

## Teknologian kehitys ja oppimisen utopiat

Koko ihmisen äyllisen toiminnan historia on samalla ihmisen käyttämien apuvälineiden historiaa. Jo varhaisesta kehityksestään lähtien ihmiskunta on laajentanut omaa toimintakykyään ulkoisilla välineillä. Vähitellen välineistä on tullut niin luonnollisia osia toimintoja, että ne ovat kuin osa toimivaa ihmistä. Kirjoitustaidosta ja siihen liittyvien välineiden kehittamisestä lähtien osa ihmisen apuvälineistä on suoraan edistänyt ihmisen henkistä kapasiteettia ja liittynyt olennaisesti oppimiseen. Tietotekniset innovaatiot ovat merkinneet merkittävää laadullista hyppäystä tässä kehityksessä. Monien monimutkaisten toimintojen ymmärtäminen ei ole enää mahdollista tarkastelematta samanaikaisesti ihmisen ja hänen käyttämänsä teknologian toimintaa. Ilmiöiden ymmärtäminen edellyttää ihmistoimijoiden ja ”älykkään” teknologian muodostaman kokonaisuuden huomioon ottamista. Teknisten innovaatioiden nopean kehityksen seurauksena avautuu periaatteessa laadullisesti aivan uudenlaisia mahdollisuuksia laajentaa ihmisen toimintakykyä. Näin teknologia ja oppiminen kietoutuvat toisiinsa hyvin monin tavoin.

Historian kuluessa oppiminen ja opettaminen ovat saaneet käyttöönsä yhä tehokkaampia apuvälineitä. Kirjojen ja muistiinpanovälineiden merkitys on luonnollisesti ollut aivan keskeinen kaikelle systemaattiselle koulutukselle. Myöhemmin oppimista on pyritty tukemaan erilaisin esitysvälinein (piirtotaulu, diaprojektori, piirtoheitin), sekä ääntä ja kuvaa tallentavien laitteiden (ääni- ja videonauhurit) avulla. Radiolla ja televisiolla on ollut oma roolinsa opetuksen ja opiskelun välineenä erityisesti kouluinstituution ulkopuolella tapahtuvassa itseopiskelussa. Jo ennen tietotekniikan aikakautta on pyritty rakentamaan myös erityisiä ”opettavia koneita”. Vaikka ne eivät koskaan saaneet merkittävää roolia suomalaisessa opetuskulttuurissa, niiden mainitseminen on tärkeää, koska nämä 1900-luvun alkupuolella ideoidut tekniset välineet olivat suoraan silloisen oppimista kuvanneen tieteellisen teorian sovelluksia.

Opetusteknologian historian tarkastelu osoittaa, että monien varhaisempien teknologioiden on uskottu mullistavan opetusta ja oppimista. Odotuksissa on kuitenkin usein petytty. Radio, elokuvat tai te-

levisio eivät ole lunastaneet niihin aikanaan kohdistettuja odotuksia, ja mitään ”oppimisvallankumousta” ei niiden seurauksena ole tapahtunut. Onko tietotekniikka suoraa jatkoa tälle varhaisempien teknologioiden viitoittamalle katteettomien odotusten tielle, vai onko meillä perusteita olettaa, että tietotekniikka poikkeaa niin paljon näistä aiemmista välineistä, että sen herättämät odotukset ovat realistisempia.

Tietotekniikan opetuskäytön historian aikana sen erilaisiin ominaisuuksiin ja käyttötapoihin on liittynyt voimakkaita uskomuksia niiden merkityksestä oppimiselle ja opetukselle. Käytämme seuraavassa utopian käsitettä kuvaamaan tällaisten voimakkaiden positiivisten odotusten kokonaisuutta, joka johonkin teknologiaan tai sen käyttötapaan on liitetty ilman, että näiden uskomusten tueksi olisi vielä saatu vakuuttavaa empiiristä tukea. Tietotekniikan opetuskäytön historiasta voimme löytää ainakin seuraavat utopiat, joiden on uskottu mullistavan opetusta:

- 1) väsymättömän ja yksiköllisen harjaannuttajan utopia
- 2) älykkään tutorin utopia
- 3) mikromaailmoiden utopia
- 4) multimedian utopia
- 5) virtualisoinnin utopia
- 6) yhteisöllisen oppimisen utopia.

*Väsymättömän ja yksilöllisen harjaannuttajan utopia* perustui 1960- ja 70-luvuilla tietotekniikan avaamalle mahdollisuudelle soveltaa joustavasti varhaisemman käyttäytymisen sääntelyn tutkimuksen kehittämiä malleja ideaalisesta opetustilanteesta. Ajatuksena oli, että tulevaisuudessa luokkamuotoisen opetuksen korvaisivat tietokonelaboratoriot, joissa jokainen oppilas työskentelisi omassa kopissaan hänen oppimistaan yksilöllisesti ja väsymättä ohjaavan tietokoneohjelman kanssa (esim. Fuchs 1970). Alkuperäisessä muodossaan tämä utopia ei koskaan toteutunut, mutta piirteitä siitä on edelleen nähtävissä mm. kieltenopiskeluun tai erityisopetuksen käyttöön tehdyissä ohjelmissa. Vaikka ohjelmat eivät väsy, niin oppijat väsyvät. Tällainen äärimmilleen yksilöllistetty opetusmuoto, jossa oppiminen tapahtuu sosiaalisesti eristettynä, ei näytä vastaavan oppilaiden tarpeita ja soveltuu muutenkin huonosti yleisopetuksen käyttöön. Toisaalta tämän ajattelutavan olennaiset periaatteet kuten opittavan aineksen jakaminen pieniin erikseen opittaviin palasiin ja käyttäytymisen sääntely välittömällä palautteella ovat hyvin tehokkaita tietyissä op-

pimistilanteissa, mutta soveltuvat melko rajalliseen oppimisen alueeseen (yksinkertaisten taitojen oppiminen, erillistietojen muistiin painaminen).

Vähän samanlaisia piirteitä liittyi *älykkään tutorin utopiaan*. Tämän utopian taustalla oli 1960-luvulta lähtien nopeasti kehittynyt kognitiivisten prosessien tutkimus ja sen rinnalla kehittynyt tekoälytekniikka. Ajatuksena oli, että tutkimuksen avulla selvitetään ensiksi yksityiskohtaisesti, miten jonkin tietyn asian oppiminen tapahtuu, ja sen jälkeen kehitetään tietokoneohjelma, joka ohjaa, seuraa ja arvioi yksilön oppimista mahdollisimman tarkoituksenmukaisella ja joustavasti tilannekohtaiset tekijät huomioon ottavalla tavalla. Utopiaan sisältyi myös ajatus siitä, että tekniikan avulla voidaan mallittaa korkeatasoisen eksperttiopettajan toimintaa ja monistaa se näin muidenkin käyttöön. Tarkkaan kognitiivisten projektien mallittamiseen perustuvista tutorohjelmista on saatu hyviä yksittäisiä kokemuksia erilaisissa oppimisen tilanteissa, ja erityisesti joidenkin vaativien asiantuntijasuoritusten harjaannuttamisessa ne ovat vakiintuneet päivittäiseen käyttöön. Sen sijaan yleistä opetuksen ja oppimisen apuvälinettä älykkäistä tutorsysteemeistä ei odotuksista huolimatta ole tullut. Osittain selityksenä ovat tällaisten ohjelmien kehittämisen suuret kustannukset. Asiaan liittyy kuitenkin myös periaatteellisempi ongelma. Luonnolliset oppimisen polut ovat niin monimutkaisia ja monin sidoksin yhteydessä tilanteeseen, sosiaaliseen vuorovaikutukseen ja yksilöllisesti vaihtelevaan motivaatioon, että älykkään tutorin utopia on osin epärealistinen.

Kognitiivisen ja konstruktivistisen tutkimuksen pohjalta kehittyi myös *mikromaailmoiden utopia*. Ajatuksena oli, että tietotekniikan avulla voidaan luoda ympäristöjä, joissa oppiminen tapahtuu spontaanin kokeilevan toiminnan seurauksena. Ajatuksena oli jäljitellä sitä, miten pieni lapsi tutustuu ympäröivään maailmaan. Erityistä tietokoneympäristöä tarvittiin kuitenkin siihen, että samalla spontaanin kokeilevan toiminnan menetelmällä voitaisiin perehtyä myös monimutkaisempiin asioihin, joita lapset eivät kohtaa tavanomaisessa toimintaympäristössään. Tunnetuin tämän ajattelutavan sovellus on Logo-ohjelmointikieli ja sen ympärille rakennettu tekninen ympäristö (erilaiset tietokoneohjatut laitteet ja rakennussarjat). Samoja ajatuksia on myös käytetty luonnontieteiden perusteiden tai vaikkapa maantieteen opetuksen sovelluksissa. Mikromaailmat ovat tarjonneet oppilaille motivoivia ja joskus hyviinkin oppimistuloksiin johtaneita oppimiskokemuksia. Yleisten opetuskäytäntöjen mullistajaa niistä ei kuitenkaan ole tullut. Tässäkin on osaselityksenä tällaisten ympäris-

töjen kehittämisen suuret kustannukset. On kuitenkin ilmeistä, että mikromaailmautopian perusajatuskin on pulmallinen. Vaikka yksittäisten oppimiskokemusten saavuttamiseksi spontaani kokeileva toiminta ja keksivä oppiminen voi olla hyvinkin tehokas väline, niin on epärealistinen ajatus, että jokainen yksilö keksisi spontaanin kokeilevan toimintansa kautta kaiken sen kulttuuriin varastoituneen tiedon, jota koulutuksen avulla on tarkoitus välittää nuorille sukupolville.

*Multimedialian utopia* on saanut edellisiä enemmän vaikutteita itse teknologian ominaisuuksista. Tosin silläkin on liittymäkohtansa oppimisen luonnetta koskeviin ajatuksiin, erityisesti pedagogisen havainnollistamisen ajatukseen. Tallennuskapasiteetin ja näyttölaitteiden kehittymisen myötä voitiin kehittää oppimateriaaleja, jotka yhdistävät tekstiä, kuvaa, ääntä, animaatioita ja videota. Lisäksi multimedia materiaalit ovat vuorovaikutteisia ja tarjoavat käyttäjälle mahdollisuuden valita vaihtoehtoisia lähestymistapoja. Multimediautopian takana on ajatus siitä, että vaikeatkin asiat on helppo oppia, kunhan ne voidaan havainnollistaa mahdollisimman tarkasti ja esittää oppijaa motivoivalla tavalla. Lisäksi usko multimedialian tehokkuuteen perustuu useampien aistien kautta välitettävään informaatioon. On ilmeistä, että multimedialian keinoin on mahdollista tehdä oppimista helpottavia materiaaleja joihinkin tilanteisiin. Esimerkiksi lääketieteen opetuksessa 3D-mallien avulla voidaan auttaa opiskelijoita ymmärtämään monimutkaisia rakenteita. Ongelmana kuitenkin on se, että useimpien asioiden oppimisen vaikeus perustuu käsitteellisiin ongelmiin, joissa esimerkiksi visuaalisella havainnollistamisella on hyvin vähän merkitystä. Lisäksi multimediaesitys voi myös lisätä oppimisen vaikeutta hajauttamalla havaintotoimintoja ja aiheuttamalla ylimääräistä kognitiivista kuormitusta.

*Virtualisoinnin utopia* liittyy kiinteästi tietoverkkojen ja erityisesti World Wide Web:in kehittämiseen. Toisaalta sen taustalla ovat myös perinteisen etäopetuksen tarpeisiin kehitetyt mallit. Virtualisoinnin utopia haastaa institutionaalisen ja tiettyyn fyysiseen ympäristöön sidotun koulutuksen mallin. Tämän utopian ”heikko” versio perustuu ajatukseen siitä, että mikä tahansa järjestetty opetustapahtuma tai kurssi voidaan verkkoteknologiaa hyväksikäyttäen saattaa opiskelijan käyttöön ajasta ja paikasta riippumatta. Utopian ”vahva” versio asettaa kyseenalaiseksi koko erikseen järjestetyn koulutuksen ajatuksen. Tietoverkkojen tarjonta ja verkoissa spontaanisti syntyvät yhteisöt ovat tämän utopian vahvan version mukaan vähitellen korvaamassa koulutustarjontaan perustuvan opiskelun ajatuksen ihmisten tarpeista lähtevällä tietojen ja taitojen hankinnan mallilla. Tämä utopia

on edellä esitettyjä uudempi, ja virtualisointi on vasta tapahtumassa. Siksi edellä olevien esimerkkien mukaisen kokoavan arvion esittäminen tästä utopiasta ei ole mahdollista. Jo nyt voidaan kuitenkin nähdä, että vaikka tämäkin utopia on osittain toteutuksessa, niin monet sen lähtökohdista ovat osoittautuneet ongelmallisiksi. Ajasta ja paikasta riippumatta saatavilla oleva opetustarjonta on olennaisesti lisääntynyt erityisesti yritysten koulutuksessa ja korkeakoulutuksessa. Toisaalta virtuaalisen tarjonnan käyttö kouluopetuksessa ei ole laajentunut ennakoidulla tavalla. Verkkojen kautta on mahdollista ohjata ja tukea oppimisprosessia, mutta se on työlästä eikä näytä täydellisesti korvaavan välitöntä kasvokkain tapahtuvaa ohjausta. Vahvan utopian mukainen spontaani verkkojen avulla tapahtuva tietojen etsintä ei ainakaan vielä ole pystynyt korvaamaan systemaattista tiedollisten perusteiden ohjattua oppimista ja muutenkin tällainen riippumaton tiedonhankintaa koskeva malli kohtaa samoja ongelmia, joita edellä jo käsiteltiin mikromaailmautopian kohdalla.

Jos katsomme muutaman viime vuoden opetusteknologialehtien tai alan kongressien sisältöä, näyttää siltä, että virtualisoinnin ohella vallalla on nyt *yhteisöllisen oppimisen utopia*. Siinä, missä varhaiset tietotekniikan opetuskäytön pioneerit korostivat teknologian mahdollisuuksia opetuksen yksilöllistämässä, näkevät viime vuosien kehittäjät teknologian ennen kaikkea yhteisöllisen oppimisen välineeksi. Yhteisöllisyyden korostukselle on monta syytä. Ensinnäkin oppimisen teoriassa yksilöllisen konstruoinnin sijaan tai ohella on painottunut tiedollisen kehityksen kollektiivinen ja kulttuurinen luonne. Toisaalta tietoverkkojen ja niitä hyväksikäyttävien kommunikaatiovälineiden kehittyminen ovat korostaneet tietotekniikan yhteisöllistä käyttöä niin työssä kuin oppimisessakin. Kolmanneksi monimutkaisten ongelmien ratkaisemisessa käytetään yhä tietoisemmin yhteistyötä tekeviä asiantuntijaverkostoja. Näin tällaisten yhteistyötaitojen ja yhteisöllisen ongelmanratkaisun oppimiselle on selvä sosiaalinen tilaus. Vaikka ns. tietokoneavusteisen yhteisöllisen oppimisen (CSCL) sovellukset ovatkin antaneet lupaavia tuloksia, käytännön tilanteista on paljon näyttöä yhteisöllisen oppimisen tehottomuudesta tai epäonnistumisesta. Vaikka on ilmeistä, että oppimisen yhteisölliset toimintamallit tulevat lisääntymään kaikessa koulutuksessa, tästäkään utopiasta ei ole kaikenkattavaksi ideaalisen oppimisympäristön malliksi. Koululaitoksen ja epämuodollisen oppimisen tavoitteet ovat niin moninaisia, että niihin kaikkiin vastaaminen tietoverkkoja hyväksikäyttävillä yhteisöllisen oppimisen sovelluksilla ei tunnuta mahdolliselta.

Edellä esitetyt teknologian opetuskäyttöön liittyvät uskomukset, joita olemme kutsuneet utopioiksi, ovat syntyneet omana aikanaan, hallinneet keskustelua jonkin aikaa ja jääneet sitten myöhemmin keskusteluun nousseiden uskomusten varjoon. Vaikka mikään näistä utopioista ei olekaan ”mullistanut” opetusta ja oppimista, ne kaikki ovat jollakin tavalla vaikuttaneet käsityksiimme oppimisesta ja sen tukemisesta teknologian avulla. Ne ovat synnyttäneet paljon tutkimusta, jossa on yksityiskohtaisesti selvitetty näiden lähestymistapojen oletettavia oppimisen mekanismeja. Näyttää siltä, että oppimista tukevan teknologian tarkastelussa tarvitaan yksittäisen utopian sijasta rinnakkain eri näkökulmia siitä, mitkä tekijät tekevät oppimisympäristöistä tehokkaita ja erilaisiin tarkoituksiin soivia.

## Teknologia tehokkaiden oppimisympäristöjen rakentamisessa

Oppimisteorioiden kehittämisessä on usein käytetty ajattelua tukevana metaforina senhetkisen teknologian malleja vahataulusta (mielteiden piirtyminen) puhelinkeskuksen kytkentäpöytään (verkkomaiset kytkennät). Viime vuosikymmenien aikana tietokoneilla on ollut aivan erityinen merkitys etsittäessä tekniikasta analogioita mielen prosesseille. Nämä teknologiasta lainatut mallit ovat osoittautuneet hyödyllisiksi välineiksi jäsentää mielen ilmiöitä koskevia teoreettisia ajatuksia (esim. prosessointi, työmuisti, pitkäkestoinen muisti). Samalla teknologiset analogiat saattavat kuitenkin myös rajoittaa teoreettista ajattelua (Lehtinen & Kuusinen 2000). Teknologialla on ollut tärkeä merkitys myös empiirisen oppimistutkimuksen apuvälineenä. Teknologisissa ympäristöissä on voitu testata teoreettisia ideoita täsmällisemmin kuin tavanomaisissa luokkatilanteissa, ja teknologiaa on voitu käyttää hyväksi uudenlaisten aineistonkeruun menetelmien kehittämisessä. Hadwin, Winne ja Nesbit (2005) kävivät läpi suuren määrän viime vuosina kasvatustieteiden aikakauslehdissä julkaistuja artikkeleita. He havaitsivat, että tietotekniikalla oli erittäin tärkeä merkitys näissä tutkimuksissa. Sen avulla on voitu kehittää innovatiivisia tapoja mitata teorian kannalta kiinnostavia muuttujia, luoda uudenlaisia koe- ja interventioasetelmia sekä luoda kokonaan uusia tutkimuksen alueita ja teoreettisia käsitteitä.

Oppimista koskevien käsitystemme monipuolistuminen sekä erityisesti oppijan ja oppimisyhteisön merkitystä korostavat oppimisnäke-

mykset ovat synnyttäneet tarpeen tarkastella oppimista tukevien ympäristöjen piirteitä uudella tavalla (De Corte ym. 2003). Samalla tarkka kognitiivisten prosessien ja havaintomekanismien kokeellinen tutkimus ja viime vuosina lisääntyvässä määrin myös aivotutkimus ovat lisänneet tietämystämme oppimisen kannalta olennaisista perusmekanismeista, niiden rajoituksista ja elastisesta muovautuvuudesta. Käsitys siitä, että oppija itse rakentaa mielessään (konstruoi) oman tulkintansa opiskelun kohteena olevista ilmiöistä, merkitsee sitä, että opetuksen vaikutuksia oppimiseen tarkastellaan monimutkaisempuna tapahtumana kuin suorana tiedon siirtymisenä opettajan esityksestä, tietokoneohjelmasta tai oppimateriaalista oppijan mieleen. Viime vuosina on käynyt ilmeiseksi, että pelkkä kognitiivinen näkökulma on riittämätön lähtökohta oppimisen ja oppimista tukevien ympäristöjen rakentamiselle. Tarkentuneet käsitykset motivaation ja emootioiden vaikutuksesta ovat omalta osaltaan vaikuttamassa teknologisten oppimisympäristöjen kehittämiseen (Volet & Järvelä 2001). Sosiokulttuurillinen näkökulma on puolestaan korostanut sitä, että kulttuurin tarjoamat välineet (esim. kieli, käsitteet, tieteelliset teoriat ja erilaiset teknologiat) ovat olennainen osa oppimisen prosessia ja luovat osaltaan perustan inhimilliselle tiedolle (Hakkarainen ym. 2004, Lehtinen 2003).

Oppimisteoreettiseen ajatteluun perustuva opetuksen kehittäminen on yhä enemmän siirtymässä yksittäisen menetelmän etujen ja haittojen tarkastelusta arvioimaan ja kehittämään laajempia järjestelyjä, joiden avulla voidaan luoda oppimiselle mahdollisimman optimaalinen ympäristö. Opetusteknologiakirjallisuudessa oppimisympäristön käsitettä käytetään kuitenkin usein valitettavan mekaanisesti kuvaamaan vain jotain yksittäistä tekijää, järjestelyä tai tekniikkaa oppijan toimintaympäristössä. Ääriesimerkkejä tästä ovat esimerkiksi yksittäiset tietokoneohjelmat, joita markkinoidaan oppimisympäristöinä.

Oppimisympäristö ei ole pelkästään objektiivisesti kuvattavissa oleva kokoelma välineitä, toimintamalleja ja toimijoita, vaan näyttää ilmeiseltä, että jokainen oppilas viime kädessä luo tulkinnan omasta oppimisympäristöstään (Lowyck ym. 2005, Järvelä ym. 2000). Oppimisympäristöön vaikuttavat suuresti erilaiset koulussa tai muussa organisaatiossa tehdyt järjestelyt, joihin opettajalla on vaikutusmahdollisuus, mutta myös yleiset kulttuuriset tekijät sekä osin sattumanvaraiset opiskeluryhmän ryhmädynaamiset prosessit. Viime kädessä yksittäisen opiskelijan subjektiivisesti kokeman oppimisympäristön muotoutumiseen vaikuttaa myös se suhde, joka järjestetyn ympäristön tekijöillä on opiskelijan oman oppimishistorian aikana muodos-

tuneisiin uskomuksiin oppimisesta, tiedosta ja suoritusten kriteereistä (Lowyck ym. 2005).

## Teknologisten oppimisympäristöjen vaikuttavuudesta: yleiset periaatteet ja yksityiskohtaiset prosessit

Opetusteknologian vaikuttavuudesta on tehty tuhansia tutkimuksia. Ensimmäiset tutkimusyhteenvedotkin ilmestyivät jo 1970-luvulla. Erilaisten review- ja meta-analyysiartikkelien avulla olemme voineet vetää yhteen lähes kahden tuhannen alkuperäistutkimuksen tiedot (Lehtinen 2006). Niiden antama kuva teknologian vaikuttavuudesta oppimiseen on ristiriitainen. Yleinen positiivinen vaikutus näyttää suurelta osin selittyvän tutkimuksen julkaisukäytäntöihin liittyvällä vinoutumalla (*publication bias*). Koko kysymys tietotekniikan vaikuttavuudesta onkin ongelmallinen. Tietotekniikan opetuskäyttöön kohdistuva tutkimus on osoittanut, että teknologialla sinänsä ei ole mitään tiettyä vaikutusta oppimiseen, vaan oppimisvaikutukset liittyvät aina tiettyyn tapaan käyttää teknologiaa oppimisympäristön osana. Eli teknologian sijasta huomio pitäisi kiinnittää siihen, millainen vaikutus sillä on kognitiivisiin toimintoihin, joita oppija suorittaa teknologian kanssa (Salomon ym. 1991). Toisaalta oppiminen ja sen tavoitteet ovat niin moninaisia, että myös oppimisympäristöjen vaikuttavuus voi tarkoittaa hyvin eri asioita erityyppisissä ympäristöissä.

Parin viime vuosikymmenen aikana on esitetty monia yleisiin oppimisteoreettisiin ideoihin perustuvia teknologiaa hyväksikäyttäviä oppimisympäristömalleja, kuten mielekkäisiin tilanteisiin ankkuroitu oppiminen (Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1997), tietoverkkoja hyväksikäyttävä tiedon rakentelu (Scardamalia & Bereiter 1991) tai oppilaan aktiiviseen valintaan perustava hypermediaympäristö (Cunningham ym. 1993). Huolimatta siitä, että nämä oppimisympäristömallit perustuvat lupaaviin teoreettisiin ajatuksiin ja moniin positiivisia tuloksia tuottaneisiin empiirisiin kokeiluihin, niiden käytännön sovellettavuus on usein osoittautunut vaikeaksi, ja monet tutkijat ovat osoittaneet niihin liittyvän myös periaatteellisia ongelmia (esim. Dillon & Gabbard 1998, Gerjets & Hesse 2005, Hakkarainen ym. tässä kirjassa).

Gerjets ja Hesse (2005) painottavat sitä, että oppimisympäristöjen kehittäjien esittämät teoreettiset ideat jäävät usein liian yleiselle tasolle, eivätkä aina ota huomioon niitä kriittisiä yksityiskohtia, jotka tuottavat onnistunutta oppimista tai johtavat epäonnistumisiin.



Seuraavassa tarkastelemme joitakin esimerkkejä tällaisesta oppimisen prosessien yksityiskohtiin pureutuvan tutkimuksen merkityksessä oppimisympäristöjen kehittämiselle.

Multimediaa hyväksikäyttävissä ympäristöissä huomio kiinnittyy ennen kaikkea siihen, miten teknologian avulla toteutettu opetettavan aineksen esittäminen tarkoituksenmukaisimmalla tavalla tukee oppimista. Naiivi käsitys multimedian vaikutuksista on korostanut monien esitysmuotojen ja rikkaan havainnollistamisen itsestään selvää positiivista vaikutusta oppimiselle. Tarkempi yksityiskohtiin pureutunut tutkimus on kuitenkin avannut toisenlaisen kuvan multimedian vaikuttavuudesta. Yleisesti ottaen näyttää siltä, että monia esitysmuotoja käyttävällä ilmaisurikkaalla esityksellä on havaittu olevan sekä oppimista edistävää että sitä häiritsevää vaikutusta tilanteesta, järjestelyistä ja opiskelutavoitteista riippuen.

Multimedian eri ominaisuuksien suhdetta oppimiseen on viime vuosina tutkittu hyvinkin perusteellisesti (Gerjets & Scheiter 2003, Mayer 2001, Schnotz 2002). Yksistään Richard Mayer on tutkimusryhmineen toteuttanut lähes sata kokeellista tutkimusta tämän välineen vaikutuksista ja rakentanut näiden varaan teoreettisen kuvauksen multimediaoppimisesta sekä johtanut joukon periaatteita oppimisympäristöjen suunnittelun pohjaksi (Mayer 2001). Tämä teoria kuvaa yksityiskohtaisesti multimediamyönteisen tarjoaman tekstin, kuvan ja muiden elementtien roolia oppimisen kannalta.

Ensinnäkin Mayerin teoria perustuu varhaisemman kognitiivisen psykologisen tutkimuksen tuottamalle olettamukselle kahdesta kanavasta, jotka ainakin jossain määrin erillisinä vastaavat visuaalisen ja verbaalisen informaation käsittelystä. Toiseksi teorian lähtökohdanna on ajatus kognitiivisen perustutkimuksen osoittamista tiedon käsittelyn rajoituksista. Ihmiset kykenevät, tässä tapauksessa kummankin kanavan kautta, vain muutaman tiedollisen elementin samanaikaiseen käsittelyyn. Kolmanneksi teoria olettaa, että merkityksellistä oppimista tapahtuu silloin, kun oppijat voivat käydä läpi tarkoituksenmukaisia kognitiivisia prosesseja oppimisen aikana. Tällaisia Mayerin mukaan ovat relevantin informaation valinta, valitun informaation mentaalinen organisointi koherenteiksi visuaalisiksi ja verbaalisiksi malleiksi sekä kaiken tämän integrointi toisiinsa ja oppijan aikaisempaan tietoon.

Multimediamyönteisten kannalta kiinnostava kysymys tässä on se, että visuaalisessa muodossa olevan verbaalisen informaation (teksti) ja kuvallisen informaation samanaikainen esittäminen voi helposti ylikuormittaa informaation prosessoinnin kapasiteetin. Toisin sa-

noen multimedian keinojen asiantuntematon ja runsas käyttö helposti vaikeuttaa oppimista. Tarkkaan kognitiivisten prosessien yksityiskohtiin ulottuva tutkimus on tehnyt mahdolliseksi täsmällisten suunnitteluprinsiippien kehittämisen teknologisten ympäristöjen kehittämistä varten. Nämä periaatteet liittyvät ensinnäkin siihen, miten vähennetään tehtävän ymmärtämisen kannalta ulkoista prosessointia (mm. välttämällä tehtävään liittymättömien elementtien esittämistä ja korostamalla keskeistä informaatiota) sekä siihen, miten ympäristön piirteet tukevat opiskeltavaan ydinsisältöön liittyviä prosesseja (mm. ajoittamalla informaation tarjonta oppijan valinnan mukaan tapahtuvaksi). Tarkoissa kokeellisissa tutkimuksissa nämä Mayerin (2001) esittämät periaatteet ovat osoittautuneet oppimista tehostaviksi, ja ne ovat hyödyllisiä minkä tahansa oppimissovelluksen suunnittelussa täydentämässä yleisempiä oppimisteoreettisiin malleihin perustuvia ratkaisuja.

Toinen esimerkki liittyy läheisesti omiin tutkimuksiini. Useissa oppimisympäristöjen kehittämissuunnitelmissamme tavoitteena on ollut asettaa oppija kasvotusten monimutkaisten ja osin epätäydellisesti määriteltyjen ongelmien kanssa (Lehtinen & Rui 1996, Lehti & Lehtinen 2005). Ajatuksena on se, että oppija itse saadaan aktiiviseksi toimijaksi, joka vuorovaikutuksessa opettajan, muiden opiskelijoiden sekä kompleksista oppimista tukevan tietokoneympäristön kanssa luo uutta tietoa, antaa asioille merkityksiä, oppii ratkomaan ongelmia ja osallistuu näin monimutkaisiin ja vaativiin toimintoihin (ks. myös tutkivan oppimisen idea Hakkarainen, Lonka & Lipponen 2004, Hakkarainen ym. tässä kirjassa). Tällaista oppimista varten oppilas tarvitsee oppimisympäristön, jossa hänellä on mahdollisuus testata omia ajatuksia, havaita niissä olevia puutteita ja rakentaa tutkiskelemalla uusia tiedollisia rakenteita. Keskeiseksi oppimiseen vaikuttavaksi tekijäksi nousee vuorovaikutus ympäristön kanssa, koska useissa tapauksissa oppiminen ei ole kuvattavissa yksittäisen oppijan mielen sisäiseksi tapahtumaksi, vaan siihen liittyy olennaisesti ulkoisten (työ)välineiden käyttö, dialogi vertaisryhmässä sekä osallistuminen erilaisiin yhteisöihin ja sitä kautta tuleminen osalliseksi kulttuurille ominaisista käytännöistä tai tavoista käsitellä ongelmia (Lehtinen 2003). Eli kaiken kaikkiaan tavoitteena on irtautua perinteiselle opetukselle tyypillisestä tiedon osittamisesta pieniksi kokonaisuuksiksi ja tarjoamisesta opiskelijalle valmiina. Tavoitteena on, että opiskelija johdatellaan paljon vaativampaan ja monimutkaisempaan opiskeluprosessiin kuin mitä perinteisessä koulutuksessa on ollut tapana (Achtenhagen 1994).

Myös tällaista oppimisympäristöajatus voidaan arvioida kriittisesti yksityiskohtiin pureutuvan teoreettisen käsitteistön avulla. Tähän soveltuu hyvin kognitiivisen kuormituksen teoria (*cognitive load theory*), joka on viime vuosina tullut tärkeäksi näkökulmaksi teknologiaa hyväksikäyttävien oppimisympäristöjen tutkimuksessa. Tämäkin teoria tukeutuu kognitiivisten perusprosessien kokeellisen tutkimuksen tuottamaan tietoon tiedonkäsittelyn rajoituksista, erityisesti työmuistin kykyyn käsitellä vain muutamia elementtejä samanaikaisesti. Teorian mukaan oppimisympäristössä suoritettava tehtävä aiheuttaa kolmenlaista kuormitusta. Sisäinen kognitiivinen kuormitus aiheutuu suoraan tehtävän ominaisuuksista, ja se perustuu niiden tiedollisten elementtien määrään, joita joudutaan integroimaan toisiinsa, jotta uusi asia voidaan ymmärtää. Tämä kuormitus riippuu olennaisesti oppijan aikaisemman tiedon tasosta ja siitä, miten hyvin hänen jo aikaisemmin jäsentyneet tiedolliset skeemansa kattavat nämä uuden opiskeltavan asian edellyttämät tiedolliset elementit.

Toinen kognitiivisen kuormituksen laji syntyy oppimisympäristön ominaisuuksista, kuten siitä, miten tarvittava informaatio on saatavilla ja miten kuormittavalla tavalla se esitetään. Olennaista on myös se, miten paljon ylimääräisiä oppimisympäristöön liittyviä tekijöitä oppija joutuu pitämään mielessään. Kolmantena kognitiivisen kuormituksen aiheuttajana ovat ne tehtävän suorittamiseen liittyvät toimenpiteet, joita oppija kyseisessä tehtävässä ja oppimisympäristössä suorittaa. Perusajatuksena on se, että oppimisympäristöllä sinänsä ei voida vaikuttaa sisäiseen kognitiiviseen kuormitukseen. Siihen voidaan kyllä vaikuttaa laajemmin oppimisen etenemistä suunnitteleamalla, koska paremmat aikaisemmat tiedot vähentävät uuden oppimistehtävän aiheuttamaa kuormitusta. Ulkoinen kuormitus on sellaista, joka liittyy oppimisympäristön huonoon suunnitteluun. Se voi tarkoittaa joko puutteita informaation saannissa tai sellaisia ylimääräisiä rasitteita, joita ympäristön ominaisuudet aiheuttavat. Tämän ajattelutavan mukaan tavoitteena siis pitäisi olla ulkoisen kognitiivisen kuormittamisen vähentäminen. Sen sijaan tehtävän suoritukseen liittyvien kognitiivisten suoritusten aiheuttama kuormitus on oppimisen kannalta edullista, ja oppimisympäristön pitäisikin ohjata oppijaa mahdollisimman suoraan oppimisen kannalta tarkoituksenmukaisiin toimintoihin eli tässä mielessä kasvattaa suoritukseen liittyvää kognitiivista kuormitusta. Rajoituksena on kuitenkin se, että sisäisen, ulkoisen ja näihin toimintoihin liittyvän kuormituksen kokonaismäärä ei saa ylittää työmuistin kapasiteettia.

tarkkoja empiirisiä tutkimuksia (van Merriënboer & Sweller 2005). Toisaalta malli on vähän mekanistinen ja mm. Ericsson työoverineen onkin esittänyt sen laajentamista modernin eksperttitutkimuksen avaamalla kognitiivisten toimintojen mukautuvuutta ja joustavuutta sekä motivaatiota korostavilla näkemyksillä (van Gog ym. 2005). Joka tapauksessa olisi hyödyllistä tarkastella kriittisesti viime vuosina kehiteltyjä kompleksisen oppimisen tai tutkivan oppimisen periaatteille perustuvia oppimisympäristöjä myös kognitiivisen kuormittavuuden teorian näkökulmasta. Tuleviin yhteiskunnan ja työelämän haasteisiin vastaaminen edellyttää kompleksisten ja epätarkasti määriteltyjen ongelmien hallintaa, ja oppimisympäristöjen tulee valmentaa opiskelijoita kompleksisuuden kohtaamiseen (Achtenhagen 1994, Lehtinen & Rui 1996, Spiro 2006). Sen ei kuitenkaan pidä merkitä sitä, ettei samalla olisi tarkoituksenmukaista pyrkiä välttämään oppimisympäristöjä suunniteltaessa sellaista tarpeetonta kognitiivista kuormitusta, joka ei ole välttämätöntä kompleksisuuden hallinnassa edellytettävien strategioiden oppimisessa.

Artikkelin alussa esitettiin, että yksi tämän hetken hallitseva tietotekniikan opetuskäytön suuntaus on yhteisöllinen oppiminen tietoverkkojen avulla. Kolmas esimerkkimme liittyykin tietokoneavusteiseen yhteisölliseen oppimiseen. Myös tälle sovellusalueelle on tyypillistä, että menetelmän taustalla olevat käsitteet ovat hyvin yleisiä ja menetelmän tarkoituksenmukaisuuteen uskotaan vahvasti (Koschmann 1996, Koschmann ym. 2002, Lehtinen ym. 1999), vaikka toistaiseksi on olemassa hyvin vähän hyvin kontrolloituja tutkimuksia, jotka osoittaisivat menetelmän edut vaikkapa tavanomaiseen opettaja-johtoiseen luokkaopetukseen verrattuna (Lehtinen 2003). CSCL-ympäristöihin liittyvät tarkemmat tutkimukset ovat osoittaneet käytännön toteutukset usein ongelmallisiksi (Lipponen 2001).

Jo perinteinen kasvokkain tapahtuva yhteistoiminnallinen oppiminen edellyttää monien ehtojen täyttymistä ollakseen oppimisen kannalta edullista (Slavin 1996). Tilanne mutkistuu edelleen, kun kommunikaation välineenä on joko synkroninen tai asynkroninen verkkoympäristö. Tarkoituksenmukaisen yhteisöllisen prosessin aikaansaaminen edellyttää näiden yleisen tason teoreettisten ideoiden lisäksi tai täydennykseksi huomattavasti yksityiskohtaisempaa tietämystä vastavuoroisen kommunikaation syntymisen ehdoista, yhteisöllistä prosessia tukevasta infrastruktuurista sekä verkkoympäristössä tapahtuvasta oppimisen ohjaamisesta ja tukemisesta (Arvaja, & Mäkitalo tässä teoksessa, Lipponen & Lallimo tässä teoksessa, Pata ym. 2005).

# Tulevaisuuden haasteet

On selvää, että teknologian mahdollisuudet oppimisen edistämässä tulevat olemaan tärkeä teema sekä käytännön opetuksessa että oppimisen tutkimuksessa myös tulevaisuudessa. Teknisten mahdollisuuksien kehittyminen tulee avaamaan jatkuvasti uusia mahdollisuuksia ihmisen ja koneen vuorovaikutukselle. Osa näistä tekniikan avaamista uusista mahdollisuuksista voi johtaa kokonaan uudenlaisiin tapoihin käyttää tekniikkaa yksilön ja yhteisön oppimisen apuna. Juuri tällä hetkellä tietoverkoissa on nopeasti leviämässä uusia välineitä, jotka ovat jo nyt synnyttäneet yllättäviäkin käytäntöjä. Esimerkiksi blogit (helposti ylläpidettävät www-sivut, joissa on kommentointimahdollisuus) ja Wikit (sisältöpalvelintekniikka, jossa käyttäjät voivat yhdessä työstää informaatiota ja kehittää tietopalveluita eri aiheista) ovat jo synnyttäneet omia spontaaneja kulttuurisia käytäntöjä, jotka voivat tuoda merkittävänkin lisän oppimista tukeviin ympäristöihin.

Toisaalta kehittyvä teknologia avaa entistä parempia mahdollisuuksia tutkia yksityiskohtaisesti oppimisen prosesseja erilaisissa tehtävissä ja olosuhteissa niin yksilöiden kuin yhteisöjenkin tasolla. Kehittyvän tekniikan avulla neuropsykologinen tutkimus voi lähestyä vähitellen käytännön oppimisen kannalta merkityksellisiä sisältöjä ja prosesseja.

Tekniikka ei kuitenkaan yksin tule ratkaisemaan oppimisen ongelmia. Olennaista on se, miten hyviä teoreettisia välineitä meillä on oppimisen prosessien ymmärtämiseen ja tarkoituksenmukaista oppimista tukevien ympäristöjen kehittämiseen. Oppimistutkimuksen perinnettä vaivaa edelleen erilaisten lähestymistapojen ja teoreettisten koulukuntien erillisyyys, joka vaikeuttaa vakavasti teoreettisen tiedon ja vakuuttavan empiirisen evidenssin kumuloitumista kattavamaksi ymmärrykseksi oppimisen olemuksesta. Tulevaisuudessa tarvitsemme aiempaa enemmän erilaisten näkökulmien yhdistämistä tai ainakin samanaikaista tarkastelua kompleksisten oppimisen tilanteiden ymmärtämiseksi ja niihin sopivien teknologioiden kehittämiseksi. Tämä edellyttää eri selitystasoilla kehitettyjä teorioita. Tällaisia tasoja ovat esimerkiksi oppimisen neurologiset perusteet, tiedon kognitiivinen rakentuminen ihmisen mielessä ja kollektiivisiin toimintakäytäntöihin liittyvä oppiminen.

Utopiat ovat tärkeitä kaikelle kehitykselle. Ne antavat suuntaa ja innostavat eteenpäin suuntautuvia ponnisteluja. Ne myös kokoavat kehittäjiä, soveltajia ja tutkijoiden yhteisöjä. Jotta utopiat voisivat

ainakin osittain realisoitua todellisiksi toimiviksi käytännöiksi, tarvitaan avointa kriittistä tieteellistä keskustelua ja pitkäjänteistä kehittämistyötä käytännön osaajien, teknologian eksperttien ja oppimistutkimuksen asiantuntijoiden kesken.

### Lähteet

- Achtenhagen, F. 1994. How should research on vocational and professional education react to new challenges in life and in the working place. Teoksessa Nijhof, W.J. & Streumer, J.N. (toim.) *Flexibility in training and vocational education*. Utrecht: Lemma.
- Cognition and Technology Group at Vanderbilt 1997. *The Jasper project: Lessons in curriculum, instruction, assessment, and professional development*. Mahwah, NJ: Erlbaum.
- Cunningham, D. J., Duffy, T. M., & Knuth, R. A. 1993. The textbook of the future. Teoksessa C. McKnight, A. Dillon, & J. Richardson (toim.) *Hypertext. A psychological perspective*, 19–49. New York: Ellis Horwood.
- De Corte, E., Verschaffel L., Entwistle, N. & Van Merriëboer, J. (toim.) 2003. *Unraveling basic components and dimensions of powerful learning environments*. Amsterdam: Elsevier.
- Dillon & Gabbard 1998. Hypermedia as an Educational Technology: A Review of the Quantitative Research Literature on Learner Comprehension, Control, and Style. *Review of Educational Research* 68(3).
- Gerjets, P., & Hesse, F. W. (painossa). *When are powerful learning environments effective? The role of learning activities and of students' conceptions of educational technology*. International Journal of Educational Research.
- Gerjets, P., & Scheiter, K. 2003. Goal configurations and processing strategies as moderators between instructional design and cognitive load: Evidence from hypertext-based instruction. *Educational Psychologist* 38, 33–41.
- Hadwin, A.F., Winne, P.H. & Nesbit, J.C. 2005. Roles for software technologies in advancing research and theory in educational psychology. *British Journal of Educational Psychology* 75, 1–24.
- Hakkarainen, K., Lonka, K. & Lipponen, L. 2004. *Tutkiva oppiminen: järki, tunteen ja kulttuuri oppimisen sytyttäjinä*. Porvoo: WSOY.
- Hakkarainen, K., Palonen, T., Paavola, S. & Lehtinen, E. 2004. *Networked expertise: Professional and educational perspectives*. Amsterdam: Elsevier.
- Järvelä, S., Lehtinen, E., & Salonen, P. 2000. Socioemotional orientation as a mediating variable in teaching learning interaction: Implications for instructional design. *Scandinavian Journal of Educational Research* 44 (3), 293–306.
- Koschmann, T. (Ed.) 1996. *CSCL: Theory and practice of an emerging paradigm* (pp.1–23). Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Koschmann, T., Hall, R., & Miyake, N. (Eds) 2002. *CSCL 2: Carrying forward the conversation*. Mahwah, NJ: Lawrence Erlbaum.
- Lehtinen, E. 2003. Computer supported collaborative learning: An approach to powerful learning environments. Teoksessa E. De Corte, L. Verschaffel, N. Entwistle & J. Van Merriëboer (toim.), *Unraveling basic components and dimensions of powerful learning environments* 35–53., Amsterdam: Elsevier.
- Lehtinen, E. 2006. *On the impact of educational technology: Theoretical and methodological reflection*. Julkaistavaksi lähetetty käsikirjoitus.

- Lehtinen, E., Hakkarainen, K. & Lipponen, L., Rahikainen, M. & Muukkonen, H. 1999. *Computer supported collaborative learning: A review*. The J.H.G.I. Giesbers Reports on Education, No. 10. The Netherlands: University of Nijmegen.
- Lehtinen, E. & Kuusinen, J. 2001. *Kasvatuspsykologia*. Helsinki: WSOY
- Lehtinen, E. & Rui, E. 1996. Computer supported complex learning: An environment for learning experimental methods and statistical inference. *Machine Mediated Learning* 5(3&4), 149–175.
- Lehtinen, E., Sinko, M. & Hakkarainen, K. 2001. ICT in Finnish education: How to scale up best practices. *International Journal of Educational Policy, Research and Practice* 2 (1), 77–89.
- Lehti, S. & Lehtinen, E. 2005. Computer-supported problem-based learning in the research methodology domain. *Scandinavian Journal of Educational Research*. 49 (3), 297–323.
- Lipponen, L. 2001. *Computer-supported collaborative learning: From promises to reality*. Doctoral dissertation, University of Turku, series B, Humaniora, 245.
- Lowyck, J., Lehtinen, E. & Elen, J. 2005. Editorial: Students' perspectives on learning environments. *International Journal of Educational Research* 40 (6), 4001–4006.
- Mayer, R. E. 2001. *Multimedia learning*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Pata, K., Sarapuu, T. & Lehtinen, E. 2005. Tutor scaffolding styles of dilemma solving in network-based role-play. *Learning and Instruction*. 15 (6), 571–587
- Salomon, G., Perkins, D. N., & Globerson, T. 1991. Partners in cognition: Extending human intelligence with intelligent technologies. *Educational Researcher* 20(3), 2–9.
- Scardamalia, M., & Bereiter, C. 1991. Higher levels of agency for children in knowledge building: A challenge for the design of new knowledge media. *The Journal of the Learning Sciences* 1, 37–68.
- Schnotz, W. 2002. Towards an integrated view of learning from text and visual displays. *Educational Psychology Review* 14(1), 101–120.
- Slavin, R. E. 1996. Research on cooperative learning and achievement: What we know, what we need to know. *Contemporary Educational Psychology* 21(1), 43–69.
- Spiro, J.R. 2006. The new Gutenberg revolution: Radical new learning, thinking, teaching, and training with technology. *Educational Technology* XLVI (1), 3–6.
- Volet, S. & Järvelä, S. (toim.) 2001. *Motivation in Learning Contexts: Theoretical advances and methodological implications*. London: Pergamon Press.
- Van Gog, T, Ericsson, K.A., Rikers, R.M. & Paas, F. 2005. *Instructional design for advanced learners: Establishing connections between the theoretical framework of cognitive load and deliberate practice*.
- Van Merriënboer, J.J.G. & Sweller, J. 2005. Cognitive load theory and complex learning. Recent development and future directions5. *Educational Psychology Review* 17 (2), 147–177.