tarkoituksen mukaista)
- Oppiminen ja oppimisen tukeminen
- Visuaalinen suunnittelu
- Suunnistus (navigointi)
- Helppokäyttöisyys
- Vuorovaikutteisuus
- Oman oppimisen arviointi ja oppimisen helppous

Kaikki nämä edellä mainitut pääluokat sisälsivät vielä yhteensä 39 alakohtaa. Oppijan motivaatiota arvioitiin vielä lisäksi kymmenellä alakohdalla erikseen. Kyselytutkimuksen reliabiliteetti ja validiteetti todettiin hyväksi, mutta kyselytutkimusta ei verrattu suoraan muihin tutkimuksiin. (Zaharias, 2006; Zaharias & Poylymenakou 2009.)

Elektronisia oppimissovelluksia on suunniteltu myös lapsille ja näiden testaamiseen on kehitetty heuristiikkalista, joka keskittyy elektronisten oppimissovelluksen käytettävyyden arviointiin nimenomaan lasten tapauksessa (Alsumait & Al-Osaimi, 2009). Edellä mainittu heuristiikkalista sisältää mm. heuristiikat: tue lapsen uteliaisuutta ja haasta lapsi osallistumaan. Kyseinen heuristiikkalistan todettiin paljastavan enemmän käytettävyyso ongelmia kuin käyttäjätestin, joten se soveltui hyvin lapsille suunniteltujen elektronisten oppimissovellusten testaamiseen. (Alsumait & Al-Osaimi, 2009.) Heuristiikkalista ei kuitenkaan käsitellä sen tarkemmin tässä tutkielmassa, sillä sitä ei ole suunniteltu yleisesti e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointiin, vaan nimenomaan lapsille suunnattujen e-oppimissovellusten arviointiin.

### 4.3 Useita arviointimenetelmiä yhdistävät menetelmät

Elektronisia oppimissovelluksia voidaan arvioida heuristisen arvioinnin ja kyselytutkimusten lisäksi monipuolisemmilla ja useita eri vaiheita sisältävillä arviointimenetelmillä. Näitä menetelmiä käsitellään tässä luvussa, mutta yleisellä tasolla nämä menetelmät ovat vaikeaselkoisempia ja niiden toteuttaminen vaatii enemmän suunnittelua.

Käytettävyyden systemaattinen arviointimenetelmä (engl. Systematic Usability Evaluation) eli SUE-menetelmä kehitettiin pääasiassa käytettävyyden arviointiin hypermediasysteemeille (Ardito ym., 2004a; Ardito ym., 2006b; Ardito ym. 2004b, Costabile, De Marsico, Lanzilotti, Plantamura & Roselli, 2005; Plantak Vukovac ym., 2010). SUE-menetelmässä käytettävyyden arviointi suoritetaan kahdessa vaiheessa, joista ensimmäinen on valmisteluvaihe ja jälkimmäinen toteutusvaihe. Valmisteluvaiheessa käytettävyyden eri attribuutit tunnistetaan ottaen huomioon sovelluksen toiminta-alue. (Ardito ym., 2004a; Ardito ym., 2006b; Ardito ym. 2004b, Costabile ym., 2005; Plantak Vukovac ym., 2010.) Näistä käytettävyyssattribuuteista johdetaan käytettävyyden testaamisessa analysoitavat käytettävyyssulottuvuudet. Jokaisessa eri käytettävyyssulottuvuudessa testataan käytettävyyden ISO-standardin mukaista kahta attribuuttia: tehokkuutta ja tarkkuutta, jotka jaetaan vielä pienempiin osa-alueisiin. (Ardito ym., 2004a; Ardito ym., 2006b; Ardito ym. 2004b, Costabile ym., 2005; Plantak Vukovac ym., 2010.) Valmisteluvaiheessa arviointimenetelmänä käytetään aluksi kognitiivista läpikäyntiä, ääneen ajattelua ja haastatteluja (Ardito ym. 2004a; Ardito ym., 2004b) tai heuristista arviointia (Costabile ym., 2005).

SUE-menetelmässä varsinainen käytettävyyden arviointi suoritetaan ns. lyhyiden tehtävien (engl. abstract tasks, ATs) avulla. Nämä lyhyet tehtävät (tai skenaariot) ohjaavat arvioijien työtä kuvaillen mitä objekteja arvioijan tulisi arvioida ja mitä tehtäviä heidän tulisi suorittaa näiden objektien yhteydessä. (Ardito ym., 2004a; Ardito ym., 2006b; Ardito ym. 2004b, Costabile ym., 2005; Plantak Vukovac ym., 2010). Tarkasti määritellyt lyhyet tehtävät helpottavat myös vähemmän kokeneiden arvioijien työtä (Ardito ym., 2004a).

Käytettäessä SUE-menetelmää elektronisten oppimissovellusten yhteydessä tunnistettiin neljä käytettävyyssulottuvuutta (Ardito ym., 2004a; Ardito ym., 2006b; Ardito ym. 2004b, Costabile ym., 2005) :

- Esitystapa
  - Sisältää käyttöliittymän ominaisuudet ja oppimisen välineet
- Hypermediallisuus
  - Käsittelee kommunikaatiota ja tiedonvälityksen muotoja
- Sovelluksen toiminta
  - Sisältää ne toiminnot, joiden avulla sovellus tukee oppimista
- Käyttäjän aktiivisuus
  - Käsittelee sovelluksen vastaavuutta käyttäjän toimintoihin ja tarpeisiin

Jokaiselle käytettävyyssulottuvuudelle esitellään myös yksittäiset tehokkuuden ja tarkkuuden kriteerit sekä ohjenuorat, jotka on vielä jaettu osa-alueisiin. SUE-menetelmän perusteellisesta teoreettisesta käsittelystä huolimatta sen empiirisestä testaamisesta esitettiin niukasti tietoja. (Ardito ym., 2004a; Ardito ym., 2006b; Ardito ym., 2004b, Costabile ym., 2005.)

Toinen systemaattinen arviointimenetelmä e-oppimissovelluksille on e-Learning Systematic Evaluation eli eLSE-menetelmä (Ardito, Costabile, De An-



geli & Lanzilotti, 2006a; Costabile, Roselli, Lanzilotti, Ardito & Rossano, 2007; Lanzilotti, Ardito, Costabile & De Angeli, 2006). eLSE-menetelmä pohjautuu SUE-menetelmään ja sisältää yhteisiä piirteitä SUE-menetelmän kanssa. Ensimmäiseksi käytettävyyden arvioinnissa on kaksi vaihetta sekä valmistelu- että toteutusvaihe ja niissä käytetään useita käytettävyyden arviointimenetelmiä. Toiseksi e-oppimista arvioidaan ns. neljällä käytettävyyssulottuvuudella, jotka ovat (Lanzilotti ym., 2006):

- Teknologia
  - Vastaa SUE-menetelmän hypermediallisuutta
- Vuorovaikutus
  - Käsittelee käyttäjän aktiivisuutta ja oppimateriaalin esitystapaa
- Sisältö
  - Elektronisen oppimateriaalin laatu
- Palvelut
  - Sisältää ne toiminnot ja välineet, joiden avulla sovellus tukee oppimista

Näitä käytettävyyssulottuvuuksia kutsutaan nimellä TICS (engl. Technology, Interaction, Content, Services). Käytettävyyttä arvioidaan lyhyiden tehtävien (AT) avulla, jotka perustuvat esitettyyn neljään käytettävyyssulottuvuuteen. Toisinaan eLSE-menetelmän tätä vaihetta kutsutaan myös malleihin perustuvaksi (engl. pattern-based) käytettävyyden arvioinniksi (Costabile ym., 2007; Lanzilotti, Ardito, Costabile & De Angeli, 2011). Tässäkin menetelmässä voidaan arvioida sekä teknistä käytettävyyttä että oppimista. Käytettävyyttä arvioidaan kahdessa vaiheessa, ensimmäisessä valmisteluvaiheessa lyhyet tehtävät määritellään ja toteutusvaiheessa mm. käyttäjiä havainnoidaan kun he tekevät tehtäviä, jotka johdettu valmisteluvaiheen tehtävistä. Ardito ym. (2006a), Lanzilotti ym. (2006) ja Lanzilotti ym. (2011) testasivat eLSE-menetelmää ja vertasivat lyhyiden tehtävien avulla suoritettavaa läpikäyntiä mm. heuristiseen arviointiin ja ääneen ajatteluun. Testausvaiheessa käytettävyyssongelmat jaettiin viiteen luokkaan: sisältö, graafinen suunnittelu, tekniset ongelmat, palaute ja suunnistus (navigointi). Testiin osallistui yhteensä 98 käyttäjää. Testien tuloksena saatiin, että e-oppimissovelluksen läpikäynti lyhyiden tehtävien avulla paljasti tehokkaammin ja tarkemmin enemmän käytettävyyssongelmia kuin muut testissä käytetyt menetelmät. (Ardito ym., 2006a; Lanzilotti ym., 2006; Lanzilotti ym., 2011.)

MiLE+ -menetelmä (Milano-Lugano Evaluation Method versio 2) yhdistää monia käytettävyyssarviointin menetelmiä ja tekniikoita (heuristiikkalistoja, skenaarioiden avulla tehtävää arviointia, kognitiivista läpikäyntiä ja tehtäväpohjaista testaamista, haastatteluja). Tämä on yhteistä myös menetelmille MiLE+, SUE ja eLSE. Alun perin MiLE-menetelmä kehitettiin WWW-sovellusten arviointiin ja siitä kehitettiin edelleen MiLE+, joka perustuu SUE- ja MiLE-menetelmiin. Erityisesti MiLE+ -menetelmää on käytetty e-oppimissovellusten

arviointiin. (Bolchini & Garzotto, 2007; Plantak Vukovac ym., 2010; Triacca, Bolchini, Botturi, & Inversini, 2004; Triacca, Inversini & Bolchini, 2005.)

Elektronisen oppimissovelluksen käytettävyyden tekninen arviointi MiLE+ -menetelmällä perustuu ns. teknisiin heuristiikkoihin, jotka on luokiteltu seuraavasti (Bolchini & Garzotto 2007):

- Suunnistus (navigointi)
- Sisältö
- Teknologia/ sovelluksen toiminta (esim. reaktiot virheisiin)
- Käyttöliittymän suunnittelu
  - Semiotiikka
  - Kognitiot
  - Grafiikka

MiLE+ -menetelmä koostuu kolmesta perusosasta. Ensimmäiseksi skenaarioilla tunnistetaan käyttäjätyypit, profiilit ja tavoitteet käyttökontekstiin liittyen. (Triacca ym., 2004; Plantak Vukovac ym., 2010.) Elektronisten oppimissovellusten tapauksessa käyttäjätyypit ovat oppija ja opettaja. Skenaarioiden tehtävät ja tavoitteet liittyvät käyttäjien profiileihin. Toiseksi skenaarioita tuetaan heuristisella arvioinnilla, jolla arvioidaan teknistä käytettävyyttä ja käyttäjäkokemusta. Kolmanneksi sovelletaan käytettävyyden arvioinnin kirjastoa Usability Evaluation Kits (U-KITs), joka sisältää 82 käytettävyyden tekniseen arviointiin liittyvää heuristiikkaa ja 20 mittaria käyttäjäkokemuksen arviointiin. (Bolchini ym., 2007; Plantak Vukovac ym., 2010.) Lisäksi tarkastellaan skenaarioita (käyttäjien profiilit, tavoitteet ja tehtävät), jotka liittyvät tiettyyn käytettävyyalueeseen. Käyttäjätestejä voidaan suorittaa tärkeimmille skenaarioille, tavoitteille ja käyttäjien tehtäville. MiLE+ -menetelmän etuja ovat sen soveltuvuus vähemmän kokeneille arvioijille ja e-oppimissovelluksen tapauksessa menetelmä tukee käyttäjän eri roolien tarkastelua, mutta ei kuitenkaan tarjoa paljon heuristiikka-arviointia pedagogisesta näkökulmasta. (Bolchini ym., 2007; Plantak Vukovac ym., 2010.) Menetelmän huonona puolena on sen soveltamiseen tarvittava aika, sillä elektronisen oppimissovelluksen käytettävyyden arviointi kesti yli kuusi kuukautta (Triacca ym., 2004).

#### **4.4 Johtopäätöksiä e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointimenetelmistä**

Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä on viimeisimmän noin kymmenen vuoden aikana arvioitu erilaisilla menetelmillä, joista suosituimpia ovat olleet julkaistujen tutkimusten määrän mukaan heuristiset arviointimenetelmät. Heuristiset arviointimenetelmät ovat nopeita ja helppoja toteuttaa. Toisaalta luotettavasti suoritettava e-oppimissovelluksen heuristinen arviointi tarvitsee asiantuntija-arvioitsijoita, sillä aloittelevat arvioitsijat eivät havaitse yhtä paljon

käytettävyyssongelmia kuin asiantuntijan suorittamassa arvioinnissa havaitaan (Nielsen, 1993).

Monivaiheisemmilla elektronisten oppimisovellusten arviointimenetelmillä SUE, eLSE ja MiLE+ saatiin myös lupaavia tuloksia, mutta näistä ainoastaan eLSE-menetelmää on verrattu heuristiseen arvioitiin. Tulosten mukaan eLSE-menetelmä paljasti enemmän käytettävyyssongelmia kuin pelkkä heuristinen arviointi (Ardito ym., 2006a; Lanzilotti ym. 2006; Lanzilotti ym. 2011). Toisaalta MiLE+ -menetelmän toteuttaminen vaatii runsaasti aikaa (Triacca ym., 2004). Taulukossa 1 on esitetty yhteenveto tässä tutkielmassa tarkastelluista elektronisten oppimisovellusten arviointimenetelmistä. Monivaiheisista menetelmistä käytettävyyden arvioinnin piirteitä on otettu mukaan yleisellä tasolla.

Taulukon 1 koottujen tietojen perusteella arvioidaan niitä elektronisten oppimisovellusten teknisiä ratkaisuja, jotka tukevat käytettävyyttä. Tässä tutkielmassa on keskitytty nimenomaan e-oppimisovellusten tekniseen käytettävyyteen, mutta koska kyse on nimenomaan oppimisovelluksista, niiden pedagogista käytettävyyttä ei voida kokonaan sivuuttaa (Granić, 2008; Reeves ym., 2002; Zaharias 2006). Kaikissa taulukossa 1 esitetyissä e-oppimisovellusten käytettävyyden arviointimenetelmissä arvioidaan jollakin tasolla myös sovellusten pedagogista käytettävyyttä.

Taulukon 1 perusteella on tunnistettu niitä e-oppimisovellusten käytettävyyttä tukevia teknisiä ratkaisuja, jotka on huomioitu vähintään puolessa tutkimuksista tai menetelmistä. Erittäin tärkeinä e-oppimisovellusten teknisinä piirteinä voidaan pitää niiden esteettisyyttä, minimalistista suunnittelua, visuaalisuutta sekä sovelluksen käytön tehokkuutta, joustavuutta ja virhetilanteiden estämistä. Muita tärkeitä piirteitä, jotka liittyvät tekniseen käytettävyyteen ovat suunnistamisen (navigoinnin) tukeminen ja päämäärien selkeys. Myös tarpeellisten teknisten resurssien tarjoaminen oppimiseen, virhetilanteiden tunnistaminen ja niistä toipuminen, sovelluksen tekninen käyttövarmuus ja toiminnallisuus sekä yhteneväisyys ja standardit ovat tärkeitä ominaisuuksia. Tekniseen ja pedagogiseen käytettävyyteen liittyvä tärkein piirre on vuorovaikutteisuus. Muita tärkeitä piirteitä ovat henkilökohtaisen oppimisen tukeminen ja oppijan kontrollin sopiva taso, oppimisen suunnittelu, opastus, dokumentaatio, sisällön laatu sekä oppijoille annettu tarkoituksenmukainen palaute.

Ne elektronisten oppimisovellusten suunnitteluratkaisut, joilla edellä luetellut teknistä ja pedagogista käytettävyyttä tukevat piirteet toteutetaan, riippuvat yksityiskohdiltaan täysin suunniteltavasta sovelluksesta ja käytettävissä olevista resursseista.

Nielsenin (1994) heuristiikkalistaan verraten tärkein uusi piirre elektronisten oppimisovellusten arvioinnissa on sovelluksen vuorovaikutteisuus, seuraavaksi tärkeimmät piirteet ovat suunnistuksen (navigoinnin) helppous, sovelluksen esittämien päämäärien selkeys ja tuki henkilökohtaiselle oppimiselle. Taulukon 1 tulosten mukaan Mehlenbacherin ym. (2005) sekä Ssemugabin ja de Villiersin (2007) heuristiikkalistat sisältävät eniten tärkeimpinä pidettyjä teknisiä ja pedagogisia piirteitä. Empiiristen testien (Zaharias & Koutsabasis, 2012) mukaan Mehlenbacherin ym. (2005) heuristiikkalista sisälsi kuitenkin

enemmän toisteisuutta kuin Reevesin ym. (2002) heuristiikkalista, mutta asiantuntijat löysivät molempien heuristiikkalistojen avulla suurimman osan käytettävyysongelmista. Ssemugabin ja de Villiersin (2007) heuristiikkalistan avulla asiantuntijat ja testikäyttäjät tunnistivat yli 70 prosenttia käytettävyysongelmista, joten tämän listan avulla aloittelevat arvioijatkin yltyvät hyviin tuloksiin.

TAULUKKO 1 Yhteenveto e-oppimissovellusten käytettävyyden arviointimentelmistä. Taulukossa on lueteltu ne käytettävyyden arvioinnin piirteet, joita eri arviointimenetelmissä pidettiin tärkeinä. Käytettävyyden arvioinnin tutkimukset/menetelmät on numeroitu seuraavasti: 1. Reeves ym. (2002), 2. Mehlenbacher ym. (2005), 3. Dringus & Cohen (2005), 4. Oztekin ym. (2010), 5. De Villiers (2004), 6. Ssemugabi & de Villiers (2007), 7. Zaharias & Poylymenakou (2009), 8. SUE-mentelmä, 9. eLSE-mentelmä, 10. MiLE+ -menetelmä.

<b>Heuristiikka/huomioita asia</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>
Järjestelmän tilan näkyvyys	x	x	x			x				
Yhtenevyys järjestelmän ja tosielämän välillä	x	x				x		x		
Käyttäjän kontrolli ja vapaus							x	x		
Yhteneväisyys ja standardit	x	x	x	x		x				
Virheiden estäminen	x	x	x	x	x	x		x		
Tunnistaminen muistamisen sijaan/vihjeet		x			x	x				
Käytön joustavuus ja tehokkuus		x	x	x		x	x	x		x
Esteettinen ja minimalistinen suunnittelu, visuaalisuus	x	x	x	x		x	x	x	x	x
Auta käyttäjää tunnistamaan ja määrittelemään virheitilanteita sekä toipumaan niistä	x	x			x	x				x
Opastus ja dokumentaatio	x	x	x	x		x				
Suunnistamisen (navigoinnin) tukeminen	x	x			x	x	x			x
Vuorovaikutteisuus	x	x	x	x		x	x	x	x	
Viestien suunnittelu	x	x						x		x
Oppimisen suunnittelu/päämäärien selkeys	x	x					x	x	x	x
Viestinnän yhteneväisyys	x	x						x		
Ohjeistuksen arviointi	x	x								
Tarpeelliset resurssit tehokkaaseen oppimiseen	x	x	x					x	x	
Tarkoituksenmukainen palaute	x		x	x		x		x		
Järjestelmän muunneltavuus ja ylläpidettavuus		x			x					
Sosiaalinen aktiivisuus		x				x				
Opettajan toiminta		x					x	x		
Käyttövarmuus ja toiminnallisuus		x	x	x				x	x	
Muistettavuus			x	x						
Kurssin hallinta			x	x		x				
Päällekkäisten toimintojen vähentäminen			x	x						
Helppokäyttöisyys			x	x			x	x		
Arvioinnin toimintasuunnitelma					x		x	x		
Sisällön laatu		x					x	x		x
Oppijan kontrollin taso/henkilökohtainen oppiminen		x			x	x	x	x	x	x
Sovelluksen suunnittelun ja oppimisen yhteensopi- vuus						x		x		

Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyden arviointimenetelmien yhteydessä on kiinnostavaa havaita, että ne eivät yleisesti huomioi käyttäjän yksityisyyden tasoa tai tietoturvaan liittyviä asioita, tarkastelluista tutkimuksista ainoastaan Mehlenbacher ym. (2005) sivuaa aihetta lyhyesti. Vuorovaikutuksen toteutuminen on tärkeä piirre elektronisissa oppimissovelluksissa, mutta miten laajasti ja mitä tietojaa ja taitojaan oppijat haluavat jakaa elektronisissa oppimissovelluksissa ja miten kyseinen asia vaikuttaa elektronisen oppimisen motivaatioon yksilöiden kohdalla on melko tutkimatonta aluetta. Aihealuetta on tutkittu vasta vähän, mutta mahdollisten tietoturva-uhkien on havaittu olevan yksi syy oppijoiden haluttomuuteen käyttää elektronisia oppimissovelluksia (Wong, Nguyen, Chang, & Jayaratna, 2003; Zamzuri, Manaf, Yunus & Ahmad, 2013).

## 5 YHTEENVETO

Elektroninen oppiminen on oppimista, jossa oppimistapahtumaa tuetaan suoraan jollakin elektronisella välineellä tai laitteella (Donnelly ym., 2012). Elektroninen oppiminen voidaan myös ideaalitulanteessa nähdä työkaluna, jolla edistetään ja parannetaan oppimista sekä henkilökohtaista oppimiskokemusta (Donnelly ym., 2012).

Oppiminen puolestaan on oppijan tietojen ja/tai taitojen muutokseen liittyvä prosessi. Oppimisprosessiin liittyvät oppimisympäristö, oppimistulokset, oppija, useimmiten opettaja ja näiden väliset suhteet. Tätä kokonaisuutta voidaan kuvata oppimisen LEPO-viitekehyksellä (Phillips ym., 2012). Oppimista on pyritty ymmärtämään myös erilaisilla oppimiskäsityksillä. Tässä tutkielmassa esiteltiin lyhyesti neljä tunnetuinta oppimiskäsitystä, jotka ovat behavioristinen, kognitiivinen, konstruktiiivinen ja humanistinen oppimiskäsitys. Behavioristisen oppimiskäsityksen mukaan oppiminen on ehdollistumista, jota voidaan tehostaa palkinnoilla ja rangaistuksilla (Sinkkonen ym., 2006). Kognitiivisessa oppimiskäsityksessä oppiminen tapahtuu ajattelun ja asioiden pohtimisen kautta korostaen ihmisen kykyä järjestää tieto- ja taitovarantojaan uudelleen. Konstruktiiivisessa oppimiskäsityksessä oppija rakentaa uutta tietoa aikaisemmin opitun päälle, jolloin opittu tieto prosessoituu kunkin oppijan aikaisempaa tieto- ja taitotaustaa vasten. Humanistinen oppimiskäsitys korostaa oppimisen yksilöllisyyttä ja joustavaa oppimista. (Leonard, 2002; Sinkkonen ym., 2006.)

Tapoja, jolla ihminen pääsääntöisesti opettelee tuotteiden, laitteiden ja sovellusten ym. käyttöä on Sinkkonen ym. (2006) mukaan kaksi. Nämä tavat ovat tehtäväketjun/toimenpidesarjan oppiminen ja toimintaperiaatteen ymmärtäminen. Oppimistavat eivät ole toisiaan poissulkevia ja niitä käytetään usein liittämällä. Toimenpidesarjan oppiminen sisältää sarjan tehtäviä, jotka suoritetaan tietyssä järjestyksessä ja määrättyssä ympäristössä. Toimintaperiaatteen ymmärtäminen tarkoittaa monivaiheista syy- ja seuraussuhteiden järjestämistä johdonmukaiseksi kokonaisuudeksi. Jälkimmäinen oppimistapa mahdollistaa yleensä opittujen kokonaisuuksien laajemman soveltamisen. (Sinkkonen ym., 2006.) Yhtenä keskeisenä asiana oppimiseen liittyy vielä oppimista ohjaava

psykkinen syy eli motivaatio. Motivaatiolla voi olla erilaisia henkilökohtaisia lähtökohtia, joista syy oppimiselle aktivoituu (Engeström, 1987).

Elektroninen oppiminen voidaan ymmärtää myös osana erilaisia pedagogisia oppimistyyliä. Elektroninen oppiminen on osa jaettua oppimista ja etäoppimista, mutta sisältää piirteitä myös yhdistetystä ja avoimesta oppimisesta (Rennie & Morrison, 2013). Elektronisella oppimisella on lukuisia etuja verrattuna tavanomaiseen kasvatusten tapahtuvaan oppimiseen. Elektroniset oppimateriaalit voidaan räätälöidä tukemaan henkilökohtaista oppimista ja ne voivat sisältää asioita havainnollistavia interaktiivisia komponentteja. Myöskään oppilasmäärää ei tarvitse välttämättä rajoittaa sopimaan tiettyyn aikaan tai tilaan. Toisaalta e-oppimiseen liittyy monia haasteita, jotka ovat uusia verrattuna perinteiseen kasvatusten tapahtuvaan oppimiseen. Haasteet liittyvät esimerkiksi e-oppimissovellusten ylläpitoon, e-oppimiseen tarvittavien laitteiden hintoihin ja suorituskykyyn, e-oppisisältöjen laatuun ja luotettavuuteen. Yhdeksi elektroniseen oppimiseen liittyvistä huomattavimmista haasteista on havaittu oppijoiden motivoiminen e-oppimiseen (Juutinen, 2011; Levy, 2007). Oppijoiden tyytyväisyys e-oppimiseen vähentää luonnollisesti keskeyttämistä. Sun ym. (2008) havaitsivat, että tärkeinä tekijöinä e-oppimisessa oppijat pitivät oppimisen joustavuutta, laatua, hyödyllisyyttä, monipuolisuutta ja opettajan asennetta e-oppimista kohtaan. Ratkaisua oppijoiden motivoimiseen on haettu mm. myös elektronisten oppimissovellusten pelimäisyydestä (Kiili, 2005). Myös vuorovaiikutuksella havaittiin olevan tärkeä merkitys e-oppimisen onnistumiselle (Juutinen, 2011; Paechter & Maier, 2010). Toisaalta oppijoiden kokemaan tyytyväisyyteen vaikuttivat merkittävästi myös oppijan kokema stressi tietokoneiden käytön yhteydessä sekä e-oppimissovelluksen käytön helppous (Sun ym., 2008). Elektronisten oppimissovellusten käytettävyydellä havaitaan siis olevan tärkeä merkitys sille, millainen on oppijan kokema tyytyväisyys e-oppimisen yhteydessä ja jatkaako oppija e-oppimista. Tämän takia onkin tärkeää pohtia, että miten e-oppimissovellusten käytettävyyttä arvioidaan ja minkälaiset tekniset ratkaisut tukevat elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä.

Nielsen (1993) luokittelee käytettävyyden osaksi laajaa järjestelmän hyväksyttävyyden kokonaisuutta. Järjestelmän käytännöllinen hyväksyttävyys jakautuu osiin, joista yksi on käyttökelpoisuus, jonka osa-alueet ovat hyödyllisyys ja käytettävyys. Käytettävyys koostuu Nielsenin (1993) mukaan viidestä attribuutista, jotka ovat opittavuus, tehokkuus, muistettavuus, virheettömyys ja tyytyväisyys. Toisen yleisesti sovelletun käytettävyyden määritelmän antaa ISO-standardi, jonka mukaan käytettävyyden attribuutit ovat tarkkuus, tehokkuus ja tyytyväisyys.

Käytettävyyttä voidaan arvioida monilla erilaisilla menetelmillä ja eri menetelmiä voidaan myös yhdistää arviointia suoritettaessa. Käytettävyyden arviointimenetelmät jaetaan asiantuntija-arviointeihin ja käyttäjätesteihin. Asiantuntija-arviointimenetelmistä käytetyin on heuristinen arviointi. Heuristisessa arvioinnissa asiantuntija käy läpi järjestelmän käyttöliittymää tiettyjen käytettävyyasperiaatteiden pohjalta. Käyttäjätesteissä on aina mukana käyttäjiä, jotka testaavat järjestelmän käytettävyyttä suorittamalla heille annettuja tehtäviä tes-

tattavan järjestelmän avulla. (Riihiaho, 2000.) Heuristinen menetelmä on nopein ja halvin tapa arvioida käytettävyyssongelmia, mutta kokeelliset käyttäjättestit paljastavat monesti erilaisia ja vakavampiakin käytettävyyssongelmia. Toisaalta kokeellisten käyttäjätestien toteuttaminen on kallista ja niihin kuluu huomattavasti enemmän aikaa kuin heuristiseen arviointiin. Paras tulos käytettävyyden kannalta saavutetaan kuitenkin useimmiten käyttämällä sekä asiantuntija-arviointia että käyttäjätestausta. (Holzinger, 2005; Riihiaho, 2000.)

Heuristisen arviointimenetelmän kulmakivenä voidaan pitää Nielsenin (1994) kehittämää heuristiikkalista, joka sisältää kymmenen heuristiikkaa. Kognitiivinen läpikäynti on toinen yleinen asiantuntijoiden käyttämä arviointimenetelmä. Kognitiivisessa läpikäynnissä pyritään jäljittelemään käyttäjän mahdollisia toimenpiteitä annetussa tehtävässä. (Holzinger, 2005.) Nielsenin (1993) mukaan ehkä tärkein käytettävyyden arviointimenetelmä on ääneen ajattelu, jossa testikäyttäjät kertovat ajatuksistaan samaan aikaan, kun he suorittavat annettuja tehtäviä järjestelmällä. Käytettävyyteen liittyvät kyselytutkimukset voidaan suorittaa haastatteluina tai paperisten lomakkeiden avulla. Kyseisellä menetelmällä voidaan koota testikäyttäjien mielipiteitä järjestelmän käytölliittymästä. Ääneen ajattelu tai kyselytutkimus voidaan yhdistää skenaarioihin, jotka voivat olla eri suunnitteluvaiheiden prototyyppejä testattavasta järjestelmästä. (Holzinger, 2005; Nielsen, 1993.)

Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä on tutkittu yllättävän vähän (Plantak Vukovac ym., 2010; Zaharias, 2006). Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä arvioitaessa tulisi ottaa jollakin tavalla huomioon käyttäjien tiedon saannin, jakamisen ja vuorovaikutuksen merkitys. Tästä syystä tavanomaiset käytettävyyden arviointimenetelmät eivät suoraan ole riittäviä arvioimaan elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä kokonaisuutena. (Reeves ym., 2002.) Viimeisen noin kymmenen vuoden aikana esitetyistä elektronisten oppimissovellusten arviointimenetelmistä mikään ei ole saavuttanut vakiintunutta asemaa. Yhtenäisen ja systemaattisen näkemyksen puute vaikeuttaa helpon, luotettavan ja nopean e-oppimissovelluksen arviointimenetelmän valintaa. (Ardito ym., 2006b; Plantak Vukovac ym., 2010.)

Tässä tutkielmassa esiteltiin kymmenen erilaista vaihtoehtoa, joilla elektronisten oppimissovellusten käytettävyyttä voidaan arvioida. Seitsemässä arviointimenetelmässä käytettiin jonkinlaisena pohjana Nielsenin (1994) heuristiikkalista joko suoraan tai epäsuorasti. Heuristiikkalistat olivat siis käytetyin menetelmä arvioimaan e-oppimissovellusten käytettävyyttä. Heuristiikkalistoja käytettiin suoraan joko asiantuntija-arvioinneissa tai sovellettuina kyselytutkimusten muotoon. Ssemugabi ja de Villiers (2007) käyttivät arvioinnissaan sekä kyselytutkimusta että haastatteluja ja asiantuntijoita. Dringuksen ym. (2005) heuristiikkalista ei testattu käytännössä ollenkaan. Käytännössä testatut heuristiikkalistat antoivat hyviä tuloksia käytettävyyssongelmien löytämisessä. Erityisesti Reevesin ym. (2002) käyttämän heuristiikkalistan avulla asiantuntijat onnistuivat löytämään melkein kaikki sovelluksen tunnistetut käytettävyyssongelmat, lista sisälsi myös vähemmän toistettavuutta kuin Mehlenbacherin ym. (2005) heuristiikkalista (Zaharias & Koutsabasis 2012). Monivaiheiset arviointi-



menetelmät SUE, eLSE ja MiLE+ vaativat e-oppimissovelluksen arvioinnin järjestäjiltä huomattavampaa panostusta ja tarkkaa perehtymistä kyseisiin menetelmiin sekä runsaasti aikaa käytettävyyden testaamiseen. Monivaiheisuutensa ja jopa vaikeaselkoisuutensa takia menetelmiä ei todennäköisesti ole testattu kovin monessa tutkimuksessa. Esimerkiksi MiLE+ -menetelmän yhteydessä kerrotaan sen sisältävän 82 teknistä heuristiikkaa, mutta valitettavasti julkaisuissa ei mainita mitä nämä ovat. Heuristiikkalistoja parempia tuloksia antoi eLSE-menetelmä (Ardito ym., 2006a), mutta tätäkin menetelmää on todennäköisesti vaikea soveltaa, sillä menetelmän sisältämistä tehtävistä ei anneta tarpeeksi tarkkaa kuvausta. Toisaalta myös heuristiikkalistojen avulla on mahdollista löytää suurin osa käytettävyysongelmista (Zaharias & Koutsabasis, 2012).

Tässä tutkielmassa elektronisten oppimissovellusten käytettävyyden arviointiin perustuvista julkaisuista koottiin yhteen niitä e-oppimissovellusten käytettävyyttä tukevia teknisiä ratkaisuja, jotka on huomioitu vähintään puolessa tutkimuksista tai menetelmistä. Tutkimuksista havaitaan, että erittäin tärkeinä elektronisten oppimissovellusten teknisinä piirteinä voidaan pitää niiden esteettisyyttä, minimalistista suunnittelua, visuaalisuutta ja vuorovaikutteisuutta. Muita tärkeitä tekniseen käytettävyyteen liittyviä piirteitä, joita tutkimuksissa mainittiin ovat esimerkiksi sovelluksen käytön tehokkuus ja joustavuus, virhetilanteiden estäminen, henkilökohtaista oppimista tukevat ratkaisut ja suunnistamisen (navigoinnin) tukeminen sekä päämäärien selkeys. Teknisten ratkaisujen yksityiskohdat riippuvat täysin suunniteltavasta tai testattavasta sovelluksesta sekä käytettävissä olevista resursseista.

Perinteiseen teknistä käytettävyyttä korostavaan Nielsenin (1994) heuristiikkalistaan verraten tärkeimmät uudet piirteet, joita elektronisten oppimissovellusten yhteydessä tulisi arvioida, ovat sovelluksen vuorovaikutteisuus, suunnistuksen (navigoinnin) helppous, sovelluksen esittämien päämäärien selkeys ja tuki henkilökohtaiselle oppimiselle.

Toimivana ja helpoimmin toteuttavana elektronisen oppimissovelluksen arviointimenetelmänä voidaan pitää heuristista arviointia. Tämän tutkimuksen tulosten perusteella heuristinen arviointi kannattaa toteuttaa Reevesin ym. (2002), Mehlenbacherin ym. (2005) tai Ssemugabin ja de Villiersin (2007) heuristiikkalistalla. Toisaalta käytettävyyden arviointimenetelmät eivät yleensä huomioineet tietoturvallisuuteen liittyviä mahdollisia uhkia, vaikka niiden on havaittu vaikuttavan oppijoiden haluttomuuteen käyttää elektronisia oppimissovelluksia (Zamzuri, Manaf, Yunus & Ahmad, 2013).

Elektronisten oppimissovellusten käytettävyyden arviointimenetelmistä puuttuu yhtenäinen ja systemaattinen näkemys, joten tulevaisuudessa elektronisten oppimissovellusten yleistyessä tarvitaan niiden käytettävyyden arviointiin luotettava ja helposti sovellettavissa oleva arviointimenetelmä. Toisaalta voidaan pohtia myös, pitäisikö e-oppimissovelluksissa teknistä ja pedagogista käytettävyyttä arvioida kokonaan erillisillä arviointimenetelmillä ja mahdollisesti kehittää uusia arviointimenetelmiä, jotka testaisivat paremmin kumpaakin käytettävyydynäkökulmaa. Tietoturvallisuuteen liittyviä asioita olisi myös hyvä huomioida kattavammin käytettävyyden arvioinnissa. Pohdinta herättää myös

ajatuksen, tulisiko elektronisiin oppimisympäristöihin kehittää kokonaan uusia oppimisteorioita, jotka ottaisivat paremmin huomioon tietoteknisen kehityksen luonteen ja ominaisuudet.

## LÄHTEET

- Albion, P. (1999). Heuristic evaluation of educational multimedia: from theory to practice. Teoksessa *Proceedings ASCILITE 1999: 16th Annual Conference of the Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education: Responding to Diversity* (s. 9–15). Australasian Society for Computers in Learning in Tertiary Education (ASCILITE).
- Alsumait, A., & Al-Osaimi, A. (2009). Usability heuristics evaluation for child e-learning applications. Teoksessa *Proceedings of the 11th International Conference on Information Integration and Web-based Applications & Services* (s. 425–430). Kuala Lumpur, Malaysia, December 14–16, 2009. ACM.
- Ardito, C., Costabile, M. F., De Angeli, A. & Lanzilotti, R. (2006a). Systematic evaluation of e-learning systems: an experimental validation. Teoksessa *Proceedings of the 4th Nordic conference on Human-computer interaction: changing roles* (s. 195–202). Oslo, Norway, October 14–18, 2006. ACM.
- Ardito, C., Costabile, M. F., De Marsico, M., Lanzilotti, R., Levialdi, S., Plantamura, P., Roselli, T., Rossano, V. & Tersigni, M. (2004a). Towards guidelines for usability of e-learning applications. Teoksessa C. Stary & C. Stephanidis (toim.), *User-centered interaction paradigms for universal access in the information society* (s. 185–202). Berlin Heidelberg: Springer.
- Ardito C., Costabile M., De Marsico M. F., Lanzilotti R., Levialdi S., Roselli T., & Rossano V. (2006b). An approach to usability evaluation of e-learning applications. *Universal Access in the Information Society*, 4(3), 270–283.
- Ardito, C., De Marsico, M., Lanzilotti, R., Levialdi, S., Roselli, T., Rossano, V., & Tersigni, M. (2004b). Usability of e-learning tools. Teoksessa M. F. Costabile (toim.), *Proceedings of the working conference on Advanced visual interfaces* (s. 80–84). Gallipoli, Italy, May 25–28, 2004.
- Bietz, M. (2014). Distributed work – Working and Learning at a Distance. Teoksessa A. Littlejohn & A. Margaryan (toim.), *Technology-enhanced professional learning: processes, practices and tools* (s. 28–38). New York: Routledge.
- Bolchini, D. & Garzotto, F. (2007). Quality of web usability evaluation methods: an empirical study on MiLE+. Teoksessa M. Weske, M.-S. Hacid & C. Godart (toim.), *Proceedings of the Web Information Systems Engineering–WISE 2007 Workshops* (s. 481–492). Nancy, France, December 3, 2007. Berlin Heidelberg: Springer.
- Bransford, J., Brown, A. & Cocking, R. (2000). *How people learn: brain, mind, experience, and school*. Washington, D.C.: National Academy Press.
- Clark, R. C. & Mayer, R. E. (2011). *E-learning and the science of instruction: Proven guidelines for consumers and designers of multimedia learning* (3rd ed.). San Francisco: Pfeiffer.
- Costabile, M. F., De Marsico, M., Lanzilotti, R., Plantamura, V. L. & Roselli, T. (2005). On the Usability Evaluation of E-Learning Applications. Teoksessa

- Proceedings of the 38th Annual Hawaii International Conference on System Sciences, 2005. HICSS '05. 6b. 6-6.*
- Costabile, M. F., Roselli, T., Lanzilotti, R., Ardito, C. & Rossano, V. (2007). A holistic approach to the evaluation of e-learning systems. Teoksessa C. Stephanidis (toim.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Applications and Services* (s. 530–538). Berlin Heidelberg: Springer.
- Donnelly, P., Kirk, P., & Benson, J. (2012). *How to succeed at e-learning*. Chichester, West Sussex, U.K.: John Wiley & Sons.
- De Villiers, R. (2004). Usability evaluation of an e-learning tutorial: Criteria, questions and case study. Teoksessa G. Marsden, P. Kotze & A. Adesina-Ojo (toim.), *Proceedings of the 2004 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries* (s. 284–291). South African Institute for Computer Scientists and Information Technologists.
- Dringus, L. P., & Cohen, M. S. (2005). An adaptable usability heuristic checklist for online courses. Teoksessa *Frontiers in Education, 2005. FIE'05. Proceedings 35th Annual Conference* (s. T2H-6). Indianapolis: IEEE.
- Engeström, Y. (1987). *Mielekäs oppiminen ja opetus*. Valtion koulutuskeskus. Julkaisusarja B; nro 17. Valtion painatuskeskus.
- Forsell, P. & Fordell, J. (2014). Oma oppimispolku kullekin – Digiajan Aristoteles opettaa niin kuin opiskelijalle sopii. *Tiede 2/2014*, 18-19.
- Garrison, R. (2011). *E-learning in the 21st century: a framework for research and practice* (2nd ed.). New York, USA: Routledge.
- Granić, A. (2008). Experience with usability evaluation of e-learning systems. *Universal Access in the Information Society*, 7(4), 209–221.
- Hollingsed, T. & Novick, D. G. (2007). Usability inspection methods after 15 years of research and practice. Teoksessa *Proceedings of the 25th annual ACM international conference on Design of communication* (s. 249–255). El Paso, Texas, USA.
- Holzinger, A. (2005). Usability engineering methods for software developers. *Communications of the ACM*, 48(1), 71–74.
- Juutinen, S. (2011). *Emotional obstacles of e-learning*. Ph.D. thesis in the series of Jyväskylä studies in computing. University of Jyväskylä.
- Kiili, K. (2005). Digital game-based learning: Towards an experiential gaming model. *The Internet and Higher Education*, 8(1), 13–24.
- Koivisto, M. (2014). Paperit verkosta. *Tekniikka & Talous 17*, 9.5.2014 (s. 20), Helsinki.
- Kukulska-Hulme, A. & Shield, L. (2004). Usability and pedagogical design: Are language learning websites special?. Teoksessa L. Cantoni & C. McLoughlin (toim.), *Proceedings of ED-MEDIA 2004* (s. 4235–4242). Lugano, Switzerland, June 21-26, 2004.
- Lanzilotti, R., Ardito, C., Costabile, M. F., & De Angeli, A. (2006). eLSE Methodology: a Systematic Approach to the e-Learning Systems Evaluation. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(4). 42–53.

- Lanzilotti, R., Ardito, C., Costabile, M. F., & De Angeli, A. (2011). Do patterns help novice evaluators? A comparative study. *International journal of human-computer studies*, 69(1), 52-69.
- Leonard, D. C. (2002). *Learning theories, A to Z*. Westport, Conn.: Oryx Press.
- Levy, Y. (2007). Comparing dropouts and persistence in e-learning courses. *Computers & Education*, 48(2), 185-204.
- Liaw, S.-S. (2008). Investigating students' perceived satisfaction, behavioral intention, and effectiveness of e-learning: A case study of the Blackboard system. *Computers & Education*, 51(2), 864-873.
- Mason, R. & Rennie, F. (2006). *Elearning: the key concepts*. New York, USA: Routledge.
- Mehlenbacher, B., Bennett, L., Bird, T., Ivey, M., Lucas, J., Morton, J., & Whitman, L. (2005). Usable e-learning: A conceptual model for evaluation and design. Teoksessa *Proceedings of the 11th International Conference on Human-Computer Interaction*, Las Vegas, Nevada, USA, July 22-27, 2005.
- Mustaniemi, J. (2009). *Käytettävyyden arviointimenetelmät*. Tietojärjestelmätieteen kandidaatintutkielma. Jyväskylän yliopisto.
- Nielsen, J. (1993). *Usability Engineering*. Boston, USA: Academic Press.
- Nielsen, J. (1994). Heuristic Evaluation. Teoksessa J. Nielsen, & R. Mack (toim.), *Usability Inspection Methods* (s. 25-62). New York: Wiley.
- Nissilä, M.-L. (2014). Hallitus hylkäsi osaamisen kehittämisen. *Opettaja* 14/2014 (s. 8-9). Helsinki.
- Nokelainen, P. (2006). An empirical assessment of pedagogical usability criteria for digital learning material with elementary school students. *Journal of Educational Technology & Society*, 9(2), 178-197.
- Oztekin, A., Delen, D., Turkyilmaz, A. & Zaim S. (2013). A machine learning-based usability evaluation method for eLearning systems. *Decision Support Systems*, 56, 63-73.
- Oztekin, A., Kong, Z. J. & Uysal, O. (2010). UseLearn: A novel checklist and usability evaluation method for eLearning systems by criticality metric analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 40(4), 455-469.
- Paechter, M., & Maier, B. (2010). Online or face-to-face? Students' experiences and preferences in e-learning. *The internet and higher education*, 13(4), 292-297.
- Phillips, R., McNaught, C. & Kennedy, G. (2012). *Evaluating e-learning: guiding research and practice*. New York: Routledge.
- Plantak Vukovac, D., Kirinic, V. & Klicek, B. (2010). A Comparison of Usability Evaluation Methods for e-Learning Systems. Teoksessa B. Katalinic (toim.), *Danube Adria Association for Automation & Manufacturing (DAAAM) International Scientific Book*, vol. 9 (s. 271-288). Vienna: DAAAM International Vienna.
- Reeves T., C., Benson, L., Elliott, D., Grant, M., Holschuh, D., Kim, B., Kim, H., Lauber, E. & Loh, S. (2002). Usability and Instructional Design Heuristics for E-Learning Evaluation. Teoksessa *Proceedings of ED-MEDIA 2002 World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia & Telecommunications*, Denver, Colorado, June 24-29, 2002.

- Rennie, F. & Morrison, T. (2013). *E-learning and social networking handbook: resources for higher education*. (2nd ed.). New York, USA: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Riihiaho, S. (2000). *Experiences with Usability Evaluation Methods*. Licentiate thesis. Helsinki University of technology.
- Rikala, J. (2013). *Mobile learning: a review of current research*. Reports of the Department of Mathematical Information Technology. Series E, Educational technology no. 2/2013. Jyväskylä: University of Jyväskylä
- Sinkkonen, I., Kuoppala, H., Parkkinen, J. & Vastamäki, R. (2006). *Käytettävyyden psykologia* (3. painos). Helsinki: IT Press.
- Sinkkonen, I., Nuutila E. & Törmä S. (2009). *Helppokäyttöisen verkkopalvelun suunnittelu*. Helsinki: Tietosanoma.
- Ssemugabi, S. & de Villiers, R. (2007). A comparative study of two usability evaluation methods using a web-based e-learning application. Teoksessa *Proceedings of the 2007 annual research conference of the South African institute of computer scientists and information technologists on IT research in developing countries* (s. 132–142). ACM. Sunshine Coast, South Africa, September 30 - October 03, 2007.
- Squires, D. & Preece, J. (1999). Predicting quality in educational software: Evaluating for learning, usability and the synergy between them. *Interacting with computers*, 11(5), 467–483.
- Sun, P. C., Tsai, R. J., Finger, G., Chen, Y. Y. & Yeh, D. (2008). What drives a successful e-Learning? An empirical investigation of the critical factors influencing learner satisfaction. *Computers & Education*, 50(4), 1183–1202.
- Suomen hallitus. (2014). *Hallituksen päätös rakennepoliittisen ohjelman toimeenpanosta osana julkisen talouden suunnitelmaa*. Haettu 18.5.2014 osoitteesta <http://valtioneuvosto.fi/tiedostot/julkinen/kehysneuvottelut-2014/paatos/fi.pdf>
- Triacca, L., Bolchini, D., Botturi, L. & Inversini, A. (2004) MiLE: Systematic Usability Evaluation for E-learning Web Applications. Teoksessa Cantoni & C. McLoughlin (toim.), *Proceedings of World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications 2004* (s. 4398-4405) Haettu 17.12.2004 osoitteesta [http://www.aace.org/dl/files/EDMEDIA2004/paper\\_3016\\_9623.pdf](http://www.aace.org/dl/files/EDMEDIA2004/paper_3016_9623.pdf)
- Triacca, L., Inversini, A. & Bolchini, D. (2005). Evaluating web usability with MiLE+. Teoksessa D. Distanto (toim.) *Proceedings of the Seventh IEEE International Symposium on Web Site Evolution* (s. 22–29). Budapest, Hungary, September 26, 2005. IEEE.
- VTT. (2014). Mitä käytettävyys tarkoittaa?. Haettu 24.1.2014 osoitteesta [http://www.vtt.fi/research/technology/contextawareservices/hti\\_what\\_usability.jsp?lang=fi](http://www.vtt.fi/research/technology/contextawareservices/hti_what_usability.jsp?lang=fi)
- Wallach, D. & Scholz, S. C. (2012). User-centered design: why and how to put users first in software development. Teoksessa A. Maedche, A. Botzenhardt & L. Neer (toim.), *Software for People* (s. 11–38). Berlin: Springer.

- Wharton, C., Rieman, J., Lewis, C. & Polson, P. (1994). The Cognitive Walkthrough Method: A Practitioner's Guide. Teoksessa J. Nielsen, & R. Mack (toim.), *Usability Inspection Methods* (s. 105–140). New York: Wiley.
- Wong, S. K. B., Nguyen, T. T., Chang, E. & Jayaratna, N. (2003). Usability metrics for e-learning. Teoksessa R. Meersman & Z. Tari (toim.), *On The Move to Meaningful Internet Systems 2003: OTM 2003 Workshops* (s. 235–252). Berlin: Springer.
- Zaharias, P. (2006). A usability evaluation method for e-learning: focus on motivation to learn. Teoksessa *CHI'06 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (s. 1571–1576). ACM.
- Zaharias, P. & Poylymenakou, A. (2009). Developing a usability evaluation method for e-learning applications: Beyond functional usability. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(1), 75–98.
- Zaharias, P. & Koutsabasis, P. (2012). Heuristic evaluation of e-learning courses: a comparative analysis of two e-learning heuristic sets. *Campus-Wide Information Systems*, 29(1), 45–60.
- Zamzuri, Z. F., Manaf, M., Yunus, Y. & Ahmad, A. (2013). Student Perception on Security Requirement of e-Learning Services. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 90, 923–930.