

Petri Kosonen

# SYÖTTÖLAITTEIDEN KÄYTTÖTARKOITUKSET JA SUUNNITTELURATKAISUT

Kandidaatintutkielma  
Informaatioteknologian ja viestinnän tiedekunta  
Huhtikuu 2023

# TIIVISTELMÄ

Petri Kosonen: Syöttölaitteiden käyttötarkoitukset ja suunnitteluratkaisut  
Kandidaatintyö  
Tampereen yliopisto  
Tieto- ja sähkötekniikan kandidaatin tutkinto-ohjelma, tietotekniikka  
Huhtikuu 2023

---

Ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus (engl. human-computer interaction, HCI) riippuu ennen kaikkea fyysisestä liikkeestä ja syöttölaitteesta. Syöttölaitteen tarkoitus on siirtää käyttäjän ajatukset tietokoneelle ja mahdollistaa tietokoneiden käyttö. Syöttölaitteita on erilaisia, ja niitä voi käyttää useissa eri käyttötarkoituksissa. Laitteen kehityksessä voi esimerkiksi pohtia, minkälainen fyysinen liike tuottaisi parhaan lopputuloksen. Tässä tutkielmassa perehdytään syöttölaitteiden kehitysprosessiin sekä selvitetään, mitä käyttötarkoituksia syöttölaitteille on ja minkälaiset syöttölaitteet sopivat niihin. Työn tarkoituksena on vastata kysymyksiin ”miksi syöttölaitteet ovat sellaisia kuin ne ovat?” ja ”voidaanko syöttölaitteita parantaa, vai onko parhaat suunnitteluratkaisut löydetty jo?”

Tutkielman ensimmäinen luku johdattelee lukijan aiheeseen sekä esittelee tutkimusmenetelmän. Työ tehtiin kirjallisuuskatsauksena. Siinä käytettyjä vertaisarvioituja artikkeleita löydettiin pääasiassa Tampereen yliopiston tarjoaman Andor-hakupalvelun avulla. Toisessa luvussa käsitellään syöttölaitteiden malleja. Laitteet voidaan jakaa eri malleihin esimerkiksi syötteen muodostavan liikkeen perusteella. Kyseinen liike voidaan myös edelleen eritellä useampiin malleihin. Kolmannessa luvussa käydään läpi laitteiden käyttötarkoituksia sekä pääpiirteittäin että tarkennetuista näkökulmista. Syöttölaitteita voidaan hyödyntää esimerkiksi kirurgian harjoittelussa virtuaalitodellisuudessa. Neljännessä luvussa syvennytään syöttölaitteiden suunnitteluratkaisuihin. Luvussa muun muassa pohditaan, miksi käyttäjät eivät välttämättä halua vaihtaa uusiin ratkaisuihin, vaikka ne voivat parantaa käyttäjäkokemusta. Viimeisessä luvussa johtopäätökset kerätään yhteen ja niiden pohjalta vastataan tutkimuskysymyksiin.

Tutkimuksen perusteella voidaan havaita, että käyttäjien taustat sekä ajatukset vaikuttavat syöttölaitteiden suunnitteluratkaisuihin. Tämän vuoksi ei ole mahdollista määrittää parasta suunnitteluratkaisua, sillä mikään suunnitteluratkaisu ei päde kaikkiin ihmisryhmiin. Käyttäjien ostaessa uutta syöttölaitetta he pohtivat, mihin he käyttäväisit sitä ja miten he ovat suhtautuneet aikaisempiin syöttölaitteisiin. Syöttölaitteen kehittäminen sekä laitteen valitseminen oikeaan tilanteeseen parantavat kuitenkin käyttäjien käyttökokemusta sekä tuovat kehittäjälle rahallista arvoa.

Avainsanat: Syöttölaitteet, syöte, käyttötarkoitukset, suunnitteluratkaisut

Tämän julkaisun alkuperäisyys on tarkastettu Turnitin OriginalityCheck –ohjelmalla.

# SISÄLLYSLUETTELO

1. JOHDANTO .....	1
2. SYÖTE JA SYÖTTÖLAITTEET .....	3
2.1 Käyttäjän tuottama syöte.....	3
2.2 Syötteen lajittelua erilaisiin malleihin .....	4
3. SYÖTTÖLAITTEIDEN KÄYTTÖTARKOITUKSET .....	7
3.1 Syöttölaitteiden käyttötarkoitusten pääpiirteet .....	7
3.2 Tarkennettuja käyttötarkoituksia.....	8
4. SYÖTTÖLAITTEIDEN SUUNNITTELURATKAISUT .....	11
5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET .....	16
LÄHTEET .....	18

# 1. JOHDANTO

Ihmisen tuottama fyysinen liike voidaan tulkita syötteeksi syöttölaitteiden avulla (McLaughlin et al., 2009). Syöttölaitteet välittävät siis informaatiota käyttäjän ja tietokonejärjestelmän välillä (Huang & Li, 2019) ja siten mahdollistavat tietokoneiden käytön. Syöttölaitteisiin (engl. input devices) kuuluvat muun muassa hiiret, näppäimistöt, kosketusnäyttöjä hyödyntävät laitteet, kuten puhelimet ja tabletit, sekä erilaiset peliohjaimet. Ne hyödyntävät käden liikkeitä eri tavoilla, jotta laite tuottaisi halutun toiminnon. Myös muita liikkeitä, kuten silmien, pään ja jalkojen liikettä, voidaan tulkita syötteeksi (Jacob, 1996).

Hiiri ja näppäimistö ovat suosituimmat syöttölaitteet (Hastings et al., 2000, Sutter & Ziefle, 2005 mukaan; Zhai & MacKenzie, 1998, Brown et al., 2007 mukaan; Tavera & Choi, 2009; Huang & Li, 2019). Joitakin syöttölaitteita suositaan selvästi enemmän kuin toisia ja ovat siten jatkuvan iteroinnin kohteena, mutta myös uusia syöttölaitteita kehitetään jatkuvasti. 2000-luvulla virtuaalitodellisuuslaitteet, eli VR-laitteet, ovat kehittyneet huomattavasti, ja niiden kehittäjille on ollut tärkeää tehdä käyttäjälle kokemuksesta mahdollisimman realistinen. Ne hyödyntävät syöttölaitteinaan VR-lasien lisäksi käsillä käytettäviä ohjaimia (Jacob, 1996). Niitä kehittäessä kannattaa ottaa aikaisempien ohjaimien suunnitteluratkaisuista opiksi ja parantaa niitä. Kehitysvaiheessa on siis mahdollista löytää syöttölaite, jonka suunnitteluprosessista voisi ottaa mallia.

Tässä tutkielmassa käsitellään siis erilaisten syöttölaitteiden käyttötarkoituksia ja suunnitteluratkaisuja sekä esitellään niiden avulla luotuja tai kehitteillä olevia syöttölaitteita. Tavoitteena on ottaa selvää, miksi syöttölaitteet ovat sellaisia kuin ne ovat. Kehittivätkö niiden suunnittelijat jo parhaat ratkaisut, vai onko olemassa vielä parempia ratkaisuja, joita ei ole vielä keksitty? Työssä perehdytään aiheeseen käyttäjäkokemuksen näkökulmasta, eli pohditaan, mihin tarkoituksiin käyttäjät valitsevat syöttölaitteita ja mitä suunnitteluratkaisuja on tarvittu niiden kehittämiseen.

Tutkielma toteutettiin kirjallisuuskatsauksena. Lähteitä haettiin vuoden 2022 syksyn aikana suurimmalta osin Tampereen yliopiston Andor-hakupalvelusta. Lisäksi Google Scholar ja ACM Digital Library -tietokantoja hyödynnettiin, sillä niitä suositeltiin kandidaatintyön seminaarin aikana. Jos niistä löytyi työhön sopiva lähde, se etsittiin myös An-

dorista, jossa hakuparametrien avulla lähteiksi valittiin vain vertaisarvioituja lähteitä valitsemalla vaihtoehdoksi vertaisarvioidut lehdet. Poikkeuksena oli kirja, joka käsitteli aivokäyttöliittymiä. Myöhemmin tarkasteltuna joistakin lähteistä oli poistettu vertaisarviointimerkintä, mutta toisaalta tutkielman aihe on hyvin mielipidepohjainen, joten niitä on silti hyödynnetty viimeistellyssä versiossa.

Hakulausekkeiden ja -sanojen kielenä käytettiin englantia, koska suomeksi syöttölaitteisiin liittyviä tutkimuksia ei löytynyt tarpeeksi ja englanninkieliset tutkimukset ovat perusteellisempia esimerkiksi niiden suuremman yleisön vuoksi. Hakulausekkeina käytettiin yleensä "input devices AND/OR \*", johon liitettiin hakusanaksi tähden tilalle jokin syöttölaitteisiin liittyvä sana: designing, development, intuitive, design, "ease of use", usability, "user experience", ergonomics, "ease of access", "UX-design", UX, "user experience", designers ja users. Lainausmerkit viittasivat Andorin hakukäytäntöön, jossa sama konsepti sisällytetään merkkien sisään. Kun työn perusajatus muodostui, hakusanoihin liitettiin myös syöttölaitteisiin liittyviä konsepteja, kuten aivokäyttöliittymät. Tällöin hakulauseke oli muotoa "brain computer interfaces as input devices".

Lähteiden sopivuutta pohdittiin pääasiassa niiden tiivistelmän, pohdintaosion sekä yhteenvedon perusteella. Jos lähteestä löytyi mielenkiintoinen suunnitteluratkaisu tai esiteltiin malli syöttölaitteelle, se valittiin. Hakulausekkeiden avulla löytyi myös yksityiskohdaisia tiettyä syöttölaitetta, kuten puhelinta, koskevia lähteitä, joita tähän työhön ei otettu mukaan. Näissä tapauksissa työn pituutta ajatellen piti rajata löydetyistä lähteistä ne, jotka käsittelivät useampaa laitetta monipuolisista näkökulmista. Koska työssä pohditaan suunnitteluratkaisuja myös vuosikymmeniä sitten suunnitelluille laitteille, vanhoja lähteitä sisällytettiin.

Seuraavaksi luvussa 2 esitellään erilaisia malleja syöttölaitteille ja niistä esimerkkejä. Luvun perusajatus on kuvailla lukijalle, minkälaisia syöttölaitteet voivat olla ja minkälaisia kehitysajatuksia niiden kehittämisen aloittamiseen mahdollisesti tarvitaan. On olemassa monta tapaa, jolla aloittaa syöttölaitteen kehitys. Luvussa 3 käsitellään, mihin tarkoitukseen syöttölaitteita on kehitetty. Luvun perusajatus on esittää, mitä täytyy ajatella syöttölaitteiden valinnassa: Kehittäjien täytyy suunnitella, minkälainen laite ja millaiset laitteen ominaisuudet sopivat parhaiten sovellukseen. Käyttäjien pitää valita lukuisten mahdollisten laitteiden joukosta mieluisin. Sen jälkeen luvussa 4 pohditaan, millaiset suunnitteluratkaisut vaikuttavat käyttäjän mielipiteisiin hyvästä syöttölaitteesta. Luvun perusajatuksena on esittää eri asioita, jotka vaikuttavat syöttölaitteen käyttäjäkokemukseen. Viimeiseksi luvussa 5 kootaan tärkeimmät johtopäätökset yhteen ja vastataan tutkimuskysymyksiin.

## 2. SYÖTE JA SYÖTTÖLAITTEET

Syöttölaitteita voidaan lajitella eri malleihin niiden käyttötarkoitusten ja suunnitteluratkaisujen perusteella. Tässä luvussa esitellään useita erilaisia syöttölaitteiden toteutustapoja liikkeen aiheuttaman syötteen pohjalta. Luvun lopussa syöttölaitteita luokitellaan vielä perusteellisemmin; esimerkiksi käden liikettä hyödyntävän syöttölaitteen voi toteuttaa monella eri tavalla.

### 2.1 Käyttäjän tuottama syöte

Vaikka hiiret ja näppäimistöt, ja samalla käden liikkeet, edustavat yleisintä tapaa käyttää syöttölaitteita, on olemassa muitakin tapoja tulkita käyttäjän syötettä. Söllner et al. esittävät tutkimuksessaan syöttölaitteita liikuntarajoitteisille henkilöille, jotka eivät välttämättä pysty käyttämään käden liikkeisiin perustuvia laitteita. Esiteltyjä laitteita kutsutaan kolmiakselisen kiihtyvyyden sensoreiksi (engl. triaxial acceleration sensors), jotka pystyvät tulkitsemaan pieniä kehon liikkeitä, kuten heikkoa käden, pään tai jalan heilutusta, ja siirtämään ne syötteenä tietokoneelle. Jotta sensori toimisi, se on sijoitettava kehon osalle, jota henkilö voi liikuttaa. Sensori siirtää tiedot liikkeestä tietokoneelle, jossa sensoriin liittyvä ohjelmisto käsittelee syötteen. (Söllner et al., 2010).

Myös silmät ovat tärkeä osa-alue kehon liikkeen hyödyntämisessä syötteenä, mistä Bulling ja Gellersen kertovat artikkelissaan. Silmien liikettä seuraavia syöttölaitteita kutsutaan katseenseurantalaitteiksi. Katseenseurantateknologia on kehittynyt huomattavasti 1990-luvulta asti koko pään ympäröivistä päähineistä jopa silmälaseihin sopiviin laitteisiin. Lasit kuitenkin tarvitsevat lisäksi erillisen laitteen, joka prosessoi videota ja käsittelee dataa. (Bulling & Gellersen, 2010)

Bulling ja Gellersen kertovat vielä Majarannan ja Rähän tutkimuksesta, jossa selvisi kolme erilaista ongelmaa silmien liikkeeseen perustuvassa kirjoitusjärjestelmässä: silmien liikkeiden seuraamisen keho tarkkuus, syöttölaitteen kalibroinnin heittelehtiminen sekä tarpeettomien liikkeiden sekoittuminen haluttuun syötteenä. (Majaranta & Rähä, 2002, Bulling & Gellersen, 2010 mukaan) Katseenseurantateknologiaa ja sen käyttäjäkokemusta voitaisiin siis vieläkin parantaa. Tietokoneita voidaan myös ohjata videon ja kuvien avulla luodun syötteen kautta, jolloin käyttäjän liikkeitä on mahdollista tulkita ilman fyysistä kontaktia.

Käyttäjän puhetta ja muuta hänen aiheuttamaansa ääntä voidaan myös hyödyntää syötteenä. Puheentunnistusjärjestelmät voivat muuttaa puheen tietokoneen tekstiksi tai käskyt tietokoneen komennoiksi. Tsai esittää artikkelissaan, että puheentunnistusta hyödynnettävä kirjoituslaite on kehittynyt nopeammaksi tavaksi kirjoittaa kuin näppäimistö, ja se voisi esimerkiksi lisätä työympäristössä tehokkuutta. (Tsai, 2021)

Muita suun alueen liikkeisiin pohjautuvia syöttölaitteita ovat muun muassa kielellä tai leualla ohjattavat ohjaussauvat, jotka toteuttavat hiiren painalluksen puhaltamisella (Taveira & Choi, 2009).

Kehitteillä olevat aivokäyttöliittymät eivät riipu fyysisistä liikkeistä kuten aiemmin esitellyt tavat toteuttaa syöttölaitteet. Ne hyödyntävät syöttölaitteinaan sensoreita, jotka muuntavat ihmisen aivotoiminnan ja ajatukset käsiteltäväksi dataksi. Aivokäyttöliittymät mahdollistavat tietokoneiden käytön, vaikka käyttäjä ei pystyisi liikuttamaan mitään kehon osaa. (Tan & Nijholt, 2010)

Tan ja Nijholt esittävät kirjassaan sensorien käytöstä esimerkin: käyttäjä kuvittelee tietyn liikkeen, joka tulkitaan tietokoneen komennoksi, tai tietokone itse voi vaikuttaa käyttäjän aivotoimintaan lähettämällä hänelle signaaleja. Kun käyttäjän aivotoimintaa tutkitaan, voidaan tulkita, mitä hän haluaa seuraavaksi tapahtuvan. (Tan & Nijholt, 2010)

Elon Muskin johtaman Neuralink-yhtiön voisi sanoa olevan kuuluisa esimerkki aivokäyttöliittymien kehityksestä. Pisarchikin et al. artikkelissa eritellään muun muassa nykyisten aivokäyttöliittymien ongelmia, kuten sensorien aivoihin asettamisen turvallisuuden, joita Neuralink yrittää ratkaista (Pisarchik et al., 2019).

## 2.2 Syötteen lajittelua erilaisiin malleihin

Taveira ja Choi jakavat syöttölaitteet näppäimistöihin, osoitinlaitteisiin sekä ilman käsiä käytettäviin laitteisiin (engl. hands-free devices) (Taveira & Choi, 2009). Jacob lajittelee käsien liikkeeseen perustuvat syöttölaitteet jatkuvaan ja epäjatkuvaan liikkeeseen. Käyttäjän kyky hyödyntää näitä laitteita riippuu hänen nopeudestaan siirtää kättään. Esimerkiksi näppäimistö luetellaan epäjatkovaa liikettä hyödyntäväksi laitteeksi; yksi painallus tuottaa yhden toiminnon. (Jacob, 1996)

Hän luettelee myös useita tekijöitä, jotka vaikuttavat jatkuvaa käden liikettä hyödyntäviin syöttölaitteisiin alan tutkimuksiin perustuen: liikkeen tyyppi, absoluuttinen vai relatiivinen mittaus, fyysisen ominaisuuden tunnistaminen, ulottuvuuksien määrä, suora vai epäsuora ohjaus, sijainti- vai tahdinohjaus (engl. rate control), ja välttämättömät sekä eroteltavat ulottuvuudet. (Foley et al., 1990; MacKinlay et al., 1990; Jacob, 1996 mukaan)

McLaughlin et al. kertovat suoran ja epäsuoran syötteen ominaisuuksista. Suoraa ohjausta hyödyntävät laitteet muuttavat liikkeen suoraan syötteeksi tietokoneelle. Esimerkeiksi annetaan kosketusnäytöt, valokynät sekä puheentunnistusjärjestelmät. Näissä tapauksissa käyttäjälle syöttölaitteen käyttö on intuitiivista. (McLaughlin et al., 2009)

Epäsuoraa ohjausta hyödyntävät laitteet, kuten hiiri ja sauvaohjain, ensiksi muuttavat kehon liikkeen dataksi. Näiden laitteiden ominaisuudet eroavat, mutta molemmille on yhteistä se, että käyttäjän täytyy ajatella, kuinka kehon liike kääntyy toimivaksi syötteeksi syöttölaitteen kautta. Esimerkiksi hiirtä liikuttaessa käyttäjän täytyy huomioida, kuinka kursori liikkuu näytöllä. Pienikin liike syöttölaitteella voi tuottaa suuren liikkeen näytöllä tai päinvastaisesti suuri liike pienen liikkeen. (McLaughlin et al., 2009)

Käyttäjän pitää tulkita, kuinka fyysinen liike vertautuu näytöllä kuljettuun matkaan, mikä taas vaikuttaa laitteen intuitiivisuuteen (Walker et al., 1997; Wickens, 1998; Charness et al., 2005; McLaughlin et al., 2009 mukaan).

De La Fuente et al. mukaan Zhai jakaa syöttölaitteet kolmeen malliin: isotonisiin, isometrisiin ja elastisiin. Isotoniset laitteet, kuten hiiri, liikkuvat vapaasti ja käyttävät sijaintia syötteenä. Isometriset laitteet eivät liiku vaan käyttävät voimaa syötteenä. Isotonisten ja isometrinen syöttölaitteiden välimuotoa kutsutaan elastisiksi laitteiksi, joissa vastustus kasvaa sijainnin muuttuessa. Ne käyttävät joko sijaintia tai voimaa syötteenä. Esimerkkinä tällaisesta syöttölaitteesta on kahden vapausasteen (engl. degrees of freedom, DOF) sauvaohjain, jota käytetään yleisesti peleissä, teollisuuden ohjaimissa, lentokoneissa tai kirurgiarobotiikassa. (Zhai, 1995, De La Fuente et al., 2014 mukaan)

Lin et al. kertovat, että katseenseurannassa silmien liike perustuu nykyäksiin, katseen paikalla pysymiseen sekä räpäytyksiin. He lisäävät, että Hammondin ja Mulliganin mukaan katseenseurantajärjestelmät voidaan jakaa kahteen osa-alueeseen: aktiiviseen ja päällekkävään sekä passiiviseen ja ei-päällekkävään (Hammond & Mulligan, 2008, Lin et al., 2014 mukaan).

Lin et al. lisäksi erittelevät katseenseurantajärjestelmiä alan kirjallisuuden avulla: Aktiivinen ja päällekkävä järjestelmä tarvitsee ihon kosketukseen sensoreita, kun taas passiivinen ja ei-päällekkävä ei, sillä syöte kerätään esimerkiksi videokameralla ottamalla silmistä kuvia. Passiivisessa järjestelmässä käyttäjä ei välttämättä huomaa koko seurantajärjestelmää. (Hutchinson et al., 1989; Betke et al., 2002; Beymer & Flickner, 2003; Venkataramanan et al., 2005; Deng et al., 2009; Deng et al., 2010; Lin et al., 2014 mukaan)

Bulling ja Gellersen sen sijaan jakavat katseenseurantajärjestelmät paikallaan pysyviin sekä liikkuviin järjestelmiin. Nimensä mukaisesti paikallaan pysyviä järjestelmiä voi käyttää vain paikallaan, kun taas liikkuvia järjestelmiä voi siirtää ja käyttää liikkeessäkin. Liikkuvat järjestelmät kuluttavat tosin huomattavasti enemmän sähköä kuin paikallaan pysyvät järjestelmät. (Bulling & Gellersen, 2010)

Tsai erittelee puheen syöttölaitteena pääasiassa puheentunnistukseen sekä puhujan tunnistukseen (Tsai, 2021). Hän kertoo, kuinka Peacocke ja Graf esittävät, kuinka puheentunnistuksessa selvitetään puheen sisältö (Peacocke & Graf, 1990, Tsai, 2021 mukaan). Puheentunnistusta käytetään esimerkiksi syötteen aikaansaamiseksi puhelimien äänikomennoissa (Tsai, 2021). Sen sijaan puhujan tunnistuksessa yritetään selvittää itse puhuja (Peacocke & Graf, 1990, Tsai, 2021 mukaan).

Aivokäyttöliittymäteknologiat voidaan jakaa päällekkäyviin sekä ei-päällekkäyviin teknologioihin. (Tan & Nijholt, 2010; Pisarchik et al., 2019) Tan ja Nijholt selittävät näitä termejä: päällekkäyvissä teknologioissa sensorit asetetaan suoraan aivoihin, kun taas ei-päällekkäyvissä teknologioissa aivotoimintaa seurataan ulkoisilla sensoreilla. Päällekkäyvät käyttöliittymät ovat tehokkaampia, mutta niitä ei voi siirtää, ja ne kattavat vain pienen osan aivoista ja aivotoiminnasta. Sen lisäksi päällekkäyvät sensorit tarvitsevat niiden asettamiseen usein kirurgisia toimenpiteitä, jotka voivat johtaa myöhemmin muihin terveydellisiin ongelmiin. (Tan & Nijholt, 2010)

On varmasti olemassa lukuisia muitakin tapoja jakaa syöttölaitteita erilaisiin luokkiin. Nämä esimerkit korostavat, miten erilaisia syöttölaitteet ovat ja minkälaisia ajatuksia niiden suunnitteluun tarvitaan. Voidaan myös huomata, että useat tavat tuottaa syötettä voidaan sijoittaa itse laitteeseen, jolloin syöttölaite on osa käytettävää laitetta. Esimerkiksi puhelin itsessään sisältää monia syöttölaitteita, kuten kosketusnäytön ja äänikomentomahdollisuuden.

## 3. SYÖTTÖLAITTEIDEN KÄYTTÖTARKOITUKSET

Syöttölaitteita valitaan eri käyttötarkoituksiin esimerkiksi käyttäjän tottumusten, syöttölaitteen ominaisuuksien tai käyttötarkoituksen vaatimusten perusteella. Tässä luvussa pohditaan, mihin syöttölaitteita käytetään ja mitä eri asioita täytyy miettiä syöttölaitteen valinnassa.

### 3.1 Syöttölaitteiden käyttötarkoitusten pääpiirteet

Syöttölaitteita kehitetään jatkuvasti, jotta käyttäjät pystyisivät kykyjensä mukaan sopeutumaan virtuaaliseen tehtävään, joka mahdollisesti esitetään tietokoneen ruudulla (De La Fuente et al., 2014). Jacob kertoo artikkelissaan, että ihmisen ja tietokoneen välinen vuorovaikutus riippuu ennen kaikkea fyysisestä syötteestä ja syöttölaitteesta, jonka tarkoitus on siirtää käyttäjän ajatukset tietokoneelle (Jacob, 1996). Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että käyttäjän tarkoitukselliset liikkeet, puhe tai aivotoiminta muutetaan informaatioksi, jota tietokone voi käsitellä. Tämän informaation avulla saadaan aikaiseksi halutut toiminnot, jotka voidaan myös käsittää syöttölaitteiden käyttötarkoituksiksi.

Jacob viittaa Foleyn tutkimukseen, jonka mukaan sovellusten kehittäjien tarvitsee ensiksi varmistaa tarvittavat vuorovaikutustehtävät (engl. interaction tasks) suunniteltavalle sovellukselle. Jokaiselle tehtävälle täytyy valita oikea syöttölaite ja vuorovaikutustekniikka (engl. interaction technique). Vuorovaikutustekniikka on tapa, jolla fyysistä laitetta käytetään suorittamaan tehtävä. (Foley et al., 1990, Jacob, 1996 mukaan)

Tällaisia tehtäviä tai toimintoja voivat olla vaikkapa tekstirivin kirjoittaminen näppäimistöllä tai komennon valitseminen käyttöliittymässä. Käyttäjällä voi olla myös monta tapaa toteuttaa samanlainen haluttu toiminto esimerkiksi kirjoittamalla komento hiirellä, tai valitsemalla kuvakkeen käyttöliittymästä. Jacob listaa myös useita tulevaisuuden näkymiä syöttölaitteiden käyttökohteille. Hän kertoo, että tavat antaa tietokoneille syötettä tulevat muuttumaan yhä todentuntuisimmiksi. (Jacob, 1996)

Esimerkiksi virtuaalitodellisuudessa on luonnollisempaa kääntää päätään katsoakseen kohdetta kuin siirtää hiirtä kuvan liikuttamiseksi. Suoran ohjauksen syötteet lisäksi voivat hyödyntää luonnollisia liikkeitä (Jacob, 1996): kosketusnäytöllä kuvakkeen liikuttaminen

omalla kädellä on luonnollisempaa kuin sen liikuttaminen hiirellä. Allgaierin et al. artikkelissa mainitaan haptiset eli tuntoaistiin perustuvat syöttölaitteet, jotka pystyvät simuloimaan esineiden aiheuttaman vastustuksen (Allgaier et al., 2022).

Jacobin artikkelista pitää tosin huomata, että se on kirjoitettu 1990-luvulla, jolloin esimerkiksi kosketusnäytölliset puhelimet, tabletit ja virtuaalitodellisuuslasit eivät olleet vielä helposti saatavilla. Sitä on kuitenkin hyödynnetty tässä tutkielmassa käytetyissä lähteissä, kuten McLaughlinin et al. artikkelissa, joka on paljon ajanmukaisempi, eli Jacobin artikkelin sisältämän tiedon voidaan olettaa vieläkin olevan hyödyllistä.

Jokaisella syöttölaitteella on siis jokin menetelmä tietokoneen käyttämisen mahdollistamiseksi, ja erilaisia tekniikoita hyödynnetään, koska niillä halutaan saavuttaa jokin tietty tehtävä, tavoite tai käyttötarkoitus. Käyttäjät kykenevät valitsemaan itse syöttölaitteen haluamaansa tarkoitukseen esimerkiksi suosittelujen tai aikaisempien käyttäjäkokemusten perusteella. Kehittäjät voivat suunnitella järjestelmiä ajatellen, mikä olisi paras syöttölaite tehtävään, mutta De La Fuente et al. sanovat tämän olevan vaikeaa erilaisten syöttölaitteiden määrän kasvaessa (De La Fuente et al., 2014).

### **3.2 Tarkennettuja käyttötarkoituksia**

Monien syöttölaitteiden tarkoitus on mahdollistaa tietokoneiden käyttö sellaisille henkilöille, jotka eivät pysty käyttämään yleisimpiä laitteita, kuten hiiriä ja näppäimistöjä. Tutkielman toisessa luvussa esiteltiin useita syöttölaiteita, jotka helpottavat tietokoneiden käyttöä liikuntarajoitteisille ihmisille, kuten kolmiakselisen kiihtyvyyden sensorit tai aivo-käyttöliittymät. Myös hiirtä ja näppäimistöä olisi mahdollista kehittää liikuntarajoitteisten henkilöiden käyttöön sopivammiksi.

Sutter ja Ziefle kertovat vuonna 2005 julkaistussa artikkelissaan, että kannettavien tietokoneiden käytön määrä on noussut tietokoneisiin liittyvässä työympäristössä, sekä yksityiselämässä. Vaihtoehtoja hiirelle ovat esimerkiksi kosketusnäytöt, sauvaohjaimet sekä valokynät. (Sutter & Ziefle, 2005)

Artikkelista voidaan huomata, että tietokoneet ovat olleet hiiren ja näppäimistön kanssa työelämässä ja yksityiskäytössä tärkeitä jo vuosikymmenien ajan. Myös VR-laitteita käytetään yhä enemmän työelämässä. Allgaier et al. vertailevat artikkelissaan syöttölaitteita VR-ympäristössä lääketieteen ja varsinkin kirurgian harjoittamisen näkökulmasta. Vaikka artikkelilla on lääketieteeseen kohdistuva näkökulma, voidaan sen esittämiä johdopäätöksiä soveltaa myös kertomaan, miten syöttölaitteet eroavat niiden käyttötarkoituksiltaan muissakin VR-ympäristöissä tai niiden ulkopuolella todellisuudessa.

Allgaier et al. kertovat vertailevansa tarkkuusotteisiin, voimaotteisiin sekä käsieleisiin perustuvia syöttölaitteita (Allgaier et al., 2022). Voidaan huomata, että käyttötarkoitus määrittää osaltaan, minkälainen itse syöttölaite on. Laitteet voivat esimerkiksi erikoistua tiettyyn liikkeeseen tai asentoon, jolla saavutetaan haluttu toiminto. Allgaier et al. keskittyvät toimintoihin, kuten osoittaminen ja piirtäminen, jotka ovat yleisiä toimenpiteitä kirurgian harjoittamisessa VR-ympäristössä (Allgaier et al., 2022).

Heidän mukaansa syöttölaitteet täytyy valita huolellisesti niiden tarjoamien erilaisten hyötyjen vuoksi. Jokaiselle käyttötarkoitukselle on omat vaatimuksensa, eli syöttölaitteen valitsemisessa pitää huomioida, että se kykenee haluttuihin tehtäviin, mutta samalla on käytettävissä monessa eri käyttötarkoituksessa. (Allgaier et al., 2022)

Tämä olisi käytännöllistä esimerkiksi siksi, ettei syöttölaitteita tarvitsisi vaihtaa tehtävien aikana. Vaihtaminen saattaisi vaatia laitteen johtojen irrottamista ja liittämistä, mikä olisi VR-päähine päässä erittäin epäkäytännöllistä. Käyttäjän tarvitsisi poistaa päähine, löytää oikea laite ja kytkeä se paikalleen, sekä pukea ja kalibroida päähine uudestaan.

Jotkut laitteet sopivat paremmin tiettyihin tehtäviin esimerkiksi käden asennon vuoksi, Allgaier et al. jatkavat. Sen lisäksi lääketieteellisten sovellusten käyttötarkoitukset vaikuttavat myös laitteen valintaan. Laajaan käyttöön sopivaa syöttölaitetta voidaan käyttää monessa tehtävässä, mutta toisaalta erikoistuneeseen käyttöön tarkoitettu laite, joka vastaa oikean elämän lääketieteellistä välinettä, on tärkeää lääketieteellisen koulutuksen sovelluksissa. (Allgaier et al., 2022)

On oleellista huomata, että sovelluksen vaikutus laitteen valintaan ei rajoitu vain lääketieteeseen. Jos jollakin muulla alalla luodaan koulutuksessa käytettävä sovellus, myös se voi vaatia tehtävien suorittamiseksi räätälöidyn laitteen. Sovelluksen ei tarvitsisi myöskään perustua koulutukseen.

Tutkimuksen aluksi Allgaier et al. olettivat, että tarttumiseen ja skaalaamiseen kannattaisi käyttää VR-datakäsineitä (engl. data gloves). Kynää muistuttava VR Ink -laite ja kraniotomi, kallon avausleikkauksessa eli kraniotomiassa käytetty laite, sopisivat parhaiten piirtämiseen, kun taas VR-päähineiden ohessa yleisesti käytetyt ohjaimet onnistuisivat pyöritystehtävissä (engl. rotation) parhaiten. Nämä tehtävät ovat sellaisia, joita tarvitaan anatomisten rakenteiden tutkimisessa. Tutkimuksen lopussa kuitenkin huomattiin, että nämä oletukset eivät vastanneet täysin totuutta. Esimerkiksi VR Ink -laitteen sanottiin toimivan yhtä hyvin tehtävien suorittamisessa kuin päähineen kanssa yleensä käytetyt ohjaimet, mutta käyttäjien mielestä VR-inkin käytettävyys oli parempi. (Allgaier et al., 2022)

Tutkimuksen aikana huomattiin, että ammatineurokirurgit, jotka olivat tottuneet oikean kraniotomin käyttöön, suosivat sitä tarkkuuden vuoksi. Koska kraniotomia käytettiin harjoitusympäristössä, oli tärkeää, että sen käyttö oli mahdollisimman todenmukaista. Laite oli erittäin painava, minkä vuoksi sen käyttö oli vaikeaa tavallisille käyttäjille. Ammattilaiset kuitenkin pitivät sitä todenmukaisena. Toisaalta laite ei ollut yhtä tarkka virtuaaliympäristössä kuin todellisessa käytössä siihen kytkettyjen paikantimien jäljitysongelmien, kuten värinän, vuoksi. (Allgaier et al., 2022)

Voidaan sanoa, että laitteen sopivuus käyttötarkoitukseen riippuu myös käyttäjästä itsestään. Aikaisemmat tottumukset sekä asenteet vaikuttivat syöttölaitteen suosimiseen. Käyttäjän täytyy myös päättää laitteen huonojen ja hyvien puolien väliltä. Tutkimuksen kraniotomi oli painonsa takia epäkäytännöllinen uusille käyttäjille, mutta toisaalta se oli todenmukainen ja sillä olisi mahdollista harjoittaa oikeanlaista lihasmuistia oikeaa kraniotomia varten (Allgaier et al., 2022).

## 4. SYÖTTÖLAITTEIDEN SUUNNITTELURATKAISUT

Syöttölaitteiden kehityksessä esiintyy lukuisia erilaisia ratkaisuja ja päätöksiä, jotka määrittävät laitteiden ominaisuudet ja käyttötavat. Tässä luvussa pohditaan, mitä suunnitteluratkaisuja on tarvittu syöttölaitteiden kehittämiseen ja miten käyttäjät vaikuttavat syöttölaitteiden kehitykseen.

Jacob kertoo, että syöttölaitteiden suunnittelussa yritetään parantaa syöttölaitteiden mukavuutta, niiden käyttämisen luontevuutta sekä nopeutta muuntaa käyttäjän liikkeitä tietokoneelle syötteeksi (Jacob, 1996). Sugionon et al. artikkeli kartoittaa käyttäjien näkökulmaa syöttölaitteiden tärkeimmistä ominaisuuksista. Noin 75 prosenttia artikkelin kyselyyn vastanneista suosivat tuotteessa ergonomiaa tai mukavuutta. (Sugiono et al., 2021)

Kyselyyn vastasi tosin vain 153 ihmistä, joten tutkimuksen tulos ei kuvasta kaikkien mielipiteitä, mutta kuitenkin voidaan huomata, että mukavuutta pitää pohtia syöttölaitteen suunnittelussa. Sugiono et al. mainitsevat myös, että Pansari ja Kuuru kertovat artikkeleissaan, että ihmisen tunteet vaikuttavat tuotteen valintaan ja käyttäjän kokemuksiin tuotteesta. (Pansari & Kumar, 2017; Kuuru et al., 2020; Sugiono et al., 2021 mukaan)

Thorpen et al. tutkimuksessa selvitettiin pelaajien mielipiteitä erilaisista videopeleissä käytetyistä syöttölaitteista. Tulokset kerättiin mielipidekyselyillä, joista selvisi esimerkiksi se, että pelaajat suosivat heille tuttuja syöttölaitteita, kuten Xbox-peliohjaimia (gamepads). He olivat jo oppineet niiden käytön, sillä ne on suunniteltu sopimaan useampaan peliin. Vaihtoehtoisiin syöttölaitteisiin kuuluivat muut laitteet kuin hiiri, näppäimistö ja tutut peliohjaimet. Vaihtoehtoisilla syöttölaitteilla huomattiin olevan riski etäännyttää käyttäjiä kokeilemasta niitä uudestaan, jos ne eivät sopineet testattuun peliin, mutta toisaalta sopiva vaihtoehtoinen syöttölaite pystyi parantamaan käyttäjäkokemusta. (Thorpe et al., 2011)

Uusien syöttölaitteiden kehityksessä ja lanseerauksessa on siis omat haasteensa. Voidaan myös huomata tunteiden vaikutus syöttölaitteiden valintaan. Käyttäjät ovat tottuneet jo aikaisemmin hyväksi todettuihin vaihtoehtoihin, ja tottumuksesta on vaikeaa päästää irti. Uusien syöttölaitteiden opettelu voi tuntua käyttäjältä vaivalloiselta, vaikka se voisi tuottaa hänelle hyötyä tulevaisuudessa.

Sugiono et al. viittaavat Desmetin tutkimukseen, joka selittää tuotteiden, kuten syöttölaitteiden, herättämiä tunteita käyttäjässä. Tuotteen aiheuttamalla reaktiolla on kolme eri tasoa: tuotteen houkuttelevuus, sen avulla tehdyn toiminnan houkuttelevuus sekä se, miten käyttäjä itse on kiinnostunut aiheesta. (Desmet, 2010, Sugiono, et al., 2021 mukaan) Sen lisäksi Sugiono et al. lisäävät Khalidin ja Helanderin sekä Desmetin ja Hekkertin tutkimusten avulla, että ihmisen ominaisuudet, kuten hänen taustansa, luonteensa sekä kulttuurinsa, vaikuttavat suuresti hänen vuorovaikutukseensa tuotteiden kanssa (Khalid & Helander, 2006; Desmet & Hekkert, 2007; Sugiono et al., 2021 mukaan).

Taveira ja Choi huomauttavat Czajan ja Leen artikkelin avulla, että esimerkiksi vanhemmilla käyttäjillä on enemmän vaikeuksia tietokoneiden käyttöönotossa (Czaja & Lee, 2003, Taveira & Choi, 2009 mukaan). Syitä avataan Hendrixin ja Mann et al. artikkelien avulla: vanhemmat käyttäjät kärsivät heikentyneistä visuaalisista ja motorisista taidoista sekä ovat tottumattomampia tietokoneiden käyttöön (Hendrix, 2000; Mann et al., 2005; Taveira & Choi, 2009 mukaan). Käyttäjät voivat olla hyvin erilaisia, joten kehittäjien täytyy ottaa monipuoliset taustat huomioon. Samalla on huomioitava käyttäjien mahdolliset olettamukset sekä tunteet koskien syöttölaitetta sekä sitä ympäröivää kokonaisuutta. Syöttölaitteet eivät siis ole yksiselitteisesti intuitiivisia, eivätkä kehitysratkaisut päde kaikkiin ihmisiin tai ihmisryhmiin. Taveira ja Choi toteavat, että syöttölaitteiden täytyy sopeutua käyttäjän tarpeisiin, kykyihin ja totumuksiin (Taveira & Choi, 2009).

Huang ja Li kertovat, että syöttölaitteita alkaa olla yhä enemmän tarjolla erilaisiin käyttötarkoituksiin ja monia eri tekijöitä pitää miettiä oikean syöttölaitteen valinnassa. On arvioitava syöttölaitteiden käyttäjäkokemusta, jotta kuluttajille voidaan tarjota järkeviä ehdotuksia heidän tehdessään ostopäätöksiä. Huang ja Li tarjoavat erään mallin käyttäjäkokemuksen arviointiin sekä soveltavat sitä hiireen ja näppäimistöön. (Huang & Li, 2019)

Voidaan huomata, että vaikka käyttäjäkokemusta on vaikea arvioida käyttäjien erilaisten taustojen takia, on ainakin joitakin näkökulmia, joista sovellettavia malleja voidaan kehittää.

Huangin ja Lin käyttämä Whitney Quesenbryn 5E-malli (Engaging, Error tolerant, Easy to learn, Efficient, Effective) on lajiteltu viiteen eri osioon. Hiireen ja näppäimistöön sovellettuun versioon kuuluvat Satisfaction eli tyytyväisyys, Error tolerant eli virheitä sietävä, Easy to learn eli helposti opittava, Efficient eli tehokas ja viimeiseksi Effective eli tuloksia tuottava. Tyytyväisyyttä kuvataan käyttäjän kokemien aistien kautta: käyttäjän kuulemat äänet, laitteen ulkonäön mielekkyys ja hänen kokemansa tuntemukset vaikuttavat tyytyväisyyteen. Hiiren ja näppäimistön virheiden sietoa tarkastellaan esimerkiksi niiden fyysisten ominaisuuksien kautta, helposti opittavuutta niiden ohjeiden kautta sekä

tehokkuutta ja tulosten tuottavuutta niiden perus- ja lisäominaisuuksien kautta. (Huang & Li, 2019)

Sutterin ja Zieflerin tutkimuksessa vertailtiin kahta kannettavissa tietokoneissa käytettyä syöttölaitetta, ohjaussauvan kaltaista näppäimistöön kiinnitettyä tappihiirtä ja kosketuslevyä. Tehtävät sisälsivät osoittimen kohdistamisen tiettyyn kohteeseen ja sen valitsemisen (engl. point-click) sekä osoittimella kohteen valitsemisen ja vetämisen tiettyyn kohteeseen (engl. point-drag-drop). Tehtäviin käytettyä aikaa sekä niiden aikana tehtyjen virheiden määrää mitattiin. Mittaustulosten avulla huomattiin muun muassa se, että kosketuslevy oli huomattavasti parempi suorituskyvyltään kuin tappihiiri, eli käyttäjät tekivät tehtävät nopeammin vähemmällä virheillä sen avulla. (Sutter & Ziefler, 2005)

On siis mahdollista, että eräät syöttölaitteet ovat yksiselitteisesti parempia verrattuna toiseen syöttölaitteeseen, joka on kehitetty samaan käyttötarkoitukseen. Ohjelman suunnitteluvaiheessa kannattaisi siis miettiä, mikä syöttölaite olisi paras tehtävään, tai keksiä tarvittaessa uusi.

Sutter ja Ziefler esittävät kuitenkin hyvän näkökulman liittyen syöttölaitteiden vertailuun. Syöttölaitteilla on olennaisia eroja niiden fyysisissä ja teknologisissa toteutuksissa, minkä vuoksi on vaikea objektiivisesti vertailla niitä (Sutter & Ziefler, 2005). Vaikka kosketuslevyn huomattiin olevan tutkimuksen tehtävissä suorituskyvyltään parempi, käyttäjät mahdollisesti silti suosivat tappihiirtä esimerkiksi tottumustensa vuoksi.

Brown et al. esittävät artikkelissaan kehittämänsä keskisormeen kiinnitettävän hiiren verrattavan syöttölaitteen, joka on suurin piirtein yhtä tarkka ja nopea mutta jota pystyy käyttämään terveellisemmässä asennossa. Tutkimuksen tulos ei ollut se, että laite on yksikäsitteisesti ergonomisempi, vaan se, että se on mahdollisesti ergonomisempi tilanteissa, joissa käyttäjä ei istu selkä suorassa työasemallaan. Tällaisia tilanteita ovat esimerkiksi työskentely lentokoneessa tai junassa. (Brown et al., 2007)

Voidaan jälleen havaita, että syöttölaitteita on mahdollista kehittää edelleen paremmiksi tai jopa kehittää artikkelissakin esitelty korvaava syöttölaite. Toisaalta syöttölaitteet, kuten hiiri ja näppäimistö, ovat suosittuja ja käyttäjät eivät mielellään vaihda tuntemistaan syöttölaitteista. Ongelmana onkin saada käyttäjät vaihtamaan mahdollisesti heille enemmän arvoa tuottaviin laitteisiin.

Tsain puhekirjoitusjärjestelmää käsittelevässä artikkelissa kerrotaan, että funktionaaliset esteet, kuten käyttöesteet, arvoesteet ja riskiesteet (engl. functional barriers: usage, value, risk barriers) ja psykologiset esteet, kuten perinteisiin sekä kuvitelmiin perustuvat

esteet (engl. psychological barriers: tradition, image barriers), vaikuttavat käyttäjien halun vastustaa muutosta. Havaittu helppokäyttöisyys ja käytännöllisyys selittävät eniten käyttäjän aikeita ottaa uutta teknologiaa käyttöön. Nämä seikat pohjautuvat TAM-malliin (engl. Technology Acceptance Model) eli teknologian hyväksymiseen pohjautuvaan malliin. (Tsai, 2021)

Muutoksen vastustus sen sijaan johtuu käyttäjien olettamista kielteisistä seurauksista (Bhattacharjee & Hikmet, 2007, Tsai, 2021 mukaan). Jos uudet keksinnöt eivät muistuta olemassa olevia järjestelmiä esimerkiksi käyttötottumuksien tai -normien kannalta, käyttäjät voivat tuntea olonsa vaivaantuneeksi ja vastustaa muutosta. Nämä innovaatiot voivat olla hankalampia käyttää, jolloin myös voivat olla vastentahtoisia vaihtamaan niihin. Näitä muutoksen esteitä kutsutaan käyttöesteiksi. Arvoesteet täytyy ottaa huomioon, kun innovaatio ei tarjoa parempaa suorituskykyä verrattuna nykyiseen tuotteeseen. (Ram & Sheth, 1989; Laukkanen et al., 2008; Tsai, 2021 mukaan)

Käyttäjien täytyy kysyä itseltään, onko heidän rahansa arvoista hankkia uutta tuotetta, joka pääasiassa tekee samaa kuin jo omistettu tuote.

Innovaatioiden sanotaan sisältävän aina jonkinlaista epävarmuutta, joka näkyy niiden käyttöönotossa riskiesteinä. Kun käyttäjät ajattelevat epävarmuuden aiheuttamia riskejä, he eivät välttämättä ota uusia keksintöjä käyttöönsä ennen kuin ovat varmoja tuotteen toiminnasta. (Ram, 1989; Ram & Sheth, 1989; Tsai, 2021 mukaan)

Sosiaalisten suhteiden ylläpitämiseksi ihmiset vertaavat käyttäytymistään muiden käyttäytymiseen sekä perinteiden ja normien aiheuttamiin rajoitteisiin. Samalla he kokevat paineita käyttäytyä kuin muutkin, mikä aiheuttaa perinne-esteitä. Kun uusi teknologia ei ole yleisessä käytössä, käyttäjät eivät välttämättä perinne-esteiden takia halua ottaa sitä myöskään omaan käyttöönsä. Innovaatioiden ominaisuuksia voi olla vaikea hahmottaa, ja käyttäjät luovat mielikuvia uusista teknologioista eri tietolähteiden, kuten aikaisempien stereotyyppien, keskusteluiden tai epäsuorien kokemusten, avulla. Jos he eivät pidä tuotteen ominaisuuksista, heillä on negatiivinen vaikutelma siitä, jolloin muodostuu kuvitelmaesteitä. Koska he muodostavat tietolähteiden avulla oman kuvitelman tuotteesta, negatiivinen kuvitelma aiheuttaa vastustusta käyttää uutta keksintöä. (Ram & Sheth, 1989; Eckhardt et al., 2009; Kim & Kankanhalli, 2009; Kleijnen et al., 2009; Tsai, 2021 mukaan)

Chungin et al. tutkimuksessa huomattiin, että kosketusnäytöllisiä syöttölaitteita käytävillä kuluttajilla on enemmän ostoaikeita kuin hiiriä käytävillä kuluttajilla. Kosketusnäyt-

töjä käyttävät kuluttajat voivat myös useammin tehdä välittömiä ostopäätöksiä. Syöttölaitteen huomattiin siis vaikuttavan mahdollisten asiakkaiden ostoaikeisiin ja -valintoihin. (Chung et al., 2018)

Oikean syöttölaitteen valinta voi siis tarjota kehittäjille rahallista arvoa. Ilmiötä selitettiin sitoumus-termillä (engl. engagement), joka viittaa Chung et al. mukaan keskittyneen navigoinnin aikana havaittuun kognitiiviseen tilaan (Chung et al., 2018). Sugiono et al. selittävät termiä myös Carofiglio et al. ja Peters et al. artikkelien avulla. Sitoumus on ikävystymisen vastakohta, eli se viittaa siihen, kuinka sitoutuneita käyttäjät ovat käyttämänsä tuotteeseen. Se muodostuu havainto-kognitio-toiminta-kokemuksen (engl. perception-cognition-action-experience) perusteella. Se osoittaa, kuinka käyttäjät jatkavat tuotteen käyttämistä. (Peters et al., 2009; Carofiglio et al., 2019; Sugiono et al., 2021 mukaan)

Oikea syöttölaite oikeassa tilanteessa parantaa siis käytettyä tietokoneohjelmaa sekä käyttäjän että kehittäjän näkökulmasta. Käyttäjän mielestä käyttökokemus on parempi, ja kehittäjä näkee, kuinka hänen sovellustaan käytetään juuri halutulla tavalla.

## 5. YHTEENVETO JA JOHTOPÄÄTÖKSET

Tutkielman aikana selvisi eri tapoja hyödyntää käyttäjän syötteitä sekä lajitella syöttölaitteita erilaisiin malleihin. Syöttölaite ohjaa tietokonetta esimerkiksi käyttäjän kehon, kuten käsien, jalkojen ja silmien, liikkeen pohjalta. Kehon liike voi joko aiheuttaa syötteen fyysisessä kontaktissa laitteen kanssa, tai liikettä voidaan tulkita syötteeksi ulkoisesti kameroiden tai mikrofoniin avulla. Erilaiset sensorit voivat tulevaisuudessa hyödyntää aivotoimintaa.

Syöttölaitteita voidaan edelleen lajitella vielä tarkempiin luokkiin perustuen liikkeen tyyppiin. Esimerkiksi jatkuvassa käden liikkeessä syöttölaitteen tulkitsema syöte aiheutuu jatkuvasta liikkeestä, kun taas epäjatkuvassa liikkeessä yksikin painallus voi riittää syötteeksi. Epäsuorat laitteet tarvitsevat ensin dataa, jonka ne muuttavat syötteeksi, kun taas suorat laitteet ovat intuitiivisia syötteen muuttamisessa suoraan halutuksi toiminnoksi. Isotoniset, isometriset ja elastiset laitteet perustuvat laitteiden syötteeseen käytettyyn voimaan sekä sijaintiin. Päällekäyvät laitteet yleensä vaativat fyysisen kontaktin käyttäjän kanssa, kun taas ei-päällekäyvät hyödyntävät ulkoisia sensoreita sekä kameroita. Syöttölaitteen kehityksen pohjaksi voidaan valita yksi useista tällaisista toteutustavoista.

Syöttölaitteiden päätarkoitus on mahdollistaa tietokoneiden käyttö sekä toteuttaa jokin tietty tehtävä tai tavoite. Sovelluksia ja niiden toimintoja kehittäessä täytyy miettiä, mikä syöttölaite sopii parhaiten niiden toteuttamiseen. Monet laitteet voivat tosin toteuttaa samanlaisia toimintoja, mikä voi vaikeuttaa parhaan syöttölaitteen valintaa. Tiettyä käyttötarkoitusta varten voidaan myös kehittää uusi syöttölaite.

Lisäksi sama syöttölaite voi sopeutua moniin erilaisiin tehtäviin. Valintaan vaikuttaa myös se, että onko syöttölaitteen monikäyttöisyys tärkeämpää kuin se, että laite toteuttaa tehtävänsä paremmin kuin muut laitteet. Laitteen sopivuus käyttötarkoitukseen riippuu myös käyttäjästä itsestään. Aikaisemmat tottumukset, oletukset sekä asenteet vaikuttavat syöttölaitteiden valintaan viihde- ja hyötykäyttöön.

Syöttölaitteiden erikoistunut käyttötarkoitus voi olla esimerkiksi tietokoneiden käytön helpottaminen liikuntarajoitteisille henkilöille. Myös VR-ympäristöä hyödyntäviä syöttölaitteita voidaan käyttää vaikkapa lääketieteen ja kirurgian opetuksessa. Tällaisissa käyttötarkoituksissa panostetaan todentuntuisuuteen esimerkiksi haptisten syöttölaitteiden avulla.

Syöttölaitteiden suunnittelussa keskitytään esimerkiksi niiden käyttämisen mukavuuteen, luontevuuteen sekä nopeuteen. Ihmisen tunteet ja tottumukset vaikuttavat laitteiden suunnitteluratkaisuihin. Tuotteen aiheuttamalla reaktiolla on kolme eri tasoa: tuotteen houkuttelevuus, sen avulla tehdyn toiminnan houkuttelevuus sekä se, miten käyttäjä itse on kiinnostunut aiheesta.

Uusien syöttölaitteiden opettelu voi tuntua käyttäjältä vaivalloiselta, vaikka se voisi tuottaa hänelle hyötyä tulevaisuudessa. Toisaalta sopivan syöttölaitteen kehittäminen oikeaan tilanteeseen voi parantaa käyttäjäkokemusta.

Käyttäjät voivat olla hyvin erilaisia, joten kehittäjien täytyy ottaa monipuoliset taustat huomioon. Samalla on huomioitava käyttäjien mahdolliset oletukset sekä tunteet koskien syöttölaitetta sekä sitä ympäröivää kokonaisuutta. Syöttölaitteet eivät siis ole yksiselitteisesti intuitiivisia, eivätkä kehitysratkaisut päde kaikkiin ihmisiin tai ihmisryhmiin.

Vaikka käyttäjäkokemusta on vaikea arvioida käyttäjien erojen takia, tähän tarkoitukseen on kehitetty erilaisia malleja, kuten Whitney Quesenbryn 5E-malli ja sen pohjalta luotu hiireen ja näppäimistöön sopiva malli. On myös mahdollista, että eräät syöttölaitteet ovat yksiselitteisesti parempia verrattuna toiseen syöttölaitteeseen, joka on kehitetty samaan käyttötarkoitukseen. Syöttölaitteilla on kuitenkin olennaisia eroja niiden toteutuksissa, minkä vuoksi niitä on vaikea vertailla objektiivisesti. Käyttäjät voivat tunnesyistä pitää tiettyä syöttölaitetta toista parempana.

Funktionaaliset esteet ja psykologiset esteet estävät käyttäjiä vaihtamaan tunnetusta syöttölaitteesta heille mahdollisesti enemmän arvoa tuottavaan laitteeseen. Muutoksen vastustus johtuu käyttäjän olettamista kielteisistä seurauksista. Havaittu helppokäyttöisyys ja käytännöllisyys sen sijaan selittävät eniten käyttäjän aikeita ottaa uutta teknologiaa käyttöön.

Oikea syöttölaite oikeassa tilanteessa parantaa käytettyä tietokoneohjelmaa sekä käyttäjän että kehittäjän näkökulmasta. Käyttäjän mielestä käyttökokemus on parempi, ja kehittäjä näkee, kuinka hänen sovellustaan käytetään hänen haluamallaan tavalla, tarjoten hänelle mahdollisesti rahallista arvoa.

Tutkielman avulla siis selvisi, että syöttölaitteiden suunnitteluratkaisut riippuvat suurimmalta osin käyttäjistä ja käyttötilanteesta, eikä siten tiettyä parasta suunnitteluratkaisua ole olemassa. Käyttäjien mielipiteet eroavat suuresti siitä, mikä on toimiva syöttölaite. He eivät välttämättä halua vaihtaa uusiin ratkaisuihin, vaikka sellaisia olisi saatavilla. Suunnittelijat voivat kuitenkin arvioida käyttäjien mielipiteitä ja niiden perusteella yrittää tarjota heille mieluisia ratkaisuja.

## LÄHTEET

Allgaier, M., Chheang, V., Saalfeld, P., Apilla, V., Huber, T., Huettl, F., Neyazi, B., Sandalcioğlu, I. E., Hansen, C., Preim, B., & Saalfeld, S. (2022). A comparison of input devices for precise interaction tasks in VR-based surgical planning and training. *Computers in Biology and Medicine*, *145*, 105429–105429. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2022.105429>

Brown, J. N. A., Albert, W. J., & Croll, J. (2007). A new input device: comparison to three commercially available mice. *Ergonomics*, *50*(2), 208–227. <https://doi.org/10.1080/00140130601002609>

Bulling, A., & Gellersen, H. (2010). Toward Mobile Eye-Based Human-Computer Interaction. *IEEE Pervasive Computing*, *9*(4), 8–12. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2010.86>

Chung, S., Kramer, T., & Wong, E. M. (2018). Do touch interface users feel more engaged? The impact of input device type on online shoppers' engagement, affect, and purchase decisions. *Psychology & Marketing*, *35*(11), 795–806. <https://doi.org/10.1002/mar.21135>

De La Fuente, H. L., Rao, G., Sarrazin, J.-C., Berton, E., & Fernandez, L. (2014). A multi-level approach to investigate the control of an input device: application to a realistic pointing task. *Ergonomics*, *57*(9), 1380–1396. <https://doi.org/10.1080/00140139.2014.921330>

Huang, Z., & Li, H. (2019). Research on UX Evaluation Model of Computer Input Devices (Keyboard and Mouse) Based on AHP. *IOP conference series: Materials Science and Engineering*, *686*(1), 2019, 12005-. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/686/1/012005>

Jacob, R. J. K. (1996). Human-computer interaction: input devices. *ACM computing surveys*, *28*(1), 177–179. <https://doi.org/10.1145/234313.234387>

Lin, M., Li, B., & Liu, Q.-H. (2014). Identification of Eye Movements from Non-frontal Face Images for Eye-controlled Systems. *International Journal of Automation and Computing*, *11*(5), 543–554. <https://doi.org/10.1007/s11633-014-0827-0>

McLaughlin, A. C., Rogers, W. A., & Fisk, A. D. (2009). Using direct and indirect input devices: Attention demands and age-related differences. *ACM Transactions on Computer-Human Interaction*, 16(1), 1–15. <https://doi.org/10.1145/1502800.1502802>

Pisarchik, A. N., Maksimenko, V. A., & Hramov, A. E. (2019). From novel technology to novel applications: Comment on “An integrated brain-machine interface platform with thousands of channels” by Elon Musk and Neuralink. *Journal of Medical Internet Research*, 21(10), e16356–e16356. <https://doi.org/10.2196/16356>

Sugiono, S., Putra, A. S., Renaldi, P., Fanani, A. A., Cahyawati, A. N., & Oktavianty, O. (2021). A new concept of product design by involving emotional factors using eeg: A case study of xomputer mouse design. *Acta Neuropsychologica (Warszawa)*, 19(1), 63–80.

Sutter, C., & Ziefle, M. (2005). Interacting With Notebook Input Devices: An Analysis of Motor Performance and Users’ Expertise. *Human Factors*, 47(1), 169–187. <https://doi.org/10.1518/0018720053653893>

Söllner, M., Hofmann, P., & Pösl, J. (2010). Using Triaxial Acceleration Sensors as Input Devices for Disabled Persons. *Computers Helping People with Special Needs*, 6180(2), 57–60. [https://doi.org/10.1007/978-3-642-14100-3\\_10](https://doi.org/10.1007/978-3-642-14100-3_10)

Tan, D. S., & Nijholt, A. (2010). Preface. Teoksessa *Brain-Computer Interfaces: Applying our Minds to Human-Computer Interaction (Human-Computer Interaction Series)* (v-vii). Springer Verlag London Limited. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-272-8>

Tan, D. S., & Nijholt, A. (2010). Brain-Computer Interfaces and Human-Computer Interaction. Teoksessa *Brain-Computer Interfaces: Applying our Minds to Human-Computer Interaction (Human-Computer Interaction Series)* (ss. 3-19). Springer Verlag London Limited. <https://doi.org/10.1007/978-1-84996-272-8>

Taveira, A. D., & Choi, S. D. (2009). Review Study of Computer Input Devices and Older Users. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 25(5), 455–474. <https://doi.org/10.1080/10447310902865040>

Thorpe, A., Minhua, M., & Oikonomou, A. (2011). History and alternative game input methods. *2011 16th International Conference on Computer Games (CGAMES)*, 76–93. <https://doi.org/10.1109/CGAMES.2011.6000321>

Tsai, L. L. (2021). Why College Students Prefer Typing Over Speech Input: The Dual Perspective. *IEEE Access*, 9, 119845–119856. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2021.3107457>