



Juho Jokela & Valtteri Nokkala

Tekoäly alakoulussa: haasteet ja mahdollisuudet opetuksessa

Kandidaatin tutkielma

KASVATUSTIETEIDEN JA PSYKOLOGIAN TIEDEKUNTA

Luokanopettaja

2024

Oulun yliopisto

Kasvatustieteiden ja psykologian tiedekunta

Tekoäly alakoulussa: haasteet ja mahdollisuudet opetuksessa (Juho Jokela & Valtteri Nokkala)

Kandidaatintutkielma, 32 sivua, 0 liitesivua

Toukokuu 2024

Tässä kandidaatin tutkielmassa tarkastelemme tekoälyä ja siihen liittyviä alakäsitteitä, sekä perehdymme tarkemmin tutkimuskysymyksiimme, joista toinen käsittelee tekoälyn opettamista suomalaisen alakoulun kontekstissa. Käymme läpi muuan muassa sitä, mitä ja millä tavalla tekoälyä olisi kaikkein hedelmällisintä opettaa. Tämän lisäksi käsittelemme myös toista tutkimuskysymystämme, joka liittyy erilaisiin haasteisiin, joita tekoälyn opettaminen tuo tullessaan. Olemme valinneet työmme aiheen, koska olemme olleet kiinnostaneita tekoälystä jo pidemmän aikaa, sekä siksi, että aiheemme on todella ajankohtainen.

Yhteiskuntamme muuttuessa tekoälystä on viime vuosien aikana tullut lähes kaikkia ihmisiä koskettava asia. Yhteiskunnan nopean digitalisoitumisen myötä monet asiat ja niiden hoitaminen ovat helpottuneet. Esimerkiksi opetuksen digitalisoituminen on tuonut helpotusta joihinkin opetusta koskeviin asioihin. Tilanne ei ole kuitenkaan yksijakoinen, vaan tämä muutos on tuonut myös ongelmia. Yksi ongelmista on digiloikka, joka johtuu nopeasti digitaalisesta kehityksestä. Ongelmaksi digiloikassa nousee ihmisten kyky ja valmiudet pysyä nopean kehityksen mukana. Tämä sama ongelma vaivaa myös opettajia.

Edellä mainittu ongelma on läsnä myös tässä työssä käsiteltävissä tutkimuskysymyksissämme. Suomen peruskoulun ollessa jo valmiiksi hidas liikkeinen muutosten edessä, liian nopea digiloikka on jättänyt opettajat reilusti jälkeensä digitaalisen osaamisen kanssa. Vaikka suomen peruskouluissa muutokset tapahtuvat hitaasti, on tekoäly noussut niin isoksi ja jokapäiväiseksi asiaksi, että sen opettamista on kaavailtu ja osittain jo aloitettu kouluissa. Monet tutkielmassamme käsiteltävät asiat tulevat selviämään vasta muutaman vuoden päästä, kun uusi opetussuunnitelma julkaistaan. Tämä tulee toivon mukaan antamaan opettajille selkeät raamit, miten ja mitä tekoälystä tulee opettaa.

Avainsanat: Tekoäly, datatoimijuus, koneoppiminen, eettisyys

Sisältö

1	Johdanto	4
2	Tutkimuksen toteutus	6
2.1	Tutkielman tarkoitus ja tutkimuskysymykset	6
2.2	Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä ja tiedonkeruu	7
3	Tekoälyn perusteet	9
3.1	Koneoppiminen: Ohjatusta oppimisesta syväoppimiseen	10
3.2	Tavoitteena datatoimijuus	11
4	Tekoäly opetuksessa	13
4.1	Suomessa	13
4.2	Kansainvälisesti	15
5	Opettajien kohtaamat haasteet	18
5.1	Tulevat linjaukset.....	19
5.2	Eettiset näkökohdat	20
6	Johtopäätökset	23
	Pohdinta	25
	Lähteet / References	28

1 Johdanto

Tässä kandidaatin tutkielmassa tulemme tarkastelemaan tekoälyä ja siihen liittyviä käsitteitä alakoulun kontekstissa, sekä siihen liittyviä mahdollisia ongelmia. Tämän lisäksi käsittelemme myös mahdollisia haasteita, mitä tekoälyn opettaminen voi tuoda tullessaan, sekä miten nämä haasteet voitaisiin välttää tulevaisuudessa. Käsittelemme aihetta suomalaisen alakoulu opetuksen näkökulmasta, mutta kansainvälisissä tutkimuksissa otanta on hieman laajempi K-12 opetus. K-12 opetus tarkoittaa Amerikassa tapahtuvaa opetusta varhaiskasvatuksesta kahdenneltoista luokalle asti, eli oppivelvollisuuden loppuun saakka (Xia ym., 2022).

Yhteiskuntamme on ottanut viime vuosien aikana suuria harppauksia eteenpäin digitalisaation saralla ja sen huomaa. Monia palveluita on siirretty kokonaan nettiin tai sovelluksiin, sekä käsittelemämme tekoäly on saatu käyttöömme. Tämä mahdollistaa myös jatkuvan datan keruun ja onkin entistä oleellisempaa tietää oma digitaalinen jalanjälkensä ja ymmärtää sovellusten taustalla toimivat mekanismit. Valtonen ja kollegat (2021) kertovat teoksessaan “Oppilaat digitalisoituneen yhteiskunnan toimijoina” jokapäiväisessä käytössämme olevan teknologian keräävän meistä valtavan määrän tietoa ja muuntavan sen dataksi, jota käytetään profiloimaan meitä ja seuraamaan käyttäytymistämme. He jatkavat, että tietoa meistä kerätään esimerkiksi sosiaalisessa mediassa, suoratoistopalveluissa ja karttasovelluksissa (Valtonen ym., 2021).

Suomessa on verrattain hyvin herätty digitalisaatioon kouluissa ja kuten kasvatuksen ja koulutuksen digitalisaation linjauksissa 2027 Opetus- ja kulttuuriministeriön (2023) toimesta kerrotaan, että Suomessa on käynnissä merkittävästi digitalisaatiota edistäviä hankkeita, joissa pyritään kehittämään digitaalista toimintaympäristöä. Tämä onkin oleellista, jotta pysymme kehityksen mukana myös tulevaisuudessa, jotta voimme palvella koulun tarpeita mahdollisimman hyvin. Samassa dokumentissa linjataan myös, että Suomen tulee olla johtava maa digitalisaation kehittäjä ja hyödyntäjä kasvatuksessa, opetuksessa ja koulutuksessa 2027 (Opetus ja kulttuuriministeriö, 2022). Tämä tarkoittaa myös sitä, että tekoälyn mahdollisia hyötyjä ja haittoja opetuksessa on hyvin tärkeää tarkastella, jotta tavoitteisiin pääseminen on mahdollista. Koulutuksessa olevat tavoitteet ovat linjassa myös Valtioneuvoston (2022) Suomen digitaalisen kompetenssin kanssa, koska Suomella on tavoitteena olla maa, jossa jokainen omaa valmiudet digitaalisessa maailmassa toimimiseen ja taidot ovat maailman huippua vuoteen 2030 mennessä. Tämä luonnollisesti vaatii merkittävää työtä opetuksen kentällä.

Elämme digitalisoituneen ja tekoälyn muovaamassa ajassa, jossa lapset ja nuoret viettävät huomattavasti enemmän aikaa tekoälyllisten laitteiden ja sovellusten kanssa (ruutuaika) verrattuna ihmisiin 40 vuotta sitten (Tilastokeskus, 2023). Tämä tietysti tarjoaa nykyajan lapsille ja nuorille paljon paremmat lähtökohdat tekoälyn kanssa toimimiseen. Mutta onko runsaampi ruutuaika suoranaisesti vaikutuksessa nuorten parempiin tekoäly taitoihin? Osittain varmasti kyllä, mutta onko se riittävästi, vai pitäisikö asiaa harjoitella jollain tavalla. Valtonen ja kollegat (2021) toteavat kirjoituksessaan, että lasten on opittava tunnistamaan erilaisten palveluiden vaikutukset ympäristöönsä ja tunnistamaan sosiaalisen median kuplaan kuuluvat sisällöt. He jatkavat, että on oleellista ymmärtää miten sisällöt erilaisissa palveluissa valikoituvat ja olla valmiina kyseenalaistamaan oma sosiaalisen median kuplansa (Valtonen ym., 2021). Nämä edellä mainitut asiat eivät automaattisesti onnistu pelkästään ruutuaikaa mittaamalla, vaan olisi myös tärkeää asettaa nuorille uusia vaatimuksia. Enää ei riitä, että selataan somea ja katsellaan YouTube videoita.

Tekoälyn vauhdikas lisääntyminen on mahdollistanut monia positiivisia asioita kuten terveydenhuollon diagnoosien helpottamisen, ihmisten yhdistämisen ja yhteydenpidon sosiaalisen median palveluiden avulla, sekä työtehokkuuden lisäämisen automatisoitujen tehtävien avulla (Unesco, 2024). Tämän lisäksi tekoäly on läsnä maailmanlaajuisesti taloudessa, yhteiskunnassa, tiedonhankinnassa ja päätöksenteossa (Euroopan unionin julkaisutoimisto, 2022). He jatkavat, että myöskään koulutuksessa tekoäly ei ole enää vain tulevaisuutta ja sen vaikutus on kiistaton myös koulujärjestelmissämme nyt ja tulevaisuudessa edelleen korostuen (Euroopan unionin julkaisutoimisto, 2022).

Tämä kandidaatintutkielma käsittelee tekoälyn opettamista alakoulun kontekstissa. Tavoitteena on aikaisemman tutkimustiedon valossa rakentaa käsitys siitä, mitä ja millä tavalla tekoälystä olisi oleellista opettaa alakoulussa, sekä pohtia tämän mahdollisia haasteita. Aihe on ollut erityisen ajankohtainen siitä lähtien, kun avoimen lähdekoodin tekoälysovellukset tulivat jokaisen saataville ChatGPT:n johdolla, jopa paikoitellen mullistaen tiedonhaun.

Tavoitteenamme onkin tällä tutkielmalla luoda ymmärrystä tekoälystä ja siihen liittyvistä käsitteistä, kuten algoritmeista, tekoälyn tiedonkeruusta, sekä sen oppimistavoista ja löytää tekoälystä opettamisen malleja, jotka voisivat toimia suomalaisen alakoulun kontekstissa.

2 Tutkimuksen toteutus

2.1 Tutkielman tarkoitus ja tutkimuskysymykset

Tämän kandidaatin tutkielman tarkoitus on tarkastella tekoälyä ja siihen liittyviä mahdollisuuksia ja haasteita alakoulun kontekstissa. Tutkielma perustuu aiempaan tutkimukseen aiheen ympärillä ja aineisto, jota käytämme, on pääasiassa kansainvälistä, mutta sidomme sen suomalaisen opetuksen kontekstiin. Tutkielman tutkimuskysymykset ovat:

1. Mitä tekoälystä ja siihen liittyvistä käsitteistä on oleellista opettaa alakoulun kontekstissa?
2. Millaisia haasteita tekoälyn opettamiseen sisältyy ja miten niitä voisi ratkaista?

Ensimmäisen tutkimuskysymyksen on tarkoitus selvittää aikaisemman tutkimustiedon valossa sitä, mitä tekoälystä olisi oleellista opettaa ja millaisia erilaisia työkaluja ja menetelmiä tekoälystä opettamiseen on jo olemassa. Selvitämme myös, millä tavalla tekoälyn opetus olisi mahdollisimman tehokasta ja mitkä asiat siihen vaikuttavat.

Toinen kysymyksemme pohjautuu edelliseen kysymykseen haasteiden näkökulmasta ja siinä tarkoituksena on löytää mahdollisia ongelmakohtia, sekä etsiä niihin mahdollisia ratkaisuja olemassa olevan tutkimustiedon valossa.

Olemme valinneet aiheen, koska aihe on mielestämme kiinnostava. Olemme molemmat olleet kiinnostuneita tekoälystä ja teknologiasta jo pidemmän aikaa, mutta tätä tutkimusta tehdessä kiinnostus aihetta kohtaan on yllättävästi jopa syventynyt. Aihe on myös tärkeä, sillä maailman digitalisoituessa ja kehittyessä, tulemme törmäämään töissä nyt, sekä tulevaisuudessa tekoälyyn. Lisäksi aihe on ajankohtainen tällä hetkellä, mikä selviää esimerkiksi tutkimuksista, mitä olemme käyttäneet lähteinä työssämme. Suurin osa tutkimuksista on 2020 tai uudempia, eli olemme päässeet käyttämään jokseenkin tuoreita lähteitä.

Seuraavissa pääluvuissa tarkastelemme ja määrittelemme oleellisesti tutkimukseemme liittyviä käsitteitä, joiden kautta lähdemme syventämään tutkimuksista löytynyttä tietoa ja vertailemaan tutkimuksien tuloksia keskenään, jotta saamme kasattua johdonmukaisen kokonaisuuden aiheesta ja vastaukset tutkimuskysymyksiimme.

2.2 Kirjallisuuskatsaus tutkimusmenetelmänä ja tiedonkeruu

Tämän kandidaatintutkielman toteutamme kirjallisuuskatsauksena perustuen, aikaisempaan tutkimustietoon. Tämän kandidaatin tutkielma on kuvaileva kirjallisuuskatsaus. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on Salmisen (2011) mukaan yksi yleisimmistä kirjallisuuskatsauksen tyypeistä, jossa aineistot ovat laajoja ja niiden valintaa eivät rajaa metodiset säännöt. Salminen (2021) myös mainitsee, että kuvailevassa kirjallisuuskatsauksessa tutkimuskysymykset voivat olla laajempia, kuin esimerkiksi systemaattisessa kirjallisuuskatsauksessa. Kuvaileva kirjallisuuskatsaus oli selkeä valinta, koska tutkimuskysymyksemme ovat suhteellisen laajoja.

Kuvaileva kirjallisuuskatsaus on lähestymistapamme tähän tutkielmaan. Kirjallisuuskatsaus kuuluu laadullisen tutkimuksen menetelmiin. On oleellista huomioida luotettavuuteen vaikuttavia tekijöitä, kuten Puusa, Juuti ja Aaltio (2020) toteavat. He jatkavat, että tutkija ja tutkimuskohde ovat vuorovaikutuksessa keskenään tutkijan subjektiivisuus ja kyky reflektoida ovat edellytykset luotettavan tutkimuksen aikaansaamiseksi. Kun kyseessä on kirjallisuuskatsaus, aineisto, jota käsittelemme, on sekä kvalitatiivista, että kvantitatiivista. Tutkijoina on oleellista tuoda oleellinen tieto esille, sekä kasata mahdollisimman johdonmukainen kokonaisuus ja löytää oleelliset asiayhteydet.

Eettisesti katsottuna kirjallisuuskatsauksemme aihe aiheuttaa monia eettisiä pohdintoja. Hirsto (2023) mainitsee oppilaiden tietosuojan ja yksityisyyden säilyttämisen olevan tärkeää tekoälyä hyödyntäessä. Oppilaiden henkilökohtaisten tietojen syöttö tekoälylle onkin jo todella harmaata aluetta, koska emme voi tietää mihin tekoäly tietoa hyödyntää ja tätä onkin pyrittävä välttämään, mutta itse tekoälystä opettaessa oppilaiden tietoja ei lähtökohtaisesti tarvitse syöttää sille. Kirjallisuuskatsauksen eettisyyttä pohtiessa täytyy pohtia samoja asioita, kun mitä tahansa tutkimusta tehdessä, mutta kuten Tuomi ja Sarajärvi (2018) mainitsevat, että avoin tiedonkeruumenetelmä tekee eettisyyden etukäteen punnitsemisesta vaikeaa. Toki kirjallisuuskatsauksessa, perehdyttäessä aikaisempiin tutkimuksiin ja niiden aineistoihin tutkimuksien eettisyys täytyy punnita eri lähdeaineistojen kanssa tapauskohtaisesti.

Tärkeimpänä tutkimuskysymyksenämme on, mitä ja millä tavalla on oleellista opettaa tekoälystä alakoulu ikäisille oppilaille. Aiheemme kohdalla tutkimustietoa koulujen kontekstissa oli vielä hieman vähäisesti, mutta tutkimustietoa yleisesti löytyy jo suhteellisen paljon. Hakusanoja, joita olemme tiedonhakuprosessissa käyttäneet ovat tekoäly, koneoppiminen, datatoimijuus, opetus, koulu ja kaikki näihin läheisesti liittyvät hakusanat suomeksi ja englanniksi. Lähteitä olemme etsineet tiedonhankitakurssin yhteydessä tehtävien aikana alustoilta, kuten Oula-

Finnasta, Finna.fistä, Jultikasta, Ebscosta, ProQuestista, Scopuksesta ja Google Scholarista ja mahdollisia lähdemateriaaleja olemme tarkastaneet julkaisuforumilta tieteellisyyden osalta. Lisäksi olemme käyttäneet tiedonhakuun tekoälyyn perustuvaa ResearchRabbit sivustoa, joka on tekoälyyn pohjautuva sivusto, joka etsii sivustolle ladattuihin tiedostoihin läheisesti liittyviä tutkimuksia. Pääasiallinen tiedonkeruualustamme on ollut ResearchRabbit, mikä sopii mainiosti kandiimme, koska olemme itsekin päässeet hyödyntämään tekoälyä.

3 Tekoälyn perusteet

Tässä kappaleessa käsittelemme tutkielmamme kannalta tärkeitä käsitteitä. Ensimmäisenä avaamme tekoälyn (engl. artificial intelligence) käsitettä laajemmassa kontekstissa, jonka jälkeen pureudumme siihen myöhemmin alakoulun kontekstissa. Tekoälyn käyttö on noussut viime vuosien aikana räjähdysmäisesti ja lähes jokainen ihminen käyttää tekoälyä jokapäiväisessä elämässään. Joskus tekoälyn käyttö tapahtuu ilman, että käyttäjä edes tiedostaa sitä.

Käytämme jokapäiväisessä elämässämme tekoälyä mm. hakukoneissa, chattiboteissa, navigointisovelluksissa, verkkopeleissä, virtuaaliavustajissa, sekä käännöskoneissa (Euroopan Unionin julkaisutoimisto, 2022). Näiden sovellusten toimintaperiaate perustuu erilaisilla tavoilla kerättävään ja saatuun dataan.

Esimerkkinä Google Maps-sovellus, jossa sovellus arvio, mihin aikaan autokunta saapuu määränpäähänsä. Arvioituun aikaan vaikuttavat sovelluksen laskema aika, kuinka nopeasti esimerkiksi 100 kilometrin matkaan kuluu, jos keskinopeus matkalla on 70 km/h. Tämän lisäksi sovellus huomio reaaliajassa esimerkiksi erilaiset onnettomuudet ja ruuhkat. Tällöin sovellus saa dataa (autot liikkuvat normaalia hitaammin tai ovat paikallaan) sovelluksen käyttäjiltä. Sovellus käsittelee datan, jonka jälkeen se lisää matkan arvioitua aikaa, sekä antaa viivästyksestä tiedon käyttäjälle punaisella värillä. Voimme siis todeta, että data on tekoälyn polttoaine, jota se tarvitsee.

Vaikka tekoäly ja sen käyttäminen ovat lisääntyneet vasta viime vuosien aikana, on tekoälyn käsite syntynyt jo 1950-luvun puolessa välissä, kun tutkijat toivat esille ajatuksen koneista, jotka voisivat mallintaa ihmisen ajattelua (McCorduck, 2004). Pietikäinen ja Silvén (2021) kertovat, että yhdeksi tärkeimmäksi merkkihenkilöksi nousi kuitenkin herran nimeltä Alan Turing, kuka julkaisi teoksen “Computing machinery and intelligence”. Teoksessa tuotiin esille tulevien vuosien tutkimuksien peruskysymyksiä kuten pelien pelaaminen, kielen ymmärtäminen, ja kääntäminen, sekä koodien murtaminen (Pietikäinen ja Silvén, 2021). Loppu onkin historiaa.

McCorduck (2004) painottaa sitä, että tekoälyn käsite on todella laaja ja sen määritelmä on muuttunut aikojen saatossa. Russell ja Norvig (2010) jakavat teoksessaan tekoälyn määritelmät neljään eri luokkaan, jotka ovat ihmisen lailla ajattelu, ihmisen lailla toimiminen, rationaalinen ajattelu, sekä rationaalinen toimiminen. Pietikäinen ja Silvén (2021) taas määrittelevät tekoälyn niihin asioihin keskittyvänä tutkimuksena, jossa tietokoneet saadaan älykkäiksi. He mainitsevat

myös, ettei välttämättä pitäisi puhua tekoälystä, vaan koneoppimisesta (Pietikäinen ja Silvén, 2021).

3.1 Koneoppiminen: Ohjatusta oppimisesta syväoppimiseen

Koneoppiminen perustuu tekoälyyn ja se jakaantuu karkeasti kolmeen kategoriaan, jotka ovat ohjattu koneoppiminen, ohjaamaton koneoppiminen ja vahvistusoppiminen (Valtonen ym., 2021; Vartiainen ym., 2021a). Sen oppimiskyky perustuu näihin kolmeen erilaiseen tapaan haarukoida käytössä olevaa aineistoa.

Ohjatussa koneoppimisessa koneelle on etukäteen määriteltä syöte/tuloste -parit (input/output) (Vartiainen, ym. 2021a). Tällä tarkoitetaan koneelle syötettäviä asioita, sekä siitä tapahtuvia seurauksia. Esimerkki ohjatusta koneoppimisesta on sosiaalisen median palvelu, jossa käyttäjä painaa hänelle suositellusta päivityksestä “en ole kiinnostunut sisällöstä” tai “en halua nähdä tämänkaltaista sisältöä” (input). Tämän seurauksena sovellus oppii, että ei näytä samanlaista sisältöä enää jatkossa (output). Mitä enemmän käyttäjä kertoo sovellukselle, mistä pitää ja mistä ei, sen sopivampaa sisältöä sovellus oppii tarjoamaan vastaisuudessa.

Ohjaamattomassa koneoppimisessa koneen tehtävänä on etsiä käyttäjien datasta samanlaisia asioita, piirteitä tai yhteyksiä (Vartiainen ym., 2021a). Vartiainen ja kollegat (2021a) kertovat myös, että koneelle ei kuitenkaan tällä kertaa ole kerrottu mitä sen pitäisi etsiä, vaan se käsittelee kaiken datan, mitä sillä on ja lajittelee sen perusteella käyttäjät. Esimerkkinä kaupan tietojärjestelmä, mikä haravoi asiakkaiden ostotottumuksia (kuinka usein, millaisia tuotteita, sekä kuinka isoja tilauksia). Tämän avulla asiakkaat voidaan jakaa erilaisiin asiakasryhmiin (Vartiainen ym., 2021a). Kun asiakkaat on jaettu eri ryhmiin voi yritys esimerkiksi määrittellä ryhmille tuotesuosituksia ja räätälöityjä palveluita.

Vartiainen ja kollegat (2021a) jatkavat, että vahvistusoppimisessa toiminnalle on annettu jokin kriteeri toivotulle ja ei-toivotulle toiminnalle. Esimerkkinä toivottu asia voi olla saada sosiaalisen median käyttäjä kuluttamaan mahdollisimman paljon aikaa sovelluksen kanssa, eli lisäämään sovelluksen ruutu-aikaa. Tällöin järjestelmälle on kerrottu, että videoiden katselun aika, “feedin” selaus ja muutenkin sovelluksen parissa vietetty aika on positiivinen asia. Ei-toivottu asia voi olla päinvastoin se, että käyttäjä kyllästyy tai muuten vaan ei vietä sovelluksen parissa enää aikaa. Tällöin sovellus koittaa tarjota käyttäjälleen mahdollisimman “kouvuttavaa” sisältöä, jotta käyttäjä viettäisi mahdollisimman paljon aikaa sovelluksen kanssa (toivottu toiminta).

Vahvistusoppiminen liittyy vahvasti siis algoritmiin, joka optimoi toimintaansa ympäristössä, jossa sillä on kriteeri toivotulle ja toivomattomalle toiminnalle (Vartiainen ym., 2021a). Algoritmi on lajittelija, joka lajittelee tietoa annetun datan perusteella ja kehittyy käsitellessään sitä. Algoritmit jakavat käsittelemänsä tiedon siitä vastuussa oleville tahoille. Esimerkiksi sosiaalisen median palvelu, mikä tarjoaa käyttäjälleen samankaltaista sisältöä, mistä käyttäjä on tykännyt tai viettänyt aikaa niitä katsoen (esimerkiksi kissa- ja koiravideot).

Syväoppiminen (deep learning) on useasti käytössä muun muassa erilaisten kuvien ja äänen tunnistamisessa, tieteellisissä tutkimuksissa, sekä ennustaessa markkinoiden kehittymistä (Valtonen ym., 2022; LeCun, Bengio ja Hinton, 2015). Tästä esimerkki sovellus on Generation AI Opetettava kone, jossa konetta voidaan opettaa tunnistamaan esimerkiksi erilaisia kasveja, pelkän kuvan perusteella. Opetettavalle koneelle syötetään reilusti dataa (erilaisia kuvia samasta kukasta, eri asennoissa ja eri kuvakulmista). Kun dataa on annettu riittävästi, oppii kone tunnistamaan tämän kasvin kameran kautta.

Tekoäly on todella tehokas työkalu oikein käytettynä. Koneoppimisessa olennaista on se, että kone oppii juuri sitä, minkälaista opetusdataa sille annetaan (Vartiainen ym., 2021a). Eli jos koneelle syötetään itse keksittyä ja/tai valheellista dataa, oppii kone tällöin virheellistä tietoa. Kone ei opettele valehtelemaan, vaan se yksinkertaisesti luulee, että asiat ovat niin kuin sille on kerrottu. Tämä voi tuoda haasteita ja ongelmatapauksia, jolloin kone antaa yksinkertaisesti väärää tai jopa haitallista tietoa. Esimerkkinä jos koneelle on syötetty rasistisia tai vähemmistöjä hylkiviä kommentteja voi kone alkaa toimimaan myös tällä tavalla. Vaikka tekoäly on tehokas työkalu, on sen kanssa oltava kriittinen.

3.2 Tavoitteena datatoimijuus

Yksi keskeisimmistä käsitteistä työssämme on datatoimijuus tai tekoälylukutaito (AI literacy). Tämä taito on erityisen tärkeä nopeasti muuttuvassa ja kehittyvässä digitalisoituneessa ympäristössä. Datatoimijuus tarkoittaa ymmärrystä, sekä tunnistamista näkymättömän ja virtuaalisen maailman (esimerkiksi sosiaalisen median) toimintamekanismeista (Valtonen & ym., 2021; Vartiainen ym., 2021a). Tämän lisäksi datatoimija ymmärtää, kuinka virtuaalisen maailman toimintamekanismit vaikuttavat yksilöiden ja yhteisöjen toimijuuteen.

Laajempaan tavoitteeseen on auttaa lapsia ymmärtämään, kuinka koneoppimisen muovaama maailma toimii, sekä tukea heitä kasvamaan tulevaisuuden toimijoiksi (Vartiainen ym., 2021a). Tällöin he pystyvät kehittämään ja tuottamaan vastuullisia tuotteita, sekä palveluita esimerkiksi

arkisten datavirtojen avulla (Vartiainen ym., 2021a). Yksi keskeisimmistä asioista datatoimijuudelle on yksilön, eli käyttäjän itsesäätelyn vahvistaminen (Valtonen ja kollegat, 2021). Myös Lee, DiPaola, Ali, Breazeal ja Zhang (2021) korostavat tutkimuksessaan tekoälynlukutaidon tärkeyttä. He pitävät asiaa tärkeänä, jotta kaikista tulisi tekoälystä tietoisia kansalaisia ja kriittisiä tekoälyn ja teknologian kuluttajia.

Datatoimija ymmärtää tekoäly sovellusten toimintamekanismien pääpiirteet, esimerkiksi miksi tekoäly sovelluksissa on henkilökohtaisia suosituksia ja miten suurin piirtein sovellus on niihin suosituksiin päätyneet. Myös tietoturvallisuuden ja datan eteenpäin jakamisen pääpiirteiden ymmärtäminen on osa datatoimijuutta. Datatoimijuuden ja tekoälynlukutaidon omaaminen on nyt ja varsinkin tulevaisuudessa äärimmäisen tärkeä taito.

Jotta voisimme kehittää datatoimijuuttamme ovat Valtonen ja kollegat (2021) nostaneet neljä tärkeää kokonaisuutta esille:

1. **YMMÄRRYS.** Oppilas ymmärtää mitkä ovat eri sovellusten ja palveluiden toimintaperiaatteet. Eli ymmärretään esimerkiksi, miksi jokin palvelu tarjoaa sinulle jonkinlaista sisältöä katsottavaksi tai mihin sovellus tai palvelu jakaa käyttäjien tietoa.
2. **HAVAITSEMINEN.** Oppilaat huomaavat erilaiset datapohjaiset palvelut arkielämässä. Tämän lisäksi oppilaat huomaavat, jos heille tarjotaan yksilöllistä sisältöä tai suosituksia. Oppilaat ovat myös tietoisia, mitkä palvelut keräävät heistä dataa.
3. **KIINNOSTUMINEN.** Oppilaat kiinnostuvat datapohjaisten teknologioiden mahdollisuuksiin. Tämän myötä oppilailla on mahdollisuus käyttää eri sovelluksia omien tavoitteiden toteuttamisen välineenä, sekä uusien ideoiden ja ajatusten luomiseen.
4. **OSALLISTUMINEN.** Oppilaat kykenevät osallistumaan digitalisoituneen yhteiskunnan toimintaan. Tällöin oppilaat pystyvät toimimaan digitaalijensa puolesta yhteiskunnassa. Esimerkiksi tunnistamaan yleisten sovellusten toimintamekanismit, sekä käyttämään tekoälyä sisältäviä sovelluksia omaksi hyödykseen.

4 Tekoäly opetuksessa

4.1 Suomessa

Sukupolvellinen lapsia kasvaa koneoppimisen ympäröimänä ja koneoppiminen muuttaa maailmassa jatkuvasti ihmisten jokapäiväistä elämää ja työmarkkinoita, mutta silti teknologiaoppi-
minen on jätetty vähäiselle huomiolle koulussa (Vartiainen ym., 2021a). Koulujärjestelmän ke-
hitys ei ole pysynyt maailman muutoksessa ja kehityksessä mukana, koska koulu on iso orga-
nisaatio ja sen kehittyminen vie aikansa.

Tekoäly on kehittynyt merkittävästi nykyisen opetussuunnitelman julkaisun jälkeen ja perus-
opetuksen opetussuunnitelmassa tekoäly sanaa ei mainita kertaakaan. Oletamme, että asia muut-
tuu seuraavan opetussuunnitelman kohdalla. Perusopetuksen opetussuunnitelmaan laaja-alai-
sista tavoitteista kuitenkin löytyy kohta tieto- ja viestintäteknologian osaamisesta, jossa maini-
taan, että koulussa harjoitellaan käyttämään laitteita ja ohjelmistoja ja ymmärtämään niiden toi-
mintaperiaatteita (Opetushallitus, 2014). Tämä kohta perustelee siis myös tekoällyn kohdalla
sen, että oppilaiden on oleellista ymmärtää toimintaperiaatteet sovellusten takana.

Tekoäly on verrattain uusi käsite suomalaisessa koulussa ja tällä hetkellä esimerkiksi perusope-
tuksen opetussuunnitelmassa ei mainita tekoälystä mitään. Perusopetuksen opetussuunnitel-
massa kuitenkin mainitaan oppilaiden tarvitsevan perustietoa teknologiasta sekä sen kehityk-
sestä (Opetushallitus, 2014). Jo tällä voidaan perustella, että oppilaille on oleellista opettaa te-
koälystä.

Suomessa on myös toteutettu ja tullaan tulevaisuudessa toteuttamaan erilaisia hankkeita teko-
ällyn opetukseen liittyen. Näistä nostamme esimerkin Vartiaisen ja kollegojen (2021b) tutki-
muksen Machine Learning for Middle Schoolers: Learning Through Data-Driven Design Tut-
kimuksessa tekoälystä opetettiin siten, että lapset pääsivät suunnittelemaan oman koneoppimi-
seen perustuvan sovelluksen. Vartiaisen ja kollegojen (2021b) tutkimuksessa käytettiin teko-
älystä opettamiseen Googlen opetettavaa konetta, joka on hyvin samantyylinen, kuin Genera-
tion Ai hankkeen opetettava kone, joka on suomalainen vastine Googlen sovellukselle. Samassa
hankkeessa on myös kehitteillä somekone, jolla on tavoitteena simuloida algoritmien toimintaa
ja antaa oppilaille ymmärrystä niiden toiminnasta.

Vartiaisen ja kollegojen (2021b) tutkimuksessa koneoppimisesta opetettiin datalähtöisen suun-
nittelun kautta neljässä eri sessiossa: Ensimmäisellä tunnilla käytiin läpi mitä koneoppiminen

on ja miten se näkyy elämässämme. Toisella tunnilla keskityttiin siihen, miten koneoppimista tapahtuu ja miten konetta voi opettaa syöttämällä sille dataa. Kolmannella tunnilla kehitettiin oma koneoppimista hyödyntävä laite ratkaisemaan joku ongelma ja opetettiin se datan perusteella. Viimeisellä tunnilla testattiin näitä sovelluksia ja kehitettiin niitä pohtien samalla, miten koneet oppivat. Datalähtöinen suunnittelu oli selvästi oppilaita mukaan tempaava projekti, jossa jokainen pääsi olemaan mukana aktiivisesti.

Suomalaisessa koulujärjestelmässä on tähän asti keskitytty lähinnä ohjelmoimiseen ja koneoppiminen eroaa sääntöpohjaisesta suunnittelusta, koska se perustuu induktiiviseen päättelyyn, joka tapahtuu koneelle syötetyn datan perusteella (Vartiainen ym., 2021a). Tedre ja kollegat (2021) nostavat samanlaisen ajatuksen koneoppimiseen liittyen tutkimuksessaan *Teaching Machine Learning in K-12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education*. He kertovat, että on tärkeä hylätä ajatus perinteisestä sääntöpohjaisesta ohjelmoinnista. Tedre ja kollegat (2021) nostavat esille myös, että tekoälyn kanssa olisi oleellista keskittyä erityisesti niiden käyttämisen ja hyödyntämisen oppimiseen, eikä niinkään keskittyä vain selittämään ja ymmärtämään niiden rakenteita ja toimintalogiikkaa.

Tämä tietenkin osaltaan on vasten ajatusta nykyisessä perusopetuksen opetussuunnitelmassa, jossa sanotaan, että lasten on opittava ymmärtämään laitteiden toimintaperiaatteita (Opetushallitus, 2014). Toki tämä tukee muita tavoitteita teknologian ymmärtämisen suhteen. Tekoälyn kanssa puuhatessa ei välttämättä tarvitse osata ohjelmointikieliä vaan voidaan oppia käyttämällä koneoppimiseen perustuvia opetustyökaluja, joilla lapsi pääsee olemaan osa oppimisprosessia (Vartiainen ym., 2021b). He jatkavat, että esimerkiksi Googlen Teachable Machine on helpon käyttöliittymänsä ansioista helppo alusta oppia koneoppimisesta ja tekoälystä (Vartiainen ym., 2021b). Tekoäly onkin siitä erikoinen, että sitä voi ymmärtää, vaikka ei varsinaisesti ymmärtäisi monimutkaisia ohjelmointikieliä ja tämän takia vanha ajatus tietotekniikasta ja koodatuista sovelluksista on hieman vanhentunut tekoälystä puhuttaessa.

Pietikäinen ja Silvén (2021) ilmaisevat kirjassaan huolen matemaattisen osaamisen ja kiinnostuksen laskemisesta ja kannustavat siihen, että opettajat ymmärtävät mitä tekoälyn kentällä tapahtuu. He jatkavat, että opettajien on oleellista tietää tekoälystä, jotta he voivat auttaa tulevaisuuden sukupolvia työllistymään ja pärjäämään tulevaisuuden työmarkkinoilla, sekä oppimaan datalukutaidon ja suojaamaan yksityisyytensä (Pietikäinen ja Silvén, 2021). Myös Valtonen ja kollegat (2021) ovat samoilla linjoilla datatoimijuudesta ja pitävät tärkeänä, että oppilaat oppivat mitä ovat palveluiden taustalla olevat toimintaperiaatteet. He jatkavat, että oppilaiden on

oleellista huomata datapohjaiset palvelut omassa arjessaan ja tunnistaa yksilöllistetty-, räätälöity- tai suositettu sisältö, mutta samalla on oleellista luoda kiinnostusta datapohjaista teknologiaa kohtaan (Valtonen ym., 2021).

4.2 Kansainvälisesti

Tekoäly on myös kansainvälisesti uusi aihe koulutuksen kentällä, kuten olettaa saattaa, mutta kansainvälisiä tutkimuksia siihen liittyen on jo paljon saatavilla. Kuten Ng ja kollegat (2022) toteavat tutkimuksessaan A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020, suurin osa saatavilla olevista tutkimuksista on toteutettu tieto ja tietojenkäsittelytieteiden opiskelijoille. K-12 opetusta tutkiessa ne ovat melko epärelevantteja ainakin alakoulun kontekstissa ajatellen suomalaista perusopetusta. Ikätasolle sopivista opetustyökaluista on vielä toistaiseksi pulaa ja tämä on aiheuttanut haasteita tekoälystä opettamiseen K-12 kontekstissa (Ng ym., 2022). He jatkavat kuitenkin, että kiinnostus tekoälyä kohtaan on tuottanut lisää opetustyökaluja, jotka sopivat myös K-12 oppilaille, kuten Tensorflow Playground, Googlen Teachable Machine ja Code.orgn Ai for Ocean (Ng ym., 2022). Tekoälyn opettamisen kannalta on siis selkeästi otettu askelia eteenpäin viimevuosina, koska näiden työkalujen myötä myös ne opettajat, joille tekoäly on ollut täysin uusi aihe pääsevät opettamaan aiheesta matalammalla kynnyksellä.

Hallitukset ympäri maailman ovat huomioineet tarpeen tekoälystä opettamiselle (Ng ym., 2022). Myös kansainväliset tutkimukset, joissa tekoälyn toteutusta on pohdittu perusopetuksen kannalta suuntaukset ovat saman suuntaisia, kuin suomalaisessa tutkimuskirjallisuudessa.

Kansainvälisissä tutkimuksissa nousi esiin myös itseohjautuvuusteoria tekoälystä opettaessa. Xia ja kollegat (2022) mainitsevat, että K-12 kontekstissa oppilaat ovat taitotasoltaan huomattavasti moninaisempia, kuin korkeakouluissa ja tästä syystä oppilaille saatetaan tarvita, jopa useampia tekoäly ohjelmia, jotta jokainen saa riittävästi itseään haastavaa sisältöä opetukseen. He jatkavat, että opettajan täytyy olla valmis tarjoamaan oppilaille riittävästi taitotasoa vastaavaa sisältöä, jotta oppilaiden mielenkiinto säilyy tekoälystä oppimista kohtaan ja mielenkiinnon säilyessä oppilaista tulee motivoituneempia oppia lisää (Xia ym., 2022).

Oppilaiden kiinnostuksen luominen onkin tärkeää, jotta itseohjautuvuusteoria voi toteutua ja kaiken tasoilla oppilaille syttyy mielenkiinto kehittää omaa osaamistaan. Chiu ja kollegat (2020) suosittelevat itseohjautuvaa opetusta sovelluksen kehitystehtävissä ja mainitsevat sen

vaativan oppilailta vastuun ottamista omasta oppimisestaan. Tämä kuitenkin vaatii paljon vuorovaikutusta.

Chiu ja kollegat (2020) ovat myös kehittäneet viisi vaihetta sisältävän mallin tekoälystä opettamiseen:

1. Ensimmäisessä vaiheessa on tärkeää valmistella aiheen käsittely opettajana ja nostetaan opettajan omaa kompetenssia opettaa.
2. Toisessa vaiheessa opetetaan aiheesta monipuolisesti, opitaan oleellisia käsitteitä ja luodaan ymmärrystä. Oleellisia käsitteitä ovat esimerkiksi tekoäly, koneoppiminen, sekä algoritmi. Käsitteitä käydään läpi mitä ne ovat ja mikä niiden toimintaperiaate on. Lisäksi oppilaiden on tärkeää ymmärtää, miksi näitä asioita opetetaan.
3. Kolmannessa vaiheessa on tärkeä päästä tekemään yhdessä esimerkiksi ryhmäprojekteja tekoälyn parissa, jotta pelko tekoälyä kohtaan vähenee. Tällaisia ryhmäprojekteja voisi olla esimerkiksi tekoälysovelluksen suunnittelu, jota Vartiainen ja kollegat käyttivät tutkimuksessaan Machine learning for middle schoolers: learning through data driven design. Tässä vaiheessa oppimisen on hyvä olla itseohjautuvaa erilaisissa oppimisympäristöissä.
4. Neljännessä vaiheessa tehdään materiaalia, jossa hyödynnetään aikaisemmissa vaiheissa tehtyjä oivalluksia ja tarvittaessa joustetaan oppilaiden tarpeen mukaan. Tämä voisi olla esimerkiksi tekoälysovelluksen toteuttamista, kuten Vartiaisen ja kollegojen tutkimuksessa.
5. Viimeisessä vaiheessa reflektoidaan opetuskokonaisuutta opettajan kannalta ja pyritään kehittämään toimintaa, jos kehityskohteita ilmenee. Eli opetuskokonaisuutta käydään läpi esimerkiksi keskusteluiden kautta. Käydään läpi opittuja asioita, positiivisia asioita, sekä mahdollisia ongelmakohtia.

Edelle mainitussa tutkimuksessa oli yksi selkeä malli, miten tekoälyopetusta voisi toteuttaa tulevaisuudessa peruskoulussa, vaikka toki K-12 asetelma onkin hieman pidemmälle, kuin suomen peruskoulu asetelma. Vaihtoehtoinen lähestymistapa tekoälystä opettamiseen olisi itseohjautuvuusteoriaan pohjautuva opetustapa, mutta tämä vaatisi toki paljon erilaisia valmiita opetustyökaluja erilaisella haastavuudella, jotta jokaiselle oppijalle olisi taitotaso vastaava sisältöä. Tulevaisuudessa tämä toimisi oikein hyvin, kun uusia työkaluja tekoälystä opettamiseen tulee saataville koulutuksen kentälle. Xia ja kollegat (2022) toteavat, että itseohjautuva opetus on inklusiivinen tapa oppia tekoälystä, koska jokainen saa osaamistaan vastaavaa sisältöä ja

tätä kautta kiinnostuu jahtaamaan uutta oppia aiheesta. He jatkavat, että heidän tutkimuksensa vaatisi vielä lisää tutkimuksia itseohjautuvuusteorian toteutumisesta tekoälyn opetuksessa, jotta se olisi kattavampi (Xia ym., 2022).

Tekoälystä opettaessa tärkeäksi asiaksi on noussut myös opettajien tuki. Tämä selviää myös Xian ja kollegoiden (2022) teoksessa, jossa korostetaan opettajien tuen tärkeyttä tekoälyn opetuksen onnistumiselle. Opettajien tukiessa aktiivisesti oppilaita ja heidän tarpeitaan, oppilaat kokivat opetettavan asian positiiviseksi, mikä taas aiheutti oppilaille positiivista asennetta, vähentynyttä ahdistusta, sekä sisäisen motivaation kasvamista (Xia ym., 2022). Sisäinen motivaatio on todella tärkeä asia uusien asioiden opetteluun kannalta. Martela ja Jarenko (2014) korostavat teoksessaan että, innostus alkaa sisäisestä motivaatioista. Kaiken oppimisen pohjana onkin oppilaan oma sisäinen motivaatio oppia uutta ja kiinnostuksen herättäminen onkin erityisen tärkeää.

5 Opettajien kohtaamat haasteet

Niin kuin aikaisemmin olemme kertoneet, ei nykyisessä perusopetuksen opetussuunnitelmassa ole mainittu suoranaisesti tekoälyä. Tämä johtuu yksinkertaisesti siitä, että opetussuunnitelman julkaisuvuonna (2014) tekoäly ei ollut vielä relevantti asia peruskoulussa tapahtuvan opetuksen suhteen. Tämä tulee kuitenkin varmasti muuttumaan tulevaisuudessa, kun uusi opetussuunnitelma saadaan julki. Myös Akgun ja Greenhow (2022) ovat sitä mieltä, että tuleviin opetussuunnitelmiin olisi hyvä sisällyttää tekoälyn, sekä siihen liittyvän etiikan opetusta. Nämä sisältäisivät erilaisia opetussisältöjä, jotka käsittelevät yleisesti tekoälyn toimintaa, sekä sen vaikutusta yhteiskunnallisesti (Akgun ja Greenhow, 2022).

Marinin hallituksen koulutuspoliittisessa selonteossa on merkitty vuodelle 2040 tavoitteeksi seuraavat asiat: *“Uutta teknologiaa hyödynnetään laajasti ja innovatiivisesti oppimisen tukena. Digitaalisen oppimisen ympäristö on kehittynyt ja oppimisen tietovarannot ovat sekä ihmisten että yhteiskunnan käytössä edistämässä oppimista ja pedagogista kehittämistä. Digitaalinen koulutustarjonta sekä digitaaliset oppimisalustat ja -ratkaisut mahdollistavat ajasta ja paikasta riippumattoman opiskelun”*.

Opetus- ja kulttuuriministeriö (2023) ovat julkaisseet kasvatuksen ja koulutuksen linjaukset vuodelle 2027. Visiona julkaisussa on Suomen saaminen maailman johtavaksi kestäväen digitalisaation hyödyntäjäksi ja kehittäjäksi kasvatuksessa, koulutuksessa ja opetuksessa vuonna 2027.

Yksi tärkeimmistä asioista, mitä Opetus- ja kulttuuriministeriö (2023) nostavat esille on se, että digitalisaatio tukee yhdenvertaisia mahdollisuuksia kattavan oppimisen ja osaamisen kehittämisessä. He jatkavat, että tavoitteena on saada kaikille oppijoille yhtäläiset mahdollisuudet hyödyntää digitalisaation tarjoamia palveluita. Tämän lisäksi tavoitteena on saada oppijoille hyvä digitaalinen osaaminen, mikä on nykyään aktiivisen kansalaisuuden edellytys (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2023). Tällaisten digitaitojen saaminen oppijoille voitaisiin varmistaa esimerkiksi järjestämällä Vartiainen & kollegojen (2021b) mainitsemaa Googlen helppokäyttöistä Teachable Machine sovellusta, joka tarjoaa hyvät lähtökohdat oppia koneoppimisesta ja tekoälystä.

5.1 Tulevat linjaukset

Opetus ja kulttuuriministeriö (2023) jatkavat, että kaikille kasvatuksen, koulutuksen ja opetuksen ammattilaisille olisi tavoitteena saada erinomainen digitaalinen osaaminen, sekä taidot käyttää osaamistaan pedagogisesti. Tämähän olisi ideaali tilanne, mutta niin kuin aikaisemmin olemme maininneet, koulu on jättimäinen ja hitaasti muuttuva organisaatio. Edellä mainitut digitaaliset valmiudet opettajille näin lyhyellä aikavälillä (vuoteen 2027 mennessä) on lähes mahdottomuus. Mielestämme tähän tavoitteeseen olisi kuitenkin tärkeä pyrkiä, sillä opettajien vajavaiset digitaidot tuovat ongelmia niiden opettamisen suhteen.

Samaa mieltä ovat myös Ng, Leung, Su, Ng & Chu (2023), jotka kertovat teoksessaan monien eri maiden opettajien valmiuksien olevat heikot, kun puhutaan tekoälyn ja digitaitojen opettamisesta. He jatkavat, että monet opettajat eivät ole valmiita käyttämään tekoälyä opetuksessa puutteellisten teknologisten taitojen ja kokemusten takia. Tämä johtuu yksinkertaisesti teknologian nopeasta ja suuresta harppauksesta ja kehitymisestä, sekä ylipäättänsä sen käytön räjähdysmäisestä lisääntymisestä. Opettajat eivät yksinkertaisesti ole pysyneet tekoälyn kehityksen kelkan kyydissä. Yksi yksittäinen vaikuttaja teknologian nopeaan harppaukseen on ollut pandemia, mikä nopeutti digitaalisen opetuksen ja tekoälyn käyttöönottoa (Ng ym., 2023).

Ongelmaksi on muodostunut myös opetussuunnitelmamme, mikä kovasti odottaa omaa päivittymistään digitaitojen ja tekoälyn opetuksen kannalta. Samaa mieltä ovat Ng ja kollegat (2023) jotka nostavat esille ongelman opetussuunnitelman kehitymisestä. He myös kertovat, että opettajien täydennyskoulutusten tulisi tukea paremmin tekoälytaitojen kehittämisessä. Samansuuntaisia näkemyksiä nostavat esiin myös Chiu ja Chai (2020) nostaessaan esille, että opettajat kokevat tietotaitojensa olevan vajavaisia ja tarvitsevana lisää tarkoituksenmukaista tietoa aiheesta jatkuvasti kehittyvän aiheen ympärillä. Chiu ja Chai (2020) kertovat tämän aiheuttavan myös alakuloisuutta ja ahdistusta opettajien keskuudessa.

Olisikin tärkeää järjestää opettajille täydennyskoulutuksia, joista opettajat saisivat ainakin perustason digitaidot ja valmiudet käyttää tekoälyä tehokkaasti opetuksessa. Tämä kuitenkin vaatisi koulutuspoliittisia ja käytännön toimenpiteitä, jotka tukisivat opettajien kykyä sopeutua nopeasti vaihtuvaan teknologiseen ympäristöön, sekä hyödyntää sitä opetuksessa (Ng ym., 2023). Toivotaan siis, että tulevaisuuden opettajien koulutukset tarjoaisivat edellä mainittuja asioita opettajille.

5.2 Eettiset näkökohdat

Tekoälyn opetuksella ja myöhemmin niiden taitojen omaamisella on todella paljon hyviä vaikutuksia, jotka helpottavat oppilaiden elämää nykyhetkessä, sekä tulevaisuudessa. Asia ei kuitenkaan ole täysin mustavalkoinen, vaan opetuksessa on otettava huomioon tekoälyn käyttämisen lisäksi myös eettisyys, mikä tuo mukanaan monimutkaisia kysymyksiä. Tällaisia kysymyksiä ovat mm. reiluus, vastuullisuus, läpinäkyvyys, ennakkoluulot, autonomia, toimijuus ja osallisuus (Holmes, Persson, Chounta, Wasson ja Dimitrova 2022). He jatkavat, että nämä kysymykset vaativat tarkkaa huomioita, sillä ne vaikuttavat oppilaiden ja opettajien lisäksi myös koko yhteiskuntaan. Tekoälyn käyttäminen ei vaadi eettisiä toimia, mutta se on äärettömän tärkeää, jotta tekoälyn käyttäminen ei johtaisi tahalliseen, eikä tahattomaan epärehelliseen tai väärään toimintaan.

Myös Unesco (2023) on samoilla linjoilla Holmesin ja kollegoiden kanssa. Tekoälyn kehittyminen on tapahtunut viime vuosien aikana nopeasti, mutta liian nopeat ja suuret muutokset ovat kuitenkin herättäneet suuria eettisiä huolia (Unesco, 2023). Tällaisia huolia ovat esimerkiksi ennakkoluulojen sisällyttäminen tai jopa mainostaminen, sekä ihmisoikeuksien uhkaaminen (Unesco, 2023). Myös Akgun ja Greenhow (2022) kertovat teoksessaan, että eettisestä näkökulmasta tekoälyn ongelmaksi voi nousta ennakkoluulojen ja syrjinnän vahvistaminen, sekä yksityisyyden suojaan liittyviä hankaluuksia. Nämä voivat tulla esille esimerkiksi sosiaalisen median palvelussa, jossa käyttäjälle suositellaan kuvia tai julkaisuja, joissa koitetaan vaikuttaa käyttäjän ajatteluun negatiivisessa mielessä tasa-arvoja kohtaan. Myös päivitykset ja julkaisut esimerkiksi politiikasta, joissa nostetaan kannatettavan asian pelkät positiiviset asiat esille ja “vastapuolen” pelkät negatiiviset asiat vahvistavat ennakkoluuloja. Tasa-arvoon liittyvien ongelmien lisäksi, tällaiset tekoälyn aiheuttamat “lietsonnat” tulevat aiheuttamaan lisävahinkoa valmiiksi huonossa asemassa oleville ihmisille (Unesco, 2023).

UNESCO ja Euroopan unioni ovat myös tehneet linjauksia tekoölyyn ja sen hyödyntämiseen liittyen ja nämä luonnollisesti vaikuttavat siihen, miten tutkimuksia ja koulutusta toteutetaan ainakin jäsenmaiden alueilla. Unesco (2023) linjaa omassa tavassaan lähestyä tekoölyä seuraavaa:

1. Tekoöly järjestelmien käytössä on oltava suhteellisuus ja ne eivät saa vahingoittaa ketään tai mitään.
2. Turhia turvallisuusriskejä tulee välttää kaikin keinoin.

3. Yksityisyyden suojaa täytyy suojella, data täytyy suojata ja on oleellista luoda datan suojaa käsittelevä viitekehys.
4. Kansainvälistä lainsäädäntöä on noudatettava ja monikansallinen yhteistyö on oleellista tekoälyn hallinnoimisessa.
5. Vastuullisuus: Tekoäly sovellusten pitäisi olla tarkasteltavissa ja niiden käyttämät mekanismit jäljitettävissä.
6. Läpinäkyvyys ja selitettävyys: Eettisestä näkökannasta tekoäly järjestelmien on oltava läpinäkyviä ja selitettävissä.
7. Ihmiset valvomassa tekoälyjärjestelmiä: Jäsenmaiden on pidettävä huolta siitä, ettei tekoälyjärjestelmät poista ihmisen vastuuta järjestelmästä.
8. Kestävä kehitys: Tekoäly teknologian tulee noudatella UNESCO:n linjaa kestävän kehityksen linjauksissa.
9. Ymmärrys: Yleinen ymmärrys tekoälystä ja datasta pitäisi olla saatavilla vapaasti, osana koulutusta ja esillä mediassa.
10. Reiluus ja syrjimättömyys: Järjestelmien pitäisi edistää reiluuutta ja syrjimättömyyttä.

Euroopan unionin eettiset linjaukset tekoälystä opettamiseen ovat täysin linjassa UNESCO:n linjausten kanssa. Samat teemat, kuten ihmisen suorittama valvonta, läpinäkyvyys, syrjimättömyys, yhteiskunnan hyvinvointi, yksityisyys, luotettavuus ja vastuullisuus nousevat esille (Euroopan unionin julkaisutoimisto, 2022).

Niin kuin aikaisemmin olemme maininneet, tulevaan opetussuunnitelmaan on kaavailtu tekoälyn opettamista. Tämän lisäksi eettiset näkökohdat tekoälyn opetuksessa on tärkeä ottaa huomioon, kun suunnittelemme ja toteutamme uutta opetussuunnitelmaa (Ng ym., 2023). Holmes ja kollegat (2022) kertovat myös, että tekoälyyn liittyvät kysymykset ovat olleet tiedossa, mutta koulutusosalalla ei ole vielä luotu kattavia eettisiä ohjeistuksia tai sääntelyjä, jotka koskisivat nimenomaan tekoälyä tai sen opettamista. Odotettavissa on siis toivottavasti seuraavan opetussuunnitelman myötä myös tekoälyn opetusta koskevat eettiset säännökset ja ohjeistukset.

Tämä ei kuitenkaan ole täysin riittoisa tilanne, sillä eettisten periaatteiden määrittelyn lisäksi olisi tärkeää, että nämä periaatteet muunnettaisiin käytännön toimenpiteiksi (Holmes ym., 2022). Esimerkiksi, onko hyväksyttävää käyttää luokkakaverin kuvaa naamasta ja käyttää sitä eri tavoilla tekoäly sovelluksissa? Entä onko hyväksyttävää, jos saat luokkalaiselta luvan siihen? Tällaisia eksakteja esimerkkejä olisi hyvä olla tulevassa opetussuunnitelmassa. Sen lisäksi näitä asioita olisi tärkeä käydä myös oppilaiden kanssa läpi.

Selkeiden eettisten asioiden ollessa opetussuunnitelmassa, saataisiin selkeät suuntaviivat siitä, miten tekoälyä käytetään opetuksessa, miten kerättyä dataa hallitaan, sekä millä tavalla opettajat ja oppilaat voivat vaikuttaa näihin asioihin. (Holmes ym., 2022). Varsinkin ymmärrys siitä, että oppilaat ymmärtävät, että heistä kerätään dataa, on tärkeä asia. Tämä vaaditaan siihen, että he voivat myös hallita heistä kerättyä dataa.

Tekoälyn opetuksessa tulisi ottaa myös huomioon tekoälyn periaatteiden ja toimintalogiikan ymmärtäminen, jotta oppilaat osaisivat arvioida tekoälyn käyttöä kriittisesti (Ng ym., 2023). Tämä asia on nostettu esille myös aikaisemmin, jotta oppilaat oppisivat tekoälyn toimintaperiaatteet helpommin. Eettisyydestä puhuessa tämä on tärkeää, koska kriittisyyden ja kriittisen ajattelun kehittyessä, oppilaat tunnistavat tekoälyn mahdollisia riskejä ja eettisiä ongelmia helpommin (Ng ym., 2023).

6 Johtopäätökset

Tässä luvussa käymme läpi tutkielmamme löydökset ja vastaamme asettamiimme tutkimuskysymyksiin. Tutkielman alussa kävimme läpi teoriaa tekoölyyn liittyvien käsitteiden ympärillä, jonka jälkeen keskityimme erilaisiin tapoihin opettaa tekoölystä ja toimimisesta sen kanssa suomalaisessa ja kansainvälisessä kontekstissa. Tämän jälkeen keskityimme tuleviin hankkeisiin ja raameihin ja lopuksi käsitelimme aiheeseemme oleellisesti liittyviä eettisiä ohjeistuksia ja linjauksia.

Tekoölystä opettaessa on oleellista päästä pois ajatuksesta perinteisestä sääntöpohjaisesta ohjelmoinnista ja keskittyä enemmän jo olemassa olevien sovellusten hyödyntämiseen (Tedre ym., 2021). Suurin osa käyttämistämme tutkimuksista tukivat tällaista ajatusta tekoölyn kanssa. On siis oleellisempaa oppia hyödyntämään tekoölyalustoja, kun keskittyä niinkään niiden syvempiin toimintalogiikkoihin. Toki on silti oleellista ymmärtää miten alustat toimivat. Tämä auttaa oppilaita oppimaan sovellusten toimintaperiaatteet. Tekoölyä opettaessa on myös oleellista käydä oppilaiden kanssa tärkeimpiä käsitteitä läpi, kuten algoritmi ja päätöksentekoketju.

Erityisen oleellisena opetettavana kokonaisuutena nousee esille myös oman datatoimijuuden, tekoölylukutaidon kehittäminen, sekä eettisyyden ja tietoturvallisuuden perusraamien ymmärtämisen. Valtonen ja kollegat (2021) toteavat, että datatoimijan tulee ymmärtää ympärillä vaikuttavan virtuaalisen maailman toimintamekanismit ja sen, että ne vaikuttavat yksilön ja yhteisöjen toimintaan. Tätä näkemystä nostavat esille myös Ng ja kollegat (2023) tuodessaan ilmi sen, miten tärkeää on oppilaiden ymmärrys ja kriittinen ajattelu tekoölyn luomaa materiaalia kohtaan. Tämä on mielestämme tärkein asia, mihin tulisi pyrkiä tekoölyä opettaessa. Tästä syystä toivomme, että vastuulliseksi datatoimijaksi pyrkiminen on yhtenä päätavoitteena tulevassa opetussuunnitelmassa.

Tutkielmassamme käsittelemissämme tutkimuksissa ilmeni muutama erilainen opetustapa lähestyä tekoölyn opetusta, jotka olivat dataohjautuvan suunnittelun ja itsemääräämisteorian kautta oppiminen. Molemmissa oli omat hyvät puolensa ja omat heikkoutensa. Dataohjautuvan suunnittelun kautta opettaessa ehdoton vahvuus on oppilaiden osallistaminen yhteisöllisiin projekteihin, jossa he pääsevät suunnittelemaan omia koneoppimiseen perustuvia sovelluksia ja kokemaan paljon projektin edetessä. Itsemääräämisteorian käyttö tekoölystä opettaessa antaa erityisen hyvän mahdollisuuden eriyttämislle ylös- sekä alaspäin, koska jokainen pääsee soveltamaan omaa osaamistasoaan itselleen sopivien tehtävien kautta. Tässä nousee esille myös

motivoimisen tärkeys opetuksessa, jotta oppilaat innostuvat haastamaan itseään sisältöjen kanssa. Nämä tietyllä tavalla tavallisesta opettajajohtoisesta opettamisesta eroavat toimintatavat, ovat mielestämme perusteltuja tekoälystä opettaessa. Molemmat näistä opetustavoista, myös antavat erinomaisen mahdollisuuden päästä kokeilemaan erilaisia sovelluksia ja niiden toimintoja.

Olemme sitä mieltä, että kaikkein hedelmällisin tapa olisi opettaa tekoälyä alakoululaisille tekoäly työkalujen- ja sovellusten käyttämisen kautta. Tällöin oppilaat oppisivat tekemällä, eli käytännön kautta, mikä on todettu toimivaksi tavaksi. Tällaisia sovelluksia ovat muun muassa aikaisemminkin mainitut Generation AI opettettava kone, sekä Googlen Teachable machine. Vaikka edellä mainittu tapa on mielestämme paras, olisi silti mielestämme tärkeää oppia myös tärkeiden käsitteiden merkitys. Eli, jos on mahdollista yhdistää nämä molemmat oppimistavat opetuksessa, olisi se kaikkein paras tilanne.

Oleellisimpana haasteena tekoälyn opetuksessa on opettajien tietotaidon puute aiheesta, kuten Chiun ja kollegoiden (2020) tutkimuksessa ilmenee, opettajien tarve lisäkoulutukselle aiheen parissa, vaikka haastatellut opettajat olivatkin päteviä opettamaan tieto- ja viestintäteknologiaa. Tässä ilmenee selkeä haaste, jotta oppilaiden tasavertainen opetus tulee onnistumaan tulevaisuudessa ja onkin oleellista, että opettajat saavat tarvitsemaansa koulutusta aiheesta ja sen mahdollisuuksista. Valmista materiaalia tekoälystä opettamiseen on jo tarjolla, mutta tulevaisuudessa sitä on varmasti saatavilla vielä lisää, jotta jokainen opettaja löytäisi sieltä itselleen sopivan tavan opettaa. On myös oleellista, että jo luokanopettajan yliopistokoulutuksessa otetaan huomioon koulutuksen tarve niin yleisesti digitaitojen kanssa, kuten myös tekoälyn kanssa.

Oleellinen haaste on myös tietoturvallisuuden takaaminen ja tekoälyn käyttäminen eettisesti ja kuten Holmes ja kollegat (2022) mainitsevat eettisten periaatteiden luomisen lisäksi täytyy luoda myös konkreettiset toimenpiteet tekoälyn eettiseen käyttöön ja hyödyntämiseen. Konkreettisten mallien luominen on todella tärkeässä osassa, jotta luodut periaatteet saadaan toteutettua ja niitä tullaan noudattamaan.

Pohdinta

Tämä tutkielma perehtyi tekoölyn opettamiseen alakoulussa, erilaisiin opetustapoihin ja haasteisiin tämänhetkisen tutkimustiedon valossa. Pyrkimyksemme oli luoda mahdollisimman kattava katsaus tekoölyyn ja siitä opettamiseen avaamalla oleellisia käsitteitä ja mahdollisia opetustyytlejä, joita tekoölyä opettaessa voi hyödyntää ja joille löytyy tutkimuksellista tukea. Keskitymme tässä luvussa pohtimaan tutkielman tekoprosessia, aineistonhankintaa, haasteita ja mahdollista jatkoa aiheen parissa pro gradu tutkielmassa.

Tutkimuksemme on kirjallisuuskatsaus ja näin ollen perustui aikaisemmin julkaistuihin tutkimuksiin. Näin ollen esimerkiksi tutkimushaastattelujen eettisiä kysymyksiä ei kohdallemme tarvinnut alkaa miettimään, vaan eettisyyden toteutuminen tutkielmassamme toteutui lähinnä asiaankuuluvia lähdeviittauksia käyttämällä, jotta tutkimuksien alkuperäisten tekijöiden työ saa ansaitsemansa kunnian. Tutkielmamme tulokset olivat jokseenkin oletettuja.

Tutkielman kirjoittaminen oli kokemus, jossa opimme paljon uutta aiheestamme, kuten myös tutkimuksen tekemisestä. Erityisen kiintoisa uusi työkalu aineiston keräämiseen oli tekoölyyn pohjautuva Research Rabbit sivusto, jolla saimme kasattua merkittävän määrän lähteistämme tutkielmaamme varten. Tämä työkalu mahdollisti tutkielmamme suhteellisen nopean lähteiden haun, koska lähdeaineiston kerääminen ei vaatinut niin merkittävää määrää työtunteja erilaisia tietokantoja läpi kahlaten. Vaikka pääasiallinen tiedonkeruu pohja oli Research Rabbit sivusto, käytimme myös muita alustoja.

Alustava suunnitelmamme on jatkaa ja laajentaa kandiamme myös pro gradu tutkielman parissa, vaikka kiveen hakattua aihetta ei ole vielä päätetty. Olemme kuitenkin miettineet erilaisia tutkimuksen menetelmiä esimerkiksi tekoölyn opetukseen liittyvät työpajat. Tässä tutkimuksessa tarkoituksena olisi tutkia, miten tehokkaasti oppilaat oppivat tällaisen pajan avulla tärkeimpiä tekoölyn käsitteitä ja sovellusten toimintaperiaatteita. Voisimme tehdä kyselyn oppilaiden digitaidoista ennen työpajaa, sekä sen jälkeen.

Aihe itsessään oli todella ajankohtainen tekoölyn merkittävän nousun myötä, koska tekoöly on muuttanut ja tulee tulevaisuudessa entistä enemmän muuttamaan maailmaa, sekä työmarkkinoita. Kouluissa yhteiskunnan muutokset tapahtuvat aina vähän muiden yhteiskunnan muutosten jälkeen. Silti kouluissa olisi oleellista kehittää näitä tulevaisuuden työelämän taitoja. Tästä syystä kouluissa on vastaisuudessa tärkeää huomioida lisääntynyt tarve käyttää ja hyödyntää

tekoölyä. Tämä ei kuitenkaan ole täysin mustavalkoinen tehtävä, vaan monet asiat vaikeuttavat ja hidastavat sitä.

Opettajien asema on kriittisessä roolissa siinä, miten tämä uusi suuntaus tieto- ja viestintäteknologian taitojen kehittämisessä onnistuu. Mielestämme olisi riittoisaa, että koulussa olisi vähintään yksi osaava opettaja, kuka olisi enemmän perehtynyt tekoölyyn ja sen opettamiseen. Tällöin parhaassa tapauksessa kyseinen opettaja voisi hoitaa koko koulun tekoölyn opetukset tai vaihtoehtoisesti kouluttaa koulun muuta henkilökuntaa aiheen parissa. Tätä näkemystä tukivat myös Ng ja kollegat (2023) mainitessaan, että on kannustettavaa rohkaista opettajia yhteistyöhön aineen parissa ja jakamaan kokemuksia aiheen parista. Tämä tietysti riippuu paljon koulun koosta, sekä siitä, mitä kaikkea tuleva opetussuunnitelma tulee opettajilta vaatimaan tekoölyn opettamisesta. Saa nähdä, onko joskus tulevaisuudessa tekoölyn opettaminen niin laaja aihe, että se olisi yksi opetettavista aineista. Vaihtoehtoisesti tulevaisuuden koulussa näkisimme, että ainakin tieto- ja viestintäteknologia ansaitsisi oman oppiaineensa, jonka yhtenä osa-alueena tekoöly tietysti olisi. Ottaen huomioon valtioneuvoston vision, jossa Suomi nähdään digitaalisesti kyvykkäänä hyvinvointivaltiona, tämä voisi olla seuraava askel kohti tätä tavoitetta (Valtioneuvosto, 2022).

Jotta opettajille saataisiin tulevaisuudessa tarvittavat tiedot ja taidot on sen eteen tehtävä paljon muutoksia. Opetussuunnitelman muuttuminen seuraavan opetussuunnitelman julkaisun yhteydessä tulee selkeyttämään tekoölyn opetuksen raameja. Tämä tulee tekemään varmasti jokseenkin suuren muutoksen nykyiseen opetuksen tilanteeseen.

Opetussuunnitelman muutoksen lisäksi pohdimme, kuinka paljon luokanopettajien yliopisto koulutusta tulisi muuttaa tai muokata. Vaikka opetussuunnitelma muuttuukin, opetussuunnitelman vaatimukseen pääseminen tulee olemaan hankalaa, jos tulevia opettajia ei kouluteta opetussuunnitelman vaativiin asioihin. Tästä syystä olemmekin sitä mieltä, että myös luokanopettajien koulutusta tulisi muokata tekoölyn opettamisen kannalta. Pääpointtina olisi se, että opettaja opiskelijoiden saisivat lisää tekoölyn opettamiseen vaativia tietoja ja taitoja esimerkiksi tekemällä itse oppilaille suunnattuja tekoölyyn liittyviä projekteja ja harjoituksia, sekä perehtyisivät muutenkin tekoöly sovellusten toimintamekanismeihin. Tässä vaiheessa kuitenkin tarkkaa tai oikeaa vastausta, siitä millä tavalla ja kuinka paljon luokanopettajien koulusta tulisi muuttaa, on mahdotonta sanoa.

Yksi tekoälyn opettamisen ongelmista heijastuu tekoälyn opetuksen vähäisyyteen, mikä on tekoäly opetuksen materiaalien vähäisyys. Onneksi lisääntyvän tekoälyn opettamisen luonnollisena seurauksena on opettajien materiaalien lisääntyminen. Pidämme materiaalin lisääntymistä positiivisena asiana, sillä se mahdollistaa myös heikompien tekoäly tietojen ja taitojen omaavien opettajien pätevän opettamisen. Uskomme, että myös opettajien mahdolliset negatiiviset asenteet muuttuvat, kun he saavat itselle miellyttäviä, valmiita ja yksinkertaisia opetusmateriaaleja käyttöönsä.

Tekoälyn jatkuvasti kehittyessä, emme voi ymmärtää kuinka suuri potentiaali tekoälyllä on tukea opetusta, sekä kuinka tärkeää näiden taitojen omaaminen on tulevaisuudessa. Jotta voisimme käyttää tekoälyä ja koneoppimista koulutuksessa, sekä maksimoida sen hyödyt ja minimoida haitat, vaatii se tarkkaa harkintaa ja vastuullista käyttöä. Tekoälyn opettamisen myötä myös eettisyys ja oppilaiden tietoturva tuovat uusia haasteita, sillä niiden huomioiminen ei ole yksinkertainen tai helppo asia. Esimerkiksi millaisia asioita ja millä tavalla eettisyydestä (tekoälyn kanssa) ja tietoturvasta tulisi opettaa. Mielestämme ensi askel olisi se, että eettisyys, sekä tietoturva lisättäisiin opetussuunnitelmaan selkeiden esimerkkien kera.

Mikä on sitten tekoälyn opetuksen kultainen keskitie? Miten saamme oppilaista datatoimijoita? Uskomme, että tämä kyseinen tie on meiltä ja myös kaikilta muilta vielä kateissa. Vaikka tie on kateissa, olemme kuitenkin koko ajan lähempänä. Mikä tärkeintä, tie on varmasti saavutettavissa tulevaisuudessa. Tarvitsemme kuitenkin vielä vähintäänkin muutamia asioita, jotta löytäisimme tien. Jäämme siis odottamaan uuden opetussuunnitelman julkaisua, opettajien koulutuksen muutosta (tekoälyn opettamisen suhteen), nykyisten opettajien tekoäly koulutusta, sekä kasoittain tekoälyn opetuksen opetus materiaaleja.

Lähteet / References

Akgun, S. & Greenhow, C. (2022). *Artificial intelligence in education: Addressing ethical challenges in K-12 settings*. Haettu osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1007/s43681-021-00096-7>

Cardona, A., Rodríguez, R. & Ishmael, K. (2023). *Artificial Intelligence and the Future of Teaching and Learning*. U.S. Department of Education, Office of Educational Technology. Haettu osoitteesta <https://tech.ed.gov/files/2023/05/ai-future-of-teaching-and-learning-report.pdf>

Chiu, T. F. & Chai, C. (2020). *Sustainable Curriculum Planning for Artificial Intelligence Education: A Self-Determination Theory Perspective*. Haettu osoitteesta <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/14/5568>

Euroopan komissio (2022). *Tekoälyn ja datan käyttö opetuksessa ja oppimisessa – Eettiset ohjeet opettajille*. Luxemburg: Euroopan unionin julkaisutoimisto. Haettu osoitteesta <https://op.europa.eu/fi/publication-detail/-/publication/d81a0d54-5348-11ed-92ed-01aa75ed71a1>

Holmes, W., Persson, J., Chounta, I., Wasson, B. & Dimitrova, V. (2022). *Artificial intelligence and education: A critical view through the lens of human rights, democracy and the rule of law*. Council of Europe. Haettu osoitteesta <https://rm.coe.int/artificial-intelligence-and-education-a-critical-view-through-the-lens/1680a886bd>

Holmes, W., Porayska-Pomsta, K., Holstein, K., Sutherland, E., Baker, T., Shum S. B., Santos, O. C., Rodrigo, M. T., Cukurova, M., Bittencourt, I. I. & Koedinger, K. R. (2021). *Ethics of AI in Education: Towards a Community-Wide Framework*. Haettu osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1007/s40593-021-00239-1>

LeCun, Y., Bengio, Y. & Hinton, G. *Deep Learning*. *Nature* 521, 436–444. Haettu osoitteesta https://www.researchgate.net/publication/277411157_Deep_Learning

- Lee, I., DiPaola, D., Ali, S., Breazeal, C. & Zhang, H. (2021). *Developing Middle School Students' AI Literacy*. ACM. Haettu osoitteesta <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3408877.3432513> xxx
- McCorduck, P. (2019). *Machines who think: a personal inquiry into the history and prospects of artificial intelligence*. A. K. Peters. Haettu osoitteesta https://monoskop.org/images/1/1e/McCorduck_Pamela_Machines_Who_Think_2nd_ed.pdf
- Martela, F & Jarenko, K. (2014). *Sisäinen motivaatio. Tulevaisuuden työssä tuottavuus ja innostus kohtaavat*. Tulevaisuusvaliokunta. Haettu osoitteesta <https://www.xamk.fi/wp-content/uploads/2020/03/sisainen-motivaatio.pdf>
- Ng, D. T. K., Lee, M., Tan, R. J. Y., Hu, X., Downie, J. K. & Chu, S. K. W. (2022). *A review of AI teaching and learning from 2000 to 2020*. Haettu osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1007/s10639-022-11491-w>
- Ng, D. T. K., Leung, J. K. L., Su, J., Ng, R. C. W. & Chu, S. K. W. (2023) *Teachers' AI digital competencies and twenty-first century skills in the post-pandemic world*. Education Tech Research Development. Haettu osoitteesta <https://link.springer.com/article/10.1007/s11423-023-10203-6>
- Opetushallitus. (2014). *Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2014*. Haettu osoitteesta https://www.oph.fi/sites/default/files/documents/perusopetuksen_opetussuunnitelman_perusteet_2014.pdf
- Opetus- ja kulttuuriministeriö. *Kasvatuksen ja koulutuksen digitalisaation linjaukset 2027*. (2023). Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto. Haettu osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164853/OKM_2023_17.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Pietikäinen, M. & Silvén, O. (2021) *Tekoälyn haasteet - Koneoppimisesta ja kone-näöstä tunnetekoälyyn*. Konenäön ja signaalianalyysin keskus. Haettu osoitteesta <https://oulu-repo.oulu.fi/bitstream/handle/10024/36376/isbn978-952-62-3202-7.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Puusa, A., Juuti, P. & Aaltio, I. (2020). *Laadullisen tutkimuksen näkökulmat ja menetelmät*. Gaudeamus. Haettu osoitteesta <https://www.ellibslibrary.com/reader/9789523456167>
- Russell, S. J. 1. k., & Norvig, P. (2010). *Artificial intelligence: A modern approach* (Third edition. Global edition.). Pearson Education. Haettu osoitteesta https://people.engr.tamu.edu/guni/csce421/files/AI_Russell_Norvig.pdf
- Salminen, A. (2011). *Mikä kirjallisuuskatsaus?: Johdatus kirjallisuuskatsauksen tyyppeihin ja hallintotieteellisiin sovelluksiin*. Vaasan yliopisto. Haettu osoitteesta https://osuva.uwasa.fi/bitstream/handle/10024/7961/isbn_978-952-476-349-3.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Taylor, S. H. & Brisini, K. St. C. (2024). *Parenting the TikTok Algorithm: An Algorithm Awareness as Process Approach to Online Risks and Opportunities*. Computers in Human Behavior. Haettu osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0747563223003266?via%3Dihub> xxxx
- Tedre, M. (2022). *Computational Thinking 2.0*. Association for Computing Machinery. Haettu osoitteesta <https://dl.acm.org/doi/10.1145/3556787.3556788> xxxx tämä on vähä turha lähde ku tuo kaikki on käytännössä tuossa alemmassa tutkimuksessa mitä tuossa on mainittu
- Tedre, M., Toivonen, T., Kahila, J., Vartiainen, H., Valtonen, T., Jormanainen, I., & Pears, A. (2021). *Teaching Machine Learning in K–12 Classroom: Pedagogical and Technological Trajectories for Artificial Intelligence Education*. IEEE Access, vol. 9. Haettu osoitteesta <https://ieeexplore.ieee.org/stamp/stamp.jsp?tp=&arnumber=9490241>
- Tilastokeskus. (2023). *Näyttörüutujen äärellä kului vuonna 2021 enemmän aikaa kuin koskaan aiemmin*. Haettu osoitteesta <https://stat.fi/julkaisu/cl8ipicxx123r0bw2oxe42g8i>
- Tuomi, J. & Sarajärvi, A. (2018). *Laadullinen tutkimus ja sisällönanalyysi* (Uudistettu laitos.). Kustannusosakeyhtiö Tammi. Haettu osoitteesta <https://www.ellibslibrary.com/reader/9789520400118/preview>

Unesco. (2024). *Ethics of Artificial Intelligence*. Haettu osoitteesta

<https://www.unesco.org/en/artificial-intelligence/recommendation-ethics>

Unesco. (2023). *Key facts UNESCO's Recommendation on the Ethics of Artificial Intelligence*. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization. Haettu osoitteesta

https://unesdoc.unesco.org/in/documentViewer.xhtml?v=2.1.196&id=p::us-marcodef_0000385082&file=/in/rest/annotationSVC/DownloadWatermarkedAttachment/attach_import_bad83821-1fc5-47c3-a0c6-3e24744e58f0%3F_%3D385082eng.pdf&locale=en&multi=true&ark=/ark:/48223/pf0000385082/PDF/385082eng.pdf#Flyer_v9.indd%3A.16002%3A1

Valtioneuvosto. (2022). *Valtioneuvoston selonteko: Suomen digitaalinen kompassi*. Taitto:

Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto. Haettu osoitteesta https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164429/VN_2022_65.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Valtonen, T., Vartiainen, H., Tedre, M., Toivonen, T., Kokko, A., Kahila, J., Jormanainen, I.

& Piispa Hakala, S. (2021). *Oppilaat digitalisoituneen yhteiskunnan toimijoina*. Kasvatus 1/2021. Haettu osoitteesta <https://journal.fi/kasvatus/article/view/107970>

Vartiainen, H., Tedre, M., Jormanainen, I., Kahila, J., Valtonen, T. & Toivonen, T. (2021a).

Tekoäly, koneoppiminen ja teknologinen murros: Kohti datatoimijuutta ja tulevaisuuden design-taitoja. Ainedidaktiikka, 5(2), 103–120. Haettu osoitteesta <https://journal.fi/ainedidaktiikka/article/view/90776/66893>

Vartiainen, H., Toivonen, T., Jormanainen, I., Kahila, J., Tedre M. & Valtonen, T., (2021b).

Machine learning for middle schoolers: Learning through data-driven design. International Journal of Child-Computer Interaction, Volume 29. Haettu osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2212868921000222?via%3Dihub>

Xia, Q., Chiu, T. K. F., Lee, M., Sanusi, I. T., Dai, Y. & Chai, C. S. (2022). *A self-determination theory (SDT) design approach for inclusive and diverse artificial intelligence (AI)*

education. Computers & Education, Volume 189. Haettu osoitteesta <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0360131522001531>