

Maria Korhonen

**SOSIAALISET ROBOTIT VARHAISKASVATUS- JA
ALAKOULUIKÄISTEN OPETUKSESSA**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO
INFORMAATIOTEKNOLOGIAN TIEDEKUNTA
2020

TIIVISTELMÄ

Korhonen, Maria

Sosiaaliset robotit varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten opetuksessa

Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto, 2020, 56 s.

Tietojärjestelmätiede, kandidaatintutkielma

Ohjaaja(t): Halttunen, Veikko

Teknologian, kuten tietokoneiden ja tablettien hyödyntäminen on vahvistanut asemansa lasten koulutuksessa, mutta viime vuosina on ehdotettu, että myös sosiaaliset robotit voisivat tarjota lähestymistavan oppimiseen. Tämä tutkielma on tehty kirjallisuuskatsauksena, ja sen tarkoituksena on, selvittää mitä vaikutuksia sosiaalisilla roboteilla on varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten opetuksessa. Opetuskäytön robottien ei ole tarkoitus korvata ihmistoimijoita, vaan lähinnä helpottaa ja täydentää koulutusta. Sosiaaliset robotit voivat toimia opettajan, oppikaverin tai opetettavan roolissa lapsen kanssa kahden kesken tai ryhmissä. Kun robotti on opetettavan roolissa, lapsesta muodostuu tiedon lähde, mikä mahdollistaa tutoroinnista oppimisen. Myös oppikaverina oleminen rikkoo perinteisen opetuksen sääntöjä, jolloin robotti ja lapsi ovat molemmat oppijan rooleissa ja ratkovat yhdessä tehtäviä. Sosiaalisia robotteja on tällä hetkellä hyödynnetty kielten opintojen lisäksi muun muassa sosiaalisuutta, motoriikkaa ja mielikuvitusta kehittävässä tehtävissä sekä matematiikan, maantiedon, ohjelmoinnin, kirjoituksen, musiikin ja terveystiedon opinnoissa. Tutkimustulosten mukaan lapset ovat halukkaita oppimaan robotin kanssa ja pitävät myös tästä oppimistavasta eniten, verrattuna normaaliin opetusmuotoon tai muihin koulutusteknologioihin. Robotit ovat mielenkiintoa herättäviä ja motivoivat lasta parempiin oppituloksiin. Robotin kanssa oppimisessa on kuitenkin yksilöllisiä eroavaisuuksia, jotka selittyvät lapsen aiemmalla oppiaineen tietämyksellä, robotin ja lapsen vuorovaikutuksen määrällä sekä muilla yksittäisillä tilannetekijöillä. Opetuskäytössä robotit sitouttavat lasta leikkisyydellä ja pelillisiä ominaisuuksia hyödyntämällä. Sitoutuminen robottiin on niin vahvaa, että useat lapset mieltävät robotin ystäväksi ja uskovat molemminpuoliseen kanssakäymiseen. Robotit ovat personoitavissa lapsen kyvykkyyksien mukaan, antavat asianmukaista palautetta, tarjoavat ohjeistusta ja auttavat oppituntien tavoitteiden saavuttamisessa. Ajoittaiset tekniset ongelmat eivät vaikuta oppikokemukseen, varsinkaan nuoremmilla käyttäjillä.

Asiasanat: sosiaalinen robotti, sosiaalisesti vuorovaikuttava robotti (SIR), sosiaalisesti avustava robotti (SAR), koulutus, varhaiskasvatus, alakoulu

ABSTRACT

Korhonen, Maria

Social robots in the education of pre- and elementary school students

Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2020, 56 p.

Information Systems, Bachelor's Thesis

Supervisor(s): Halttunen, Veikko

The use of technology such as computers and tablets has strengthened in children's education, but in recent years it has been suggested that also social robots could provide an approach to learning. This thesis has been done in the form of a literature review, and its purpose was to find out what effects do social robots have in the education of pre- and elementary school students. Educational robots are not intended to replace human actors, but mainly to facilitate and complement education. Social robots can act as a teacher, learning buddy or learner in private with one child or in bigger groups. When the robot is in the role of the learner, the child becomes a source of information, which enables learning from tutoring. Being a learning buddy also breaks the rules of traditional teaching, in which the robot and the child are both in the roles of the learner and solve tasks together. In addition to language studies, social robots are currently used in tasks that develop sociality, motor skills and imagination, as well as in mathematics, geography, programming, writing, music and health education. According to the research results, children are willing to learn with a robot and also like to learn this way the most, compared to the normal form of teaching or other teaching technologies. Robots are intriguing and motivate children to achieve better learning outcomes. There are also individual differences in learning with a robot, which are explained by the child's prior knowledge of the subject, the amount of interaction between the robot and the child, and other individual situational factors. In educational use, robots engage the child through playfulness. The engaging to the robot is so strong that many children perceive the robot as a friend and believe in mutual interaction. Robots can be personalized according to the child's abilities. They provide appropriate feedback and guidance, and help to achieve educational goals. Occasional technical problems do not affect the learning experience, especially for younger users.

Keywords: social robot, socially interactive robot (SIR), socially assistive robot (SAR), education, preschool, elementary school

TAULUKOT

TAULUKKO 1 Sosiaalisten robottien vertailua	21
TAULUKKO 2 Sosiaaliset robotit varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten opetuksessa.....	33

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ	2
ABSTRACT	3
TAULUKOT	4
SISÄLLYS.....	5
1 JOHDANTO.....	7
2 ROBOTIIKKA	11
2.1 Robottiikan määritelmä.....	11
2.2 Robotin määritelmä	12
2.3 Sosiaalisen robotin määritelmä.....	13
3 OPETUKSESSA YLEISEMMIN KÄYTETYT SOSIAALISET ROBOTIT	15
3.1 NAO.....	16
3.2 Pepper.....	17
3.3 Dragonbot	18
3.4 Robovie.....	19
3.5 Yhteenveto	20
4 SOSIAALISET ROBOTIT OPETUSKÄYTÖSSÄ	22
4.1 Varhaiskasvatusikäisten opetus	23
4.1.1 Kielten opetus	24
4.1.2 Muu opetus	26
4.2 Alakouluikäisten opetus.....	27
4.2.1 Kielten opetus	27
4.2.2 Muu opetus	29
4.3 Yhteenveto	31
5 SOSIAALISTEN ROBOTTIEN OPETUSKÄYTÖN VAIKUTUKSET	35
5.1 Varhaiskasvatusikäisten opetus	36
5.1.1 Kielten opetus	36
5.1.2 Muu opetus	37
5.2 Alakouluikäisten opetus.....	38
5.2.1 Kielten opetus	38
5.2.2 Muu opetus	39
6 POHDINTA JA YHTEENVETO.....	40

LÄHTEET.....	45
--------------	----

1 JOHDANTO

Tiedon siirtäminen opettamisen ja siitä syntyvän oppimisen avulla on ollut ihmishistoriassa aina läsnä (Muttappallymyalil ym., 2016). Oppiminen viittaa laajaan ilmiöön, jolloin näkökulma siitä, että koulutus on vain oppimista tai oppimisen helpottamista on harhaanjohtavaa. Opetus on tiedonsiirtämisen lisäksi ihmiseen laajasti vaikuttavaa ja kehittävää toimintaa. (Biesta, 2015.) Tapa tiedonsiirrolle on kuitenkin kehittynyt suullisesta opettamisesta erilaisiin koulutusteknologioihin, joista käytetyimpiä ovat tietokoneet, tabletit ja älypuhelimet (Muttappallymyalil ym., 2016). Teknologian käyttö, ja erityisesti tietokoneiden hyödyntäminen, nähdään välttämättömänä koulutuksen lisänä (Eteokleous, 2007). Se tarjoaa erinomaisen työkalun opetuksen suunnitteluun, mutta myös lähestymistavan, joka auttaa oppilaita saavuttamaan tuloksia ja kehittämään ymmärrystään (Goddard, 2002). Teknologian käytön positiivisia vaikutuksia on löydetty myös nuorempien käyttäjien opetuksessa (Vaughan & Beers, 2017), johon sisältyy tämän tutkielman ikäluokat, varhaiskasvatus- ja alakouluikäiset.

Koulutusteknologiaan sisältyy tietokoneiden lisäksi mobiilioppimisen mahdollistavat tabletit ja suuremmalle yleisölle kohdennetut älytaulut (Jack & Higgins, 2019; Mutappallymyalil ym., 2016). Näiden lisäksi koulutusteknologioihin voi kuulua esimerkiksi kameroita, tallennuslaitteita, ohjattavia leluja, puhelimia sekä internet-yhteys (Jack & Higgins, 2018). Älytaulut nähtiin tarpeelliseksi, koska perinteisen liitutaulun tavoin niihin voi kirjoittaa ja piirtää, mutta myös näyttää kuvia tai heijastaa muuta e-materiaalia (Muttappallymyalil ym., 2016).

Viimeaikaisten koulutuspoliittisten muutosten vuoksi koulutus ja erityisesti opettajien asema on muuttunut (Biesta, 2015), jolloin heidät nähdään kaikista tärkeimpinä tekijöinä oppimisprosessissa (Stéger, 2014). Ennen kaikkea opettajatoimikunnan asenteet uutta teknologiaa kohtaan ja itsevarmuus sen käytössä, määräävät kuinka usein opettajat sitä tunneillaan hyödyntävät (Blackwell, Lauricella & Wartella, 2014). Hyvä opetus tähtää aktiiviseen ja itsenäiseen oppimiseen (Mertala, 2017), jota teknologian ei aina nähdä edistävän (Ljung-Djärf, Åberg-Bengtsson & Ottosson, 2005). Oma-aloitteisesti lapset eivät välttämättä käytä teknologiaa tehokkaasti (Preradović, Lešin & Boras, 2017),

mutta opettajien antamalla tuella tämä voi muuttua. On myös tärkeä huomioda, että tehokas oppiminen ei aina tarkoita samaa, kuin hyvä oppiminen (Biesta, 2015). Koulujen investoidessa sosiaaliseen robotiikkaan on tärkeää kouluttaa opettajia sen tehokkaaseen hyödyntämiseen (Blackwell, Lauricella & Wartella, 2014).

Perinteisten koulutusteknologioiden lisäksi myös robotiikalla nähdään olevan positiivisia vaikutuksia lasten oppimiseen (Johnson, 2003). Sosiaaliset robotit pystyvät muista koulutusteknologioista poiketen kielellisen viestinnän lisäksi ei-kielellisiin eleisiin ja ilmeisiin kehollisuutensa vuoksi (Belpaeme ym., 2018). Sosiaaliset robotit voidaan nähdä uudenlaisena opetustyökaluna, johon liittyy silti minkä tahansa teknologisen innovaation menestymisen elementit. Esimerkkeinä tästä ovat hyvin tehty opetussuunnitelma sekä tukea antava opetusympäristö. (Alimisis, 2012.)

Yksi tavoite ihmisen ja robotin välisessä vuorovaikutuksessa on kehittää sosiaalista robotiikkaa lasten oppimisen tueksi. Vuorovaikutuksen pitäisi olla lapsille mieluisaa, motivaatiotason ylläpitämiseksi tarpeeksi haastavaa sekä pedagogisesti järkevää, jotta sisältö tuottaa oppimistuloksia. (Belpaeme ym., 2018.) Oppilaan suorituskyky on parhaimmillaan, kun tehtävien haasteellisuus yhdistyy hänen kyvykkyyksiinsä. Liian vaikeat tehtävät ahdistavat ja hermostuttavat oppilasta, mutta myös liian helpoilta vaikuttavat opinnot luovat tylsistymisen tunteita, eivätkä pidä oppitehtävän mielenkiintoa yllä (Fasola & Mataric, 2010; Belpaeme ym., 2018). Personoinnin lisäksi robotiikan tulisi tukea oppimista ja vähentää opettajien työurakkaa, ei lisätä sitä (Serholt, 2017; Fridin, 2014b). Sosiaalisten robottien tarkoituksena ei ole korvata ihmistoimijoita, vaan täydentää ja helpottaa opetusta (Fridin, 2014a; Mubin ym., 2013).

Johnson (2003) on esittänyt tärkeitä kysymyksiä opetuskäytön robotteihin liittyen, joihin täytyy perehtyä ennen robotiikan lisäämistä osaksi koulutusta:

- Oppivatko lapset roboteilta mitään?
- Miten robottien hyödyntäminen eroaa muista opetustavoista?
- Onko kiinnostus robotteja kohtaan ohimenevää vai pysyvää?
- Mikä on paras tapa hyödyntää robottien tarjoamaa potentiaalia?

Tutkielman edetessä myös Johnsonin (2003) kysymyksiin löytyy vastauksia, koska oma tutkimuskysymykseni kattaa laajan näkökulman sosiaalisten robottien opetuskäyttöön.

Tutkielman aihe on todella ajankohtainen ja sillä on yhteiskunnallista merkitystä, koska teknologiaa on alettu hyödyntämään myös nuorempien oppilaiden koulutuksessa entistä enemmän. Syinä tähän voi olla resurssien rajallisuus, teknologiaan tutustuttaminen ja ennen kaikkea mielenkiintoisen ja monipuolisen opetusmuodon tarjoaminen. Näen aiheen erityisen tärkeänä, koska lapsuudessa oppiminen voi merkittäväällä tavalla vaikuttaa myös tulevaisuuden akateemisiin suorituksiin (Kory Westlund ym., 2015; Fish & Pinkerman, 2003). Teknologian rooli nyky-yhteiskunnassa on kaikille elämän osa-alueille ulottuva, jolloin tutustuttaminen tähän jo nuoruudessa on hyödyllistä (Eteokleous, 2007; Jack & Higgins, 2019).

Tutkielman tarkoituksena ei ole ihmistoimijoiden ja robottien tai muiden teknologisten opetustapojen, kuten tablettien tai virtuaalisten agenttien ja robottien vertaileminen. Tutkimuksissa käytettyjä sosiaalisia robotteja vertaillaan keskenään niiden toiminnallisuuden näkökulmasta. Rajaan vastakkainasettelun sosiaalisten robottien hyödyistä ja haitoista pois, jotta kokonaisvaltaisemmalle keskustelulle on tilaa. Edellä mainitut näkökulmat tulevat tutkimuksessa ajoittain esille, mutta päätarkoituksena on vastata tutkimuskysymykseen, joka on:

Millaisia vaikutuksia sosiaalisilla roboteilla on varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten opinnoissa?

Tutkielman tuloksien tavoitteena on selventää sosiaalisten robottien roolia varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten koulutuksessa. Esille pitäisi tulla keinot, jolla robotti sitouttaa, motivoi, ohjaa ja palkitsee sekä ennen kaikkea auttaa lasta oppituntien tavoitteiden saavuttamisessa. Tutkielmassa esiintynyttä tutkimustietoa voidaan hyödyntää pedagogisten ammattilaisten ja teknisten osaajien tukena opetuskäytön robottien suunnittelussa ja käytössä. Tulokset ovat ennen kaikkea rajattu robotin ohjaamiin opintoihin varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten kanssa, mutta näistä on varmasti hyötyä myös kaikenikäisten oppilaiden opintojen suunnittelussa.

Tutkielma on toteutettu kirjallisuuskatsauksena ja siinä hyödynnetyt lähteet on etsitty käyttäen lähinnä Google Scholar-, IEEE Xplore-, Scopus-, ScienceDirect- ja JYKDOK-tietokantoja. Toisessa luvussa hakutermeinä toimivat "robotics", "history of robotics", "robot", "industrial robot", "service robot", "social robot" ja "social robotics". Kolmannessa luvussa etsin lähteitä termeillä "social robots in teaching", "robots in teaching", "social robots in education", "robots in education", "child-robot interaction", "anthropomorphism", "NAO humanoid", "Pepper humanoid", "Dragonbot robot", "Robovie robot" ja "Robovie R3". Ennen tätä tutustuin yleisesti tutkimuksessani käytettyyn lähdekirjallisuuteen, jotta osasin etsiä tietoa eniten hyödynnetyistä sosiaalisista roboteista. Neljännessä ja viidennessä luvussa rajoitin hakutermejäni oppilaiden ikäluokkien ja oppiaineiden mukaan seuraaviksi: "social robots in preschool", "educational robots in preschool", "social robots in elementary school", "educational robots in elementary school", "social robots in language studies" ja "social robots in mathematics". Koska minulla ei ollut vielä tietämystä kaikista opinnoista, joita robotti voi ohjata, palasin myös aikaisempiin, laajempiin "social robots in education" ja "robots in education" hakutermeihin.

Tuloksista valitsin tutkielmaani kirjallisuutta julkaisun laadun ja sisällön perusteella. Julkaisufoorumin luokitus lähteistä on 1-3, lukuun ottamatta joitakin konferenssiartikkeleita. Olen myös hyödyntänyt tutkielmassani joidenkin yliopistojen tutkimus- ja opinnäytetöitä sekä kurssimateriaalia. Tieteellisestä kirjallisuudesta poiketen kolmannessa luvussa esiintyvien sosiaalisten robottien tekniset tiedot löytyivät parhaiten niiden kehittäjien verkkosivuilta. Lähteiden etsimisessä hyödynsin myös paljon ristiviittauksia, jotta sain kokonaisvaltaisemman kuvan alan mahdollisuuksista.

Tutkielma on jaettu kuuteen lukuun, joista ensimmäinen on johdanto. Toisessa luvussa keskitytään pääkäsitteiden, robotiikka, robotti ja sosiaalinen robotti, määrittelemiseen. Kolmannessa luvussa esitellään yleisimmin opetuskäytössä hyödynnettyjä robotteja, jotka ovat lähdekirjallisuuden perusteella NAO-, Pepper-, Dragonbot- ja Robovie-robotit. Jokaiselle robotille on varattuna oma alalukunsa. Neljäs luku kattaa sosiaalisten robottien opetuskäytön. Siinä esitellään tarkemmin, miten sosiaaliset robotit toimivat lasten kanssa ja minkälaisia oppikokemuksia niillä voi mahdollistaa. Viidennessä luvussa esitellään tutkimustulokset, jossa käy ilmi minkälaisia vaikutuksia sosiaalisilla roboteilla on varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten opetuksessa. Neljäs ja viides luku on jaettu alalukuihin ikäluokkien eli varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten oppilaiden sekä kielten ja muiden opintojen mukaisesti. Jako on tarpeellinen, koska eri ikäluokille ja oppiaineille suunnatut oppitunnit voivat sisältää merkittäviä eroavaisuuksia. Kuudennessa luvussa yhdistyy pohdinta ja yhteenveto, jossa käydään läpi tutkielman tavoitteet ja lähdekirjallisuuden tärkeimmät tulokset. Tässä luvussa esitetään myös sosiaalisen robotiikan opetuskäytön jatkotutkimuskohteita.

2 ROBOTIIKKA

Ihmiset ovat aina olleet kiinnostuneita uusien teknisten keksintöjen luomisesta. Usein niiden tarkoituksena on helpottaa ja parantaa arkea. Keksintöjen hyödyllisyyden lisäksi tavoitteena on ollut myös kopioida ihmismäinen olemus osaksi teknistä toteutusta, mikä on nykyaikana tullut osaksi todellisuutta. Jo ennen ajanlaskun alkua ihmiset ovat muotoilleet ja maallaneet omannäköisiään veistoksia ja muotokuvia (Siciliano & Khatib, 2016, 1). Robotiikan avulla nämä uudenlaiset veistokset, koneet, saavat ihmismäisen ulkonäön lisäksi myös ihmisille tunnusomaisen kognition.

Tässä luvussa käydään läpi tutkielmani tärkeimmät käsitteet, jotka ovat robotiikka, robotti sekä sosiaalinen robotti. Robotiikan tieteenalan ja robotin syntymisen ajankohta on hieman päällekkäinen, jolloin ei ole niin selkeää jakaa niitä kronologisesti oikeaan järjestykseen. Aloitan luvun kuitenkin robotiikan alaluvulla, koska se on mielestäni järkevä robotin ja sosiaalisen robotin yläkäsite. Robotiikan käsitteen jälkeen robotti ja sosiaalinen robotti saavat molemmat ovat alalukunsa.

2.1 Robotiikan määritelmä

1900-luvulla kiinnostus ihmisälykkyyden ja koneiden välisestä yhteydestä lisääntyi ja tavoitteeksi muodostui älykkäiden koneiden luominen (Siciliano & Khatib, 2016, 2; Meeden & Blank, 2006). Tätä vauhditti tekoälyn keksiminen 1900-luvun puolivälissä, jolloin sen mahdollisuudet olivat rajautuneet lähinnä pelien, kuten shakin, pelaamiseen (Haenlein & Kaplan, 2019). Koneopin, tietokoneiden, hallintalaitteiden ja elektroniikan kehittymisen myötä älykkäät koneet, joita alettiin kutsua roboteiksi, kehitettiin ja robotiikka alkoi alana selkeästi erottumaan muista läheisistä tieteenaloista (Siciliano & Khatib, 2016, 2). Vaikka älykkäistä koneista pyrittiin luomaan ihmisten kaltaisia, nähtiin tarpeelliseksi luoda uusia eettisiä sääntöjä niiden hallitsemiseen, joihin Asimov (1976) antoi lähtökohdan ”robotiikan kolmessa laissa” (engl. three laws of robotics): 1) ro-

botti ei saa vahingoittaa ihmistä tai toimimattomuudellaan sallia ihmisen loukkaantuvan, 2) robotin täytyy noudattaa ihmisten antamia sääntöjä paitsi, jos ohjeet ovat ristiriidassa ensimmäisen lain kanssa, 3) robotin täytyy suojella omaa olemassaoloaan, kunnes suojeleminen on ristiriidassa ensimmäisen tai toisen lain kanssa.

1960-luvulla robotiikkaa alettiin hyödyntämään yksinkertaisissa teollisuuden työtehtävissä (Hänninen, 2018) ja 1970-luvun lopussa teollisuusrobotit olivat jo keskeinen komponentti automaatiosovellusten parissa (Siciliano & Khatib, 2016, 2). Robotiikkaa tarvittiin varsinkin töissä, joka yhdisti toistuvia liikkeitä ja painavien esineiden nostamista (Krebs & Volbe, 2013). Nykyään robotiikkaa hyödynnetään vaarallisissa työtehtävissä, kuten pommien purkamisessa, tai ihmisille soveltumattomissa töissä, kuten avaruuden tai syvänmeren tutkimisessa (Winfield, 2012, 5). Uuden sukupolven robotit erikoistuvat turvallisuuden ja luottamuksen tunteen lisäämiseen kotona, työpaikoilla ja yhteisöissä palveluiden, viihteen, opetuksen, terveydenhuollon, teollisuuden ja avustuksen muodossa (Siciliano & Khatib, 2016, 2).

2.2 Robotin määritelmä

Robotti-termi juontaa juurensa slaavilaisesta sanasta "robota", joka tarkoittaa käskynalaista/alempiarvoista työvoimaa. 1920-luvulla tšekkiläinen Karel Čapek toi robotti-termin ensimmäisen kerran yleiseen tietoisuuteen Rossum's Universal Robots- näytelmässään. (Siciliano & Khatib, 2016, 1.)

Robotti on "kahdessa tai useammassa akselissa ohjelmoitavissa oleva aktivoitu mekanismi, jolla on autonomiaa liikkua omassa ympäristössään ja suorittaa sille suunniteltuja tehtäviä" (ISO, 2012). Bowker (2020) määrittelee robotin elävää olentoa muistuttavaksi koneeksi, joka pysyy liikkumaan itsenäisesti ja suorittamaan komplekseja toimintoja. Robotti on keinotekoinen laite, jolla on mahdollisuudet ympäristönsä havaitsemiseen ja siinä tarkoituksenmukaiseen toimintaan. Tarkoituksenmukaisuuden lähde eli kognitio sijaitsee mikrotietokoneessa, joka pyörittää robotin ohjelmistoa. Robotin ohjelmisto eli siihen kuuluva koodi määrittää, miten älykkäästi robotti toimii vai toimiiko ollenkaan. Robotti voidaan määritellä myös tekoälyn kehollistumaksi, joka suorittaa hyödyllisiä tehtäviä. (Winfield, 2012, 5–6.)

Robotti, joka kykenee reagoimaan sensoreillaan aistittuihin asioihin, kuten väistelemään esteitä, on todella autonominen. Korkea automaatio ei kuitenkaan suoraan tarkoita korkeaa älykkyyttä, koska esimerkiksi robottipölynimurin ollessa todella autonominen, sen kognitio on silti melko yksinkertainen. (Winfield, 2012, 6.) Robotit koostuvat useista dynaamisista järjestelmistä, jotka lukuisien rakenteiden, moottorien tai toimilaitteiden avulla mahdollistavat täsmällisiä liikkeitä (Zhang & Li, 1999). Useimmiten robotit koostuvat toimilaitteiden lisäksi myös sensoreista ja efektoreista (osat, kuten jalat tai sormet, joilla luodaan voimaa), joiden avulla ne keräävät tietoa ympäristöstä ja pystyvät toimimaan

siellä (Hänninen, 2018). Niiden ”aistieliminä”, havaitsemisen mahdollistavina osina, toimivat elektroniset silmät ja korvat (Winfield, 2012, 5).

Yleisimmin robotit jaetaan teollisuusrobotteihin ja palvelurobotteihin. Näiden lisäksi on olemassa ohjelmistorobotiikkaa ja nanorobotteja, jotka ovat esillä esimerkiksi lääketieteessä. (Hänninen, 2018.) Teollisuusrobotti on ISO-standardin (2012) mukaan ”automaattisesti kontrolloitu, uudelleen ohjelmoitavissa oleva, monikäyttöinen manipulaattori ja ohjelmoitavissa kolmelle tai useammalle akselille”. Ne toimivat tarkasti määriteltyjen tehtävien parissa selkeästi rajatuissa ympäristössä ja ovat käytössä muun muassa autoteollisuudessa ja metallialalla (Hänninen, 2018). Teollisuusroboteilla ei usein ole virransaannin kanssa ongelmia, koska ne ovat kiinni sähköverkossa, mutta liikkuvilla roboteilla eli osalla palveluroboteista energianlähde on kannettava ja huomattavasti vaikeammin ladattavissa (Winfield, 2012, 8).

Palvelurobotti kuvaa robotteja, jotka suorittavat hyödyllisiä tehtäviä ihmisille tai laitteille, jotka eivät kuulu automaatiosovellusten joukkoon. Palvelutehtävissä voidaan käyttää myös normaalisti teollisuusrobotteihin kuuluvia robotteja, jos niiden käyttötarkoitus on palvelurobotille ominainen. (ISO, 2012.) Palvelurobotteja kehitetään pääasiassa ammatilliseen tai kotitalouksien käyttöön (esimerkiksi robottipölynimuri, robottiruohonleikkuri) tai viihteeksi (esimerkiksi lelut, harrastuneisuus, koulutus) (IFR, 2019). Palvelurobottien suunnittelu eli niiden turvallisuus, toiminnan tarkoituksenmukaisuus ja ulkoasu on tärkeää, koska, toisin kuin teollisuusrobotit, ne ovat vuorovaikutuksessa ihmisten kanssa (Hänninen, 2018).

2.3 Sosiaalisen robotin määritelmä

Sosiaaliset robotit ovat palvelurobotteja, jolloin niiden käyttötarkoitus on ihmistä hyödyttävä (ISO, 2012). Sosiaaliset robotit voidaan jakaa sosiaalisesti vuorovaikuttaviin robotteihin (engl. socially interactive robot, SIR) ja sosiaalisesti avustaviin robotteihin (engl. socially assistive robot, SAR) (Hänninen, 2018). Muita variaatioita ovat muun muassa seurallinen robotti (engl. the sociable robot) ja yhteiskunnallinen robotti (engl. societal robot) (Hegel ym., 2009; Fridin, 2014b; Fong, Nourbakhsh & Dautenhahn, 2003).

SIR-robottien pääasiallisena tehtävänä on jonkinlainen kanssakäyminen ihmisen kanssa (Fong ym., 2003). SAR-robotin tavoite on samankaltainen, mutta kanssakäyminen painottuu pelkän keskustelun sijaan avustukseen, opetukseen tai kuntoutukseen (Feil-Seifer & Mataric, 2005). Duffyn (2000) mukaan yhteiskunnalliset robotit (engl. societal robots) eroavat sosiaalisista roboteista niiden toimintaympäristön vuoksi, jolloin sosiaaliset robotit ovat vuorovaikutuksessa muiden sosiaalisten robottien kanssa ja yhteiskunnalliset robotit ihmisten kanssa. Fong ym. (2003) ovat kuitenkin sitä mieltä, että sosiaaliset robotit voivat toimia joko ihmisten tai toisten sosiaalisten robottien muodostamassa yhteiskunnassa tunnistuen toisensa, kommunikoiden keskenään ja oppien toisiltaan. Breazealin (2003) määritelmän mukaan seurallinen robotti kykenee vuo-

rovaikutukseen ymmärtäen ja samaistuen ihmistoimijoihin. Jotta robotin ja ihmisen välille muodostuisi suhde, täytyy myös ihmisen osata samaistua ja tuntea empatiaa robottia kohtaan. Robotti määräytyy seuralliseksi, kun se omaa ihmismäistä älykkyyttä, kuten koko elämänkaaren aikaista uusien asioiden oppimista ja niihin sopeutumista (Breazeal, 2003).

Kyky ymmärtää toisia ja perustella omia näkökulmiaan liittyy vahvasti keholliseen kokemukseen (Lakoff, 1987; Lakoff & Johnson, 1980) ja tämän vuoksi kehollisuus liitetään myös älykkyyteen (Duffy ym., 2000; Brooks, 1990). Rajoitettua antropomorfismin (ihmisille tunnusomaisten piirteiden liittämistä elotomiin esineisiin, eläimiin tai muihin) muotoa ja toimintaa pidetään usein optimaalisena ratkaisuna älykkäälle kokonaisuudelle, joka ei kuitenkaan ole ihminen (Duffy, 2003). Sosiaalinen kokemus ja kommunikointi vaatii symmetrisen ympäristön, jolloin myös siihen kuuluvan toimijan odotetaan olevan kehollinen. Ihmiset usein harjoittavat antropomorfismia teknologiaan, jonka avulla saa varmuuden siitä, että tietty käyttäytyminen on tarkoituksellista. Ymmärryksen varmistamiseksi ihmisten täytyy osata lukea robotin ilmeitä ja eleitä, jolloin näiden täytyy olla yhdenmukaisia ihmiseleisiin ja -ilmeisiin. (Breazeal, 2003.)

Duffyn (2000) mukaan sosiaalisen robotin älykkään käyttäytymisen täytyy ulottua fyysisen maailman kehollisuudesta myös sosiaalisessa ympäristössä pärjäämiseen. Robotit mielletään sosiaalisiksi roboteiksi, kun ne pystyvät ihmisille luontaiseen keskusteluun käyttäen kielellisiä ja ei-kielellisiä (katseet, eleet) vihjeitä (Yan, Ang Jr. & Poo, 2014; Breazeal, Dautenhahn & Kanda, 2016). Tiettyjen ihmismäisten sosiaalisten vihjeiden ja sääntöjen ymmärtämisen avulla ne pystyvät suorittamaan niille suunnattuja tehtäviä (Yan ym., 2014), mikä on alkuperäinen vaatimus myös roboteille (ISO, 2012). Niiden täytyy tulla ymmärretyksi toimintaympäristössään ja omata laajaa tietämystä sosiaalis-kognitiivista taidoista ja ihmiskäyttäytymisestä (Breazeal ym., 2016). Sosiaalisten robottien kehollisuus ja kognitio lisäävät niiden älykkyyttä ja automaatiota, jolloin myös sopeutumis- ja harkintakyky paranevat haastavassa ympäristössä (Samani, 2016, 84). Sosiaalinen robotti on fyysinen kokonaisuus, joka esiintyy riittävän monimutkaisessa, dynaamisessa ja sosiaalisessa ympäristössä edistäen omia ja yhteisön tavoitteita (Duffy, 2000).

3 OPETUKSESSA YLEISEMMIN KÄYTETYT SOSIAALISET ROBOTIT

Sosiaaliset robotit ymmärtävät, tunnistavat ja kommunikoivat ihmisten kanssa eri toimintaympäristöissä ihmisille tyypillisten eleiden, ilmeiden ja puheen välityksellä (Yan ym., 2014; Breazeal ym., 2016; Breazeal, 2003). Sosiaalisen robotiikan tarkoituksena on saada ihmiset ottamaan robotit osaksi heidän elämäänsä ja mahdollisesti luoda läheisiä suhteita niiden kanssa (Samani, 2016, 41). Ihmismäinen ulkomuoto ja käyttäytyminen (ilmeet, eleet) helpottaa ihmisen ja robotin välistä vuorovaikutusta, koska näin ne jakavat yhteisen ymmärryksen sosiaalisesta kanssakäymisestä. Tämän vuoksi sosiaaliset robotit ovat yleisemmin ulkomuodoltaan humanoidisia, mutteivat liian ihmismäisiä, ja tarjoavat oikea-aikaisia reaktioita vuorovaikutuksessa (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013.) Sosiaalisen robotin hyväksymiseen, tykättävyyteen ja kielellisen kommunikoinnin laatuun vaikuttaa robotin fyysinen kehollisuus (Ventre-Dominey ym., 2019; Keshmiri ym., 2019). Käytön ja molemminpuolisen luottamuksen varmistamiseksi, robottien hyväksymiseen vaikuttavia tekijöitä pitää tutkia lisää (Samani, 2016, 41; Bishop, 2019).

Perehtyneisyys robotteihin vaikuttaa yksilön mielipiteisiin siitä, kuinka hyödyllisiä ja mukavia robotit vaikuttavat olevan. Aikuisen ja robotin vuorovaikutustilanteessa robotin positiivisten tunteiden näyttämistä on rajoitettava, jotta se ei vaikuta lapsenkaltaiselta, vaan enemmän vakavasti otettavalta. (Bishop, 2019.) Sosiaalisessa robotiikassa on myös tärkeää analysoida, miten luontaista ja sopivaa robotin äänenkäyttö on (Martin ym., 2020) tutkien ihmisten äänisignaalien alkuja ja loppuja. Muuten mikä tahansa ääni kuulostaa robotin sisäpuolelle sijaitsevaan mikrofoniin lausahdukselle. (Alonso-Martin ym., 2013.)

Lasten ja robottien välinen vuorovaikutus eroaa merkittävästi aikuisten ja robottien välisestä vuorovaikutuksesta, jolloin robotin toiminta suunnataan nimenomaan nuorille käyttäjille sopivaksi (Belpaeme, Baxter, Read ym., 2013). Merkittävät eroavaisuudet vuorovaikutuksessa ilmenevät, kun otetaan huomioon nuorempien käyttäjien jatkuva neurofyysinen ja henkinen kehitys. Lapset ovat päättäväisempiä pitämään yllä illuusiota siitä, että robotilla on elävän

olennon kaltaisia ominaisuuksia, eivätkä käsitä robottia mekaanisena laitteena. (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013.) Näitä ominaisuuksia voivat olla robotissa eniten huomiota herättävät kasvot, torso ja kädet (Dziergwa ym., 2013) tai toiveet, uskomukset ja tarkoitukset, joita lapset yhdistävät olevan robotin kognitiivissa (Rao & Georgeff, 1995).

Tämän luvun tarkoituksena on esitellä sosiaaliset robotit, joita lähdekirjallisuudessa on hyödynnetty. Lähdekirjallisuuden mukaan nämä neljä robottia ovat koulutuksessa yleisimmin käytetyt sosiaaliset robotit. Luku on jakautunut sosiaalisten robottien lukumäärän mukaan, jolloin NAO, Pepper, Dragonbot sekä Robovie saavat jokainen erilliset alalukunsa. Keskityn sosiaalisten robottien suunnitteluvaiheeseen, jolloin robotin ulkomuoto, käyttöönotto ja teknologia käyttäytymisen takana tulevat parhaiten esille.

3.1 NAO

NAO on japanilais-ranskalaisen SoftBank Robotics -yhtiön (silloinen Aldebaran Robotics) ensimmäinen humanoidi, joka tuotiin institutionaaliseen käyttöön vuonna 2008 ja yleisille markkinoille vuonna 2011 (SoftBank Robotics, 2020b). Vuoden 2008 jälkeen NAO-robotti on ollut jatkuvassa käytössä koulutuksen ja tutkimuksen aloilla, ja työskentelee yli 600:ssa yliopistossa, laboratoriossa sekä peruskoulussa (Robots, 2020a). Yli 20 000 käyttöönotetun NAO-robotin ansiosta se on maailmanlaajuisesti eniten hyödynnetty humanoidi (Robotlab, 2020a).

Ensimmäisen version (NAO¹) jälkeen robotin kuudes versio (NAO⁶) julkaistiin vuonna 2018 (SoftBank Robotics, 2020b). Uusin versio NAO:sta on 58 cm pitkä ja painaa noin 5,5 kg (Robots, 2020a). Sillä on 25-asteen vapauden taso (engl. degrees of freedom, DOF) ja pystyy liikuttamaan päätään, käsivarsiaan, lantiotaan, jalkojaan, jalkateriään, käsiään ja sormiaan (Robots, 2020a; Cyberbotics, 2020). Humanoidisen ulkomuotonsa vuoksi se omaa käsien, jalkojen ja torsion lisäksi elektroniset silmät ja suun. Cuijpersin ja van der Polin (2013) tutkimuksen mukaan NAO:n kanssa käytävässä vuorovaikutuksessa katseen suuntaus ja silmäkontakti eivät eroa ihmistoimijan kanssa käydystä vuorovaikutuksesta, vaikka sillä ei olekaan liikkuvia silmiä.

NAO:lla on kaksi viiden megapikselin OmniVision-kameraa, joilla se tunnistaa ihmiset ja esineet paremmin, neljä monisuuntaista mikrofonia, kaksi infrapuna-anturia, yhdeksän kosketusanturia sekä kahdeksan paineanturia (Robots, 2020a). Sensorien, antureiden, kaiuttimien ja mikrofonien yhteistyöllä NAO pystyy ylläpitämään tasapainoaan (Robotlab, 2020a) ja havaitsemaan ympäristöstään esineiden lisäksi myös ääniä ja pitämään yllä dialogia (Robots, 2020a; SoftBank Robotics, 2020c). Sen puheentunnistus ja dialogi kattaa 20 kieltä mukaan lukien suomen, ruotsin ja englannin kielet (Robots, 2020a).

Choregraphe-ohjelmiston ja NAOqi-käyttöjärjestelmän avulla robotti on helppokäyttöinen (SoftBank Robotics, 2020c) ja sen alusta on täysin ohjelmoitavissa ja personoitavissa (Robots, 2020a). Ohjelmoinnin vaikeusaste kuitenkin nousee, mitä monimutkaisempaa toimintaa sen halutaan suorittavan, kuten

monien liikkuvien osien ja rytmin yhteistyön mahdollistavan tanssimisen (Hänninen & Pekkola, 2018). NAO tukee Drag&Drop-, C++-, Python- ja Java -ohjelmointikieliä (Robotlab, 2020a). Akunkesto mahdollistaa 90 minuutin toiminnan ennen uudelleenlatausta (Robots, 2020a). NAO tukee Bluetooth-, Wi-Fi- ja Ethernet-yhteyksiä (Robots, 2020a), mutta heikkojen verkkoyhteyksien tiloissa saattaa sen toiminnassa ilmetä ongelmia (Hänninen & Pekkola, 2018). NAO:n kognitiota ei voida vielä verrata tekoälyyn, mutta se on kykeneväinen jäljentelemään ihmiskäyttäytymistä ja sopii sen takia moniin terveydenhuollon ja koulutuksen työtehtäviin (Robotlab, 2020a). Uutena opetustyökaluna se voi auttaa opettajia herättämään oppilaiden mielenkiinnon NAO:n tarjoaman hauskan lähestymistavan avulla (SoftBank Robotics, 2020c). NAO maksaa noin 7000–8000 dollaria (Hänninen & Pekkola, 2018).

3.2 Pepper

NAO:n tavoin myös Pepper on japanilais-ranskalaisen SoftBank Robotics -yhtiön vuonna 2014 luoma humanoidi (Robots, 2020b). Pepper on rakennettu ohjaamaan ja avustamaan ihmisiä sekä rakentamaan suhteita heidän kanssaan (SoftBank Robotics, 2020d), jolloin sen keskusteluvalmiudet suunniteltiin vastaamaan mahdollisimman paljon ihmisten vuorovaikutustaitoja (Robotlab, 2020b). Sen vahvuuksina toimivat ulkomuoto ja kehonkieli (Hänninen & Porokuokka, 2018). Yrityksessä Pepper voi auttaa asiakkaita löytämään haluamansa tuotteet, myydä niitä ja antaa niistä suosituksia (SoftBank Robotics, 2020d). Pepper sopeutuu hyvin myös koulutuksen, kuten tieteen, teknologian, kone-tekniikan tai matematiikan opettamiseen tueksi ja sitä suositellaan käytettävän 7-vuotiaiden ja sitä vanhempien lasten kanssa. Yksi Pepper-robotti on sopiva 10 oppilaan muodostamassa luokassa tai ryhmässä. (Robotlab, 2020b.)

Pepperin markkinoidaan olevan ensimmäinen sosiaalinen robotti, joka pystyy arvioimaan ihmistunteita tunnistaen kasvonilmeitä, äänen sävyjä ja puhetta (SoftBank Robotics, 2020a; Robots, 2020b). Pepperin kasvontunnistusominaisuuden vuoksi se personoi tervehdykset käyttäjäkohtaisesti. Kasvojen lisäksi Pepper löytää myös huoneen loisteputket ja taustavalot ja kiinnittää huomionsa niihin, mikä voi hankaloittaa dialogin aloittamista ihmisten kanssa. (Hänninen & Porokuokka, 2018.) Pepperin puheentunnistus ja dialogi on tarjolla 15 kielelle (SoftBank Robotics, 2020a), mutta esimerkiksi lasten puheen ymmärtäminen voi olla vaikeaa, koska robotti on koulutettu aikuisten puhedatan avulla. Silmien sinisten LED-valojen vilkkuminen viestittää siitä, että Pepper kuuntelee ja yrittää kääntää kuulemaansa puhetta tekstiksi, jotta voi vastata siihen. (Hänninen & Porokuokka, 2018.)

Pepperillä on 19–20-asteen vapaus (DOF) (Robots, 2020b; SoftBank Robotics, 2020a), jolloin se pystyy liikuttamaan päätään, olkapäitään, kyynärpäitään, ranteitaan, käsiään, lonkkiaan ja polviaan sekä alustaa, jonka päälle se on rakennut (Robots, 2020b). Pepper ei omista erillisiä jalkoja, vaan liikkuu alustan pyörien välityksellä, jotka ajoittain kohtaavat vaikeuksia kynnyksien tai erilais-

ten pintojen ylityksessä (Hänninen & Porokuokka, 2018). Lukuisat sensorit, anturit, RGB kamerat ja mikrofonit sijaitsevat kaikkialla sen liikkuvissa osissa ja rinnassa mahdollistaen sopeutumisen ihmisyyteiskuntaan. NAO-robotin tavoin, Pepper hyödyntää Choregraphe-ohjelmistoa ja NAOqi-käyttöjärjestelmää tehden siitä helposti personoitavan. (Robotlab, 2020b.) Pepper tukee Python-, C++-, Java- ja JavaScript-ohjelmointikieliä (Robots, 2020b) sekä Wi-Fi- ja Ethernet-yhteyksiä (Robotlab, 2020b).

Pepper painaa 28 kg ja on 120 cm pitkä (Robots, 2020b), jolloin sitä lyhyemmät ihmiset, kuten lapset jäävät usein huomiotta (Hänninen & Porokuokka, 2018). NAO-robottiin verrattuna Pepperin akunkesto on 12 tuntia (Robots, 2020b) ja se pystyy rinnassa olevan tablettinsa avulla visualisoimaan vuorovaikutustilanteet NAO:a paremmin (Hänninen & Porokuokka, 2018). Korkeamman humanoidisen ulkomuotonsa ja lisäominaisuuksien vuoksi sen hinta on myös NAO-robottia korkeampi, noin 20 000–30 000 dollaria (Robotlab, 2020b). Pepperin ulkomuodon vuoksi voi kuitenkin seurata vääriä oletuksia myös sen älykkyydestä, jolloin ihmiset saattavat aloittaa sen kanssa ihmismäistä, intuitioon perustuvaa keskustelua, johon sillä ei ole valmiuksia vastata (Hänninen & Porokuokka, 2018).

3.3 Dragonbot

Dragonbot on Cynthia Breazealin Personal Robots Groupin luoma lapsille suunnattu zoomorfinen (eläinpiirteiden yhdistämistä kaikkiin muihin kokonaisuuksiin, kuin eläimiin) robotti (Social Robotics Lab, 2020; Gordon, Breazeal & Engel, 2015). Breazealin ja hänen oppilaidensa tavoitteena on tutkia robotteja, jotka pysyvät pitkäaikaiseen vuorovaikutukseen ihmisten kanssa ja luovat sosiaalisia ja älyllisiä vaikutuksia heille. Personoitua robotin ja ihmisen vuorovaikutusta voitaisiin käyttää elämänlaadun, terveyden, luovuuden, kommunikoinnin ja koulutuksen parantamiseen. (Personal Robots Group, 2015.)

Dragonbot toimii kokonaan Android-puhelimilla, mikä tekee sen helppokäyttöiseksi (Personal Robots Group, 2015). Puhelimen internet-yhteyden vuoksi robotti pystyy yhdistymään pilveen ja oppimaan sen käyttäjältä sekä muilta Dragonboteilta (Personal Robots Group, 2015; Rose, 2011). Yhden Dragonbotin oppiessa jotain uutta myös muut robotit oppivat saman asian. (Rose, 2011; Setapen & Breazeal, 2011). Puhelin asetetaan robotin päässä sijaitsevaan telineeseen, jolloin sen näyttö toimii robotin animoituina kasvoina. Ilmeiden tekeminen onnistuu animoitujen kasvojen välityksellä. Puhelimen sensorit (kamera ja mikrofoni) tarjoavat robotille syötteiden lukutavan ja ohjaavat täysin robotin, eli moottorien ja kaiuttimien, toimintaa. (Personal Robots Group, 2015.) Puhelimeen voi ladata ohjelmiston, joka kääntää tekstin puheeksi valitulla äänellä. Nuorien käyttäjien kohdalla lapsen ääni voisi innostaa pidempään vuorovaikutukseen. (Gordon ym., 2015.) Vaihtoehtoisesti robotin kanssa voi kommunikoida myös virtuaalisella Kombusto-sovelluksella tai Android-tabletilla (Rose, 2011; Personal Robots Group, 2015; Setapen & Breazeal, 2011).

Kasvojen ilmeiden ja äänen lisäksi Dragonbotin pehmeä ja pörröinen olemus sitouttaa lasta toimimaan sen kanssa (Gordon ym., 2015). Robotti on nimensäkin mukaisesti lohikäärmeen näköinen ja omaa keskivartalon lisäksi kädet, jalat, siivet ja hännän. Se on korkeudeltaan noin 45 cm. (Short ym., 2014.) Dragonbotilla on 5-asteen fyysinen vapaus (DOF), jolloin se pystyy liikuttamaan keskivartaloaan, muiden ruumiinosien pysyessä liikkumattomina (Setapen & Breazeal, 2011). Dragonbot on ehdottomasti opetuskäytön roboteista edullisimmasta päästä, maksaen alle 1000 dollaria (Rose, 2011).

3.4 Robovie

Robovie on Hiroshi Ishiguron, Tetsuo Onon, Michita Imain, Takeshi Maedan, Takayuki Kandan ja Ryohei Nakatsun 2000-luvun alussa kehitetty humanoidinen robotti (Ishiguro ym., 2001). Ihmismäinen ulkomuotokin kertoo, että Robovie on suunniteltu vuorovaikutukseen ihmisten kanssa (Kanda ym., 2002). Se on esiintynyt monissa robottinäyttelyissä ja melkein kaikissa suurissa japanilaisissa sanomalehdissä ja TV-ohjelmissa (Ishiguro ym., 2001). Tämän lisäksi Robovie esiintyy useissa tutkielmaani valituissa varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten opetuskäytön tutkimuksissa.

Robovie on 120 cm pitkä ja painaa 40 kg. Sillä on 15-asteen fyysinen vapaus (DOF), jolloin se pystyy liikuttamaan kahta kättään, päätään, kahta silmäänsä ja liikkumaan alustansa avulla, jossa sijaitsee sen kolme pyörää. Omnidirectional silmillään, eli 360-asteen näkevyyden varmistavilla kameroillaan, Robovie havaitsee ympäristönsä ja liikkuvat objektit. Sillä on useita sensoreita kehossaan ja alustassaan sekä kaksi mikrofonia, joilla se kuuntelee ihmisääniä. Akunkesto on 4 tuntia, jonka jälkeen se lähtee automaattisesti etsimään latausasemaa uudelleenlatausta varten. Robovie on autonominen ja itsenäinen robotti, joka käyttää PC-koneissa Linux-käyttöjärjestelmää prosessoidessaan dataa ja eleitä. (Ishiguro ym., 2001.)

Roboviestä on useita eri versioita, joista Robovie R3 on useimmin opetuskäytössä hyödynnetty robotti. Se on suunniteltu erityisesti vanhusten ja vammaisten opastamiseen ja avustamiseen, jolloin siitä voi olla apua päivittäisiin askareisiin, kuten ruokakaupoissa asioimiseen (Hornyak, 2010). Nykyään robotin käyttötarkoitusta on laajennettu yliopistojen ja tutkimusten pariin (Savov, 2010; Hornyak, 2010). Sillä on Robovien tavoin useita tuntosensoreita, kamerat silmissään ja sensorit esteiden väistelemiseen, mutta myös kaiutin suuna ja kaksi mikrofonia korvina (Robotshop, 2010). Robovie R3 on edeltäjänsä pienikokoisempi ollessaan noin 90 cm pitkä ja painaen noin 34 kg (Hornyak, 2010). Robovie R3 maksaa noin 40 000 dollaria (Hornyak, 2010; Robotshop, 2010).

3.5 Yhteenveto

Lähdekirjallisuuden ja siinä esiintyvien sosiaalisten robottien tarkastelulla huomaa, että robotit omaavat keskenään paljon samankaltaisia piirteitä. Tämä on odotettavissa, koska robottien käyttäjäkunnalla, eli tässä tapauksessa ihmisillä, on pohjimmiltaan samanlaisia odotuksia ja mieltymyksiä robotteja kohtaan. Eteenkin sosiaalisen robotin fyysinen kehollisuus vaikuttaa sen tykättävyyteen, hyväksymiseen ja sen kanssa käytävän kommunikoinnin laatuun (Ventre-Dominey ym., 2019; Keshmiri ym., 2019).

Taulukkoon 1 on tiivistetty NAO-, Pepper-, Dragonbot- ja Robovie-robottien keskeisimmät piirteet. NAO, Pepper ja Robovie omaavat ihmismäisiä, humanoidisia piirteitä, kun taas Dragonbot eläimille tunnettuja, zoomorfisia ominaisuuksia. Humanoidiset piirteet ovat esimerkiksi erillisen pään, käsien, torson sekä suun ja silmien omaaminen, jotka yhdistyvät NAO:n, Pepperin ja Robovien suunnittelussa (Robots, 2020a; Cyberbotics, 2020; Robots, 2020b; Ishiguro ym., 2001; Kanda ym., 2002). Sosiaaliset robotit ovat pisimmiltään 120 cm, mikä tekee niistä suunnilleen lasten kokoisia, ja lyhyimmillään 45 cm.

Robotin ulkomuotoon ja sen raajoihin liittyy myös vapauden taso (DOF), joka kertoo siitä, kuinka moneen liikkeeseen robotti pystyy. Taulukossa 1 esiintyvien robottien vapauden taso vaihtelee 5-asteesta aina 25-asteeseen, mikä tekee NAO:sta kaikkein edistyneimmän itsenäisessä liikkumisessa. Se pystyy liikkuttamaan päätään, käsivarsiaan, lantiotaan, jalkojaan, jalkateriään, käsiään sekä sormiaan (Robots, 2020a; Cyberbotics, 2020).

Dragonbot-robottia lukuun ottamatta, kaikilla sosiaalisilla roboteilla on ympäristön, esineiden ja ihmisten havaitsemiseen helpottavia teknisiä ominaisuuksia, kuten kameroita ja mikrofoneja. NAO:n ja Robovien OmniVisual- ja Omnidirectional-kamerat varmistavat robotin 360-asteen näkemyyden (Ishiguro ym., 2001; Robots, 2020a). Myös Dragonbotilla on käytössään kamera ja mikrofoni, mutta ne ovat sidoksissa robotin telineeseen asetettavan puhelimen sensoreista (Personal Robots Group, 2015), eivätkä sisäänrakennetuista osista.

Pepperin puheentunnistus ja dialogi kattaa 15 kieltä (SoftBank Robotics, 2020a), kun taas NAO:n on mahdollista käydä keskustelua yli 20 eri kielellä (Robots, 2020a). Dragonbotin dialogi mahdollistuu puhelimeen ladattavan ohjelmiston kautta, joka kääntää tekstin puheeksi valitulla kielellä (Gordon ym., 2015). Robovien dialogin rakennuksesta löytyy todella vähän tietoa.

Sosiaaliset robotit omaavat helposti ohjelmoitavissa olevat alustat, jotta niiden käyttömahdollisuudet olisivat laajemmat. Lähes kaikki sosiaaliset robotit tukevat Ethernet -ja Wi-Fi-yhteyksiä. Dragonbot voi yhdistyä pilveen, jolloin se samalla oppii toisilta Dragonboteilta (Personal Robots Group, 2015; Rose, 2011). Robottien akunkesto vaihtelee jopa 12 tunnista (Pepper) 90 minuuttiin (NAO). Robovie-robotti pystyy ainoana taulukon 1 robottina lähteä itsenäisesti etsimään latausasemaa, kun sen akkutaso laskee liian alas (Ishiguro ym., 2001).

TAULUKKO 1 Sosiaalisten robottien vertailua

	NAO	Pepper	Dragonbot	Robovie
Ulkomuoto	humanoidinen	humanoidinen	zoomorfinen	humanoidinen
Pituus, paino	58 cm, 5,5 kg	120 cm, 28 kg	45 cm	120 cm, 40 kg / 90 cm, 34 kg
Vapauden taso	25	19 – 20	5	n. 15
Kamerat	x2 Omnivisual	x2 RGB	x1 (puheli- men)	x2 Omnidirecti- onal
Mikrofonit	x4	x4	x1 (puheli- men)	x2
Dialogi, puheen- tunnistus	yli 20 kieltä	15 kieltä	ohjelmiston mukaan	-
Ohjelmisto/ käyttöjärjestelmä/ ohjelmointikielet	Choregraphe, NAOqi, Drag&Drop, C++, Python, Java	Choregraphe, NAOqi, Py- thon, C++, Java, JavaS- cript	Android, Kombusto- sovellus	PC, Linux
Akunkesto	90 min	12 h	-	4 h
Yhteydet	Ethernet, Wi- Fi, Bluetooth	Ethernet, Wi- Fi	Ethernet, pilvi	-
Hinta	7000 – 8000 \$	20 000 – 30 000 \$	alle 1000 \$	noin 40 000 \$

(Robots, 2020a; Robots, 2020b; Ishiguro ym., 2001; Hornyak, 2010; Cyberbotics, 2020; SoftBank Robotics, 2020a; Setapen & Breazeal, 2011; Robotlab, 2020b; Personal Robots Group, 2015; Robotlab, 2020a; Hänninen & Pekkola, 2018; Gordon ym., 2015 ; Rose, 2011)

4 SOSIAALISET ROBOTIT OPETUSKÄYTÖSSÄ

Viime vuosina on ehdotettu, että sosiaalisilla roboteilla olisi potentiaalia toimia aikuisten, mutta myös lasten tuutoreina (Belpaeme ym., 2018). Niissä yhdistyy teknologian hyödyt, kuten skaalautuvuus, kustomoitavuus ja sisällön helppo lisääminen, keholliseen ja sosiaaliseen maailmaan (Kory Westlund ym., 2017). Robotin tarjoamalla sosiaalisella vuorovaikutuksella ja kehollisuudella on tehokkaita vaikutuksia sosiaalisen vuorovaikutuksen ollessa välttämätöntä lapsen kognition kypsymiselle. Ilman jatkuvaa ja laajaa sosiaalista vuorovaikusta lapsi ei voi kasvaa kognitiivisesti ja sosiaalisesti toimivaksi aikuiseksi. (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013.)

Sosiaalinen robotti voi luoda personoidun, edullisen ja väsymättömän opetustavan, jota muut koulutusteknologiat eivät tarjoa (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013; Causo ym., 2017). Robotin on tärkeää muokata vuorovaikutusta lapsen oppimistasoon sopivaksi (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013), koska usein liian helpot tai liian vaikeat tehtävät heikentävät oppilaan keskittymiskykyä (Belpaeme ym. 2018). Sosiaalinen robotti voi ottaa lukuisia rooleja opetustilanteissa, joista yleisimmät ovat tuutorin lisäksi oppikaveri, opettava agentti tai käyttö opetustyökaluna (Serholt, 2017; Causo ym., 2017). Opettajan assistenttina robotille muodostuu rooli, joka ei ole oppilaan vertainen, muttei myöskään yhtä korkea, kuin auktoriteettiasemaisen opettajan (Alemi ym. 2015).

Robotin pitää osata tunnistaa kenen kanssa on vuorovaikutuksessa, mitä tämä henkilö tekee ja miten hän tekee kyseisen toiminnan (Breazeal, 2003). Ensisijaisesti ei-kielelliset eleet, oppilaiden huomion oikea ohjaaminen, kommunikatiivisuus ja empaattisuus lisäävät lasten oppimispotentiaalia (Belpaeme ym., 2018). Robotin on kyettävä aloittamaan vuorovaikutus ja osallistumaan siihen, sekä tekemään yhteistyötä (Belpaeme, Baxter, Read ym., 2013). Käyttäjät usein olettavat roboteilla olevan samanlaisia havainnollisia ominaisuuksia, kuin ihmisillä on, mutta robotin ja ihmisen välinen avoin vuorovaikutus ja luonnollisen kielen ymmärrys on vielä haasteellista (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013). Rajoittamattomissa ympäristöissä haasteeksi nousee myös käyttäjien käsitys siitä, minkälaisia robottien vastauksien tulisi olla ja minkälaisia ne oikeasti ovat (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013). Kasvojen havaitseminen ja tunnis-

taminen, esineiden tunnistaminen ja ihmiskäyttäytymisen ymmärtäminen ovat kehittyneet lähivuosina rajattuihin olosuhteisiin käytettäväksi (Kruijff-Korbayová ym., 2011). Koska sosiaalisten robottien kanssa käytävä vuorovaikutus on paljon rajoitetumpaa verrattuna ihmisten väliseen vuorovaikutukseen, olisi helpompaa suunnitella robotit yksittäisiin koulutustilanteisiin sopiviksi (Serholt, 2017). Tämä ei kuitenkaan ole mahdollista.

Tässä luvussa käydään läpi, millaisia mahdollisuuksia sosiaalisilla roboteilla on opetusympäristössä, eli millaisia oppitunteja ja tehtäviä niiden kanssa on mahdollista toteuttaa. Luku on jaettu oppilaiden kronologisten ikien mukaan varhaiskasvatus- ja alakouluikäisiin oppilaisiin. Yleisimmin sosiaalisia robotteja on käytetty kielten opiskelun tukena, mutta otan huomioon myös muut opinnot. Tämän vuoksi molempien ikäluokkien alaluvuiksi muodostui sosiaalisten robottien ohjaamat kielten opinnot sekä muut opinnot.

4.1 Varhaiskasvatusikäisten opetus

Varhaiskasvatukseen kuuluu kasvatuksellinen vuorovaikutus, toiminnallisuus, osallistuvuus ja läsnäolo sekä itse varhaiskasvatustyö (Härkönen, 2003). Koivulan ym. (2017, 14) mukaan varhaiskasvatus yhdistää ”opetusta, kasvatusta ja hoivaa koskevat käytännöt, ajatukset ja teorit”. Tavoitteena on lasten hyvinvoinnin, kehityksen ja oppimisen tukeminen ja edistäminen (Koivula ym., 2017, 14-16). Suomessa varhaiskasvatusta järjestetään päiväkodeissa, perhepäivähoitoissa, aamu- ja iltapäivä- sekä muissa kerhoissa (Opetushallitus, 2020). Myös esiopetus sisältyy varhaiskasvatukseen (Härkönen, 2003), joten varhaiskasvatukseen kuuluu kaikki alle kouluikäiset oppilaat.

Valitsemisani kansainvälisissä tutkimuksissa ja suomalaisessa pedagogisessa sanastossa oli niin paljon eroavaisuuksia, että päätin käyttää laajempaa varhaiskasvatusikäiset-termiä nuorempien käyttäjien ilmaisemiseen. Esimerkiksi esikouluikäiset Suomessa ovat noin 5-6-vuotiata, usein seuraavana vuonna ensimmäisen kouluvuotensa aloittavia lapsia (Opetushallitus, 2020), kun taas USA:ssa, Iso-Britanniassa, Aasiassa tai muualla Euroopassa toteutetuissa tutkimuksissa esikouluikäiset voivat olla myös eri-ikäisiä (usein nuorempia) lapsia (Bright Horizons, 2020; Miller ym., 2009). Opetus ennen peruskoulua voi sisältää lapsia kahdesta ikävuodesta viiteen ikävuoteen eri maiden välillä (USA 2,5-4,5-vuotiaat, Kanada 4-5-vuotiaat, Saksa 3-5-vuotiaat, Iso-Britannia 3-4-vuotiaat) (Miller ym., 2009).

Sosiaalisesti avustavan robotiikan alasta, joka perehtyy varhaiskasvatusikäisten avustukseen, opetukseen ja kuntoutukseen, käytetään termiä KindSAR (engl. kindergarten social assistive robotics) (Fridin, 2014b; Feil-Seifer & Mataric, 2005). Lapsia sitoutetaan oppimiseen sosiaalisen vuorovaikutuksen ja koulutuksellisten pelien välityksellä (Fridin, 2014b). Seuraavaksi käsitellään sosiaalisia robotteja kielten opiskelun ja muiden opintojen tukena varhaiskasvatusikäisten lasten kanssa.

4.1.1 Kielten opetus

Lapsen varhainen suullinen kielitaito vaikuttaa laajasti myös muuhun, tulevaan oppimiseen (Kory Westlund ym., 2015). USA:ssa peruskoulun aloittavista lapsista ennennäkemätön määrä omaa alhaiset kielelliset perustaidot. Perustaitoihin liitetään myös sanavaraston koko. (Sparling ym., 2004.) Sanavaraston suuruus voi ennustaa lapsen lukutaitoa ylemmillä koululuokilla (Fish & Pinkerman, 2003) ja on todettu, että varhaislapsuuden opetus voi tehokkaasti estää näitä myöhempiä akateemisten taitojen vajavaisuuksia (Sparling ym., 2004).

On tärkeää ottaa huomioon, onko sosiaalisilla roboteilla opetettava kieli osallistujien äidinkieli (L1) vai toinen kieli (L2). Opetettava kieli määrää oppi-tehtävien vaikeustason. Useimmat varhaiskasvatusikäisten tutkimukset keskittyivät L2-englannin kielen opetukseen (de Haas ym., 2017; de Haas, Vogt & Krahmer, 2016; Tanaka & Matsuzoe, 2012; Schodde ym., 2019). Movellan ym. (2009), Gordon ym. (2015), Kory Westlund ja Breazeal (2015) sekä Kory Westlund ym. (2017) tutkivat nuorten englanninkielisten lasten äidinkielen (L1) sanaston kehittymistä.

Movellan ym. (2009) tutkimuksessa hyödynnetyn RUBI-4:n suunnittelussa tärkeintä on lapsille turvallisen ympäristön luominen, mikä on tavoitteena muidenkin sosiaalisten robottien hyödyntämisessä. Turvallisuutta taataan myös jatkuvan robottien valvomisen avulla. (de Haas ym., 2017; Kory Westlund ym., 2017). RUBI-4:n ja NAO:n kehollisuus ja eteenkin niiden kädet mahdollistavat lasten kanssa fyysisetkin leikit, kuten esineiden antamisen ja ottamisen (Movellan ym., 2009; Tanaka & Matsuzoe, 2012). DragonBotilla ei ole erillisiä pään alueen niveliä tai käsiä, joten sen antamat ohjeet ja palaute on vain kielellistä (Kory Westlund ym., 2017).

Sosiaalisten robottien tukema opetus on hyvä aloittaa tutustumisvaiheella (de Haas ym., 2017; Gordon ym., 2015; Tanaka & Matsuzoe, 2012), jolloin lapset saavat olla vuorovaikutuksessa robotin kanssa, mutteivät opi siltä vielä mitään (Movellan ym., 2009). Tutustumisvaihe voi olla robotin ja lapsen kahdenkeskinen (Gordon ym., 2015), koko luokan jakama (Tanaka & Matsuzoe, 2012) tai molemmat variaatiot sisällyttämä hetki (de Haas ym., 2017). Robotti aloittaa usein tervehtimällä ja esittelemällä itsensä (Gordon ym., 2015; de Haas ym., 2017) ja voi jatkaa vuorovaikutusta muilla aktiviteeteillä, kuten lyhyillä keskusteluilla tai kättelyllä (Tanaka & Matsuzoe, 2012).

Sosiaalinen robotti voi ottaa lukuisia rooleja opetustilanteissa, joista esimerkkeinä ovat opettajan, opetettavan sekä oppikaverin roolit. Yksinkertaisten tarinoiden ja sanaston opettaminen mahdollistuu helpoiten työkalujen, kuten lelujen (de Haas ym., 2016), tabletin (Movellan ym., 2009) tai kuvakorttien (Kory Westlund ym., 2017) välityksellä. Robotti voi esimerkiksi hyödyntää rakennuspalikoita opettaessaan lasta laskemaan L2-kielellään yhdestä neljään (de Haas ym., 2016). Robotti asennoitui Tanakin ja Matsuzoen (2012) tutkimuksessa opetettavan rooliin, jossa neljä englanninkielistä verbiä tutustutettiin lapselle, jotka hän myöhemmin opetti robotille. Tutorinnista oppiminen (engl. tutor learning) nähdään arvokkaana lisänä koulutuksessa, mutta usein pelkän tiedon

siirtämisenä, eikä sen kehittämisenä (Roscoe & Chi, 2007). Robotin oppikaverin rooli tulee esille muun muassa erilliselle tabletille ladatusta tarinankerronta-tehtävästä. Tieto pelin etenemisestä tulee tabletilta, jolloin se muodostuu tiedon lähteeksi ja vieressä oleva robotti sen sijaan lapsen oppikaveriksi (Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015.) Lapsi ja robotti voivat myös yhdessä vieraila virtuaalisessa eläintarhassa, oppien eläimien vieraskielisiä nimiä (Schodde ym., 2019).

Sosiaalinen robotti ohjeistaa oppilasta ennen tehtävän alkua, mutta myös sen aikana (de Haas ym., 2017). Se voi aloittaa vuorovaikutuksen esittelemällä pelattavan pelin säännöt (Kory Westlund & Breazeal, 2015) tai opettaa itsenäisesti lapselle sanoja (Movellan ym., 2009). Ohjeistaminen tapahtuu usein kehottusten kautta, jolloin robotti voi ehdottaa lasta koskemaan tiettyä kuvaa ruudulla (Movellan ym., 2009) tai painamaan tiettyä näppäintä, jotta käsiteltävä sana kuullaan uudelleen (Gordon ym., 2015) ja oppimisprosessia voidaan jatkaa.

Sosiaalisilta roboteilta saadun palautteen vaikutuksia tutkitaan jatkuvasti. Osallistujat voidaan jakaa kolmen palautteen ryhmiin, joissa lapset saavat aikuisilta saatavan palautteen kaltaista palautetta, vertaisilta saatavan palautteen kaltaista palautetta tai ei palautetta ollenkaan (de Haas ym., 2017; de Haas ym., 2016). Jos robotti ei anna ollenkaan palautetta, sen rooli on enemmän ohjeistajan ja leikkitoimin kaltaisen, jolloin se ei myöskään tarjoa motivoivia hyötyjä lapselle. Vertaisten antaman palautteen kaltaisen palaute on samankaltaista, mutta enemmän negatiivista. Aikuisilta saatu palaute on edellisiin verrattuna paljon kokonaisvaltaisempaa, jolloin robotti antaa lapselle palautetta oikeista sekä vääristä vastauksista. Se on myös huomattavasti positiivisempaa ja kannustavampaa sekä ilmaistaan kielellisten keinojen lisäksi myös ei-kielellisesti eleillä ja ilmeillä (de Haas ym., 2016). Ei-kielellisenä eleenä robotti voi vaihtaa elektronisten silmiensä värin sateenkaaren väreihin (Schodde ym., 2019). Usein lapsille halutaan tarjota jatkuvaa positiivista (de Haas ym., 2016; Kory Westlund ym., 2015; Kory Westlund ym., 2017; Schodde ym., 2019), muttei välttämättä informatiivista palautetta heidän toiminnoistaan. Palaute voi kuitenkin ohjeistuksen tavoin antaa lapselle vihjeitä tehtävien suorittamiseen ja esimerkiksi tuntemattomien sanojen muistamiseen. (Kory Westlund ym., 2015; Kory Westlund ym., 2017.)

Opettajien ja tutkijoiden rooli on suuri sosiaalisten robottien ja lasten tutustumisvaiheessa, mutta myös itse opetustilanteessa. Robotti ei välttämättä pysty itsenäisesti opastamaan lasta oppitehtävissä, joten opettajan tehtävänä on ohjata keskustelua (Tanaka & Matsuzoe, 2012) ja tarvittaessa tarjota lisäohjeita lapselle (de Haas ym., 2016). Opetustilanteessa opettaja valvoo usein samassa tilassa robotin ja lapsen välistä vuorovaikutusta, mutta on varovainen omassa palautteen antamisessaan (de Haas ym., 2017; Kory Westlund ym., 2017).

Kun kyseessä on varhaiskasvatusikäiset lapset, on sitouttaminen leikin kautta tärkeää (Koivula ym., 2017, 14-16). Annettujen oppitehtävien ominaisuudet (Gordon ym., 2015), saadun palautteen laatu (de Haas ym., 2017) sekä robotin ja lapsen välinen vuorovaikutus (Tanaka & Matsuzoe, 2012; de Haas ym., 2016) kuuluu sitouttamiseen. Robotin voidaan antaa toimia itsenäisesti

(Movellan ym., 2009), jolloin tutustuminen siihen omalla ajalla on mahdollista, mutta usein valmiiksi suunniteltujen pelien avulla lapsen mielenkiinto pysyy yllä parhaiten. Tarinankerronta-peliin voi lisätä esimerkiksi hassuja tapahtumia ja hahmoja. (Gordon ym., 2015.) Lapsen pitkästyessä on robotin mahdollista tunnistaa kyseinen käyttäytyminen ja vastata siihen aktiviteeteillä, kuten tanssilla tai vilkuttamisella, jotka herättävät mielenkiinnon uudestaan (Schodde ym., 2019). Lapsi tuntee itsensä hyväksytyksi, jos robotti tunnistaa hänet (Turkle ym., 2004), tervehtii häntä nimellä (Tanaka & Matsuzoe, 2012) ja ”muistelee” heidän yhdessä kokemiaan asioita (Kory Westlund & Breazeal, 2015). Liian vaikeat ja helpot oppitehtävät motivoivat lapsia vähemmän (Belpaeme ym., 2018). Tämän vuoksi sosiaalisten robottien täytyy osata sovittaa lapsen kyvykkyydet ja oppitehtävän vaikeustaso toisiinsa (Kory Westlund & Breazeal, 2015; de Haas ym., 2016).

4.1.2 Muu opetus

Sosiaalista vuorovaikutusta (Tanaka, Cicourel & Movellan, 2007) ja luovuutta (Fridin, 2014b) kehittävät tehtävät ovat yleisimpiä varhaiskasvatusikäisten lasten koulutukseen liitettyjä muita opintoja. Tanaka ym. (2007) tutkivat, kuinka 18-24 kuukauden ikäiset lapset sopeutuvat robotin läsnäoloon sosiaalisten pelien, kuten laulujen ja tanssimisen välityksellä. Taitoja, joita yhteisissä oppitilanteissa pyrittiin kehittämään olivat sosiaalis-motorisia. Lapset halailivat, nostivat ja yleisesti koskivat robottia torson, jalkojen, pään ja kasvojen alueilta. Joskus robotti reagoi sosiaaliin tilanteisiin liian hitaasti ja lapsi oli jo vaihtanut seuraavaan aktiviteettiin, jolloin yhteinen sosiaalinen kokemus muuttui huomattavasti lyhyemmäksi. (Tanaka ym., 2007.)

Causon ym. (2017) tutkimuksessa hyödynnettiin Pepperin ja NAO:n tarjoamaa leikkistä näkökulmaa. Molemmilla roboteilla pidetyt oppitunnit sisälsivät tarinoiden lukemista, arvuuttelupelejä ja tärkeiden aiheiden, kuten kiusaamisen ehkäisyyn ja kierrätykseen liittyvien tehtävien käsittelyä. Pepperin kanssa leikittiin myös kaupan työntekijän ja ostajan rooleja, jolloin harjoiteltiin asiakaspalvelutilanteissa toimimista ja leikkirahan käyttämistä. (Causo ym., 2017.) Kuten varhaiskasvatusikäisten kielten opinnoissa, myös muissa opinnoissa harjoitetaan tarinankerrontaa, koska se kehittää lapsen loogista ajattelukykyä, kielellistä ilmaisukykyä, luovuutta sekä mielikuvitusta (Wright, 1997). Robotit lukevat Causon ym. (2017) tutkimuksen mukaisesti lapsille ennalta äänitettyjä tarinoita, joihin voidaan sisällyttää ääniä, kuvia ja lauluja (Fridin, 2014b). Lasten motoriikka kehittyy Kapteeni käskee -pelin avulla, jossa lapset toistavat robotin tekemiä yksinkertaisia liikkeitä, kuten käsien ylös nostamista ja taputtamista (Fridin, 2014b; Fridin, 2014a).

Jotta lapsia sitoutettaisiin mahdollisimman paljon myös leikkisissä opinnoissa, on robotin antama palaute positiivista ja kannustavaa (Fridin, 2014b; Fridin, 2014a). Opettajien tehtävänä on valvoa, suunnitella ja luoda sosiaalisia robotteja hyödyntävien oppituntien rakenteet (Causo ym., 2017). Turvallisuus on erityisen tärkeää, koska sosiaalisuutta, motoriikkaa, luovuutta ja mielikuvit-

tusta kehittävät oppitunnit toteutetaan ryhmissä (Tanaka ym., 2007; Fridin, 2014b, Fridin, 2014a; Causo ym., 2017) ja usein myös vapaissa asetelmissa (Tanaka ym., 2007). Oppitunteihin voidaan liittää sosiaalisten robottien lisäksi muutakin teknologiaa, kuten tabletteja, jolloin teknisten asiantuntijoiden on toimittava läheisessä yhteistyössä opetustoimikunnan kanssa, pitäen huolen, että teknologian rajoituksia noudatetaan (Causo ym., 2017).

4.2 Alakouluikäisten opetus

Suomessa oppivelvollisuus alkaa 7-vuotiailla lapsilla, jolloin he aloittavat alakoulun (Perusopetuslaki, 1999) ja jatkavat siellä 12-vuotiaaksi asti. USA:ssa ja Kanadassa alakoulu aloitetaan 6-vuotiaana ja päätetään 11-vuotiaana, jonka jälkeen siirrytään yläkouluun 12-vuoden iässä. Saksassa alakouluopetus aloitetaan, kun lapsi täyttää 6 vuotta ja jatkuu 9-vuotiaaksi asti. Englannissa ja Walesissa alakoulu alkaa 5-vuotiaana ja Pohjois-Irlannissa 4-vuotiaana, jonka jälkeen kaikissa alakoulu loppuu 10-vuotiaana. (Miller ym., 2009.)

Valitsin alakouluikäisten opetukseen tutkimuksia, jotka toteutettiin 7-12-vuotiaiden lasten kanssa, jotta tämä kävisi yhteen suomalaisen koulutusjärjestelmän kanssa. Näin tutkielmassa käytetty suomalainen pedagoginen termi "alakouluikäinen" täsmää kansainväliseen aineistoonkin. Luvussa käsitellään alakouluikäisten lasten kielten ja muiden opintojen opetusta sosiaalisia robotteja hyödyntäen.

4.2.1 Kielten opetus

Alakouluikäiset lapset oppivat L2-kielen sanastoa ja kielioppia pääasiallisesti kokemuksen ja ympäristönsä välityksellä (Alemi, Meghdari & Grazisaedy, 2014). Useimmiten lapset eivät kuitenkaan katso vieraskielisiä TV-sarjoja tai hyödynnä millään tapaa L2-kielitaitoaan koulun ulkopuolella. Tästä huolimatta kielitaidon kartoittamista rohkaistaan ja edistetään opinnoissa, jotta monikulttuurillinen vuorovaikutus olisi mahdollista. (Eimler ym., 2010.) Kielitaidon ylläpitäminen, uusien sanojen oppiminen ja niiden oikea käyttäminen vaatii jatkuvaa, monipuolista harjoittelua, mikä voisi mahdollistua esimerkiksi sosiaalisia robotteja hyödyntämällä (Alemi ym., 2014).

Alakouluikäisten kielen opetus jaetaan L1- ja L2-kieliin, L1-kielen ollessa oppilaiden äidinkieli. Tutkimuksista suurin osa alakouluikäisten kielen opetuksesta kohdistui L2-kieliin, kuten englantiin (Kanda ym., 2004; You ym., 2006; Alemi ym., 2014; Eimler ym., 2010; Meirbekov ym., 2016) ja ranskaan (Kennedy ym., 2016). Köse ym. (2015) hyödynsivät sosiaalista robottia turkkilaisten eri kyvykkyydystason viittomakielisten lasten L1-kielen, eli turkin viittomakielen (TSL), opinnoissa. Keskimäärin 7-12-vuotiaat alakouluikäiset osallistuivat koko luokan keskeisiin ryhmätehtäviin (You ym., 2006; Alemi ym., 2014), yksilötehtäviin (Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016; Meirbekov ym., 2016) sekä mo-

lempia tilanteita hyödyntäviin vuorovaikutustilanteisiin (Köse ym., 2015) sosiaalisen robotin kanssa.

Oppitehtävien mukaan sosiaalisen robotin ja lasten tutustumisvaihe voi olla yksilökohtaista (Eimler ym., 2010; Meirbekov ym., 2016) tai koko luokan keskeistä (Kansa ym., 2004; Köse ym., 2015; You ym., 2006). Robotti esittelee itsensä kertomalla nimensä ja tarkoituksensa oppitehtävän parissa: se on tullut opettamaan lapsille englannin kielen sanastoa (Eimler ym., 2010). Toisinaan tutustumisvaihe sisältää vain turvallisuusohjeiden antamisen, minkä ansiosta lapset saavat omin ehdoin tutustua robottiin (Kanda ym., 2004). Ohjeistaminen on kuitenkin tärkeää, jos oppitunnille on laadittu selkeä rakenne (You ym., 2006; Eimler ym., 2010), jotta lapset tietävät oman roolinsa opetuksessa.

Oppitunneilla lapsi on usein oppilaan roolissa (Alemi ym., 2014; Eimler ym., 2010; Meirbekov ym., 2016; You ym., 2006; Kennedy ym., 2016), mutta sosiaalisilla roboteilla rooleja voi olla monia. Robotti voi toimia opettajana (You ym., 2006; Alemi ym., 2014; Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016) tai lapsen oppikaverina (Meirbekov ym., 2016), jolloin rooli on vertaisenkaltainen. Opettajana robotti mahdollistaa virtuaaliset ja fyysiset oppitehtävät (Köse ym., 2015). Virtuaalisissa oppitehtävissä muun teknologian, kuten tablettien hyödyntäminen tarjoaa visuaalisen keinon sanojen oppimiseen. Robotin opettama sana voi näkyä kuvana kaikille oppilaille luokkahuoneen älytaululta (Alemi ym., 2014) tai yhdelle oppilaalle tabletin näytöltä (Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016; Meirbekov ym., 2016). Tarkoituksena voi olla oikean käännöksen tai artikkelin valitseminen (Eimler ym., 2010; Meirbekov ym., 2016; Kennedy ym., 2016), robotin lausuman sanan toistaminen tai robotin esittämiin kysymyksiin vastaaminen (You ym., 2006). Lapsen mielenkiinnon ylläpitämiseen voidaan käyttää muistipeliä, jolloin L1- ja L2-kielten sanoille etsitään parit (Eimler ym., 2010) (esimerkiksi suomeksi "omena" ja englanniksi "apple"). Fyysisissä oppitehtävissä tavoitteena voi olla viittomien tunnistaminen (Köse ym., 2015), kosketuksen avulla robotin ruumiinosien nimeäminen (Kanda ym., 2004) tai sitouttaminen oppitehtäviin robotin tanssimisen tai näyttelemisen avulla (Alemi ym., 2014). Vertaisenkaltaisena myös robotti on opetettavan roolissa, jolloin robotti ja lapsi voivat vuoroittain vastata tabletin näytöllä oleviin kysymyksiin ja kilpailla keskenään (Meirbekov ym., 2016).

Opetushetket voivat sisältää mahdollisuuksia vapaaseen vuorovaikutukseen ja opetettavan kielen puhumiseen lapsen ja robotin välillä myös ilman strukturoituja oppitehtäviä (Kanda ym., 2004). Tämä vaatii kuitenkin lapsen ohjailua, jotta tietty aktiviteetti, kuten pelaaminen, aloitettaisiin (Kanda ym., 2004). Ohjeiden antaminen voi onnistua robotilta itseltään (Eimler ym., 2010; Meirbekov ym., 2016), mutta myös ihmistoimijoiden läsnäolo ja ohjeiden antaminen on yleistä (Eimler ym., 2010; Alemi ym., 2014; Kennedy ym., 2016). Jotta sujuva oppikokemus mahdollistuu, voivat opettaja ja robotti käydä oppitunneilla keskenään valmiiksi suunniteltua ja ohjelmoitua vuoropuhelua (Alemi ym., 2014).

Alakouluikäisten kielten opinnoissa palautteen antaminen tapahtuu robotin toimesta, eikä mahdollinen lisäteknologia, kuten tabletti tarjoa vahvistusta

tähän (Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016). Positiivisen palautteen tarjoaminen heti onnistumisen jälkeen lisää samankaltaisten kokemusten tapahtumisen todennäköisyyttä (Alemi ym., 2014). Ei-kielellinen palaute, kuten hymyileminen (Köse ym., 2015), laulaminen ja tanssiminen (Alemi ym., 2014) sekä erilaiset kielelliset palautteenantomuodot (Kennedy ym., 2016) ovat mahdollisia sosiaalisen robotin kanssa.

Kuten jo aiemmin mainittua, myös alakouluikäinen lapsi tuntee itsensä hyväksytyksi, jos robotilla on kyvykkyydet erottaa hänet muista lapsista (Turkle ym., 2004). Lapsen tunnistaminen isossa ryhmässä toimii esimerkiksi opiskelijan ID-merkin avulla (Kanda ym., 2004). Lapsen nimen toistaminen, harrastuksista kysyminen ja henkilökohtaisista asioista keskusteleminen sitouttaa käyttäjää robottiin (Kennedy ym., 2016). Alakouluikäisten lasten tärkein sitouttamiskeino on robotin kehollisuus, jonka vuoksi robotin on tärkeää näyttää aйдolta ja kouluyhteisöön kuuluvalta toimijalta (Alemi ym., 2014). Tutkimuksissa käytetyt NAO- (Alemi ym., 2014) ja Robovie-robotit (Köse ym., 2015) omaavat molemmat ihmismäisiä ruumiinosia, kuten kädet, torson ja pään. Ne ovat autonomisia ja ohjelmoituja, lapsen kokoisia robotteja (Köse ym., 2015; Alemi ym., 2014), joita lapset voivat nimenomaan ulkomuotonsa vuoksi pitää vertaisinaan (Köse ym., 2015). You ym. (2006) tutkimuksessa käytetty Robosapien-robotti ei omannut yhtä korkeaa autonomiaa, kuin NAO ja Robovie, koska sitä ohjailtiin reaaliaikaisesti etäältä tietokoneen välityksellä. Siitä huolimatta oppilaat eivät nähneet robottia ihmisen ohjailtavaksi kokonaisuudeksi (You ym., 2006), mikä tarkoittaa sitä, että oikeanlainen ulkomuoto voi antaa myös illuusion robotin itsenäisyydestä.

Robotin kehollisuus ja oikeanlainen anatomia oli erityisen kriittistä Kösen ym. (2015) tutkimuksessa, jossa oppiaineena oli turkkilaisten viittomakielisten lasten L1-kieli, turkin viittomakieli (TSL). Robotin kinemaattisten rajoitusten vuoksi sen viittominen ei ollut samanlaista, kuin ihmisten, mutta mahdollisimman selkeään toimintaan sen vähimmäisvaatimuksena olivat liikkuvat sormet (Köse ym., 2015). Ulkomuodon lisäksi robotin äänen tai liikeyhdistelmien käyttö vahvistaa lapsen ja robotin välistä sitoutumista, mutta myös oppituntien mielenkiintoisuutta. Tarinankerronnassa robotti voi muuttaa äänen korkeuksia hahmojen mukaan sekä oppilailta kysyessään tehdä äänisignaaleja oikeisiin ja väärin vastauksiin sopiviksi (You ym., 2006).

4.2.2 Muu opetus

Sosiaalisia robotteja hyödynnetään alakouluikäisten lasten kielten opintojen lisäksi teknisissä opinnoissa, kuten ohjelmoinnissa (Balch ym., 2008), ja eiteknisissä opinnoissa, kuten matematiikassa (Mubin ym., 2019; Highfield, Mulligan & Hedberg, 2008; Kennedy, Baxter & Belpaeme, 2015) ja musiikin opinnoissa (Han, Kim & Kim, 2009). Sosiaalinen robotti on avustanut myös maantietoon (Serholt, 2017), terveystietoon (Janssen ym., 2011; Blanson Henkemans ym., 2013), kirjoitukseen (Hood & Lemaignan & Dillenbourg, 2015) ja shakin pelamiseen (Leite ym., 2011) liittyviä tehtäviä. Kuten Köse ym. (2015) viittomakielis-

ten lasten opinnoissa, myös Hood ym. (2015) keskittyivät oppiaineissa robotin hienomotorisiin liikkeisiin käsin kirjoituksen opetustehtävien avulla.

Lapsuuden käsin kirjoituksen ongelmat vaikuttavat usein negatiivisesti myös myöhempiin akateemisiin suorituksiin (Christensen, 2005). Hood ym. (2015) tutkimuksessa lapset saivat mahdollisuuden opettaa sosiaaliselle robotille käsin kirjoitusta tabletin näytön välityksellä. Lapset näyttivät robotille jonkin kolmekirjaimisen sanan, jonka robotti tunnisti kasvoissa sijaitsevan kameransa avulla. Robotin kirjoittaessa tunnistettua sanaa tabletille, sen simuloitu kirjoitus ruudulla vaikutti sujuvammalta, kuin millään muulla kirjoitusvälineellä tekemä. Tämä antoi lapselle vaikutelman siitä, että robotti toimii autonomisesti ja kirjoittaa itse. (Hood ym., 2015.) Tutoroinnista oppiminen (engl. tutor learning) voi tuoda arvokasta monipuolisuutta koulutukseen (Roscoe & Chi, 2007). Tätä käsitellään myös Han ym. (2009) tutkimuksessa, jossa oppilaat saivat mahdollisuuden opettaa robottia ihmismäisen musiikin tuottamisessa.

Matematiikan opinnoissa lapset tutustutettiin alalukuihin (Kennedy ym. 2015) ja desimaalilukuihin (Mubin ym., 2019). Tabletin hyödyntäminen tuo opintoihin visuaalisen puolen, mikä helpottaa lasta esimerkiksi jakamaan ruudulla näkyvät luvut alaluku- ja ei-alaluku-kategorioihin (Kennedy ym., 2015). Robotti voi ohjeistaa lasta siirtämällä tietyn numeron ruudun keskelle ja ehdottaa lasta työstämään sitä seuraavaksi (Kennedy ym., 2015). Robotti voi myös esittää lapselle matematiikkaan liittyviä kysymyksiä ja selittää lopuksi oikeat vastaukset (Mubin ym., 2019).

Maantiedon oppitehtävien aiheena oli kartalla vihjeiden avulla suunnistaminen sekä kestävän kaupungin rakentaminen yhdessä robotin ja toisen luokkatoverin kanssa. Robotin opetus koostuu kysymyksistä, vihjeiden antamisesta ja lopuksi oikean vastauksen paljastamisesta. Kestävän kaupungin rakentamisessa pelaajat toimivat yhteistyössä rakentaen ja päivittäen rakennuksia sekä toteuttaen ympäristöstävällisempiä poliittisia säännöksiä. (Serholt, 2017.)

Sosiaalisilla roboteilla ohjatut terveystiedon oppitehtävät voivat kuulua yleisesti koulun opetukseen tai Janssenin ym. (2011) ja Blanson Henkemansin ym. (2013) tutkimusten mukaisesti vain tiettyä sairautta, tässä tapauksessa diabetesta, sairastavien lasten opetukseen. Koulutustilaisuudet voidaan järjestää sairaaloissa, joissa lapset viettävät muutenkin paljon aikaa, (Janssen ym., 2011) tai muissa paikoissa. Lapset pelaavat robotin kanssa tietovisailu-tyylisiä opetuspelejä, joiden kysymyksiä aiheina ovat sairauteen tai lapsen mielenkiinnonkohteisiin liittyvät asiat. Robotin tehtävänä on esittää lapselle kysymys, jonka jälkeen lapsi valitsee tabletin näytöltä vastausvaihtoehdoista omasta mielestään oikean. (Blanson Henkemans ym., 2013.) Kielellisen kommunikoinnin lisäksi robotti tanssii ja pelaa imitaatiopelejä lapsen kanssa, jossa tarkoituksena on jäljitellä toisen liikkeitä, kuten käsien ylös nostamista (Janssen ym., 2011; Blanson Henkemans ym., 2013). Alakouluikäisten opintoihin sisällytetään oppimista pelaamisen välityksellä (engl. learning by playing), koska lapset pitävät pelejä mielenkiintoisina ja hauskoina (Janssen ym., 2011).

Shakkia voi pitää koulutuksellisenä pelinä, koska se auttaa lapsia kehittämään ongelmanratkaisukykyä ja muistia (Horgan & Morgan, 1990). Leite ym.

(2011) käyttivät tutkimuksessaan iCat-robotia, joka pelasi lapsen kanssa shakkia elektronisella shakkilaudalla. Se mallinsi lapsen aktiivisia tiloja ja mukautti omaa käyttäytymistään niihin, vaikuttaakseen empaattiselta. Lapsi voi esimerkiksi tehdä huonon siirron ja harmistua asiasta, jolloin robotin tulisi antaa lohduttavaa palautetta ja tarjota lapselle mahdollisuus koittaa siirtoa uudelleen (Leite ym., 2011.)

Kuten aiemmissakin tutkimuksissa, myös alakouluikäisten muihin opintoihin hyödynnetään positiivisen ja rakentavan palautteen antamista (Mubin ym., 2019; Kennedy ym., 2015), jotta oppilas jatkaa toimintaansa ja saavuttaa tavoitteensa (Janssen ym., 2011). Rakentava palaute tulee ilmi varsinkin tilanteissa, joissa lapsi vastaa kysymykseen väärin (Serholt, 2017), mutta negatiivista palautetta saadessaan voisi menettää sisäisen motivaationsa tehtävän suhteen (Deci ym., 1991). Kielellisen palautteen antaminen, eleiden tuottaminen ja lapsen nimen käyttäminen tervehdyksissä, sitouttaa lasta toimintaan (Kennedy ym., 2015). Palautteen antamisen lisäksi robotti voi myös saada palautetta oppilailta, jos sen asema on opettajan sijaan opetettava. Tällöin palaute on ohjailevaa ja sitä annetaan siihen asti, kunnes robotin vastaukset ovat oppilaita tyydyttäviä. (Hood ym., 2015.)

Robotin ohjaaman opetuksen personointi oppilaan kyvykkyyksien mukaan on tärkeää, koska usein liian vaikeat tai liian helpot tehtävät eivät ylläpidä oppilaan mielenkiintoa (Belpaeme ym., 2018). Liian helpot tehtävät tylsistyttävät ja liian vaikeat tehtävät hermostuttavat ja ahdistavat oppilasta (Fasola & Matarić, 2010), jolloin oppilaan suorituskyky ei ole parhaimmillaan. Hyvä tapa lisätä oppitehtävien haasteellisuutta on nostaa vaikeustasoa, kun lapsi etenee tehtävästä seuraavaan (Serholt, 2017; Janssen ym., 2011). Aidon, sosiaalisen yhteyden mahdollistamiseksi robotti puhuttelee lasta hänen nimellään ja voi vaihtaa mahdollisuuksien mukaan silmiensä väriksi lapsen lempiväriin (Blanson Henkemans ym., 2013).

4.3 Yhteenveto

Taulukosta 2 voi huomata, että sosiaalisten robottien mahdollistamat oppiaineet eivät rajoitu vaan kielten opiskeluun, vaan ulottuvat myös erilaisiin sosiaalisuutta, motoriikkaa ja luovuutta kehittäviin tehtäviin ja muihin oppiaineisiin. Opetusmuotoina tyypillisimmin toimivat oppilaan roolissa oleminen, robotin kanssa oppikaverina toimiminen sekä tutoroinnista oppiminen, jolloin robotti on opetettavan roolissa. Opetus toimii ryhmissä tai keskenään robotin kanssa strukturoimattomien tai strukturoitujen tehtävien parissa. Usein nuoremmille oppilaille luodaan vapaan vuorovaikutuksen mahdollisuuksia, jolloin he voivat kommunikoida tai leikkiä robotin kanssa miten itse haluavat. Tämä auttaa heitä myös tutustumaan robottiin paremmin. (Tanaka ym., 2007.)

Taulukossa 2 näkyy, että sosiaalisten robottien opetus koostuu lähinnä oppipeleistä, joiden toteuttamiseksi hyödynnetään robotin lisäksi muutakin teknologiaa, kuten tabletteja ja älytauluja. Myös kuvakortit ja lelut ovat yleisiä

nuorempien käyttäjien kanssa. Virtuaalipelejä voi muun muassa olla tarinan-kerrontapelit ja tietovisat. Fyysisiä pelejä ovat imitaatiopelit, joissa lapsi toistaa robotin tekemiä liikkeitä Kapteeni käskee -pelin tapaisesti (Fridin, 2014b; Fridin, 2014a), tai esimerkiksi pallon heittäminen. Causo ym. (2017) tutkimuksessa varhaiskasvatuksen muussa opetuksessa lapset leikkivät robotin kanssa erilaisia roolileikkejä, kuten kaupan kassalla työskentelemistä ja ruokaostoksien tekemistä. Alakouluikäisten kielten opetuksessa robotin fyysisyyttä käytettiin hyväksi koskettamisleikissä, jossa lapsi sai koskettaa ja nimetä humanoidisen robotin ruumiinosia opetettavalla kielellä (Kanda ym., 2004).

Sosiaalisten robottien antama palaute on suurilta osin hyvin samanlaista oppiaineista huolimatta. Taulukosta 2 voi huomata, että positiivinen ja rakentava, kielellinen ja ei-kielellinen palaute on yleisintä. Alemi ym. (2014) vielä painottaa, että välitön positiivinen palaute vahvistaa juuri tehtyjen toimintojen uudelleenilmenemistä. Ihmistoimijoiden rooliin tai muiden apuvälineiden, kuten tablettien käyttöön ei usein kuulu palautteenantamista, jos on kyseessä sosiaalisten robottien ohjaamat oppihetket (de Haas ym., 2017; Kory Westlund ym., 2017; Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016). Opettajat ja tutkijat kuitenkin valvovat oppitunteja turvallisuuden varmistamiseksi ja mahdollisesti ohjaavat niiden kulkua.

Tehokkaimpia sitouttamisen keinoja ovat molemmille ikäluokille leikin ja pelillisten ominaisuuksien lisääminen opetukseen. Oppimista pelaamisen välityksellä (engl. learning by playing) kannustetaan, koska lapset pitävät pelejä hauskoina, jolloin myös heidän mielenkiintonsa kyseistä tehtävää kohtaan paranee (Janssen ym., 2011). Tehtävien vaikeustason säätäminen oppilaiden kyvykkyyksien mukaan on myös tärkeä mielenkiinnon ylläpitäjä (Belpaeme ym., 2018). Erityisen vuorovaikutussuhteen luomiseksi robotin tulee tunnistaa oppilas, puhutella häntä nimellä (Blanson Henkemans ym., 2013; Tanaka & Matsuzoe, 2012), keskustella aikaisemmista yhteisistä kokemuksista hänen kanssaan (Kory Westlund & Breazeal, 2015) sekä kysyä muun muassa lapsen harrastuksista (Kennedy ym., 2016). Tällä tavalla lapsi tuntee itsensä hyväksytyksi ja tärkeäksi. Erityisesti alakouluikäisten oppilaiden yksi sitouttamiskeino on myös robotin kehollisuus, jolloin robotin on tärkeää näyttää siltä, että se kuuluu osaksi koulumaailmaa (Alemi ym., 2014). Opetuksen kohdentuessa vanhempiin käyttäjiin, tulisi robotin ulkonäön suunnitteluun kiinnittää erityistä huomiota.

TAULUKKO 2 Sosiaaliset robotit varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten opetuksessa

	Varhaiskasvatusikäiset		Alakouluikäiset		
	Kielten opetus	Muu opetus	Kielten opetus	Muu opetus	
Oppiaineet	L1-kielet (Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015; Westlund ym., 2017, Movellan ym., 2009)	Sosiaalisuutta, motoriikkaa ja luovuutta kehittävät tehtävät (Causo ym., 2017; Tanaka ym., 2007; Fridin, 2014b; Fridin, 2014b)	L1-kielet (Köse ym., 2015)	Matematiikka (Mubin ym., 2019; Highfield ym., 2008; Kennedy ym., 2015)	
	L2-kielet (de Haas ym., 2017; de Haas ym., 2016; Tanaka & Matsuzoe, 2012; Schodde ym., 2019)		L2-kielet (Kanda ym., 2004; You ym., 2006; Alemi ym., 2014; Eimler ym., 2010; Meirbe-kov ym., 2016; Kennedy ym., 2016)	Ohjelmointi (Balch ym., 2008)	Maantieto (Serholt, 2017)
Opetusmuodot	Tutoroinnista oppiminen (Tanaka & Matsuzoe, 2012)	Oppilaan roolissa oleminen (Causo ym., 2017)	Oppilaan roolissa oleminen (Alemi ym., 2014; Eimler ym., 2010; Meirbekov ym., 2016; You ym., 2006; Kennedy ym., 2016)	Tutoroinnista oppiminen (Hood ym., 2015; Han ym., 2009)	
	Oppikaverin kanssa oppiminen (Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015)		Vapaa vuorovaikutus ryhmissä (Tanaka ym., 2007; Fridin, 2014b, Fridin, 2014a, Causo ym., 2017) tai yksin (Tanaka ym., 2007)	Oppikaverin kanssa oppiminen (Meirbekov ym., 2016)	Oppikaverin kanssa oppiminen (Serholt, 2017)
	Oppilaan roolissa oleminen (Schodde ym., 2019)		Ryhmätehtävät (You ym., 2006; Alemi ym., 2014) tai yksilötehtävät (Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016; Meirbekov ym., 2016)	Strukturoimaton vuorovaikutus (Kanda ym., 2004)	Oppilaan roolissa oleminen (Serholt, 2017; Kennedy ym., 2015; Mubin ym., 2019)
Oppitehtävät	Fyysiset leikit (Movellan ym., 2009; Tanaka & Matsuzoe, 2012)	Tarinankerrontapelit (Causo ym., 2017)	Virtuaaliset ja fyysiset oppitehtävät (Köse ym., 2015)	Virtuaaliset oppitehtävät (Kennedy ym., 2015; Mubin ym., 2019)	
		Tietovisat (Causo ym., 2017)	Muistipelit (Eimler ym., 2010)	Tietovisat (Blanson Henkemans ym., 2013)	
	Tarinankerrontape-			Imitaatiopelit (Janssen ym., 2011; Blanson Hen-	

	lit (Gordon ym., 2015)		Tunnistustehtävät (Köse ym., 2015)	kemans ym., 2013)
		Roolileikit (Causo ym., 2017)	Koskettamistehtävät (Kanda ym., 2004)	
	Muut virtuaalipelit (Schodde ym., 2019)	Imitaatiopelit (Fridin, 2014b; Fridin, 2014a)		
		Laulaminen, tanssiminen (Tanaka ym., 2007)		
Apuvälineet	Lelut (de Haas ym., 2016)	Tabletti (Causo ym., 2017)	Älytaulu (Alemi ym., 2014)	Tabletti (Hood ym., 2015; Kennedy ym., 2015; ; Blanson Henkemans ym., 2013)
		Lelut (Causo ym., 2017)	Tabletti (Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016; Meiirbekov ym., 2016)	
	Tabletti (Movellan ym., 2009)			
	Kuvakortit (Kory Westlund ym., 2017)			
Annettava palaute	Positiivinen kielellinen (de Haas ym., 2016; Kory Westlund ym., 2015; Kory Westlund ym., 2017; Schodde ym., 2019) ja ei-kielellinen (de Haas ym., 2016, Schodde ym., 2019)	Positiivinen ja kannustava (Fridin, 2014b; Fridin, 2014a)	Positiivinen, välitön kielellinen (Alemi ym., 2014) ja ei-kielellinen (Köse ym., 2015; Alemi ym., 2014)	Positiivinen, rakentava (Mubin ym., 2019; Kennedy ym., 2015) ja lohduttava (Leite ym., 2011)
Ihmistoimijoiden rooli	Ohjeistaminen (Tanaka & Matsuzoe, 2012, de Haas ym., 2016)	Valvominen (Causo ym., 2017)	Ohjeistaminen (Eimler ym., 2010; Alemi ym., 2014; Kennedy ym., 2016)	Valvominen (Serholt, 2017; Hood ym., 2015)
	Valvominen (de Haas ym., 2017; Kory Westlund ym., 2017)	Suunnittelu (Causo ym., 2017)	Suunnittelu (Alemi ym., 2014)	
Sitouttamisen keinot	Pelit ja niiden hassut tapahtumat ja hahmot (Gordon ym., 2015)	Leikkisyys (Fridin, 2014b, Causo ym., 2017)	Tanssiminen, näytteleminen (Alemi ym., 2014)	Pelillisuus (Janssen ym., 2011)
		Äänet, kuvat ja laulut (Fridin, 2014b; Fridin, 2014a)		Eleet (Kennedy ym., 2015)
	Tanssiminen ja vilkuttaminen (Schodde ym., 2019)		Eriyinen robottilapsi-vuorovaikutus (Kanda ym., 2004; Kennedy ym., 2016)	Kielellisyys (Kennedy ym., 2015)
	Eriyinen robottilapsi-vuorovaikutus (Tanaka & Matsuzoe, 2012; Kory Westlund & Breazeal, 2015)		Robotin kehollisuus (Alemi ym., 2014)	Eriyinen robottilapsi-vuorovaikutus (Kennedy ym., 2015; Blanson Henkemans ym., 2013)
	Kyvykkyyksien ja vaikeustason yhteensopivuus (Kory Westlund & Breazeal, 2015; de Haas ym., 2016)		Äänien ja liikeyhdistelmien käyttö (You ym., 2006)	Kyvykkyyksien ja vaikeustason yhteensopivuus (Serholt, 2017; Janssen ym., 2011)

5 SOSIAALISTEN ROBOTTIEN OPETUSKÄYTÖN VAIKUTUKSET

Sosiaaliset robotit mukautuvat opetuskäytössä moniin eri tilanteisiin. Ne voivat olla opettajan (de Haas ym., 2016; Alemi ym., 2014), opetettavan (Tanaka & Matsuzoe, 2012; Hood ym., 2015) tai oppikaverin (Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015) rooleissa sekä toimia lapsen kanssa kahdestaan (Leite ym., 2011; Mubin ym., 2019) tai suuremmissa ryhmissä (Tanaka ym., 2007; You ym., 2006).

Nuorempien käyttäjien kanssa toimiessa on erityisen tärkeää keskittyä robotin ulkoasun lisäksi myös sen käyttäytymiseen, eleisiin ja ilmeisiin, koska lapset mieltävät robotit usein eläviksi kokonaisuuksiksi (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013). Leikkisyyden ja pelien ominaisuuksia on hyödynnetty robotin ohjaamisessa opetustilanteissa, koska yleisesti lapset sitoutuvat toimintoihin leikkimisen ja lelujen välityksellä (Alemi ym., 2014).

Sosiaalisia robotteja rakennettaessa ja suunniteltaessa on nuorille käyttäjille, heidän vanhemmilleen ja opettajille asetettava oikeat odotukset siitä, mihin robotti todellisuudessa pystyy ja mihin ei (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013). Opettajat voivat silti asettaa toivomuksiaan toiminnoista, joihin he haluaisivat robotin pystyvän, kuten lukemiseen, tervehtimiseen ja liikkumiseen (Cooney & Leister, 2019). Näillä toiminnoilla tulisi olla myös lapsen oppimiseen positiivisia vaikutuksia, jotka saadaan selville usein lähtötaso- ja lopputestien vertailussa.

Seuraavassa luvussa käsitellään sosiaalisten robottien tuomia vaikutuksia varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten oppimiseen. Tulokset on jaettu ikäluokkien mukaan varhaiskasvatusikäisiin ja alakouluikäisiin, sekä alalukuihin oppiaineiden mukaan, kielten opintoihin ja muihin opintoihin.

5.1 Varhaiskasvatusikäisten opetus

Tässä luvussa käydään läpi niitä vaikutuksia, joita varhaiskasvatusikäiset oppilaat kohtaavat sosiaalisen robotin ohjaamassa tai avustamassa opetuksessa. Luku on jaettu oppiaineiden mukaan kielten opetukseen ja muuhun opetukseen.

5.1.1 Kielten opetus

Sosiaaliset robotit pystyvät pitämään lapsen mielenkiintoa yllä pitkienkin oppituntien aikana (Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015). Sosiaalinen vuorovaikutus, kuten lausahdukset, ilmeet ja eleet herättävät uteliaisuutta ja mielenkiintoa lapsessa (Gordon ym., 2015; Schodde ym., 2019). Lapsen sitoutuminen robottiin mahdollistaa keskittyneemmän ja pidemmän oppitilanteen (Kory Westlund & Breazeal, 2015; Schodde ym., 2019). Lapsen tylsistyminen ja mielenkiinnon menettäminen korjaantui robotin vilkuttaessa lapselle tai pyytäessä häntä nousemaan ylös tai venyttelemään käsiään (Schodde ym., 2019). Ihmisopettajaan ja tablettiin verrattuna lapset pitivät robotin kanssa oppimista kaikkein mukavimpana (Kory Westlund ym., 2015).

Lapset suhtautuivat hyvin robotin antamaan ohjeistukseen ja palautteeseen. Jos robotti antoi vertaisen antaman palautteen kaltaista palautetta tai aikuisen antaman palautteen kaltaista palautetta, tarkkaili lapsi enemmän robotia ja tarvitsi vähemmän apua ihmistoimijalta. (de Haas ym., 2017.)

Tulosten mukaan sosiaalisilla roboteilla on merkittäviä vaikutuksia lasten sanaston oppimiseen (Movellan ym., 2009; Tanaka & Matsuzoe, 2012; Kory Westlund & Breazeal, 2015; Kory Westlund ym., 2017; Schodde ym., 2019) ja oppitehtävissä virheiden vähenemiseen (Movellan ym., 2009). Lapsen toimiminen robotin opettajana kannusti ja edisti lasta oppimaan, eteenkin, kun robotti oli ohjelmoitu tekemään paljon virheitä (Tanaka & Matsuzoe, 2012). Robotit voivat olla monipuolisempi ratkaisu kielen opettamisessa, mutta ne luovat myös ristiriitaisia tuloksia. Schodden ym. (2019) tutkimuksessa hitaammat oppilaat, eli oppilaat, joilla kesti kauemmin tehtävien selvittämisessä, hyötyivät robotin läsnäolosta eniten, mutta nopeimmin tehtävät valmiiksi saaneet lapset eivät. Lisäksi pitkäaikainen robotilla pelaaminen voi opettaa lasta käyttämään vain pelissä ilmeneviä sanoja ja sanamuotoja, jolloin lapsen puhuminen on vähäisempää ja yksinkertaisempää (Kory Westlund & Breazeal, 2015).

Vaikka oppimistulokset ovat merkittäviä, ei sosiaalisten robottien opetuskäytön pitkäaikaisvaikutuksista voida olla varmoja, koska kokeet kestivät vain muutamia viikkoja, huomioiden myös tutustumisvaiheen. Poikkeuksellisesti Kory Westlund ja Breazeal (2015) sekä Movellan ym. (2009) järjestivät muutamia kuukausia kestäviä kokeita, jossa lapset olivat vuorovaikutuksessa robotin kanssa useita kertoja. Tämä todistaisi, että lapsen mieltymys robotteihin ei olisi vain uutuuden viehätystä (Kory Westlund ym., 2015). Erityisesti robotin mukauttaminen oppilaan kognitiivisiin tiloihin tarjoaa tehokasta tukea lapselle, jolle oppitehtävät ovat hankalia tai jolle keskittyminen on vaikeaa (Schodde ym.,

2019). Tyypillisesti kehittyvien lasten lisäksi kehityksessä jäljessä olevat lapset, kuten autismin kirjon lapset, pystyvät oppimaan roboteilta kärsivällisyyttä, yksinkertaisia kasvonilmeitä ja muita hyödyllisiä taitoja (Cabibihan ym., 2013).

5.1.2 Muu opetus

Robottien hyödyntäminen luovuutta ja sosiaalista vuorovaikusta kehittävässä tehtävissä loi positiivisia vaikutuksia luokkailmapiiirissä (Causo ym., 2017), mutta myös yksittäisten oppilaiden kohdalla (Tanaka ym., 2007; Fridin, 2014b). Lapset pystyivät käyttämään sosiaalisuuttaan, mielikuvitustaan ja ajattelutaitoaan robotin kanssa (Causo ym., 2017). Tarinankerronta-tehtävät edistivät lapsen emotionaalista osallistumista oppimisprossiin ja nämä tunnereaktiot olivat yhteydessä tarinan emotionaalisen sisällön kanssa. Lapsi oli esimerkiksi alakuloinen, kun robotti luki hänelle ääneen surullista tarinaa tai tarinan kohtaa. Tämä todistaa sen, että robotti pystyy yhdistämään tarinan sisällön puhetapaansa, mikä tekee siitä hyvän tarinankertojan lapsille. Varhaiskasvatusikäiset lapset pitivät myös motorisista peleistä, jolloin heidän suoritustasonsa pysyivät korkealla ja tasaisena koko tehtävän ajan. (Fridin, 2014b.)

Tanaka ym. (2007) viiden kuukauden pituinen tutkimus todisti, että lapsen ja robotin välinen pitkäaikainen lähentyminen ja vuorovaikuttaminen on mahdollista. Mielenkiinto robottia kohtaan ei laskenut vaan vapaa vuorovaikutus lapsen ja robotin välillä parani ajan myötä. Lapset pitivät robottia vertaisenaan ja harjoittivat useita hoiva- ja sosiaalisia käyttäytymisiä siihen. (Tanaka ym., 2007.) Jos opettajalla on oppitehtävissä suurempi asema tutkimuksen aikana, voi lapsi olla arempi ja turvautua enemmän opettajaan robotin sijasta (Fridin, 2014a).

Causo ym. (2017) tutkimuksessa keskityttiin tarkemmin sosiaalisen robotin teknisiin ongelmiin, kuten äänien tunnistuksen ja visuaalisten syötteiden lukemisen vaikeuksiin sekä yhteyksien katkeamisiin. NAO-robotin moottorien ylikuumentuminen ja lyhyt akunkesto vaikeutti oppituntia, kun taas Pepper-robotin torsossa sijaitseva tabletti hidastutti sen toimintaa, eikä robotti sen vuoksi reagoinut enää käskyihin. Teknisten ongelmien ilmetessä opettajan on hyvä yhdistää robotin vikatilat lasten omiin kokemuksiin: robotti tarvitsee hieman lepoa, koska se on väsynyt. Lapset ja opettaja tottuivat teknisiin ongelmiin ja oppivat olemaan kärsivällisempiä ja ymmärtäväisempiä. Teknisistä vaikeuksista huolimatta robotit auttoivat lapsia saavuttamaan oppituntien tavoitteet. (Causo ym., 2017.) Robotista tuli joka tapauksessa osa lasten, vanhempien, tutkijoiden ja opettajien yhteisöä, mikä ilmeni robotin hellävaraisena kohtelemisena (Tanaka ym., 2007).

5.2 Alakouluikäisten opetus

Tämä luku esittelee vaikutuksia, joita alakouluikäiset oppilaat kohtaavat sosiaalisen robotin ohjaamalla tai avustamalla oppitunneilla. Opetus on jaettu kielten opintojen ja muiden opintojen mukaan kahdeksi erilliseksi alaluvuksi.

5.2.1 Kielten opetus

Alakouluikäiset lapset pitivät robotin kanssa oppimista mukavana (Köse ym., 2015; You ym., 2006; Alemi ym., 2014; Eimler ym., 2010). Suurimmalla osalla oppilaista oli positiivisia asenteita robottia kohtaan (You ym., 2006; Alemi ym., 2014) ja he pitivät sitä jopa ystävän roolissa (Meirbekov ym., 2016). He olivat todella kiinnostuneita robotista ja uskoivat, että sen hyödyntäminen kielten opinnoissa rikastuttaisi heidän oppikokemuksiaan (You ym., 2006). Lasten pitkäaikainen kiinnostus robotteja kohtaan voi selittyä sillä, että satojen vuosien ajan erilaiset lelut ovat sitouttaneet lapsia tietynlaisiin toimintoihin (Alemi ym., 2014). Lapset eivät olleet ainoastaan valmiita oppimaan robotin kanssa uudelleen, vaan suosittelivat tätä oppimistapaa myös ystäville (Eimler ym., 2010). You ym. (2006) tutkimuksessa opettajalla sen sijaan oli epäilyksiä robotin toiminnan suhteen, miksi on tärkeää informoida opettajalle mihin robotti pystyy ja mihin ei.

Tulokset riippuivat siitä, miten paljon lapsi oli kiinnostunut pitämään suhdetta robotin kanssa yllä (Kanda ym., 2004). Robotin ohjaamiin aktiviteetteihin osallistuttiin paljon innokkaammin, kuin aktiviteetteihin normaaleissa oloissa (You ym., 2006). Robotin välityksellä oppilaat olivat halukkaampia puhumaan opetettavaa kieltä (You ym., 2006), laajensivat sanavarastoaan (Meirbekov ym., 2015) ja muistivat sanastoa paremmin (Eimler ym., 2010; Kennedy ym., 2016). Viittomakieliset lapset, joilla oli jo aikaisempaa kokemusta kielestä, suoriutuivat hyvin robotin viittomien tunnistamisessa (Köse ym., 2015). Alemi ym. (2014) tutkimuksessa opetusmateriaalin läpikäyminen oli myös nopeampaa robotin avustuksella, kuin ilman.

Robotin ja lapsen välisissä vuorovaikutustilanteissa ja niiden mahdollistamissa oppituloksissa oli kuitenkin yksilöllisiä eroavaisuuksia. Ensimmäisellä luokalla olevat alakouluikäiset olivat enemmän vuorovaikutuksessa robotin kanssa ja olivat kiinnostuneempia siitä, kuin kuudesluokkalaiset. Siitä huolimatta, mitä enemmän oppilaat osasivat opetettavaa kieltä jo valmiiksi, sitä enemmän he myös oppivat tätä robotin kanssa. Nämä oppilaat olivat yleensä kuudesluokkalaisia. (Kanda ym., 2004.) Osa viittomakielisistä lapsista huomautti, että yksi robotin viittomista ei ollut oikein viitottu (Köse ym., 2015), mikä tarkoittaa sitä, että suunnitteluvaiheeseen pitäisi käyttää enemmän aikaa. Luokkaopetuksessa lasten innostuminen robotista voi myös nousta niin korkeaksi, että keskittyminen itse tehtävään herpaantuu. Lisäksi ryhmäpaine voi luoda epäsuosittua käyttäytymistä, kuten robotin pilkkaamista. (You ym., 2006.)

Positiivisista tuloksista huolimatta, Eimler ym. (2010) olivat sitä mieltä, että oppiminen voi johtua kehollisen robotin lisäksi myös palautteen antamisesta ja oppitehtävien pelillisistä ominaisuuksista. Robotin lisätty kielellisyys ei kuitenkaan vaikuttanut oppimistuloksiin (Kennedy ym., 2016), mikä tarkoittaa sitä, että opetuspelien hauskuus ja sosiaalisen robotin kehollisuus ovat suurimpia tekijöitä motivaation ja oppimisen luomiseen. Lapset eivät olleet tietoisia tutkimuksen lopputestistä, mutta silti muistivat opeteltavat sanat ilman aktiivista harjoittelua, mikä todistaisi pitkäaikaisvaikutusten olemassaolon (Kennedy ym., 2016).

5.2.2 Muu opetus

Sosiaalisen robotin läsnäolo nosti lasten motivaatiota myös muissa opinnoissa (Janssen ym., 2011) ja mahdollisti tätä kautta paremmat oppitulokset (Kennedy ym., 2015; Mubin ym., 2019; Blanson Henkemans ym., 2013). Samaa positiivista vaikutusta ei ilmennyt, kun oppitehtävät tarjottiin vain tabletin välityksellä (Kennedy ym., 2015). Lapsen motivaatiotaso pysyi samana kaikkien robotin kanssa tehtävien vuorovaikutustilanteiden ajan (Janssen ym., 2011), mikä on lupaava tulos myös pitkäaikaisvaikutuksille. Robotin fyysinen kehollisuus ja sosiaalinen, aktiivinen osallistuminen sitouttavat lasta ja mahdollistavat tehokkaamman opetustavan (Hood ym., 2015). Lapset ilmaisivat itseään paljon enemmän kielellisesti ja ei-kielellisesti käyttäytymisen kautta sekä rohkaistuivat puhumaan vertaisilleen enemmän, mikä on positiivista jos tunneilla tehdään esimerkiksi ryhmätöitä (Mubin ym., 2019).

Robotin liian voimakas sosiaalinen käyttäytyminen ei Kennedyn ym. (2015) mukaan nosta positiivisten tuloksien todennäköisyyttä. Toisaalta on kuitenkin vahvistettu, että lapsien innokkuus, motivaatio ja sitoutuminen robottiin esiintyy vain palautetta antavan, eikä neutraalin robotin kanssa (Blanson Henkemans ym., 2013). Sitoutumisen vahvuuteen vaikuttaa se, kuinka mielenkiintoisena lapsi mieltää oppitehtävän. Yleisesti robotin kanssa pelaaminen oli lapsista hauskaa, mutta oppitilanteiden pitkittyessä mielenkiinto hiipui. He eivät pitäneet robotin toistuvista kysymyksistä ja hitaista vastauksista, mutta sitoutuminen ja oppiminen mahdollistui siitä huolimatta. (Blanson Henkemans ym., 2013.)

Luonnollisen vuorovaikutuksen mahdollistamiseksi oppilaan on hyvä uskoa robotin toimintojen tarkoituksenmukaisuuteen ja autonomisuuteen. Tämä esiintyy hyvin Hoodin ym. (2015) tutkimuksessa, jossa kaikki lapset uskoivat, että robotti kirjoitti tabletille itsenäisesti, vaikka sen tekemien liikkeiden ja tabletille ilmestyvän tekstin epäsynkronisuusongelmia oli havaittavissa. Vanhemmat lapset saattaisivat kiinnittää tähän huomiota, jolloin myös illuusio itsenäisyydestä heikkenisi, mutta alakouluikäisten lasten kanssa tämä ei tuottanut haasteita. (Hood ym., 2015.) Teknisiä ongelmia ilmeni myös maantiedon oppitehtävissä, joissa osa lapsista eivät ymmärtäneet robotin antamia ohjeita eivätkä tämän vuoksi saavuttaneet pelin tavoitteita. Tämä aiheutti lapsissa turhautumisen tunteita, jolloin heidän keskittyminen heikkeni, eikä robotti pystynyt ohjaamaan heidän huomiotaan onnistuneesti takaisin peliin. (Serholt, 2017.)

6 POHDINTA JA YHTEENVETO

Sosiaaliset robotit ovat palvelurobotteja, jolloin ne toimivat tehtävissä, jotka hyödyttävät ihmisiä (ISO, 2012). Ne ovat fyysisiä kokonaisuuksia, jotka esiintyvät riittävän monimutkaisessa, dynaamisessa ja sosiaalisessa ympäristössä edistään omia ja toimintayhteisönsä tavoitteita (Duffy, 2000). Sosiaalisten robottien ulkomuoto on usein humanoidinen, koska ihmismäiset käyttäytymistavat, ilmeet ja eleet helpottavat ihmisen ja robotin välistä vuorovaikutusta (Yan ym., 2014; Breazeal ym., 2016; Breazeal, 2003; Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013).

Lapsen ja robotin vuorovaikutus eroaa kuitenkin merkittävästi aikuisen ja robotin välisestä kanssakäymisestä, koska lapsilla on tapana käsittää robotti enemmän elävänä olentona, kuin mekaanisena laitteena (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013). Viime vuosina on ehdotettu, että sosiaalisia robotteja voitaisiin käyttää lasten opetuksessa esimerkiksi tuutoreina (Belpaeme ym., 2018). Robotit voivat olla hyödyllisiä monissa oppiaineissa, kuten kielten ja matematiikan opinnoissa (Mubin ym., 2019; Highfield ym., 2008; Kennedy ym., 2015). sekä sosiaalisuutta, motoriikkaa ja luovuutta kehittävässä tehtävissä (Tanaka ym., 2007; Causo ym., 2017; Fridin, 2014b; Fridin, 2014a). Usein sosiaalisten robottien oppitunteihin sisällytetään tarinankerrontaa (Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015; Fridin, 2014b; Causo ym., 2017; You ym., 2006) ja pelejä, joiden tukena voidaan käyttää erilaisia apuvälineitä, kuten muuta teknologiaa tai nuorempien oppilaiden kohdalla leluja (de Haas ym., 2016).

Varhaiskasvatus- ja alakouluikäisille lapsille sosiaalinen robotti

- on mukava ja hauska,
- herättää mielenkiintoa, innokkuutta ja uteliaisuutta,
- on personoitavissa,
- on ystävällinen,
- mukautuu kognitiivisiin tiloihin,
- on motivoiva,
- antaa palautetta,
- mahdollistaa keskittyneemmän ja pidemmän oppituokion,
- edistää mielikuvitusta ja ajattelukykyä,

- rohkaisee kielelliseen ja ei-kielelliseen itsensä ilmaisuun,
- herättää hoiva- ja sosiaalista käyttäytymistä,
- tarjoaa ohjeistusta,
- tarjoaa monipuolisen opetustavan,
- auttaa oppituntien tavoitteiden saavuttamisessa, sekä tärkeimpänä
- mahdollistaa merkittävät oppimistulokset.

Kaikissa robotin ohjaamissa varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten opinnoissa lapset olivat motivoituneita, innokkaita ja uteliaita ollessaan robotin kanssa vuorovaikutuksessa. Robotin kanssa oppiminen oli heille mukavaa ja hauskaa. (Causo ym., 2017; Kennedy ym., 2016; Janssen ym., 2011; Blanson Henkemans ym., 2013; Köse ym., 2015; You ym., 2006; Alemi ym., 2014; Eimler ym., 2010; Kory Westlund ym., 2015.) Lapset mielsivät robotin usein ystäväksi (Serholt, 2017; Meiirbekov ym., 2016), tunsivat olevansa molemminpuolisessa kanssakäymisessä sen kanssa ja olivat varmoja, että robotti tunnisti heidät ja välitti heistä (Turkle ym., 2004).

Erilaiset lelut ja leikin muodot ovat sitouttaneet lapsia toimimaan jo satojen vuosien ajan (Alemi ym., 2014), ja siksi myös oppitunteihin sisällytetään leikkisyyttä (Causo ym., 2017; Fridin, 2014b; Fridin, 2014a; Alemi ym., 2014) ja pelien ominaisuuksia (Fridin, 2014b; Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015; Tanaka ym., 2007; Blanson Henkemans ym., 2013; Kanda ym., 2004; Eimler ym., 2010). Lasten mielenkiinto robotteja kohtaan voi olla näiden piirteiden seurauksena. On väitetty, että lasten oppiminen johtuisi pelkästään annetusta palautteesta ja pelillisistä ominaisuuksista eikä kehollisesta robotista itsestään (Eimler, ym., 2010). Tästä näkökulmasta katsottuna lapsi olisi yhtä innokas oppimaan ihmistoimijan tai tabletin välityksellä, kuin robotin. Tutkimustulosten mukaan samoja positiivisia vaikutuksia ja innostuneisuutta ei kuitenkaan ilmennyt normaaleissa oloissa (ihmistoimijan kanssa) tai pelkkää tablettia käytettäessä (Kory Westlund ym., 2015; You ym., 2006) eikä robottiin lisätty kielellisyys muuttanut tätä (Kennedy ym., 2016). Viihtyvyyden lisäksi opetusmateriaalin läpikäyminen oli nopeampaa robotin avustuksella, kuin ilman (Alemi ym., 2014).

Sosiaaliset robotit ovat personoitavissa, jolloin jokaisen oppilaan kyvykkydet arvioidaan ja yhdistetään oikean vaikeustason kanssa (Serholt, 2017; Janssen ym., 2011; Kory Westlund & Breazeal, 2015; de Haas ym., 2016). Liian helpot tehtävät pitkästyttävät oppilasta ja liian vaikeat tehtävät saavat oppilaan hermostumaan ja ahdistumaan (Fasola & Matarić, 2010). Roboteilla on jonkinlainen kyky mukautua oppilaan kognitiivisiin tiloihin ja yhdistää sopiva käyttäytyminen niihin, jolloin ne vaikuttaisivat empaattisilta (Leite ym., 2011). Robotin mukauttaminen oppilaan kognitiiviseen tilaan tarjoaa tehokasta tukea erityisesti lapselle, jolle oppitehtävät ovat hankalia tai jolle keskittyminen on vaikeaa (Schodde ym., 2019). Lapsen nimen käyttäminen (Tanaka & Matsuzoe, 2012; Kennedy ym., 2015; Kennedy ym., 2016; Blanson Henkemans ym., 2013), yhteisistä muistoista puhuminen (Kory Westlund & Breazeal, 2015) ja esimerkiksi robotin silmien värin muuttaminen lapsen lempiväriksi (Blanson Henke-

mans ym., 2013) sitouttaa lasta ja antaa mielikuvan merkillisestä suhteesta. En kuitenkaan usko, että sosiaaliset robotit olisivat ikinä yhtä kyvykkäitä vastaamaan toisen ihmisen tunnetiloihin, niin kuin ihmiset. Roboteilla on empaattisia vastausvaihtoehtoja vaan sen verran, mitä ihmiset ovat niihin ohjelmoineet. Robottien dialogien rakentaminen on erityisen hankalaa, koska edes ihmiset eivät osaa ennustaa kaikkien keskustelujen kulkua. Tällaista improvisointikykyä kuitenkin tarvitaan pienten lasten kanssa käytävissä pitkissä vuorovaikutustilanteissa. Tämänkin näkökulman vuoksi, pidän sosiaalisia robotteja lähinnä koulutusta täydentävinä ja kehittävinä tekijöinä.

Opettajan roolin (de Haas ym., 2016; Alemi ym., 2014) lisäksi robotti voi toimia oppikaverina (Gordon ym., 2015; Kory Westlund & Breazeal, 2015) tai lapsen opetettavana (Tanaka & Matsuzoe, 2012; Hood ym., 2015). Tutoroinnista oppiminen herätti lapsissa hoiva- ja sosiaalista käyttäytymistä (Tanaka ym., 2007) sekä muiden oppimuotojen tavoin merkittäviä oppituloksia. Opetusmuodosta riippumatta kielellinen ja ei-kielellinen käyttäytyminen lisääntyi robottien ohjaamilla oppitunneilla (Alemi ym., 2014; Mubin ym., 2019).

Sosiaalisten robottien opettamisen vaikutuksissa oli kuitenkin myös yksilöllisiä eroavaisuuksia. Kanda ym. (2004) tutkimuksessa eniten opetettavan oppiaineen tietoa omaavat lapset suoriutuivat muita paremmin annetuista tehtävistä, vaikka eivät olleet vuorovaikutuksessa robotin kanssa paljoa. Myöskään nopeilla oppijoilla ei ilmennyt positiivisia vaikutuksia yhtä paljon, kun hitaammin oppivilla lapsilla ilmeni (Schodde ym., 2019). Joissakin tilanteissa opintoihin keskittyminen heikkeni robotin läsnäolon myötä lasten alkaessa puhumaan keskenään tai pilkkaamaan robottia (You ym., 2006; Serholt, 2017). Voi myös miettiä, kuinka kauan pienikin lapsi jaksaa keskittyä robottien monotoniseen kerrontaan.

Ajoittain sosiaaliset robotit kohtasivat myös teknisiä ongelmia opetustilanteissa. Causon ym. (2017) tutkimuksen puheentunnistuksen ja visuaalisten syötteiden lukemisen vaikeuksien, yhteyksien katkeamisen, moottorien ylikuumentumisen ja lyhyen akunkeston ongelmista huolimatta lapset saavuttivat oppituntien tavoitteet. Myöskään Hoodin ym. (2015) tutkimuksessa tabletin ja robotin yhteiskäytön vaikeudet eivät vaikuttaneet oppimistuloksiin. Tekniset ongelmat voivat kuitenkin aiheuttaa lapsissa turhautumisen tunteita, jolloin keskittyminen tehtävään saattaa heikentyä (Serholt, 2017). Tällaiset tilanteet vaativat sekä opettajilta että oppilailta paljon kärsivällisyyttä ja ymmärrystä (Causo ym., 2017).

Varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten välillä omasta mielestäni suurimmat eroavaisuudet liittyivät siihen, miten robotti parhaiten sitoutti heitä opetustoimintaan. Nuoremmilla lapsilla leikkisyys, tarinankerronta ja mielikuvituksellisuus pitivät eniten mielenkiintoa yllä, kun taas vanhemmille lapsille robotin ulkonäkö oli tärkeässä asemassa. Nuoremmat lapset sietivät robotin negatiivista käyttäytymistä ja teknisiä ongelmia paremmin, kun vanhemmat lapset (Martínez-Miranda ym., 2018; Hood ym., 2015). Alakouluikäiset ja vanhemmat käyttäjät keskittyvät robotin hitaaseen vastaamisaikaan, joka saattaa

luoda epänormaalin kuvan robotin kanssa käydystä vuorovaikutuksesta (Martínez-Miranda ym., 2018; Blanson Henkemans ym., 2013).

Suurin osa tutkielmassani esiintyvistä varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten tutkimuksista olivat kestoltaan parin viikon pituisia. Tämän vuoksi sosiaalisten robottien opetuskäytön pitkäaikaisvaikutuksia on vaikea ennustaa ja roboteista kiinnostuminen voi johtua uutuuden viehätystä. Tanaka ym. (2007), Kory Westlund ja Breazeal (2015) sekä Movellan ym. (2009) kuukausien kestäneiden tutkimuksien mukaan lapsien mielenkiinto robottia kohtaan pysyy myös useampien vuorovaikutustilanteiden ajan. Myös Kennedy ym. (2016) huomasivat, että lapset, jotka eivät olleet tietoisia tutkimuksen lopputestistä, muistivat silti opetettavat asiat ilman aktiivista harjoittelua. Näiden lupaavien tuloksien ansiosta sosiaalisten robottien vakituinen asema koulumaailmassa voisi olla tulevaisuudessa mahdollista.

Tutkielmani tavoitteena oli selvittää, millaisia vaikutuksia sosiaalisilla roboteilla on varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten opinnoissa. Tutkimustulokset olivat yllättävän samankaltaisia lähteestä riippumatta ja kaikissa niissä sosiaalisten robottien läsnäolo nähtiin kannustettavana. Yksilöllisiä eroavaisuuksia löytyi oppilaiden väliltä, mutta suurin osa lapsista ja opetushenkilökunnasta näki vuorovaikutuksen hyödyt merkittävinä. Opetuskäytön sosiaalisia robotteja ei nähdä opettajia korvaavina toimijoina, vaan koulutusta helpottavina ja täydentävinä tekijöinä (Fridin, 2014a; Mubin ym., 2013), kuten jo mainitsin johdannossa. En usko, että robotiikkaa pystytään ikinä käyttämään nuorten oppilaiden kanssa täysin itsenäisesti. Aina tarvitaan teknisiä ammattilaisia ja opetustoimikuntaa, jotka yhdessä varmistavat oppituntien turvallisen ja oikeanlaisen etenemisen.

Kuten huomattu, sosiaalisilla roboteilla on monia positiivisia vaikutuksia varhaiskasvatus- ja alakouluikäisten lasten opetuksessa, mutta niiden pitkäaikaisvaikutuksista ei ole varmaa tietoa (Kanda ym., 2004 ; Gordon ym., 2015). Movellan ym. (2009), Kory Westlund ja Breazealin (2015) sekä Tanakan ym. (2007) tuloksien mukaan samat positiiviset vaikutukset esiintyivät myös muutamien kuukausien kestävässä tutkimuksissa, mutta tästä huolimatta jatkotutkimuksille on tarvetta. Pitkän aikavälin opetusjaksot kertovat jos lasten motivaatio- ja sitoutuneisuustaso sekä muut robotin luomat hyödyt muuttuvat (Kanda ym., 2004), mahdollistaen robotit pysyväksi osaksi koulutusta.

Pitkäaikaisvaikutusten lisäksi robottien personointi oppilaiden yksilöllisiin tarpeisiin ja piirteisiin voisi helpottaa niiden omaksumista (Movellan ym., 2009). Opettajat pystyvät lukemaan lapsen aktiivisia tiloja ja mukauttamaan palautteen niihin sopivaksi, mikä sosiaalisilta roboteilta ei vielä ole mahdollista (de Haas ym., 2017; Movellan ym., 2009; Leite ym., 2011), mutta sen omaksuessaan, vaikuttaisivat empaattisilta kokonaisuuksilta. Jos käyttäjän mieliala muuttuu negatiivisesta positiiviseksi robotin piristävän palautteen kautta, on todennäköistä, että robotti hyödyntää samaa käyttäytymiskuviota myös myöhemmin (Leite ym., 2011). Tarkoituksena olisi siis suunnitella työkalu, joka pystyy vastaamaan lasten kognitiivisiin, emotionaalisiin ja sosiaalisiin taitoihin pitkinäkin aikoina (Fridin, 2014a; Eimler ym., 2010).

Tanakan ym. (2007) mukaan roboteissa käytettävä teknologia on jo yllättävän lähellä mahdollistaen autonomisen, läheisen ja sosiaalisen robotti-lapsisuhteen. Vaikka nykyaikana robottien järjestelmät pystyvät tuottamaan lausahduksia ja ymmärtämään puhetta, on haasteena ihmisperheen tunnistaminen jos se eroaa robotin koulutukseen käytetystä puhedatasta (Eimler ym., 2010). Nykyisten sosiaalisten robottien puheentunnistus on koulutettu aikuisten puhe-datan avulla (Hänninen & Porokuokka, 2018), mikä hankaloittaa lapsen äänen tunnistamista. On kriittistä tutkia äänisignaalien alkuja ja loppuja, koska muuten mikä tahansa ääni kuulostaa robotille lausahdukselta (Alonso-Martin ym., 2013). Alonso-Martinin ym. (2013) VAD-systeemi sijaitsee robotin sisällä ja pysyy luokittelemaan äänet lausahdukseksi tai ei-lausahdukseksi, jolloin robotti tietää mihin reagoida. Tätä voitaisiin hyödyntää myös kaiun ja melun poistamiseen sekä äänenlähteiden erottamiseen (Alonso-Martin ym., 2013). Puheentunnistuksen kehittämisen lisäksi, ihmisen ja robotin välisen keskustelun sujuvuuden varmistamiseksi robotin vastauksien tulisi olla nopeampia (Blanson Henkemans ym., 2013), jotta keskusteluun syntyisi illuusio ihmisille luontaisesta improvisoinnista. Toisaalta ihmisten keskeisessäkin vuorovaikutustilanteissa voi esiintyä epäjohtonmukaisuuksia, epäröintiä ja keskeytyksiä, eikä tapahtumat vaikuta vuorovaikutuksen ymmärrettävyyteen negatiivisesti (Belpaeme, Baxter, de Greeff ym., 2013).

Tulevaisuudessa olisi tärkeää ymmärtää, miten robotit vaikuttavat lapsen kielen käyttöön ja millä tavalla ne voivat olla tukena kielen kehityksessä (Kory Westlund & Breazeal, 2015). Myös oppitehtävien sisältöjen pitäisi olla mukautuvia oppilaiden kyvykkyyksiin, jotta mahdollisimman moni oppisi robottien kanssa. Jos näin ei ole, on hyvä tutkia, miksi joillekin robotin opetus luo positiivisia vaikutuksia ja toisille ei. (Wei, Hung & Lee, 2011.) Robottien humanoidiseen ulkonäköön ja sitä kautta hyväksymiseen vaikuttaa myös oppilaiden, esimerkiksi läntisellä pallonpuoliskolla olevien käyttäjien ja aasialaisten käyttäjien, kulttuurilliset eroavaisuudet (Kamide, Eyssel & Arai, 2013). Kulttuuri vaikuttaa siihen, miten kohtelemme (ei-eläviä) esineitä, mikä voi selittää myös yksittäisten ihmisten tavan kohdella robotteja (Tanaka & Kimura, 2009).

Robottien muuntaminen opetustyökaluiksi vaatii paljon ihmisosaajia, kuten pedagogisia ammattilaisia ja insinöörejä, sekä muita resursseja, kuten opetustiloja, kameroita ja tietokoneita (Causo ym., 2017). Opettajien perehdytys ja tutustuttaminen sosiaaliin robotteihin on tärkeää, koska he auttavat ja ovat vastuussa oppituntien suunnittelemisesta ja toteuttamisesta. Teknisten ongelmien syntyessä oikeanlainen oppilaiden ohjaaminen auttaa pitämään lasten mielialat entisellään. (Causo ym., 2017; Mubin ym., 2019.) Usein opettajat ovat läsnä robottien tutustumisvaiheessa ja vastuussa jonkinlaisesta ohjauksesta myöhemminkin (Tanaka & Matsuzoe, 2012; Kennedy ym., 2016; Alemi ym., 2014; You ym., 2006; Han ym., 2009). Opettajalla pitää olla kyvykkyyksiä ja itsevarmuutta toimia ja ohjata robotin käyttäytymistä, jotta oppituntien rakenne on selkeä ja mahdollistaa lasten oppimisen. Jotta tämä toteutuisi, täytyy opettajien asenteita ja niihin liittyvää robotin ja aikuisen välistä vuorovaikutusta tutkia lisää.

LÄHTEET

- Alemi, M., Meghdari, A., Grazisaedy, M. (2014). Employing humanoid robots for teaching english language in Iranian Junior High-School. *International Journal of Humanoid Robotics* 11(3). <https://doi.org/10.1142/S0219843614500224>
- Alemi, M., Meghdari, A., Ghazisaedy, M. (2015). The Impact of Social Robotics on L2 Learners' Anxiety and Attitude in English Vocabulary Acquisition. *International Journal of Social Robotics*, 7, 523-535. <https://doi.org/10.1007/s12369-015-0286-y>
- Alimisis, D. (2012). Robotics in Education & Education in Robotics: Shifting Focus from Technology to Pedagogy. *Proceedings of the 3rd International Conference on Robotics in Education*, 7-14.
- Alonso-Martin, F., Castro -Gonzalez, A., Gorostiza, J. F., Salichs, M. A. (2013). Multidomain Voice Activity Detection during Human-Robot Interaction. *Social robotics, International Conference on Social Robotics (ICSR)*, 64-73. https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1007/978-3-319-02675-6_45
- Asimov, I. (1976). "The bicentennial man" in I. Asimov, *The bicentennial man and other storie* Doubleday, New York, 1984.
- Balch, T., Summet, J., Blank, D., Kumar, D., Guzdial, M., O'Hara, K., Walker, D., Sweat, M., Gupta, G., Tansley, S., Jackson, J., Gupta, M., Muhammad, M. N., Prashad, S., Eilbert, N., Gavin, A. (2008). Designing Personal Robots for Education: Hardware, Software and Curriculum. *IEEE Persasive Computing*, 7(2), 5-9. <https://doi.org/10.1109/MPRV.2008.29>
- Belpaeme, T., Baxter, P., de Greeff, J., Kennedy, J., Read, R., Looije, R., Neerincx, M., Baroni, I., Zelati, M. C. (2013). Child-Robot Interaction: Perspectives and Challenge *Social Robotics, International Conference on Social Robotics (ICSR)*, 452-459. https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1007/978-3-319-02675-6_45
- Belpaeme, T., Baxter, P., Read, R., Wood, R., Cuay´ahuitl, H., Kiefer, B., Racioppa, , Kruijff-Korbayov´a, I., Athanasopoulos, G., Enescu, V., Looije, R., Neerincx, M., Demiris, Y., Ros-Espinoza, R., Beck, A., Canamero, L., Hiolle, A., Lewis, M., Baroni, I., Nalin, M., Cosi, P., Paci, G., Tesser, F., Sommavilla, G., Humbert, R. (2013). Multimodal child-robot interaction: Building social bond. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1(2), 33-53. <https://dl-acm-org.ezproxy.jyu.fi/doi/10.5555/3109688.3109691>

- Belpaeme, T., Vogt, P., van den Berghe, R., Bergmann, K., Göksun, T., de Haas, M., Kanero, J., Wallbridge, C. D., Willemsen, B., de Wit, J., Geçkin, V., Hoffmann, L., Kopp, , Krahmer, E., Mamus, E., Montanier, J.-M., Oranç, C., Pandey, A. K. (2018). Guidelines for Designing Social Robots as Second Language Tutor *International Journal of Social Robotics*, 10(3), 325-341. <https://doi.org/10.1007/s12369-018-0467-6>
- Biesta, G. (2015). What is Education For? On Good Education, Teacher Judgement, and Educational Professionalism. *European Journal of Education*, 50(1), 75-87. <https://doi.org/10.1111/ejed.12109>
- Bishop, L., Van Maris, A., Dogramadzi, , Zook, N. (2019). Social robots: The influence of human and robot characteristics on acceptance. *Paladyn*, 10(1), 346-358. <https://doi.org/10.1515/pjbr-2019-0028>
- Blackwell, C. K., Lauricella, A. R., Wartella, E. (2014). Factors influencing digital technology use in early childhood education. *Computers & Education*, 77, 82-90. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2014.04.013>
- Blanson Henkemans, O. A., Bierman, B. P. B., Janssen, J., Neerincx, M. A., Looije, R., van der Bosch, H., van der Giessen, J. A. M. (2013). Using a robot to personalise health education for children with diabetes type 1: A pilot study. *Patient Education and Counseling*, 92(2), 174-181. <https://doi.org/10.1016/j.pec.2013.04.0201312>
- Bowker, M. (2020). Merriam-Webster Dictionary. Robot. <https://www.merriam-webster.com/dictionary/robot>
- Breazeal, C. (2003). Towards Sociable Robot. *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 167-175. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00373-1](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00373-1)
- Breazeal, C., Dautenhahn K., Kanda T. (2016). Social Robotic In : Siciliano B., Khatib O. (eds) Springer Handbook of Robotic https://doi.org/10.1007/978-3-319-32552-1_72
- Bright Horizons (2020). Difference Between Preschool and Pre-K. Haettu 17.3.2020 osoitteesta <https://www.brighthorizoncom/family-resources/preschool-vs-pre-kindergarten-what-is-the-difference>
- Brooks, R. A. (1990). Elephants don't play chess. *Robotics and Autonomous Systems*, 6(1-2), 3-15. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(05\)80025-9](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(05)80025-9)
- Cabibihan, J.-J., Javed, H., Ang Jr., M., Aljunied, S. M. (2013). Why robots? A Survey on the Roles and Benefits of Social Robots in the Therapy of Children with Autism. *International Journal of Social Robotics*, 5, 593-618. <https://doi.org/10.1007/s12369-013-0202-2>

- Causo, A., Win, P. Z., Guo, P. , Chen, I.-M. (2017). Deploying social robots as teaching aid in pre-school K2-classes : A proof-of-concept study. *IEEE International Conference on Robotics and Automation, ICRA 2017*. <https://doi.org/10.1109/ICRA.2017.7989490>
- Christensen, C. A. (2005). The Role of Orthographic – Motor Integration in the Production of Creative and Well-Structured Written Text for Students in Secondary School. *An International Journal of Experimental Educational Psychology*, 25(5), 441-453. <https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1080/01443410500042076>
- Cooney, M. & Leister, W. (2019). Using the Engagement Profile to Design an Engaging Robotic Teaching Assistant for Students. *Robotics*, 8(1). <https://doi.org/10.3390/robotics8010021>
- Cuijpers, R. H. & van der Pol, D. (2013). Region of Eye Contact of Humanoid Nao Robot Is Similar to That of a Human. *Social Robotics, International Conference on Social Robotics (ICSR)*, 280-289. https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1007/978-3-319-02675-6_45
- Cyberbotics (2020). Webots User Guide – SoftBank Robotics’ Nao. Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://www.cyberbotics.com/doc/guide/nao>
- Deci, E. L., Vallerand, R. J., Pelletier, L. G., Ryan, R. M. (1991). Motivation and Education: The Self-Determination Perspective. *Educational Psychologist*, 26(3-4), 325-346. <https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1080/00461520.1991.9653137>
- de Haas, M., Baxter, P., de Jong, C., Krahmer, E., Vogt, P. (2017). Exploring Different Types of Feedback in Preschooler and Robot Interaction. *HRI’17: Proceedings of the Companion of the 2017 ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 127-128. <http://dx.doi.org/10.1145/3029798.3038433>
- de Haas, M., Vogt, P., Krahmer, E. (2016). Enhancing child-robot tutoring interactions with appropriate feedback. *Proceedings of the long-term child-robot interaction workshop at RO-MAN 2016*.
- Duffy, B. R. (2003). Anthropomorphism and the Social Robot. *Robotics and Autonomous Systems* 42, 177-190. [https://doi.org/10.1016/S0921-8890\(02\)00374-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8890(02)00374-3)
- Duffy, B. R. (2000). The Social Robot. Ph.D. Thesis, Department of Computer Science, University College Dublin.
- Dziergwa, M., Frontkiewicz, M., Kaczmarek, P., Kędzierski, J., Zagdańska, M. (2013). Study of a Social Robot’s Appearance Using Interviews and a Mobile Eye-Tracking Device. *Social Robotics, International Conference on*

Social Robotics (ICSR), 170-179. https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1007/978-3-319-02675-6_45

- Eimler, S., von der Pütten, A., Schächtle, U., Carstens, L., Krämer, N. (2010). Following the White Rabbit – A Robot Rabbit as Vocabulary Trainer for Beginners of English. *HCI in Work and Learning, Life and Leisure. USAB 2010*. https://doi.org/10.1007/978-3-642-16607-5_22
- Eteokleous, N. (2007). Evaluating computer technology integration in a centralized school system. *Computers & Education*, 51(2), 669-686. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2007.07.004>
- Fasola, J., Matarić, M. J. (2010). Robot motivator : Increasing user enjoyment and performance on a physical/cognitive task. *2010 IEEE 9th International Conference on Development and Learning*. <https://doi.org/10.1109/DEVLRN.2010.5578830>
- Feil-Seifer, D. & Mataric, M. J. (2005). Defining Socially Assistive Robotic *9th International Conference on Rehabilitation Robotics, ICORR 2005., Chicago, IL*, 465-468. <https://doi.org/10.1109/ICORR.2005.1501143>
- Fish, M. & Pinkerman, B. (2003). Language skills in low-SES rural Appalachian children : normative development and individual differences, infancy to preschool. *Journal of Applied Developmental Psychology*, 23(5), 539-565. [https://doi.org/10.1016/S0193-3973\(02\)00141-7](https://doi.org/10.1016/S0193-3973(02)00141-7)
- Fong, T. W., Nourbakhsh, I., Dautenhahn, K. (2003). A Survey of Socially Interactive Robots : Concepts, Design and Application *Robotics and Autonomous Systems*, 42(3-4), 142-166.
- Fridin, M. (2014a). Kindergarten social assistive robot : First meeting and ethical issues. *Computers in Human Behavior*, 30, 262-272. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2013.09.005>
- Fridin, M. (2014b). Storytelling by a kindergarten social assistive robot: A tool for constructive learning in preschool education. *Computers & Education*, 70, 53-64. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2013.07.043>
- Goddard, M. (2002). What Do We Do with These Computers? Reflections on Technology in the Classroom. *Journal of Research on Technology in Education*, 35, 19-26. <https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1080/15391523.2002.10782367>
- Gordon, G., Breazeal, C., Engel, S. (2015). Can Children Catch Curiosity from a Social Robot? *HRI '15: Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 91-98. <https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1145/2696454.2696469>

- Haenlein, M. & Kaplan, A. (2019). A Brief History of Artificial Intelligence : On the Past, Present, and Future of Artificial Intelligence. *California Management Review*, 61(4), 5-14. <https://doi.org/10.1177/0008125619864925>
- Han, J.-H., Kim, D.-D., Kim, J.-W. (2009). Physical Learning Activities with a Teaching Assistant Robot in Elementary School Music Class. 2009 *Fifth International Joint Conference on INC, IMS and IDC*. <https://doi.org/10.1109/NCM.2009.407>
- Highfield, K., Mulligan, J., Hedberg, J. (2008). Early mathematics learning through exploration with programmable toys. *Proceedings Of The Joint Meeting Of Pme 32 And Pme-Na Xxx*, 169-176.
- Hood, D., Lemaignan, S., Dillenbourg, P. (2015). When Children Teach a Robot to Write : An Autonomous Teachable Humanoid Which Uses Simulated Handwriting. *HRI '15: Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction*, 83-90. <https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1145/2696454.2696479>
- Horgan, D. D., Morgan, D. (1990). Chess expertise in children. *Applied Cognitive Psychology*, 4(2), 109-128. <https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1002/acp.2350040204>
- Hornyak, T. (2010). Robovie R3 robot wants to hold your hand. Cnet. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://www.cnet.com/news/robovie-r3-robot-wants-to-hold-your-hand/>
- Hänninen, P. (2018). Tietotekniikan ajankohtaisia teemoja: Johdatus robotiikkaan. Robotiikan perusteet, 26.6.2018. Jyväskylän yliopisto.
- Hänninen, P. & Pekkola, T. (2018). Tietotekniikan ajankohtaisia teemoja: Johdatus robotiikkaan. JAMKin tekemiset robotiikan parissa, 28.6.2018. Jyväskylän yliopisto.
- Hänninen, P. & Porokuokka, J. (2018). Tietotekniikan ajankohtaisia teemoja: Johdatus robotiikkaan. SOTE-robotiikkaa ja ROSE-hanke, 27.7.2018. Jyväskylän yliopisto.
- Härkönen, U. (2003). Mitä termit varhaiskasvatus ja esiopetus tarkoittavat? *Joensuun yliopiston kasvatustieteiden tiedekunnan tutkimuksia N:o 86*. <http://sokl.uef.fi/harkonen/verkot/tutkimus2003.pdf>
- IFR (International Federation of Robotics) (2019). Executive Summary WR 2019 Service Robot https://ifr.org/downloads/press2018/Executive_Summary_WR_Service_Robots_2019.pdf

- Ishiguro, H., Ono, T., Imai, M., Maeda, T., Kanda, T., Nakatsu, R. (2001). Robovie: an interactive humanoid robot. *Industrial Robot*, 28(6), 498-504. <https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1108/01439910110410051>
- ISO (International Organization for Standardization) (2012). ISO 8373:2012 Robots and robotic devices - Vocabulary. <https://www.iso.org/standard/55890.html>
- Jack, C., & Higgins, S. (2019). Embedding educational technologies in early years education. *Research in Learning Technology*, 27. <https://doi.org/10.25304/rlt.v27.2033>
- Jack, C., & Higgins, S. (2018). What is educational technology and how is it being used to support teaching and learning in the early years? *International Journal of Early Years Education*, 1-16. <https://doi.org/10.1080/09669760.2018.1504754>
- Janssen, J. B., van der Wall, C. C., Neerincx, M. A., Looije, R. (2011). Motivating Children to Learn Arithmetic with an Adaptive Robot Game. *ICSR 2011, International Conference on Social Robotics*, 153-162. https://doi.org/10.1007/978-3-642-25504-5_16
- Johnson, J. (2003). Children, robotics, and education. *Artificial Life and Robotics*, 7, 16-21. <https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1007/BF02480880>
- Kamide, H., Eyssel, F., Arai, T. (2013). Psychological Anthropomorphism of Robots - Measuring Mind Perception and Humanity in Japanese Context. *International Conference of Social Robotics, ICSR 2013*, 199-208.
- Kanda, T., Hirano, T., Eaton, D., Ishiguro, H. (2004). Interactive Robots as Social Partners and Peer Tutors for Children: A Field Trial. *Human-Computer Interaction*, 19(1-2), 61-84. <https://doi.org/10.1080/07370024.2004.9667340>
- Kanda, T., Ishiguro, H., Ono, T., Imai, M., Nakatsu, R. (2002). Development and evaluation of an interactive humanoid robot "Robovie". *Proceedings 2002 IEEE International Conference on Robotics and Automation*. <https://doi.org/10.1109/ROBOT.2002.1014810>
- Kennedy, J., Baxter, P., Belpaeme, T. (2015). The Robot Who Tried Too Hard: Social Behaviour of a Robot Tutor Can Negatively Affect Child Learning. *Proceedings of the tenth annual AMC/IEEE international conference on human-robot interaction*, 67-74. <http://dx.doi.org/10.1145/2696454.2696457>
- Kennedy, J., Baxter, P., Senft, E., Belpaeme, T. (2016). Social Robot Tutoring for Child Second Language Learning. *2016 11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*. <https://doi.org/10.1109/HRI.2016.7451757>

- Keshmiri, , Sumioka H., Yamazaki, R., Ishiguro, H. (2019). Differential Effect of the Physical Embodiment on the Prefrontal Cortex Activity as Quantified by Its Entropy. *Entropy*, 21(9). <https://doi.org/10.3390/E21090875>
- Koivula, M., Siippainen, A., Eerola-Pennanen, P., Böök, M.-L. (2017). Valloittava varhaiskasvatus: oppimista, osallisuutta ja hyvinvointia. Tampere : Kustannusosakeyhtiö Vastapaino 2017. <https://jyu.finna.fi/Record/jykdok.1732756>
- Kory Westlund, J. K. & Breazeal, C. (2015). The Interplay of Robot Language Level with Children's Language Learning during Storytelling. *HRI'15 Extended Abstracts: Proceedings of the Tenth Annual ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction Extended Abstracts*, 65-66. <http://dx.doi.org/10.1145/2701973.2701989>
- Kory Westlund, J. K., Dickens, L., Jeong, S., Harris, P., DeSteno, D., Breazeal, C. (2015). A Comparison of Children Learning New Words from Robots, Tablets, & People. <http://motrin.media.mit.edu/robots/wp-content/uploads/sites/7/2013/07/cyber-newfriends15-v2.pdf>
- Kory Westlund, J. M. K., Dickens, L., Jeong, S., Harris, P. L., DeSteno, D., Breazeal, C. L. (2017) Children use non-verbal cues to learn new words from robots as well as people. *International Journal of Child-Computer Interaction*, 13, 1-9. <https://doi.org/10.1016/j.ijcci.2017.04.001>
- Kruijff-Korbayová, I., Athanasopoulos, G., Beck, A., Cosi, P., Cuayáhuitl, H., Dekens, T., Enescu, T., Hiolle, A., Kiefer, B., Sahli, H., Schröder, M., Somnavilla, G., Tesser, F., Verhelst, W. (2011). An Event-Based Conversational System for the Nao Robot. *Proceedings of the Paralinguistic Information and its Integration in Spoken Dialogue Systems Workshop*, 125-132. https://doi.org/10.1007/978-1-4614-1335-6_14
- Köse, H., Uluer, P., Akahn, N., Yorganci, R., Özkul, A., Ince, G. (2015). The Effect of Embodiment in Sign Language Tutoring with Assistive Humanoid Robots. *International Journal of Social Robotics*, 7, 537-548. <https://doi.org/10.1007/s12369-015-0311-1>
- Leite, I., Pereira, A., Castellano, G., Mascarenhas, S., Martinho, C., Paiva, A. (2011). Social Robots in Learning Environments: a Case Study of an Empathic Chess Companion. *International Workshop on Personalization Approaches in Learning Environments (PALE 2011) in conjunction with the 19th edition of the User Modeling, Adaptation and Personalization Conference (UMAP 2011)*, 8-11.
- Ljung-Djärf, A., Åberg-Bengtsson, L., Ottosson, T. (2005). Ways of relating to computer use in pre-school activity. *International Journal of Early Years Education*, 13(1), 29-41. <https://doi.org/10.1080/09669760500048295>

- Martin, F. A., Malfaz, M., Castro-González, A., Castillo, J. C., Salichs, M. A. (2020). Four-Features Evaluation of Text to Speech Systems for Three Social Robot. *Electronics*, 9(2). <https://doi.org/10.3390/electronics9020267>
- Martínez-Miranda, J., Pérez-Espinosa, H., Espinosa-Curiel, I., Avila-George, H., Rodríguez-Jacobo, J. (2018). Age-based differences in preferences and affective reactions towards a robot's personality during interaction. *Computers in Human Behavior*, 84, 245-257. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2018.02.039>
- Meeden, L. A. & Blank, D. (2007). Introduction to developmental robotic *Connection Science*, 18(2), 93-96. <https://doi.org/10.1080/09540090600806631>
- Meirbekov, S., Balkibekov, K., Jalankuzov, Z., Sandygulova, A. (2016). "You win, I lose": Towards adapting robot's teaching strategy. *11th ACM/IEEE International Conference on Human-Robot Interaction (HRI)*. <https://doi.org/10.1109/HRI.2016.7451813>
- Mertala, P. (2017). Wag the dog - The nature and foundations of preschool educators positive ICT pedagogical beliefs. *Computers in Human Behavior*, 69, 197-206. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2016.12.037>
- Miller, D. C., Sen, A., Malley, L. B., Burns, S. D. (2009). Comparative Indicators of Education in the United States and Other G-8 Countries. *Project Report*. U.S. Department of Education, Washington, D.C. Sivut 81, 85, 93-93, 97. <http://nces.ed.gov/pubsearch/pubsinfo.asp?pubid=20...>
- Movellan, J. R., Eckhardt, M., Virnes, M., Rodriguez, A. (2009). Sociable Robot Improves Toddler Vocabulary Skills. *HRI '09: Proceedings of the 4th ACM/IEEE international conference on Human robot interaction*, 307-308. <https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1145/1514095.1514189>
- Mubin, O., Alhashmi, M., Baroud, R., Alnajjar, F. S. (2019). Humanoid Robots as Teaching Assistant in an Arab School. *OZCHI'19: Proceedings of the 31st Australian Conference on Human-Computer-Interaction*, 462-466. <https://doi-org.ezproxy.jyu.fi/10.1145/3369457.3369517>
- Mubin, O., Stevens, C. J., Shahid, S., Al Mahmud, A., Dong, J.-J. (2013). A review of the applicability of robots in education. *Journal of Technology in Education and Learning*. <https://doi.org/10.2316/Journal.209.2013.1.209-0015>
- Muttappallymyalil, J., Mendis, S., John, L. J., Shanthakumari, N., Sreedharan, J., Shaikh, R. B. (2016). Evolution of technology in teaching: Blackboard and beyond in Medical Education. *Nepal Journal of Epidemiology*, 6(3), 588-594. <https://doi.org/10.3126/nje.v6i3.15870>

- Opetushallitus (2020). Koulutus ja tutkinnot – Esiopetus. Haettu 17.3.2020 osoitteesta <https://www.oph.fi/fi/koulutus-ja-tutkinnot/esiopetus>
- Personal Robots Group (2015). Dragonbot. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://robotic.media.mit.edu/portfolio/dragonbot/>
- Perusopetuslaki (1999). Oppivelvollisuus, §25. Haettu 17.3.2020 osoitteesta <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1998/19980628>
- Preradović, N. M., Lešin, G., Boras, D. (2017). The role and attitudes of kindergarten educators in ICT-supported early childhood education. *TEM Journal*, 6(1), 162–172. <https://doi.org/10.18421/TEM61-24>
- Rao, A. & Georgeff, M.P. (1995). BDI agents: From theory to practice. In: *Proceedings of the First International Conference on Multiagent System AAAI Pres*
- Robotlab (2020a). NAO Power V6 Standard Edition – Robots for Developer Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://www.robotlab.com/store/nao-power-v6-standard-edition>
- Robotlab (2020b). Pepper Robot for research – Development Platform. Haettu 13.3.2020 osoitteesta <https://www.robotlab.com/store/pepper-robot-for-research-and-coding>
- Robots (2020a). Nao. Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://robotieee.org/robots/nao/>
- Robots (2020b). Pepper. Haettu 13.3.2020 osoitteesta <https://robots.ieee.org/robots/pepper/>
- Robotshop (2010). Robovie R3. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://www.robotshop.com/community/blog/show/robovie-r3>
- Roscoe, R. D. & Chi, M. T. H. (2007). Understanding Tutor Learning: Knowledge- Building and Knowledge-Telling in Peer Tutors’ Explanations and Questions. *Review of Educational Research*, 77(4), 534-574. <https://doi.org/10.3102/0034654307309920>
- Rose, B. (2011). DragonBot Could Be the Coolest Toy of the Year. Gizmodo. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://gizmodo.com/dragonbot-could-be-the-coolest-toy-of-the-year-5868121>
- Samani, H. (2016). Cognitive robotic Newcastle upon Tyne: Cambridge Scholars Publishing. <https://jyu.finna.fi/Record/jykdok.1723800> ‘
- Savov, V. (2010). Robovie R3 all set to assist, freak out elderly and handicapped shoppers this November (video). Engadget. Haettu 5.4.2020 osoitteesta

<https://www.engadget.com/2010-05-05-robovie-r3-all-set-to-assist-freak-out-elderly-and-handicapped.html>

Schodde, T., Hoffman, L., Stange, S., Kopp, S. (2019). Adapt, Explain, Engage – A Study on How Social Robots Can Scaffold Second-Language Learning of Children. *ACM Transactions on Human-Robot Interaction*, 9(1). <https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1145/3366422>

Serholt, (2017). Breakdowns in children's interactions with a robotic tutor: A longitudinal study. *Computers in Human Behavior*, 81, 250-264. <https://doi.org/10.1016/j.chb.2017.12.030>

Setapen, A. & Breazeal, C. (2011). DragonBot: A platform for cloud-based social robotics. https://www.youtube.com/watch?time_continue=3&v=vUzhwOhU80Y&feature=emb_title

Short, E., Swift-Spong, K., Greczek, J., Ramachandran, A., Litoiu, A., Grigore, E. C., Feil-Seifer, D., Shuster, S., Lee, J. J., Huang, S., Levosinova, S., Litz, S., Li, J., Ragusa, G., Spruijt-Metz, D., Mataric, M., Scassellati, B. (2014). How to Train Your DragonBot: Socially Assistive Robots for Teaching Children About Nutrition Through Play. *The 23rd IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2014.6926371>

Siciliano, B. & Khatib, O. (2016). Springer Handbook of Robotic. Springer. https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=RTvADAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PR5&dq=Springer+Handbook+of+Robotics&ots=QSbfWOSJDB&sig=RPyOJkumd0d1V4cKpfnZ6Qp4aK8&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Social Robotics Lab (2020). Our Robots. Yale University. Haettu 5.4.2020 osoitteesta <https://scazlab.yale.edu/our-robots>

SoftBank Robotics (2020a). For better business just add Pepper. Haettu 13.3.2020 osoitteesta <https://www.softbankrobotics.com/us/pepper>

SoftBank Robotics (2020b). NAO⁶. Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://www.softbankroboticcom/emea/en/nao>

SoftBank Robotics (2020c). NAO⁶ the versatile humanoid robot. Haettu 11.3.2020 osoitteesta <https://www.softbankroboticcom/emea/sites/default/files/press-kit/NAO-press-kit-EN.pdf>

Softbank Robotics (2020d). Pepper. Haettu 13.3.2020 osoitteesta <https://www.softbankrobotics.com/emea/en/pepper>

- Sparling, J., Ramey, S. L., Ramey, C. T., Lanzi, R. G. (2004). The transition to school: Building upon preschool foundations and preparing for lifelong learning. In E. Zigler and S. Styfco, editors, *The Head Start Debates*. Yale University Press, Connecticut.
- Stéger, C. (2014). Review and analysis of the EU teacher-related policies and activities. *European Journal of Education*, 49, 332-347. <https://doi.org.ezproxy.jyu.fi/10.1111/ejed.12089>
- Tanaka, F., Cicourel, A., Movellan, J. R. (2007). Socialization toddlers and robots at an early childhood education center. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 104(46), 17954-17958. <https://doi.org/10.1073/pnas.0707769104>
- Tanaka, F. & Kimura, T. (2009). The Use of Robots in Early Education: A Scenario Based on Ethical Consideration. *RO-MAN 2009 - The 18th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication*. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2009.5326227>
- Tanaka, F. & Matsuzoe, S. (2012). Children teach a care-receiving robot to promote their learning: field experiments in a classroom for vocabulary learning. *Journal of Human-Robot Interaction*, 1(1), 78-95. <https://dl.acm.org/doi/10.5898/JHRI.1.1.Tanaka>
- Turkle, , Breazeal, C.L., Dasté, O., Scassellati, B. (2004). Encounters with Kismet and Cog: Children Respond to Relational Artifacts. *International Conference on Humanoid Robots*.
- Vaughan, M. & Beers, C. (2017). Using an exploratory professional development initiative to introduce iPads in the early childhood education classroom. *Early Childhood Education Journal*, 45(3), 321-331. <https://doi.org/10.1007/s10643-016-0772-3>
- Ventre-Dominey, J., Gibert, G., Bosse-Platiere, M., Farnè, A., Dominey, P. F., Pavani, F. (2019). Embodiment into a robot increases its acceptability. *Scientific Reports*, 9(1). <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46528-7>
- Wei, C.-W., Hung, I.-C., Lee, L. (2011). A Joyful Classroom Learning System with Robot Learning Companion for Children to Learn Mathematics Multiplication. *The Turkish Online Journal of Educational Technology*, 10(2), 11-23. <https://eric.ed.gov/?id=EJ932221>
- Winfield, A. (2012). *Robotics: A Very Short Introduction*. OUP Oxford. https://books.google.fi/books?hl=fi&lr=&id=74-Llv77FxC&oi=fnd&pg=PT15&dq=+Winfield,+Robotics:+A+very+short+introduction&ots=7URfx7Lr&sig=jPrxnVXpKVx3O8o-QRxt_xifek&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

- Wright, A. (1997). *Creating Stories with Children*. England: Oxford University Press. https://books.google.fi/books?hl=en&lr=&id=oqMMXA8hNLMC&oi=fnd&pg=PA1&ots=ilpIfYPwq-&sig=Ip_yL1t_9trHgCRmUYkGbx7bFLs&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false
- Yan, H., Ang, M. H. & Poo, A. N. (2014). A Survey on Perception Methods for Human-Robot Interaction in Social Robot. *International Journal of Social Robotics*, 6, 85-199. <https://doi.org/10.1007/s12369-013-0199-6>
- You, Z.-J., Shen, C.-Y., Chang, C.-W., Liu, B.-J., Chen, G.-D. (2006). A Robot as a Teaching Assistant in an English Class. *Proceedings of the Sixth International Conference on Advanced Learning Technologies (ICALT'06)* <https://doi.org/10.1109/ICALT.2006.1652373>
- Zhang, W. J. & Li, Q. (1999). On the New Approach to Mechanism Typology Identification. *Journal of Mechanical Design*, 121(1), 57-64. <https://doi.org/10.1115/1.2829430>