

Liikkeen ja voiman kuvitus yläkoulun ja lukion fysiikan oppikirjoissa

Pekka Kurki



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

Pro Gradu -tutkielma

Jyväskylän yliopisto, Fysiikan laitos

28.4.2014

Ohjaaja: Jouni Viiri

Kiitokset

Tahdon kiittää tutkielmani ohjaajaa, professori Jouni Viiriä graduaiheen ja -ohjauksen järjestymisestä keväälle 2014. Kiitän Jounia erityisesti eteenpäin suuntaavasta ja rohkaisevasta ohjauksesta sekä avusta tutkimusaineiston hankkimisessa. Kiitän myös Kaisa Jokirantaa, Käpy-Maaria Kärkkäistä, Jaana Romppaista ja Matti Väisästä vertaistuesta ja -palautteesta sekä lähdevinkeistä. Lisäksi tahdon kiittää vaimoani kokonaisvaltaisesta tuesta tutkielmaprosessin aikana. Omistan tämän työn tyttärelleni Meealle, jonka oppimista minulla on ollut ilo seurata hänen syntymästään saakka.

Tiivistelmä

Kuvat ovat kiistattomasti olennainen osa ihmisen kokemusmaailmaa ja kommunikointia, ja ne ovat tärkeä osa etenkin luonnontieteitä, joissa kuvallisella ilmaisulla on aina ollut merkittävä asema niin asiantuntijoiden kuin oppilaidenkin kommunikoinnissa. Kulttuurin ja oppikirjojen kuvallistumisen myötä nykyiset oppikirjat voidaan nähdä yhä selkeämmin multimediaoppimisen materiaaleina, joissa tietoa välitetään ja ymmärrystä rakennetaan sekä tekstin että kuvien välityksellä. Tässä tutkimuksessa selvitetään luokitteluun perustuvan kuva-analyysin avulla, miten kuvia käytetään tekstin rinnalla yläkoulun ja lukion fysiikan oppikirjojen liikettä ja voimaa käsittelevissä kappaleissa. Tutkimusaineiston kuvat luokitellaan tyyppin, tehtävän, kuvatekstin ja kuvan sijoittelun mukaan, minkä lisäksi selvitetään tekstin yhteydessä käytettyjen kuvien määrä ja miten kuviin viitataan tekstissä. Tutkimuksen tarkoituksena on lisätä tietoa fysiikan oppikirjoissa käytettävistä kuvista sekä kuvituksen roolista ja tehtävistä tiedon välittämisessä ja ymmärryksen rakentamisessa oppikirjatekstin rinnalla. Näin pyritään lisäämään myös ymmärrystä kuvien roolista luonnontieteiden oppimisessa.

Tutkimus osoittaa liikkeen ja voiman kuvituksen painottuvan realistisiin kuviin ja etenkin valokuviin. Kuvien määrä lisääntyy oppikirjoissa luokkatason kasvaessa, jolloin myös graafien ja erilaisten vektorikaavioiden osuus kuvituksessa kasvaa. Lisäksi kuvituksen merkitys tekstin sisältöjen esittämisessä, selittämisessä ja täydentämisessä kasvaa luokkatason noustessa. Yläkoulussa kuvituksen pääasiallisia tehtäviä ovat tekstin sisältöjen esittäminen ja havainnollistaminen sekä tekstin somistaminen. Lukion oppikirjoissa kuvituksen tehtävät painottuvat selvemmin tekstin sisältöjen esittämiseen. Nämä tulokset osoittavat kuvituksen roolin korostuvan tekstin rinnalla tiedon välittämisessä ja ymmärryksen rakentamisessa luokkatason noustessa. Tutkimuksen tulokset paljastavat erilaisia valintoja, joilla kuvituksen tiedollista roolia suunniteltaessa on pyritty huomioimaan oppilaan ajattelun kehitystaso ja mahdolliset kuvanlukutaidot. Tästä huolimatta fysiikan oppikirjojen kuvituksessa on kehitettävää etenkin kuvatekstien käytössä ja kuviin viittaamisessa.

Sisällysluettelo

1	Johdanto	1
2	Multimediaoppiminen	3
2.1	Oppiminen tietorakenteiden muokkaamisena	3
2.2	Aistipohjaiset oppimistyyli	4
2.3	Visuaalisen ja verbaalisen informaation kanavat.....	5
2.4	Multimediaoppimisen kognitiivinen teoria.....	6
2.5	Tekstin ja kuvan ymmärtämisen kokonaisvaltainen malli	8
2.6	Tekstipohjaisen multimediaoppimisen vahvuuksia ja vaatimuksia	12
2.7	Useiden representaatioiden käytön hyödyt fysiikan oppimisessä	13
3	Kuvat oppikirjan osana ja tutkimuskohteena	16
3.1	Kuvat osana oppikirjaa	16
3.2	Kuvien tehtävät oppikirjoissa	18
3.3	Kuvien merkitys oppikirjasta oppimisessä	19
3.4	Kuvien käytön pedagogisia vaatimuksia	21
3.5	Oppikirjojen kuvat tutkimuskohteena	23
3.6	Luonnontieteiden oppikirjakuvien tutkimuksia	24
4	Tutkimuskysymykset.....	29

5	Kuva-analyysin menetelmät ja tutkimuksen toteutus.....	31
5.1	Tutkimusaineisto	31
5.2	Kuvien tyyppiluokittelu	34
5.3	Kuvien tehtäväpohjainen luokittelu.....	37
5.4	Kuvatekstien luokittelu	43
5.5	Kuvien luokittelu sijoittelun mukaan	44
6	Kuva-analyysin tulokset	46
6.1	Yläkoulun oppikirjat	46
6.2	Lukion pakollisen kurssin oppikirjat.....	48
6.3	Lukion syventävän kurssin oppikirjat.....	50
6.4	Tulosten koonti ja aineistosta ilmenevät erot oppikirjakuvien käytössä	52
7	Johtopäätökset	59
8	Keskustelu	63
	Kirjallisuus	67
	Aineistolähteet.....	67
	Lähteet	67
	Liitteet.....	70

1 Johdanto

Kuvat ovat kiistatta merkittävä osa ihmisen kokemusmaailmaa, sillä ihmiset ovat aina käyttäneet kuvia kommunikoidakseen toistensa kanssa. Kvalukutaito on noussut merkittävään rooliin tänä päivänä, jolloin ihmiset jatkuvasti altistuvat valtavalle kuvatulle muun muassa television, internetin sekä kuva- ja aikakauslehtien välityksellä. Kuvista on sisustuksellisten elementtien sijaan tullut yhä enemmän kiinteä osa viestintäämme. Silti kvalukutaidon merkitystä ei vielä ole täysin ymmärretty. [1]

Visuaaliselle ajattelulle löytyy myös fysiologinen selitys. Kaikista aistireseptoreista juuri silmät ovat vahvin informaatiokanava aivoihin. Näköaistiin liittyviä hermosoluja on noin 30 % aivokuoresta, kun taas esimerkiksi kosketukseen liittyviä on 8 % ja kuulemiseen liittyviä ainoastaan 3 %. Ei siis ole ihme, että hahmotamme maailmaa pääosin visuaalisesti. [1]

Nykyään yhteiskunnassa käytetään kuvitusta tekstin tukena enemmän kuin koskaan aikaisemmin. Tämä näkyy myös oppikirjoissa, jotka entisaikojen tekstipainotteisuudesta poiketen pursuavat kuvitusta diagrammien, valokuvien ynnä muiden muodossa. Muutos oppikirjojen sisällössä tapahtui joskus 60- ja 80-lukujen välissä. Lukuisat tutkimukset 80-luvulla osoittivatkin kuvien kehittävän luetun ymmärtämisprosessia. [2]

Oppimateriaali on eräs oppimiseen keskeisesti vaikuttavista tekijöistä, ja voidaan perustellusti sanoa oppikirjan olevan yhä yksi merkittävimmistä oppimateriaaleista kouluissa [3, 4]. Tutkimusten mukaan luonnontieteiden opetus on oppikirjasidonnaisia [5, 6], vaikkakin käytettävä oppimateriaali on laajentunut 2000-luvun edetessä. Uusia oppimateriaaleja on perusteltu esimerkiksi opetuksen yksilöllistämiseksi, havainnollistamisella sekä konkretisoimisella. [3] Myös kuvia käytetään laajasti opetuksessa oppikirjojen ulkopuolella, kuten erilaisten esitysten tukena ja havainnollistuksena [2]. Sähköisten oppimateriaalien yleistymisestä huolimatta oppilaat kohtaavat kuvia suuressa määrin oppikirjojen välityksellä [7]. Opetus tukeutuu vahvasti oppikirjoihin ja muihin kirjallisiin materiaaleihin [3, 4], jotka tarjoavat kontekstin suurimmalle osalle opetuksessa käytetyistä ja oppimiseen osallistuvista kuvista. Kuitenkin sekä oppilaat että

opettajat näyttävät keskittyvän pääosin oppikirjan tekstiin sivuuttaen kuvat, jotka voivat tukea ymmärrystä ja oppimista [8]. Eräs syy tähän voi olla se, että oppilailla on odotettua enemmän vaikeuksia ymmärtää opetuksessa ja oppimateriaaleissa käytettyjä kuvia [9]. Koska kuvat kattavat merkittävän osan myös luonnontieteiden oppikirjoista, opettajien tulisi olla tietoisia niiden vaikutuksesta oppilaisiin ja oppimiseen [6, 7].

Kuvien roolin ymmärtämiseksi luonnontieteiden oppimisessa on tutkittava, millaisia kuvia oppimisen edistämiseksi käytetään [9]. Sillä, miten kuvia käytetään oppikirjoissa, on tärkeä rooli oppilaille välittyvien kokemusten sekä heidän motivaationsa ja opiskeluhaluutensa kannalta. Siksi on tarpeen ymmärtää, miten erilaiset kuvat oppikirjoissa vuorovaikuttavat tekstin kanssa. [8] Oppikirjojen kuvallistumisen myötä oppikirja voidaan nähdä yhä selvemmin multimediaoppimisen materiaalina, jossa tietoa välitetään sekä kuvallisten että sanallisten representaatioiden kautta. Tässä yhteydessä multimediaalla tarkoitetaan eri muodoissa esitettyjen sanojen ja kuvien samanaikaista esittämistä [10].

Tässä tutkimuksessa selvitetään kuva-analyysin keinoin, miten kuvia käytetään tekstin yhteydessä yläkoulun ja lukion fysiikan oppikirjoissa. Aihetta lähestytään määrittämällä, kuinka paljon ja millaisia kuvia fysiikan oppikirjoissa käytetään ja mitkä ovat kuvituksen tehtävät suhteessa oppikirjatekstin esittämään tietoon. Näin on tarkoitus hahmottaa sekä oppikirjakuvien roolia tekstin rinnalla tiedon välittämisessä ja ymmärryksen rakentamisessa että kuvan ja tekstin välistä sisällöllistä yhteyttä, joka on eräs multimediaoppimisen edellytyksistä. Lisäksi tutkitaan, miten kuvan ja tekstin välinen yhteys on lukijan löydettävissä kuvatekstien, kuvien sijoittelun ja kuviin viittaamisen avulla. Lopuksi selvitetään, miten kuvien käyttö oppikirjoissa muuttuu siirryttäessä yläkoulusta lukioon ja edelleen lukion syventäville kursseille. Oppikirjakuvien tutkimusaineiston laajuuden vuoksi tutkimus rajataan fysiikan oppikirjoissa liikettä ja voimaa käsitteleviin kappaleisiin.

2 Multimediaoppiminen

Tässä kappaleessa luodaan ensin lyhyt katsaus oppimiseen ja oppimistyyliin sekä luonnontieteissä vallalla olevaan konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen. Tämän jälkeen siirrytään tarkastelemaan vallalla olevia multimediaoppimisen teorioita ja selvitetään etenkin tekstin ja kuvien välistä vuorovaikutusta oppimisen edistämisen näkökulmasta sekä perusteita kuvien käyttämiselle oppikirjoissa tekstin rinnalla. Multimediaalla tarkoitetaan sanojen, kuten kirjoitetun tekstin tai puheen sekä kuvien, kuten valokuvien, animaatioiden tai videoiden esittämistä samanaikaisesti [10].

Multimediaoppimisessa on näin ollen pohjimmiltaan kyse useiden representaatioiden käytöstä oppimisen edistämiseksi. Representaatiolla tarkoitetaan oliota tai tapahtumaa, jonka tarkoitus on välittää tietoa jostakin toisesta [11]. Ne voidaan jaotella ulkoisiin ja sisäisiin representaatioihin suhteessa ihmismieleen. Ulkoiset representaatiot ovat fyysisesti olemassa, kun taas sisäiset eli mentaaliset representaatiot käsittävät muistin tietoja ja rakenteita. Ulkoiset representaatiot, kuten teksti, puhe tai kuvat ovat aina läsnä ymmärrystä rakentavassa tai jakavassa kommunikoinnissa. [11]

2.1 Oppiminen tietorakenteiden muokkaamisena

Oppiminen on osa ihmisen kasvua, ja oppimisesta on erilaisia käsityksiä. Oppiminen voidaan määritellä ihmisen käyttäytymiseen tulevana pysyvinä muutoksina, jotka juontuvat ihmisen ja ympäristön vuorovaikutuksesta. Oppiminen voi olla tietoisesta opetuksen seurausta tai tahatonta oppimista. Kaikkiaan oppiminen on monitasoinen asia, johon vaikuttavat monet eri tekijät, kuten opiskelija, opettaja sekä oppimateriaalit. Oppiminen voidaan ymmärtää tiedon määrän lisääntymiseksi, mieleen painamiseksi eli muistamiseksi, faktojen, taitojen ja työmenetelmien hankkimiseksi, merkitysten muodostamiseksi tai merkitysten tulkintaprosessiksi. Oppimisen ymmärtämiseksi on muodostettu monia erilaisia oppimiskäsityksiä, mutta mikään oppimisen teoria yksistään ei riitä selittämään opetuksen, opiskelun tai oppimisen monimutkaisuutta. Käsitteet oppimisesta kuitenkin ohjaavat opettamista ja oppimistulosten arviointia. [3]

Luonnontieteiden opetuksessa on jo pitkään ollut vallalla konstruktivistinen oppimiskäsitys. Sen mukaan oppiminen on ”*oppijan aktiivista kognitiivista toimintaa, jossa hän tulkitsee havaintojaan ja uutta tietoa aikaisemman tietonsa ja kokemustensa pohjalta*”. Oppijan jo ennestään tietämät asiat vaikuttavat hänen uuden oppimiseensa, koska hän oppii integroimalla uutta tietoa jo olemassa oleviin tietoihinsa ja taitoihinsa. Opettajan on siksi hyvä olla perillä, mitä oppilaat ennestään kustakin asiasta tietävät. [12] Aktiivista oppimista, jota kutsutaan myös konstruktivistiseksi oppimiseksi, ilmenee oppijan pyrkiessä aktiivisesti ymmärtämään kokemuksiaan [13].

Keskeistä oppimisessa on tietorakenteiden muokkaaminen. Oppiessaan ihminen työstää vastaanottamaansa tietoa eri aistikanavien kautta. Oppiminen on uuden tiedon ja kokemuksen kartuttamista sekä vanhan jo opitun tiedon uudelleen ymmärtämistä. Opiskelija antaa tiedolle oman arvonsa ja merkityksensä sekä rakentaa sisäisiä malleja saadun informaation pohjalta. [14] Lisäksi oppiminen on aina tilannesidonnaista vuorovaikutuksen tulosta. Oppiminen liittyy toimintaan ja palvelee toimintaa. Siksi oppilaita on innostettava etsimään uusia ratkaisuja vanhoihin ongelmiin. Olennaista on, että oppijassa heräävät omiksi koetut, opittavaan asiaan liittyvät kysymykset, oma kokeilu, ongelmanratkaisu ja ymmärtäminen. Oppiminen on nimenomaan oppijan oman toiminnan tulosta. [3]

2.2 Aistipohjaiset oppimistyyli

Pohjimmiltaan oppimisessa on aina kyse aistihavaintojen hahmottamisesta [15]. Ihmiset oppivat eri tavoin ja omaavat erilaisia oppimistyyliä. Oppimistyyllillä tarkoitetaan tapaa, jolla ihminen vastaanottaa, prosessoi ja palauttaa mieleen informaatiota ja havainnoi ilmiöitä. [14] Ihmisen kuudesta aistista informaation muistiin painamiseen ja oppimiseen eniten vaikuttavat näkö-, kuulo-, kosketus- ja liikeaisti [16]. Eri oppimistyyliä hyödyntävät eri aistikanavia, ja ne voidaan jakaa neljään ryhmään. *Visuaalinen* oppija oppii parhaiten näköaistin avulla, ja kykenee muistamaan parhaiten visuaalisesta materiaalista, kuten kuvista ja tekstistä opittuja asioita. *Auditiivisesti* eli kuuloaistin avulla oppiva ihminen taas pystyy oppimaan helpoiten puhuttua kieltä kuulemalla ja prosessoimalla asioita ääneen. *Kinesteettinen* oppiminen perustuu tekemisen

ja toiminnan kautta oppimiseen. He oppivat kokeilemalla hyvinkin omatoimisesti ja itseohjautuvasti. Neljäs ryhmä on *taktiiliset* oppijat, jotka oppivat käsin koskettamisen ja itse käsillä tekemisen kautta. [14, 16]

Eri aistitiedon käsittelykeskukset kehittyvät aivoissa jokaisella ihmisellä omaan tahtiin, mutta yleensä lapset oppivat aluksi kinesteettisesti ja seuraavaksi taktiilisesti. Noin 8-vuotiaana joillakin lapsilla kehittyy voimakkaasti visuaalisia taipumuksia, jolloin tietoa omaksutaan ympäristöä havainnoimalla. 11-vuoden iässä kehittyy auditiivinen oppiminen. Useimmat kouluikäiset lapset oppivat vastoin monien opettajien luuloa paremmin kinesteettisesti ja taktiilisesti kuin visuaalisesti tai auditiivisesti. Etenkin perinteinen yliopisto-opiskelu ja aikuiskoulutus perustuvat vahvasti kuulo- ja näköaistiin. Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan noin 40 % kouluikäisistä oli taipumuksiltaan visuaalisia. [16]

Visuaaliset oppijat voidaan jakaa kahteen joukkoon, visuaalisiin analyttikoihin ja visuaalisiin holistikoihin. Visuaaliset analyttikot muistavat sanat ja numerot, kun taas visuaaliset holistikot muistavat paremmin kuvat, piirrokset, graafiset esitykset ja symbolit. Tietoa omaksutaan siis erilaisten modaliteettien kautta, mutta tiedon palauttaminen mieleen ei välttämättä tapahdu samaa reittiä. Visuaalinen oppija saattaa tiedon mieleen palauttamisessa käyttää näköaistin sijaan esimerkiksi kehon liikkeitä ja kosketusaistia. [16]

2.3 Visuaalisen ja verbaalisen informaation kanavat

Kuvien suurta potentiaalia oppikirjatekstin selittäjänä voidaan selittää ihmisaivojen erillisillä eri informaatiomuotoja työstävillä kanavilla. Howard Gardner esitti tämän ajatuksen vuonna 1983 tutkimuksessaan, jonka mukaan aivoista voidaan erottaa ainakin kahdeksan erilaista ”älykkyyttä”, kuten kielellinen, matemaattinen, musikaalinen ja visuaalinen. Hänen mukaansa ihmisen todellinen älykkyys on näiden ”älykkyysien” sekoitus, ja oppiminen tehostuu käytettäessä useampia kanavia samanaikaisesti. Tällöin myös kuvien yhdistäminen kirjoitetun tekstin kanssa voi auttaa oppilasta palauttamaan mieleen lukemansa teksti. [1]

Vuonna 1986 Allan Paivio toisti Gardnerin ajatuksen kaksoiskoodausteoriassaan (dual-coding theory), jonka mukaan visuaalinen ja verbaalinen informaatio käsitellään aivoissa erillisissä aisti- ja tietokanavissa. Hänen mukaansa aivoissa on itsenäiset mutta keskenään vuorovaikuttavat järjestelmät, joiden välillä kielelliset rakenteet ja visuaaliset representaatiot liikkuvat. Kun sama informaatio esitetään aivoille kahta eri lähdettä, kuten tekstiä ja kuvaa käyttäen, aivot myös käsittelevät informaatiota molemmissa aistikanavissa ja molempia informaatiomuotoja hyödyntäen. [1, 17] Näin visuaalisen ja verbaalisen tiedon yhdistäminen tukee oppimista ja tiedon omaksumista. Paivion teoria tarjoaa tärkeän näkökulman siihen, miten näköaistimus vaikuttaa muistiin ja kuinka kuvitusta voidaan käyttää oppimisen ja ymmärryksen edistämiseen. [18]

Ajatus verbaalisen ja kuvallisen informaation yhteisvaikutuksesta selittää lukuisissa tutkimuksissa saatuja havaintoja, joiden mukaan oppilaat oppivat paremmin tekstin ja kuvien avulla kuin pelkän tekstin avulla [19]. Se ei kuitenkaan selitä, miten kuvat tukevat tekstin ymmärtämistä, vaan hahmottaa lähinnä syytä kuvien kykyyn tehostaa muistamista ja tiedon prosessointia. Kuvien käyttöä tekstin ymmärtämisen tukena on tutkittu melko vähän, vaikka tekstin ja kuvien ymmärtäminen on ihmisen kognitiivisen järjestelmän perustoiminto nyky-yhteiskunnassa. Suurin osa näistä tutkimuksista on käsitellyt kuvitetun tekstin muistettavuutta. Tähänastisissa tutkimuksissa on kuitenkin havaittu kuvien tukevan ymmärtämistä silloin, kun yksilöllä on alhaiset lähtötiedot mutta korkeat kognitiiviset kyvyt ja kun teksti ja kuvat liittyvät sisällöllisesti toisiinsa sekä ovat selittäviä ja esitetty tilallisesti tai ajallisesti lähekkäin. [17]

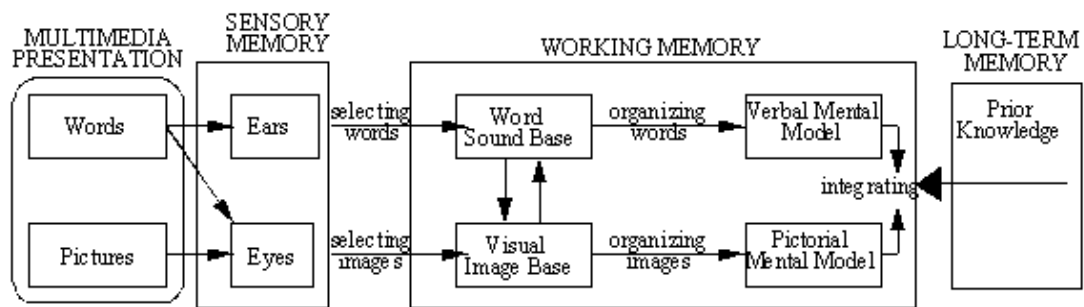
2.4 Multimediaoppimisen kognitiivinen teoria

Lukuisat havainnot verbaalisen ja kuvallisen informaation yhteisvaikutuksesta oppimisen edistämisessä johtivat Richard E. Mayerin [20] kehittämään multimediaoppimisen kognitiivisen teorian (cognitive theory of multimedia learning). Teoriassaan hän on kehittänyt Paivion ajatuksia selvittäen, kuinka sanojen ja kuvien käyttö syventää ymmärrystä ja tehostaa oppimista [17, 20]. Hedelmällinen oppimateriaalin laadinta perustuu tietämykseen ihmisen kognitiivisista toiminnoista ja rakenteista sekä näiden rakenteiden järjestäytymisestä tiedolliseksi

rakennelmaksi. Esimerkiksi työmuistin rajallisuuden sivuuttavat oppimateriaalit aiheuttavat opiskelijoille ylimääräistä kognitiivista kuormaa. [21]

Mayer perustaa teoriansa ajatukselle, jonka mukaan tarkoituksenmukaiseen oppimiseen johtavat todennäköisemmin oppimateriaalit, joiden suunnittelussa ihmismielen toimintatavat on huomioitu. Teorian lähtökohtana on, että ihmisen tiedonprosessointijärjestelmässä on omat kanavat sekä visuaalis-kuvallisen että auditiivis-verbaalisen tiedon käsittelemiseen ja että näiden kanavien kapasiteetti on rajallinen. Informaatio voi liikkua eri aistikanavien välillä synnyttäen eri kanavissa prosessoitavia representaatioita, vaikka alkuperäinen informaatio olisi peräisin vain yhdestä lähteestä. Kapasiteetin rajallisuus perustuu työmuistin kykyyn säilyttää kerrallaan vain muutamia alkuperäistä materiaalia heijastelevia komponentteja. Lisäksi Mayer esittää, että oppiminen edellyttää hallittujen tiedollisten prosessien läpikäymistä oppimisprosessin aikana, mitä tukemaan oppimateriaalit tulee suunnitella. [20]

Kuvassa 1 on havainnollistettu kaaviokuvan avulla teorian esittämää oppimisprosessia. Se perustuu informaation käsittelyyn aistitasolla ja kognitiivisella tasolla. Aistitaso käsittää tiedon siirtymisen aistikanavien kautta työmuistiin, kun taas kognitiivisella tasolla informaatiota työstetään työmuistin sisällä ja vaihdetaan pitkäaikaismuistin kanssa [19]. Tekstin ja kuvien ymmärtäminen on tehtäväkeskeistä mentaalisten representaatioiden rakentamista [17]. Muodostaakseen yhtenäisen representaation kokemuksistaan ihmisen on aktiivisesti osallistuttava kognitiiviseen prosessointiin. Hänen on keskityttävä, organisoitava uutta tietoa ja liitettävä se osaksi aikaisempaa tietämystään. [20] Multimediaoppimista tapahtuu, kun ihminen käyttää tiedonlähteinä olevia ulkoisia representaatioita konstruoidakseen oppiaineksesta työmuistissa sisäisiä, mentaalisia representaatioita, jotka hän tallettaa pitkäaikaismuistiinsa [19].



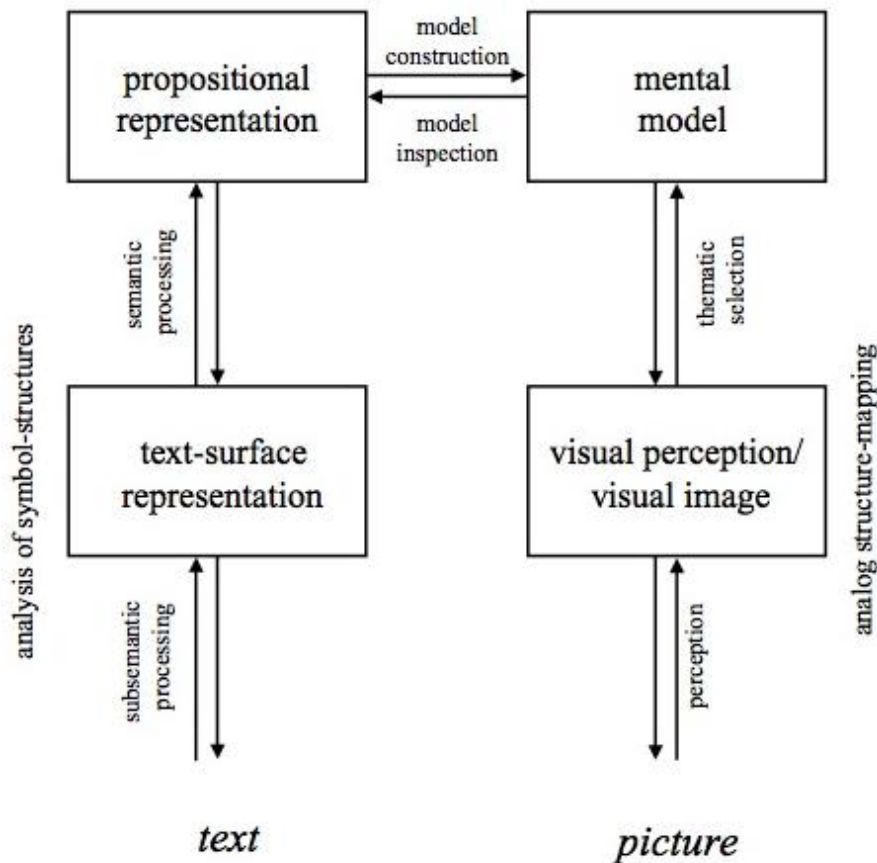
Kuva 1: Mayerin multimediaoppimisen malli [20]

Haasteena oppikirjojen kaltaiselle materiaalille on teorian mukaan se, että sekä kirjallinen teksti että kuvat vastaanotetaan visuaalisen aistikanavan kautta. Tällöin kirjoitettu teksti joutuu kilpailemaan käsiteltävän kuvan kanssa kanavan kapasiteetista. Lisäksi kirjoitetun tekstin prosessointi osoittautuu teorian mukaan mutkikkaaksi, koska visuaalisen kanavan kautta valitut sanat on äännettävä mielessä niiden saamiseksi verbaalisen ja auditiivisen työmuistin puolelle. Tämän jälkeen ne prosessoidaan puhuttujen sanojen tavoin. [20]

Vaikka Mayerin lähestymistapa selittää erilaisia multimediaoppimistilanteita ja ennustaa monia kokeellisia havaintoja multimediaoppimisesta, se ei tarjoa riittävän vahvaa perustaa kirjapohjaisen eli kirjoitettua tekstiä ja kuvia hyödyntävän multimediaoppimisen ymmärtämiselle. Siinä ei huomioida oikein eri signaalijärjestelmiä, jotka ovat tekstien ja kuvien perustana, eikä tunnisteta representaatioiden periaatteiden perustavanlaatuisia eroja. [17]

2.5 Tekstin ja kuvan ymmärtämisen kokonaisvaltainen malli

Tekstit ja kuvat perustuvat erilaisiin merkkijärjestelmiin. Tekstit ovat kuvailevia representaatioita, jotka koostuvat symboleista, kun taas kuvat ovat kuvamaisista merkeistä koostuvia jäljitteleviä representaatioita. Kuvamaiset merkit voidaan yhdistää kuvaamaansa sisältöön yleisten rakenteellisten ominaisuuksien kautta, kun taas mielivaltaiset symbolit, kuten kirjaimet liittyvät sisältöön muodostaessaan yhtenäisiä kokonaisuuksia. Jakoa kuvaileviin ja jäljitteleviin representaatioihin voidaan soveltaa ulkoisten representaatioiden lisäksi myös sisäisiin, mentaaliin representaatioihin, joita rakentuu työmuistissa tekstin ja kuvan ymmärtämisprosessissa. [17] Tätä prosessia on havainnollistettu kuvassa 2.

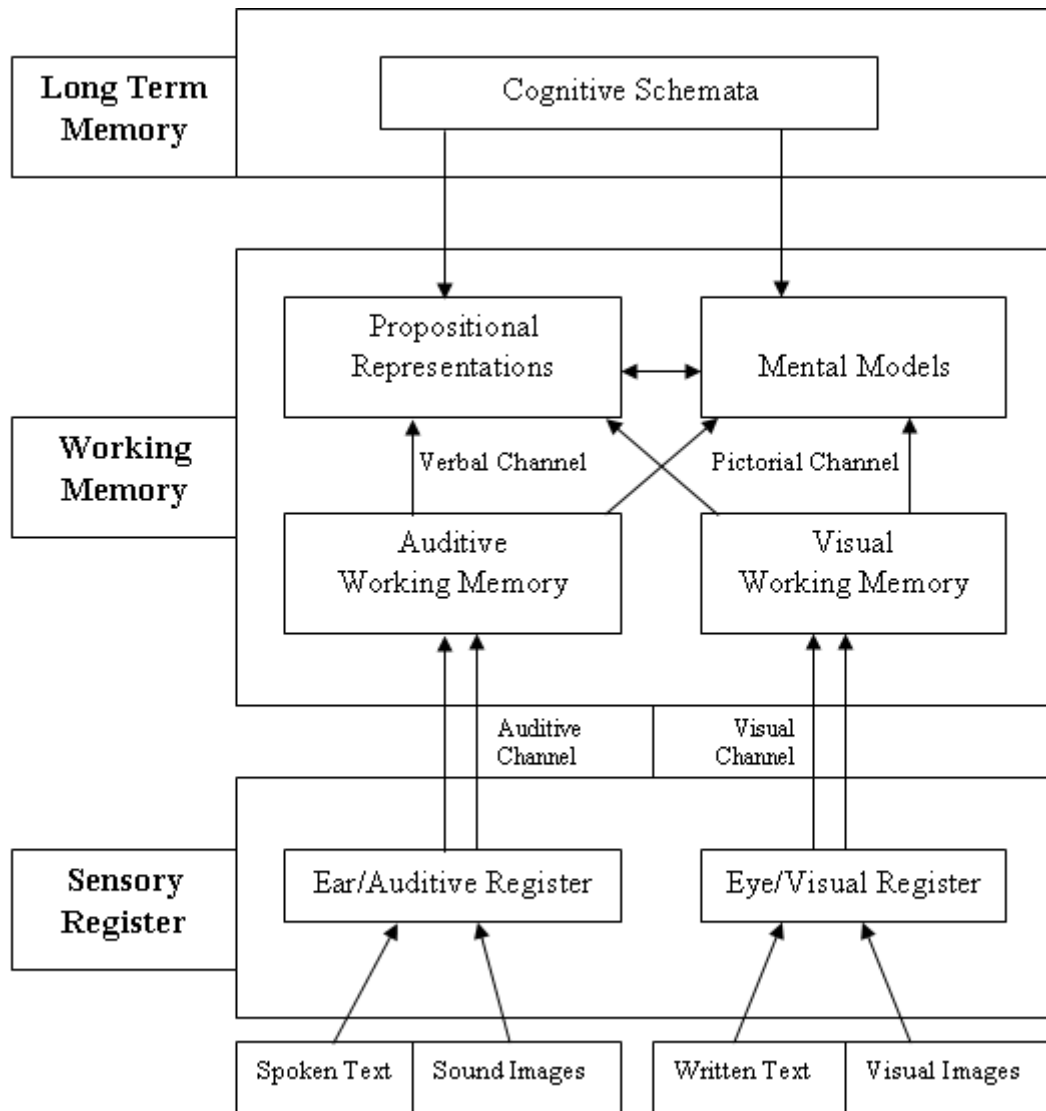


Kuva 2: Kuvaileva ja jäljittelevä representaatiokanava tekstin ja kuvan ymmärtämisprosessissa [19]

Näistä lähtökohdista Wolfgang Schnotz [17, 19] on esittänyt oman teoriansa multimediaoppimisesta nimenomaan tekstin ja kuvien ymmärtämisen näkökulmasta. Schnotzin mallin mukaan tekstin lukija rakentaa tekstin pintarakenteesta mentaalisen representaation, joka sisältää tekstin kielellistä informaatiota, kuten erityisiä sanoja ja fraaseja. Tästä semanttisesta sisällöstä muodostuu propositio-representaatio, josta lopulta rakentuu mentaalinen malli tekstissä kuvatusta asiasta. Vastaavasti kuvan lukija muodostaa ensin aistihavainnon kautta visuaalisen mentaalisen representaation kuvan ulkoisista piirteistä, mistä hän rakentaa mentaalisen mallin ja propositio-representaation kuvassa esitetystä asiasta. [17] Sekä tekstiä että kuvaa on ymmärrettävä pinta- ja syvätasolla [22]. Nämä prosessit perustuvat kognitiivisten alueiden välisiin vuorovaikutuksiin, joilla on sekä tietoa valikoiva että organisoiva tehtävä [17]. Näitä vuorovaikutuksia on havainnollistettu nuolilla kuvan 2 kaaviossa.

Mentaalista mallia työstetään edelleen uuden informaation kertyessä työmuistiin propositio-representaatioiden muodossa. Mentaalisen mallin ja propositio-representaation välillä onkin jatkuva vuorovaikutus. [17] Toisaalta mentaalinen malli voi rakentua propositio-representaatiosta ja toisaalta osa tiedosta voi karsiutua pois, kun mallia tarkastetaan propositio-representaation suhteen. Tekstipohjaisen multimediaoppimisen tapauksessa kuvan informaatiosta muodostettua mentaalista mallia työstetään tekstin informaatiosta muodostetun propositio-representaation avulla, jolloin molemmat ulkoiset representaatiot vaikuttavat lopullisen mentaalisen mallin rakentumiseen. [23]

Schnotzin multimediaoppimisen malli on esitetty laajemmin kuvassa 3. Toisin kuin Mayerin teoriassa, hänen esittämässään tekstin ja kuvan ymmärtämisen kokonaisvaltaisessa mallissa (integrated model of text and picture comprehension) ajatellaan verbaalista informaatiota käsiteltävän myös muissa kuin työmuistin auditiivisessa kanavassa. Lisäksi kaiken visuaalisen informaation ei ajatella välittyvän visuaalista kanavaa pitkin tai prosessoituvan visuaalisessa työmuistissa. Schnotzin malli erottaa työmuistin aistitasolle tulevat havaintokanavat kognitiiviselle tasolle vievistä representaatiokanavista. Tällöin eri aistikanavista saapuvan informaation on mahdollista vuorovaikuttaa heti kognitiiviselle tasolle siirryttäessä. Samansuuntainen erottelu on havaittavissa myös Mayerin mallissa, jossa työmuistin ensimmäisen osan sana-äänitaso sekä kuvatase vastaavat aistitasoa ja verbaalinen ja kuvallinen mielikuvamalli kognitiivista tasoa. Molemmat mallit myös tekevät yhtenevän oletuksen kuvallisen ja verbaalisen materiaalin yhdistymisestä työmuistissa. Schnotzin teoriassa kognitiiviselle tasolle johtavat informaatiokanavat kuitenkin haarautuvat enemmän kuvaten kattavammin erilaisia multimedialoppimistilanteita. Esimerkiksi äänen tai auditiivisen kuvan ymmärtämisprosessissa informaatio rekisteröityy työmuistiin auditiivisen kanavan välityksellä ja etenee kognitiiviselle tasolle kuvallisen kanavan kautta. [19]



Kuva 3: Schnotzin multimediaoppimisen malli [19]

Mallit eroavat myös siinä, että Mayer esittää tekstiä ja kuvia sisältävästä materiaalista syntyvän kaksi mentaalista mallia, sekä verbaalisen että kuvallisen, jotka on integroitava keskenään ja aikaisemman tietämyksen kanssa [19, 23]. Konstruktivistista oppimista tapahtuu, kun oppilas valikoi olennaisen verbaalisen ja visuaalisen materiaalin, organisoii niistä verbaalisen ja visuaalisen mentaalisen mallin ja integroi nämä keskenään ja aikaisempien tietojensa kanssa [13]. Schnotzin mallissa sen sijaan syntyy vain yksi mentaalinen malli, joka yhdistelee eri työmuistin aistitasoista saatavaa informaatiota heti kognitiiviselle tasolle siirryttäessä. Tätä mentaalista mallia työestetään edelleen kognitiivisella tasolla vaihtoehtoisiiin representaatioihin ja oppijan aikaisempiin tietoihin integroimalla. [19] Oppiminen on tiedon vaihtelua pitkäaikaismuistissa ja ymmärrys kykyä

prosessoida tarpeellinen informaatio yhtäaikaaisesti työmuistissa [21]. Oleellista on, että oppilas pystyy luomaan tekstin ja kuvien avulla käsitellystä asiasta mentaalisen mallin, jolloin hän ei pelkästään muista asiaa, vaan on myös ymmärtänyt sen [22].

Mayerin teorian tavoin myös Schnotzin mallista ennustaa visuaalisen kanavan ruuhkautumisen tutkittaessa kirjoitettua tekstiä ja kuvia samanaikaisesti. Mayerin mallin tapaan informaation käsittely nähdään hyvin selektiivisenä silmän keskittyessä kerrallaan vain toiseen representaatioon. Koska kaikki informaatio siirtyy työmuistiin visuaalisen kanavan välityksellä, tiedonsaanti on hitaampaa kuin esimerkiksi puhetta ja kuvia tutkiessa. Lisäksi visuaalinen työmuisti ruuhkautuu. Tämä selittää, miksi esimerkiksi puhepohjaisen multimediaoppimisen on todettu olevan tehokkaampaa kuin tekstipohjaisen. Silloin vältetään visuaalisen kanavan ruuhkautuminen, kun osa informaatiosta päätyy työmuistiin auditiivisen kanavan kautta. [19] Lisäksi työmuistin kognitiivinen kuormitus on vähäisempää, kun myös auditiivinen työmuisti osallistuu tiedon prosessointiin [24]. Tällöin eri kanavien kautta saatu informaatio prosessoituu yhteiseksi mentaaliseksi malliksi helpommin kuin tekstin tapauksessa [19].

2.6 Tekstipohjaisen multimediaoppimisen vahvuuksia ja vaatimuksia

Puhepohjaisen multimediaoppimisen paremmuus suhteessa tekstipohjaiseen on todettu lukuisissa tutkimuksissa, ja sitä kutsutaan modaaliteettiperiaatteksi [25]. Tästä huolimatta puheen käyttäminen kirjoitetun tekstin tilalla ei aina takaa parempaa ymmärrystä. Visuaalisen kanavan ruuhkautumisen merkitys heikkenee, jos oppimateriaalissa ei käytetä liikkuvaa kuvaa tai oppimisprosessi ei ole ajallisesti rajoitettu. Lisäksi kirjoitetun tekstin kognitiivinen prosessointi on puhetta kontrolloidumpaa, sillä tekstiin voi aina palata uudestaan. Näin voidaan vähentää työmuistin kognitiivista kuormaa. [19, 25] Tämä korostuu, kun asiasisältö on vaikeasti ymmärrettävää, eikä modaaliteettiperiaate tällöin päde [19, 24]. Siksi tekstipohjainen multimediaoppiminen voi johtaa puhepohjaista multimediaoppimista parempiin oppimistuloksiin itsenäisen, ajallisesti rajaamattoman opiskelun tapauksessa [9, 25].

Oppilaat voivat oppia paremmin tekstistä ja kuvista kuin pelkästä tekstistä visuaalisen kanavan kapasiteetin kilpailusta huolimatta, jos niiden välillä on merkityksellinen yhteys ja ne on esitetty ajallisesti tai tilallisesti lähekkäin. Tällöin oppilaat pystyvät paremmin yhdistämään kuvien ja tekstin esittämiä tietoja. [9, 13, 19] Molemmat voivat vaikuttaa yhteisen mentaalisen mallin muodostumiseen vain, jos tekstistä ja kuvasta saadut tiedot ovat yhtäaikaisesti työmuistin käytettävissä [13, 19]. Työmuistin kapasiteetti on vain noin seitsemän tietoelementtiä, ja se pystyy yhdistelemään, vertaamaan ja muokkaamaan vain muutamaa elementtiä kerrallaan. Uuden informaation kohdalla tämä kapasiteetti kutistuu entisestään. Lisäksi informaatio katoaa työmuistista nopeasti – noin 20 sekunnissa. [21] Tästä johtuen teksti ja kuvat on mahdollisuuksien mukaan esitettävä aina yhdessä, sillä läheinen tilallinen kontakti tekstin ja kuvan välillä kasvattaa työmuistissa keskenään vuorovaikuttavan verbaalisen ja kuvallisen informaation määrää [19].

Luonnontieteiden opiskelussa erilaisten kausaalisten systeemien tarkastelu on hyvin yleistä. Mentaalisen mallin rakentuminen pelkästä tekstistä täytyy tapahtua propositio-representaation kautta, jolloin se ei välttämättä vastaa riittävästi tarkastellun kausaalisen systeemin avaruudellista rakennetta, mikä voi olla haitallista systeemin toimintojen ymmärtämisen kannalta. Aikaisemmin kuvatun Schnotzin multimediaoppimisen mallin mukaan kuvat tarjoavat vaivattomamman tien kausaalisen systeemin avaruudellisia rakenteita käsittävän mentaalisen mallin rakentumiseen. Toisaalta teksti sopii hyvin tiedon ilmaisemiseen yleisellä tai abstraktilla tasolla, kuten esimerkiksi kausaalisen systeemin toimintojen kuvaamiseen. Tekstipohjaisessa multimediaoppimisessa teksti ja kuvat toimivat toisiaan täydentäen ja vaikuttavat yhdessä kokonaisvaltaisen mentaalisen mallin rakentumiseen. [23]

2.7 Useiden representaatioiden käytön hyödyt fysiikan oppimisessa

Luonnontieteissä tieteellisen tiedon hankkimiseen ja välittämiseen käytetään monenlaisia representaatioita. Niin visuaalisia, verbaalisia kuin numeerisiakin representaatioita hyödynnetään luonnontieteiden tutkimuksessa sekä tiedon että käsitteiden kommunikoinnissa asiantuntijoiden ja oppilaiden kesken. Luonnontieteelliselle tiedolle on ominaista useiden eri representaatioiden

käyttö, sillä esimerkiksi teksti, yhtälö tai graafi kommunikoi oikein käytettynä jotain sellaista, mitä muilla representaatioilla ei pystytä yhtä hyvin havainnollistamaan. [26] Luonnontieteiden oppiminen voidaan nähdä luonnontieteen puhumisen ja sujuvan keskustelutaidon oppimisena, missä ulkoisilla representaatioilla on merkittävä rooli, sillä ne ovat olennainen osa luonnontieteen kieltä [11].

Pohjimmiltaan *”fysiikan oppiminen on oppilaan käsitteenmuodostusta”* ja luonnonilmiöiden sekä ympäristön paloittain kasvavaa käsitteellistä hallintaa. Koska fysiikan opetuksen päätavoite on luonnonilmiöiden ymmärtäminen luonnonlakien avulla, teorioita, suureita ja niiden välisiä yhteyksiä hahmottava käsitteenmuodostus on oppimisen kannalta keskeisessä asemassa. Abstraktimpien ja yleisempien käsitteiden luominen sekä laajempien rakenteellisten yhteyksien hahmottaminen ovat keskeisiä fysiikan tietorakenteissa. [15]

Käsitteet on liitettävä opetukseen oikeassa järjestyksessä siten, että ne perustuvat aikaisemmin opetettuihin sekä tähtäävät myöhemmin opetettaviin asioihin, sillä fysiikan oppiminen on käsitteiden muodostaman kokonaisuuden rakentumista. Opettajan on nostettava esiin käsiteltävän asian kannalta merkittävät käsitteet ja autettava oppilasta ymmärtämään uuden asian yhteys aikaisemmin opittuun tietoon. Tällöin oppilas pystyy liittämään uuden tiedon osaksi aikaisempaa käsitteiden verkkoa. [7, 15]

Useiden representaatioiden käyttö tukee konstruktivistisen oppimisympäristön muodostumista [27] s.26. Useat tutkimukset vahvistavat useiden representaatioiden käytön tukevan luonnontieteiden oppimista ongelmanratkaisun ja käsitteellisen ymmärtämisen osalta. Ne parantavat fysiikan ongelmien ymmärtämistä, auttavat yhdistämään verbaliset ja matemaattiset representaatiot sekä auttavat oppilaita kehittämään kuvia, jotka tarjoavat matemaattisille symboleille merkityksen. Tutkijoiden mukaan fysiikan opetuksen tärkeä tavoite onkin auttaa oppilaita konstruoimaan fysikaalisten prosessien useita representaatioita ja liikkumaan näiden representaatioiden välillä. [11]

Useiden representaatioiden avulla voidaan tukea ymmärtämistä, koska jokainen representaatio sekä rajaa että työstää muiden representaatioiden antamaa informaatiota [9, 11, 19]. Lisäksi ne auttavat syvemmän ymmärryksen saavuttamisessa, kun oppija integroi eri representaatioista saamaansa informaatiota [11]. Näillä prosesseilla on kuitenkin rajansa, sillä representaatioiden määrän kasvaessa on mahdollista, että niiden ymmärrystä lisäävä vaikutus hukkuu kognitiivisen prosessoinnin tarpeeseen. Tällöin oppija keskittyy vain joihinkin valitsemiinsa tietolähteisiin ja hylkää muut. Tämä selittää, miksi oppilaat usein hylkäävät tietolähteitä opiskellessaan itsenäisesti. Siksi asiaankuulumattomien representaatioiden käyttöä on vältettävä ja tekstin tukena käytettävät kuvat on liitettävä tekstiin asiasisällön kautta. [2, 13, 19]

3 Kuvat oppikirjan osana ja tutkimuskohteena

Tässä kappaleessa tarkastellaan kuvan suhdetta oppikirjaan ja kartoitetaan, millaisia kuvia oppikirjat sisältävät ja mitä tehtäviä näillä kuvilla oppikirjassa on. Koska oppimateriaalin merkitys oppimisessa on suuri [22], on tärkeää tarkastella myös kuvien kykyä tukea oppikirjasta oppimista ja hedelmällisen kuvien käytön vaatimuksia. Lisäksi luodaan katsaus oppikirjakuvien tutkimukseen ja aikaisempiin luonnontieteiden oppikirjakuvien tutkimuksiin.

Oppikirjat rakentuvat tekstin, kuvien ja tehtävien varaan [28]. Kuvien merkitystä oppikirjoissa voidaan kuitenkin pitää monesta syystä ristiriitaisena. Toisaalta niiden merkittävä potentiaali asioiden selittämisessä tunnustetaan, mutta toisaalta opetuksessa niitä käytetään usein lisäelementteinä – joskus vain somistavien tarkoituksin. Vastaavasti oppilaat pitävät kuvia sisältäviä oppikirjoja pelkkää tekstiä sisältävää parempana, vaikka oppikirjoja lukiessaan he tutkivat kuvia lähinnä pintapuolisesti. [6] Tästä huolimatta kuvien merkitys ja asema oppikirjoissa on vakaa, ja niiden määrä oppimateriaaleissa on kasvanut jatkuvasti [22, 29, 30]. Oppikirjoja käyttävät opettajat ovatkin viime vuosien aikana toivoneet oppikirjakuvituksessa panostettavan enemmän kuvien laatuun kuin määrään [30].

3.1 Kuvat osana oppikirjaa

Kuvan pitkä historia tiedon ja tunteiden kertojana yltyä aina kivikauden luolamaalauksista nykypäivän erilaisiin liikkuvaan kuvan muotoihin. Myös oppikirjakuvituksella on takanaan mittava historia, sillä ensimmäisenä kuvitettuna oppikirjana pidetty Comeniuksen latinankielinen kirja *Orbis sensualium pictus* on peräisin vuodelta 1658. [31]

Tänä päivänä oppikirjat sisältävät monenlaisia nelivärikuvia [31]. Suurin osa oppikirjojen kuvista on erilaisia piirroksia, valokuvia ja graafisia esityksiä. Valokuva kuvaa tarkimmin fyysikaalista todellisuutta. [8] Tästä huolimatta se ei läheskään aina ole havainnollistavin kuvatyyppe, sillä oppimisen tehokkuus ei välttämättä parane kuvan realistisuuden lisääntyessä [32]. Pelkistetyn, vähemmän informaatiota ja epäoleellisia vihjeitä sisältävän kuvan synnyttämät aistikokemukset

siirtyvät todennäköisemmin osaksi aiempia tietorakenteita [31]. Esimerkiksi piirroksen avulla kuvattavasta kohteesta voidaan karsia kaikki asiaan kuulumaton ja esittää ainoastaan oleelliset elementit, mikä voi edesauttaa kuvan tarkoituksen täyttymistä. Luonnontieteiden oppikirjoissa kuvien käyttö painottuu vahvasti valokuvien ja luontoa kuvaavien piirrosten käyttöön, kun taas asiantuntijoiden keskuudessa käytetään paljon myös abstraktimpia representaatioita, kuten graafeja ja kaavoja. Tämä voi johtua siitä, että valokuvilla ja piirroksilla on enemmän tarttumapintaa kouluoppilaiden keskuudessa kuin graafeilla ja kaavoilla, jotka ovat usein oppilaiden ymmärryksen tavoittamattomissa. [8] Valokuva- ja piirrospainotteisen kuvituksen avulla oppikirjan sisältöjä voidaan lähentää lukijan arkikokemusten ja -tiedon kanssa, kun taas graafit ja muut abstraktimmat kuvat esittävät sisältöjä lähempänä asiantuntijatieta lähentäen oppikirjan sisältöjä luonnontieteille ominaisen kielen ja ilmaisan kanssa [33].

Oppikirjassa kuvia käytetään useisiin eri tarkoituksiin. Eräs kuvien rooli on toimia havaintojen sijaisena. Kuva ei korvaa aitoa kokemusta tietystä asiasta, mutta voi toimia korvikkeena. Oppimista ajateltaessa on huomionarvoista, että kuvista on tekstiin verrattuna mahdollisuus tehdä välittömiä havaintoja kyseessä olevasta asiasta. Tällainen suoran havainnoinnin mahdollisuus helpottaa muistamista. [32] Kuvien avulla havainnollistetaan monia muuten vaikeasti ymmärrettäviä, abstrakteja ja paljaalle silmälle näkymättömiä asioita, kuten esimerkiksi DNA:n tai atomin rakennetta [7, 29]. Lisäksi niiden avulla voidaan hahmottaa toisistaan erillisiltä vaikuttavien asioiden välisiä yhteyksiä tarkastelemalla asioita yhtäaikaisesti kuvan muodossa. Yksi esimerkki tästä on alkuaineiden jaksollinen järjestelmä. [29]

Kuvien ei kuitenkaan ole tarkoitus vain kuvata luontoa ja fyysistä todellisuutta havaintojen puuttuessa, vaan myös ilmaista ajatuksia ja asioiden välisiä yhteyksiä [26]. Opetuksessa kuvien käytön tavoitteena on kuvallisen sanoman tietoinen ja kokemuksellinen ymmärtäminen [31]. Toinen kuvituksen tarkoitus onkin toimia jotain sanomaa välittävänä viestintävälineenä. Tällöin kuvituksen lähtökohtana on aina kuvan ja tekstin suhde. Parhaimmillaan kuvat ja teksti muodostavat yhdessä kokonaisuuden, jossa ne täydentävät ja rikastavat toisiaan, jolloin kumman tahansa irrottaminen tästä kokonaisuudesta voi johtaa vääristyneeseen käsitykseen käsiteltävästä asiasta. Teksti ja kuva ovat useimmiten joko osittain tai kokonaan päällekkäisiä

viestien samaa sanomaa. Tekstin ja kuvituksen mahdollisimman suuri vastaavuus ei kuitenkaan ole aina paras kuvituksen ja tekstin suhde, vaan ”*kuvan toteutus on aina valittava pragmaattisen tavoitteen mukaan*”. [32] Toisaalta teksti ohjaa kuvan lukemista, sillä kuva itsessään on usein monitulkintainen. Samanaikaisesti tekstistä itsestään kuitenkin puuttuu jotain, minkä kuva tarjoaa. [8] Kuvien avulla voidaan laajentaa lukijan käsityksiä, sillä kuvat itsessään luovat ja täydentävät merkityksiä [32]. Niiden avulla on helppoa välittää tietoa myös alhaiset lähtötiedot omaavalle yleisölle [29]. Kuvituksen käyttäminen hyödyttääkin eniten heikkotasoisia oppijoita [2, 31, 32].

3.2 Kuvien tehtävät oppikirjoissa

Kuvia voidaan käyttää moniin tarkoituksiin, kuten huomion herättäjinä, esteettisinä tekijöinä tai tiedonvälittäjinä. Useimmiten kuvituksen eri tehtävät kietoutuvat toisiinsa ja painottuvat sen mukaan, mikä on viestintätarkoitus. [32] Karkeasti kuvituksen tehtävät voidaan jaotella kognitiivisiin ja affektiivisiin tehtäviin. Kognitiivisia tehtäviä ovat tarkkaavaisuuden suuntaaminen, muistisuorituksen parantaminen ja ymmärtämisen helpottaminen, kun taas affektiivisiin tehtäviin kuuluu tunteiden herättäminen ja ylläpito sekä asenteisiin vaikuttaminen. Nämä tehtävät eivät ole toisiaan poissulkevia, ja kuva voikin toimittaa samanaikaisesti useaa eri tehtävää. Lisäksi kuvan tehtävät voivat vaihdella kontekstin, tavoitteiden ja kohderyhmän mukaan. [31]

Kaikki erilaiset oppikirjakuvituksen funktiot voidaan nähdä tarkennuksina edellä mainituihin kognitiivisiin ja affektiivisiin tehtäviin [31]. Erilaisia ja osittain ristiriitaisiakin kuvien tehtävien luokitteluja on hyvin paljon [31], ja tässä esitellään kaksi tämän tutkimuksen kannalta hyödyllistä luokittelua.

Carney ja Levin [2] ovat luokitelleet luonnontieteen oppikirjakuvat viiteen eri ryhmään niiden tekstin prosessointia tukevan tehtävän mukaan. *Somistava* (decorational) kuva yksinkertaisesti somistaa sivua ilman merkittävää yhteyttä tekstin sisältöön. Se voi tehdä tekstistä houkuttelevamman, mutta tukee vain vähän jos ollenkaan tekstin sisällön ymmärtämistä, soveltamista tai muistamista. *Esityksellinen* (representational) kuva peilaa koko tekstin tai sen

osan sisältöä ollen yleisin oppikirjoissa käytetty kuvatyyppejä. *Organisoiva* (organizational) kuva puolestaan tarjoaa hyödyllisen rakenteellisen viitekehyksen tekstin sisällön esittämiseen. *Tulkitseva* (interpretational) kuva selventää ja havainnollistaa tekstisisällön vaikeita ja abstrakteja asioita. *Muuttavan* (transformational, mnemonic) kuvan tarkoitus on palauttaa lukijan mieleen tekstin sisältämä informaatio. Tieto liitetään kuvassa usein konkreettisiin ja helposti muistettaviin asioihin, jolloin oppilaan on helpompaa palauttaa mieleen tekstin tarkkoja yksityiskohtia erilaisten assosiaatioiden ja johdateltujen ajatuspolkujen avulla. Oppikirjoissa muistuttavat kuvat ovat harvinaisia. [2] Carneyn ja Levinin esittämä tehtäväjaottelu perustuu Levinin, Anglinin ja Carneyn (1987) määrittelemiin kuvien tehtäviin kerronnan yhteydessä [31], mihin pohjautuu myös muun muassa Jaakko Väisäsen väitöskirjassaan *Murros Oppikirjojen Teksteissä Vai Niiden Taustalla? 1960- Ja 1990-Luvun Historian Oppikirjat Kriittisen Diskurssianalyysin Silmin* [4] käyttämä kuvien tehtäväpohjainen luokittelu.

Pozzer ja Roth [8] ovat käyttäneet samantapaista kuvien tehtäväluokittelua tutkiessaan oppikirjojen valokuvia. Heidän nelijakoinen luokittelunsa sisältää kategoriat somistaville, havainnollistaville, selittäville ja täydentäville valokuville. *Somistava* valokuva ei sisällä kuvatekstiä eikä siihen viitata oppikirjatekstissä. *Havainnollistava* valokuva sen sijaan sisältää kuvan oleellisen sisällön nimeävän kuvatekstin. Havainnollistava kuva esittää oppikirjatekstissä mainittuja asioita kuvallisessa muodossa mutta ei itsessään ole lukijan kannalta välttämätön informaation lähde suhteessa tekstissä käsiteltyyn asiaan. *Selittävä* valokuva sisältää kuvan tulkintaa ohjaavan kuvatekstin, joka ohjaa myös kuvan ja oppikirjatekstin integroimisessa. *Täydentävän* valokuvan kuvateksti tarjoaa merkittävää ja tärkeää tietoa oppikirjatekstissä käsitellystä asiasta. [8]

3.3 Kuvien merkitys oppikirjasta oppimisessa

Yleisen käsityksen mukaan konstruktivistisen oppimisen edellytys on osallistua oppija aktiivisesti oppimistapahtumaan esimerkiksi käytännön työskentelyn kautta. Tämä perustuu näkemykseen, jonka mukaan toiminnallinen aktiivisuus johtaa kognitiiviseen aktiivisuuteen. Passiivisen tietokanavan, kuten oppikirjatekstin nähdään johtavan ulkoa oppimiseen aktiivisen oppimisen

sijaan, minkä takia opetuksen painopistettä on vahvasti siirretty opettajajohtoisesta tiedon esittämisestä kohti oppilasjohtoista työskentelyä ja oppikirjan rooli konstruktivistisessa oppimisessa nähdään lähes mitättömänä. Kolikossa on kuitenkin kaksi puolta. Todellisuudessa tekstipohjaiset oppimateriaalit voivat tukea konstruktivistista oppimista, sillä toiminnallisesta passiivisuudesta huolimatta niitä tutkiva oppilas voi olla kognitiivisesti aktiivinen rakentaessaan ymmärrystä lukemastaan. Vastaavasti toiminnallinen aktiivisuus ei aina takaa kognitiivista aktiivisuutta – sitä, että oppilas todella reflektoi kokemustensa tarkoitusta. [13]

Vaikka sanat ovat yleisin tiedonvälittämisen keino, oppijan on joskus vaikea ymmärtää pelkkien sanojen avulla esitettyä viestiä [13]. Näin on usein tieteellisten selitysten kohdalla. Kuvat ovatkin merkittävä osa tieteellistä keskustelua [26], ja niiden merkitys tieteellisessä tekstissä on kasvanut jatkuvasti. Tämän lisäksi ne ovat oleellinen osa luonnontieteiden opetusta. Kuvat ovat erityisen tärkeitä luonnontieteellisten käsitteiden ja ajatusten kommunikoinnissa ja käsitteellistämässä. [7, 29] Koska oppilaat ymmärtävät selityksen paremmin, kun se esitetään kuvan ja tekstin avulla pelkän tekstin sijaan [13], myös oppikirjojen kuvilla on tärkeä tehtävä tekstin ymmärtämisen tukemisessa. Kuvat voivat tukea oppimista muun muassa motivoimalla, kiinnittämällä huomiota, syventämällä tiedon prosessointia, selventämällä ja tiivistämällä tekstin sisältöä, toimimalla mielikuvamalleina ja tehostamalla asioiden muistamista [2]. Lisäksi ne kehittävät ongelman ratkaisutaitoja ja edistävät konstruktivistista oppimista tukemalla uuden tiedon integroimista aikaisemman tietämyksen kanssa [9], sillä kuvitettu teksti *”houkuttelee lukijaa konstruoimaan sisäisiä malleja tehokkaammin kuin teksti ilman kuvia”* [31].

Ennen kaikkea kuvat tukevat oppimista, kun ne tarjoavat yhtenäistä tietoa tekstin kanssa [2]. Sekä visuaalista että verbaalista informaatiota sisältävät oppimateriaalit ovat hyödyllisempiä kuin vain toista lähdettä hyödyntävät. Käyttämällä sekä visuaalisen että verbaalisen järjestelmän kapasiteettia prosessoitavan informaation määrä on suurempi ja oppiminen monipuolisempaa. [9] Tällöin oppilas pystyy sovittelemaan kahdesta lähteestä saamansa informaation yhteen, kun representaatiot tukevat toistensa tulkittamista [7].

Tästä huolimatta kuvien käyttö ei aina takaa tehokkaampaa tekstistä oppimista, sillä kuvat voivat myös haitata mentaalisen mallin syntymistä [9]. Hyväkin kuva voi epäonnistua tarkoituksessaan, sillä ammattimaisesti ja kognitiivisesti hyödylliseksi suunniteltu kuva ei välttämättä ole oppilaalle helppotajuinen [2]. Kuvien käyttö opetuksessa ja oppikirjoissa ei saa olla päätarkoitus, vaan sen on liityttävä tarkoituksenmukaisesti muihin pedagogisiin tavoitteisiin ja ratkaisuihin, sillä ylimääräisten kuvien käyttö aiheuttaa oppilaalle turhaa kognitiivista kuormitusta. Tämä vaikeuttaa oleellisiin asioihin paneutumista, jolloin myös oppiminen saattaa vaikeutua. [31]

3.4 Kuvien käytön pedagogisia vaatimuksia

Vaikka useissa tutkimuksissa on todettu visuaalisen ja verbaalisen esityksen olevan oppimisen kannalta tehokkain, kaikenlaiset kuvat eivät tue asioiden ymmärtämistä samalla tavalla. Sama käsite tai ilmiö voidaan esittää erilaisia kuvia käyttäen, eivätkä kaikki kuvat ole yhtä ymmärrettäviä. [7] Kuvan ymmärtämisprosessiin vaikuttaa monien tekijöiden vuorovaikutus. Tulkintaan vaikuttavat oppijan ominaisuudet kuten taito hyödyntää visuaalista mediaa. Lisäksi kuvan ymmärtämiseen vaikuttavat kuvan ominaisuudet sekä oppimistilanne eli se, mitä tarkoitusta varten oppilas tietoa hankkii. [22] Kuvien luettavuuteen onkin syytä kiinnittää huomiota, sillä tutkimukset ovat osoittaneet oppilaiden hyödyntävän kuvia niiden suureen potentiaaliin nähden heikosti [7].

Moninaiset kuviin ja kuvien käyttöön liittyvät ominaisuudet vaikuttavat siihen, miten oppilas ymmärtää kuvaa. Esimerkiksi värien tai erilaisten merkkien käyttö, symbolisten ja reaalisten tekijöiden rinnakkainen käyttö, sanojen tai kuvien korostus ja kuvasarjojen käyttö vaikuttavat siihen, miten oppilas ymmärtää kuvia. [7] Oppijan tiedonprosessoinnin ylikuormittamisen välttämiseksi kuvissa tulee esittää asian kannalta vain oleelliset elementit, ja kuvien sisältämät sanat tulee sijoittaa niiden kuvaaman osan välittömään läheisyyteen sanojen ja kuvien välisten yhteyksien selventämiseksi. [13]

Multimediaoppimisen näkökulmasta oppikirjatekstin ja -kuvien välinen ajallinen ja tilallinen yhteys ovat ensisijaisen tärkeitä tarkoituksenmukaisen oppimisen saavuttamiseksi (ks. esim. [13, 19]). Se, miten kuvat on sijoitettu oppikirjan sivuille suhteessa niiden sisältöä käsittelevään oppikirjatekstiin, vaikuttaa merkittävästi kuvan ja tekstin tarjoaman tiedon integroimiseen. Kuvat voidaan yhdistää oppikirjatekstiin sijoittelun ja yhteisen aihepiirin lisäksi viittaamalla kuviin niiden sisältöä käsittelevässä tekstissä. Tavallisesti kuviin viitataan kuvien tai kuvatekstien numeroinnin tai muun vastaavanlaisen indeksoinnin avulla. Näin kuvat voidaan liittää osaksi tekstiä, joka selittää niissä kuvattuja ilmiöitä. Mikäli oppikirjan kuvitus on oleellinen osa tiedon välittämistä ja ymmärryksen rakentamista, kuviin on tärkeää viitata tekstissä, sillä useimmat oppilaat eivät huomioi oppikirjasta muuta kuin päätekstin. Mikäli kuviin ei viitata päätekstissä, yhteys tekstin kanssa on mahdollista löytää ainoastaan tutkimalla koko pääteksti ja kaikki kuvat kuvateksteineen. Kuviin viittaamisen merkitys korostuu etenkin silloin, kun kuva ja teksti on sijoitettu kauas toisistaan. [8] Asianmukaisella ja oikea-aikaisella kuviin viittaamisella voidaan luoda ajallinen yhteys oppikirjan kuvallisten ja sanallisten representaatioiden välille – sillä oletuksella, että lukija seuraa tekstissä olevaa viittausta.

Kuvallinen ilmaisu on tekstiin verrattuna epätarkkaa, sillä kuvat ovat sanoja monitulkintaisempia ja tarvitsevat siksi kielellisen ilmaisun tukea yksiselitteisyyden saavuttamiseksi [32]. Oppilaiden onkin havaittu tutkivan ja kiinnostavan enemmän huomioita kuvatekstin sisältämiin oppikirjakuviin kuin kuvatekstittömiin [31]. Kuvatekstin avulla lukijaa ohjataan löytämään kuvan merkittävä sisältö. Kuvatekstit ovat olennainen osa kuvitusta, sillä ne tukevat kuvan lukemista ja ymmärtämistä. Kuvatekstin on sisällettävä riittävästi tietoa kuvan lukemisen, tulkitsemisen ja oppikirjatekstiin yhdistämisen tukemiseksi. Erityisesti jokaisen valokuvan yhteydessä tulisi esittää asianmukainen kuvateksti, sillä valokuva itsessään on hyvin monitulkintainen. [8] Myös kuvatekstin pituus vaikuttaa kuvan ymmärrettävyyteen. Yksinkertaisissa kuvissa lyhyt kuvateksti on havaittu pitkää selitystä tehokkaammaksi. [7] Vaikka kuvatekstien ensisijainen tehtävä on tukea kuvan ymmärtämistä ja tulkintaa, niiden informatiivisuus voi vaihdella, mikä vaikuttaa kuvan rooliin suhteessa oppikirjatekstiin [8].

Hedelmällisen kuvien käytön saavuttamiseksi on selvitettävä kuvien käyttötarkoitus ja tehtävät. Oppilaita ei tule hukuttaa kuvien paljouteen. Kuvia ei tule käyttää tekstin korvikkeena, vaan täydennyksenä, koska kuvan oleellisen sisällön hahmottamiseksi ja prosessoimiseksi oppilas tarvitsee perustavanlaatuista kuvanlukutaitoa. [2] Oppilaiden visuaalisia kommunikaatiotaitoja on tuettava mahdollisten väärinymmärrysten välttämiseksi [7]. Kuvien lukutaito ei kehity itsestään vain kuvia katselemalla, vaan samoin kuin tekstin lukutaitoa, myös kuvien lukutaitoa on harjoiteltava. Kuvien lukutaitoon liittyy kyky tulkita ja luoda visuaalista informaatiota eli ymmärtää kaikenlaisia kuvia sekä käyttää niitä kommunikoinnin tehokeinona. [1] Oppilaat suhtautuvat kuviin usein helppona tai ylimääräisenä materiaalina ja tutkivat kuvia vain pintapuolisesti. Aina syy ei kuitenkaan ole oppilaiden toiminnassa. Pelkän huomion kiinnittämisen sijaan oppilaat tulisi ohjata työskentelemään kuvan parissa ja tuottamaan jotain hallittavissa olevaa kuvaa apuna käyttäen. Kysymyksillä ohjaaminen on yksi keino ohjata oppilaita kuvan tutkimiseen, ja sen on havaittu tukevan tekstin sisällön muistamista esittäivistä kuvista. [2] Opettajien on tiedostettava oppilaiden haasteet kuvia tutkittaessa ja autettava heitä käsittelemään kuvia tehokkaammin sekä arvioimaan kuvia kriittisesti [7].

3.5 Oppikirjojen kuvat tutkimuskohteena

Kasvatustieteellinen tutkimus on kautta aikain keskittynyt enemmän verbaaliseen oppimiseen visuaalisen oppimisen jäädessä taka-alalle. Visuaalisten representaatioiden välittämän informaation lisääntyessä niiden arvioiminen ja ymmärtäminen on erittäin tärkeää myös koulutuksen näkökulmasta. [9] Vaikka kuvien määrä oppikirjoissa on kasvanut viimeisten vuosikymmenten aikana merkittävästi, oppimateriaalitutkimus on keskittynyt voimakkaasti tekstin ymmärtämiseen vallitsevan oppimisteorian näkökulmasta, mikä viestii kuvan aliarvostetusta asemasta koulutusjärjestelmässä. Lisäksi suurin osa oppimateriaalitutkimuksista on tehty opettamisen eikä oppimisen näkökulmasta. [22]

Esimerkiksi vain murto-osassa luonnontieteiden oppikirjatutkimuksista on käsitelty oppikirjojen kuvia 2000-luvun alkaessa. Osittain tähän on voinut olla syynä kulttuurillinen käsitys, jonka mukaan ensisijassa kielellinen ilmaisu sisältää viestit ja tarkoitukset kuvien toimiessa vain

yksiselitteisinä todellisuuden ikkunoina, vaikka ne ovat enemmänkin itsenäisiä viestintäsystemejä, jotka eivät vain kuvaa todellisuutta, vaan synnyttävät todellisuuden kuvia koulukontekstissa. Kuvien on ajateltu olevan helposti ymmärrettäviä ja vain täydentävässä roolissa oppilaan käsitteenmuodostuksessa. [33] Kuvia on jossain määrin pidetty itsestään selvänä osana oppikirjoja, sillä niiden oletetaan usein välittävän tietoa tekstiä ilmeisemmin, minkä vuoksi kuvia käytetään yleensä sanallisen ilmaisun vaikeuksien ohittamiseen [29].

Oppikirjojen kuvitusta on tutkittu epäsystemaattisesti. Suurin syy tähän lienee se, että kuva itsenäisenä tutkimuskohteena on monimuuttujaisuutensa takia hyvin haastava ja tieteellisesti vaikeasti hallittava, eikä tutkimuskentän pirstaleisuuden vuoksi ole muodostunut yhtenäistä oppikirjakuvituksen teoriaa. [31] Suuri osa oppikirjakuvien tutkimuksesta on ollut niin sanottuja vaikutustutkimuksia, joiden tuloksena on havaittu kuvien helpottavan oppimista. Oppimiseen vaikuttamista ei kuitenkaan ole analysoitu tarkemmin. Uudemman pedagogisen tutkimuksen tavoitteena onkin määrittää kuvan tehtävää ja tarkoitusta oppimisessa sekä kuvan tulkintaa ja ymmärtämistä. [4, 22] 2000-luvun edetessä kuvien hyödyllisyys etenkin luonnontieteiden opetuksessa on tunnustettu, minkä seurauksena niiden tutkimus on lisääntynyt. Tulevaisuuden kuvatutkimuksissa on tärkeää käsitellä erityisesti oppikirjojen kuvia, jotta saadaan tietoa siitä, millaisia kuvia eri koulutusasteiden oppikirjat sisältävät. [34] Tämä tukee oppikirjakuvien roolin ymmärtämistä luonnontieteiden oppimisen ja opetuksen kannalta [9].

3.6 Luonnontieteiden oppikirjakuvien tutkimuksia

Turun yliopiston oppimistutkimuskeskuksen oppi- ja työkirja-analyysin mukaan suomalaiset reaaliaineiden kirjat sisältävät varsin paljon kuvia. Niitä on keskimäärin viisi jokaisella kirjan aukeamalla, ja suurin osa kuvista on värivalokuvia. Lisäksi kirjat sisältävät piirroksia ja karttoja, mutta vain vähän muita kuvatyyppejä, kuten kaavioita ja diagrammeja, taidekuvia tai mustavalkokuvia. Tutkimuksessa havaittiin myös, ettei oppikirjateksteissä yleensä viitata kuviin ja että kuvien selitykset ovat usein puutteellisia, mikä osoittaa, ettei kuvia tietoisesti integroida tekstiin. On mahdollista, että kuvien valintaan vaikuttavat enemmän kaupalliset kuin pedagogiset syyt. [22]

Tutkimuksessa nähdään tekstin ja kuvien integraation parantaminen tärkeänä oppimateriaalin kehittämisen kannalta, sillä kuvalla on suuri potentiaali tukea oppimista, mutta väärinkäytettynä se voi myös vaikeuttaa oppimisprosessia. Lisäksi kuvien pedagogiikkaan tulisi kiinnittää enemmän huomiota kuvien sijoittelun sekä kuvaselitysten ja -viittausten osalta. Tutkimuksessa kehoitetaan arvioimaan uudelleen myös korkealaatuisten värivalokuvien asemaa oppikirjoissa, sillä yksinkertaisen kuvituksen, kuten väripiirroksen avulla pystytään usein paremmin ohjaamaan katsojaa kuvan oleellisen sisällön pariin. [22]

Iso-Britannissa Stylianidou ym. [35] ovat tutkineet oppilaiden haasteita energiaa käsittelevien oppikirjakuvien lukemisessa. Tutkimuksessa on testattu aikaisempien tutkimusten pohjalta nousseita kuvien käytön periaatteita, jotka voivat vaikeuttaa kuvan tuloksellista lukemista. Tutkimuksella on pyritty lisäämään tietoisuutta oppilaiden ongelmista energiaa käsittelevien kuvien ymmärtämisessä, sillä energia on yksi tärkeimmistä mutta myös vaikeimmista yläkoulun luonnontieteiden aiheista. Tutkimuksen aineistona on käytetty tunnettujen ja vahvasti visuaalista kommunikaatiota hyödyntävien oppikirjojen kuvia. [35]

Tutkimuksen tulokset torjuvat käsityksen kuvien lukemisen suoraviivaisuudesta ja yksinkertaisuudesta. Niiden mukaan kuvien lukemisen vaikeudet johtuvat useammin kuvien ominaisuuksista kuin oppilaiden laiskuudesta tai ennakkokäsityksistä. Kuvien suunnitteluun on kiinnitettävä enemmän huomiota ja opettajien tuleekin käsitellä kuvia enemmän niiden tarkoituksen selkeyttämiseksi ja mahdollisten väärinymmärrysten ehkäisemiseksi. Tutkimuksessa havaittiin myös, että kuvan sisältämän visuaalisen, verbaalisen ja numeerisen informaation yhtäaikainen käsitteleminen kuormittaa oppilasta huomattavasti, minkä seurauksena hän saattaa tutkia kuvaa vain pintapuolisesti tai hylätä osan tietolähteistä. Lisäksi tutkimuksessa kehoitettiin kiinnittämään erityistä huomiota muun muassa kuvien elementtien korostukseen, sanavalintoihin ja verbaalisten elementtien sijoitteluun, reaalisten ja symbolisten rakenteiden yhteiskäyttöön sekä ulkoasuun useita kuvia integroitaessa. [35]

Pozzer ja Roth [8] ovat tutkineet brasilialaisten lukiobiologian oppikirjojen valokuvia selvittääkseen, miten valokuvia käytetään oppikirjoissa, ja millainen niiden suhde on teksteihin ja käsiteltyyn asiaan. Kiinnostuksen kohteena on valokuvien pedagogiikka opetuksellisessa tieteellisessä tekstissä. Erityisesti oppikirjojen tarjoamat resurssit ymmärryksen tukemiseksi valokuvia luettaessa ja tulkittaessa ovat tutkimuskohteena. Näitä tavoitteita on lähestytty tutkimalla valokuvien yleisyyttä ja tehtäviä sekä rakennetta suhteessa tekstiin semioottisen analyysin keinoin. Tutkimuksessa on lajiteltu oppikirjojen sisältämät valokuvat tehtäväpohjaisen jaottelun mukaan. Jaottelu (somistava, havainnollistava, selittävä ja täydentävä) perustuu valokuvien sekä niiden kuvatekstien ja oppikirjatekstin väliseen yhteyteen, joka määrittää valokuvan tehtävän oppikirjassa. Rakenteen osalta on tutkittu muun muassa kuviin viittaamista oppikirjatekstissä ja valokuvasarjojen käyttöä. [8]

Tutkimus vahvistaa käsitystä kuvan vahvasta asemasta luonnontieteiden oppikirjoissa. Analysoiduissa brasilialaisissa lukiobiologian oppikirjoissa on keskimäärin 1,88 kuvaa sivua kohti. Oppikirjoissa käytetään eri kuvatyypeistä eniten valokuvia, mikä on havaittu myös muissa tutkimuksissa (esim. [22]). Valokuvista vain pieni osa (5,4 %) on somistavia havainnollistavien (35,1 %), selittävien (28,4 %) ja täydentävien (31,1 %) kuvien käsittäessä loput oppikirjoissa käytetyistä valokuvista. Rakenteellisten elementtien osalta oppikirjat eroavat monella tapaa. Esimerkiksi valokuvaviittauksen paikka oppikirjatekstissä, valokuvien asettelu kirjan sivuilla ja valokuvasarjojen käyttö vaihtelevat eri oppikirjojen välillä ja toisinaan myös saman kirjan sisällä. Valokuviin viitataan hyvin vaihtelevin tavoin oppikirjasta riippuen, ja joissain oppikirjoissa kuviin ei viitata ollenkaan. [8]

Tutkimuksensa pohjalta Pozzer ja Roth esittävät, että jokaisella valokuvalla tulee olla tarkoituksenmukainen kuvateksti. Oppikirjatekstissä tulee viitata valokuviin ja kuvateksteihin mieluiten heti, kun asia tai ilmiö mainitaan tekstissä ensimmäisen kerran. Kuvatekstin täytyy sisältää riittävästi informaatiota ohjatakseen lukijaa kuvan tulkinnassa, oleellisten yksityiskohtien löytämisessä ja kuvan liittämässä oppikirjatekstiin. He kehottavat myös käyttämään valokuvasarjoja monimutkaisten ilmiöiden tai muutosten havainnollistamiseen yksittäisten valokuvien sijaan. Lisäksi valokuvien taustan pitää erota selvästi kuvassa esitetystä asiasta tai

ilmiöstä esimerkiksi keskittämisen tai neutraalin taustan avulla, jotta oppilas pystyy erottamaan valokuvaa tutkiessaan olennaisen taustasta. [8]

Kreikassa Dimopoulos ym. [33] ovat esittäneet viitekehyksen luonnontieteiden oppikirjojen ja lehdistöartikkelien kuvien analysoimiseen pedagogisesta ja sosio-semioottisesta näkökulmasta. Analyysissa tutkitaan kuvien sisällön erikoistuneisuutta, niiden synnyttämiä sosiaalipedagogisia suhteita sekä kuvallisen ilmaisun abstraktiutta ja yksityiskohtia. Tutkimuksen tarkoituksena on ollut tarjota luonnontieteiden kuvituksen ominaisuuksien tutkimiseen systemaattinen tutkimuspohja, joka parantaa kuvien pedagogisten tehtävien ymmärrystä. Tutkimuksessaan he ovat analysoineet lehdistöartikkelien lisäksi kreikkalaisissa kouluissa vuosina 1997–1999 käytettyjä alakoulun luonnontieteen kirjoja sekä yläkoulun kemian ja fysiikan kirjoja. [33]

Käytännössä analyysi perustuu kuvien luokitteluun, joka on toteutettu tarkastelemalla kuvien sisällön suhdetta arki- ja asiantuntijätietoon sekä kuvien rajausta ja formaalisuutta. Sisällön suhdetta arki- ja eksperttietoon määritetään kuvan tyyppin (realistinen, konventionaalinen, hybridi) ja tehtävän (kerronnallinen, luokitteleva, analyttinen, metaforinen) avulla. Rajauksella tarkoitetaan kuvan synnyttämää kommunikaation hallintaa, jota voidaan arvioida tutkimalla oppilaan sosiaaliseen asemaan kuvan tutkimisen aikana vaikuttavia kuvan ominaisuuksia. Näiden ominaisuuksien osalta analyysissa huomioidaan kuvien asemointi, jota tarkastellaan pystysuuntaisen kuvauskulman eli perspektiivin avulla, sekä katsojan osallistumisaste, jota tarkastellaan kuvausetäisyyden ja vaakasuuntaisen kuvauskulman avulla. Formaalisuudella tarkoitetaan abstraktiuden astetta, jota arvioidaan kuvan sisältämien tieteellisten merkkien (geometriset muodot ja alfanumeeriset merkit), värien erittelyn ja sävyerojen käytön sekä taustaväriyksen avulla. [33]

Tutkimuksen mukaan kuvien määrä kreikkalaisissa luonnontieteiden oppikirjoissa vähenee luokkatason kasvaessa. Suurin osa (yli 80 %) oppikirjoissa käytetyistä kuvista on luokka-asteesta riippumatta realistisia, mutta konventionaalisten kuvien ja hybridien osuus kasvaa luokkatason noustessa. Lisäksi suurin osa oppikirjojen kuvista on analyttisiä, mikä viittaa kuvien tarkoitukseen havainnollistaa asioiden ja ilmiöiden rakennetta sekä fysikaalista ulkonäköä.

Toiseksi eniten oppikirjat sisältävät kerronnallisia kuvia. Näiden tulosten valossa oppikirjojen kuvissa tieteellistä tietoa esitetään läheisemmässä suhteessa arki- kuin asiantuntijätietoon, vaikkakin kuvien sisällön erikoistuneisuus vahvistuu alakoulusta yläkouluun siirryttäessä. [33]

Tutkimus paljastaa oppikirjakuvien rajauksen lisäävän lukijoiden omien kykyjen tuntoa ja tarjoavan heille vahvemman kontrollin tunteen kommunikaatioprosessissa kuin lehdistöartikkelien kuvat. Oppikirjakuvien rajaus on useimmiten heikko, sillä kuvat on otettu suoraan edestä ja niissä suositaan lintuperspektiiviä sekä lyhyttä kuvausetäisyyttä. Näin oppilaalle luodaan tunne vahvasta sosiaalisesta asemasta suhteessa tieteen maailmaan hänen tutkiessaan oppikirjan kuvia. Kuvat välittävät oppilaalle luonnosta ja ilmiöistä hyvin realistisen kuvan ilmentäen niiden fyysikaalista olemassaoloa todellisuuden mukaisesti korkean formaalisuuden sijaan. Vaikka ala- ja yläkoulukirjojen välillä ei ole havaittu rajauksen osalta merkittäviä eroja, kuvien formaalisuus kasvaa luokkatason noustessa. [33]

4 Tutkimuskysymykset

Kuvituksen määrän kasvu oppikirjoissa viimeisten vuosikymmenten aikana on tehnyt nykyisistä oppikirjoista kasvavassa määrin multimediaoppimisen materiaaleja. Oppikirjojen kuvallistuminen muun kulttuurin vanavedessä herättää väistämättä kysymyksen oppikirjakuvien roolista nykyisissä oppikirjoissa. Etenkin luonnontieteissä oppikirjakuvilla on suuri potentiaali tiedon välittämisessä ja tekstin ymmärtämisen tukemisessa, ja niiden käyttö heijastuu myös oppilaiden opiskeluhalukkuuteen ja -motivaatioon. Oppikirjakuvien roolin ymmärtämiseksi oppimisen ja opetuksen näkökulmasta on tärkeää lisätä tutkimustietoa siitä, miten ja millaisia kuvia käytetään eri koulutasojen oppikirjoissa.

Koska kuva ja teksti yhdessä muodostavat oppikirjan tietoa välittävän perusrakenteen, näiden representaatioiden välinen vuorovaikutus ja integraatio ovat keskeisessä roolissa oppikirjasta oppimisen kannalta. Erityisesti multimediaoppimisen näkökulmasta kuvan ja tekstin välinen yhteys on oppimisen ja ymmärtämisen avain. Kuvitus on liitettävä oppikirjatekstiin sisällöllisen yhteyden avulla, jotta lukija voi integroida ja tarkentaa eri representaatioiden tarjoamia tietoja. Lisäksi multimediaoppimisen teorioiden mukaan oppimisen tehostumisessa kuvan ja tekstin välisellä tilallisella ja ajallisella jatkuvuudella on keskeinen merkitys, sillä ne tehostavat tiedon prosessointia vähentämällä työmuistin kognitiivista kuormaa. Oppikirjoissa tämä tarkoittaa ensisijassa kuvien sijoittamista niitä käsittelevän tekstin läheisyyteen ja kuviin viittaamista siinä kohden tekstiä, missä kuvan sisältöä käsitellään. Lisäksi kuvan tulkintaa ohjaava kuvateksti tukee kuvan integroimista oppikirjatekstin kanssa. Näin voidaan tukea kuvan ymmärtämistä sekä tekstin ja kuvan välisen yhteyden löytymistä.

Tässä tutkimuksessa selvitetään edellä esitettyihin näkökulmiin perustuen, millaisia kuvia fysiikan oppikirjat sisältävät ja miten oppikirjakuvia käytetään tekstin rinnalla tiedon välittämisessä ja ymmärryksen rakentamisessa. Oppikirjakuvien tutkimuskentän ja -aineiston laajuudesta johtuen tutkimus rajataan käsittämään yläkoulun sekä lukion pakollisen ja syventävän kurssin oppikirjojen kuvat liikettä ja voimaa käsittelevistä kappaleista. Näin on mahdollista tutkia myös kuvituksen muuttumista sekä yläkoulun ja lukion välillä että lukion sisällä.

Tutkimuskysymyksiä ovat:

1. Kuinka paljon ja millaisia kuvia liikettä ja voimaa käsittelevissä oppikirjakappaleissa käytetään?
2. Mitkä ovat kuvituksen tehtävät suhteessa oppikirjatekstin esittämään tietoon liikettä ja voimaa käsittelevissä kappaleissa?
3. Miten kuvatekstien käyttö, kuvien sijoittelu ja kuviin viittaaminen on toteutettu liikettä ja voimaa käsittelevissä kappaleissa?
4. Miten oppikirjakuviutus liikettä ja voimaa käsittelevissä kappaleissa muuttuu siirryttäessä yläkoulusta lukioon ja lukiossa syventävälle kurssille?

5 Kuva-analyysin menetelmät ja tutkimuksen toteutus

Tutkimus on toteutettu kuvien luokitteluun perustuvaa analyysia käyttäen. Aineiston oppikirjojen kuvat on luokiteltu niiden tyyppin, tehtävän, kuvatekstin, sijoittelun ja viittauksen mukaan. Oppikirjakuvien tyyppiluokittelun yhteydessä lasketaan myös, kuinka monta kuvaa oppikirjat keskimäärin sisältävät sivua kohti. Kuvan tehtävän määrittämisessä on tutkittu kuvan suhdetta oppikirjatekstin sisältämään tietoon. Kuviin viittaamisen osalta kuvat luokitellaan yksinkertaisesti sen mukaan, viitataanko niihin oppikirjatekstissä vai ei. Lisäksi aineistosta selvitetään, millaisia viittaustapoja yläkoulun ja lukion oppikirjoissa käytetään.

Tutkimuksessa keskitytään yksittäisen kuvan ja päätekstin väliseen vuorovaikutukseen eikä huomioida kuvien mahdollisia keskinäisiä suhteita, jotka saattavat etenkin kuvasarjojen kohdalla olla hyvinkin merkittäviä sisällön ymmärtämisen kannalta. Lisäksi yksittäisen kuva-tekstiparin analysointi toteutetaan olettaen, että lukija hallitsee oppikirjassa siihen asti käsitellyt asiat. Tämä on tärkeää ottaa huomioon, sillä lukijan lähtötiedot vaikuttavat oleellisesti siihen, mitä tehtävää kuva oppikirjassa toimittaa kyseiselle lukijalle.

Koska kuvalla voi olla samanaikaisesti useita tehtäviä, niiden luokittelun kategorioiden rajat ovat häilyvämpiä kuin monissa muissa luokitteluissa. Tämä tekee kuvien luokittelusta tutkijan ja aineiston välistä jatkuvaa dialogista tulkintaa. [4] Analyysin toteutuksessa aineistoa onkin käyty osittain läpi useita kertoja yhdenmukaisen analysoinnin varmistamiseksi.

5.1 Tutkimusaineisto

Analysoitava aineisto on peräisin kolmesta yläkoulufysiikan ja kahdesta lukiofysiikan kirjasarjasta. Näistä oppikirjoista tutkimuksen aineistoon sisällytetään liikettä ja voimaa käsittelevät kappaleet, joista lopullisena aineistona analysoidaan kappaleiden päätekstin yhteydessä esitetyt kuvat. Lukion oppikirjojen osalta käsitellään sekä pakollisen että syventävän kurssin kattavia oppikirjoja.

Aineistoon kuuluvat seuraavat yläkoulun oppikirjat:

- *AVAIN Fysiikka 2*: kappaleet 2–3 [A1]
- *FyKe 7–9 FYSIIKKA*: kappaleet 13–17 [A2]
- *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7–9*: osiosta Liike ja voima kappaleet 1–4 ja 6 [A3]

Lukion oppikirjoista aineistossa ovat mukana:

- *FYSIIKKA 1 Fysiikka luonnontieteenä*: kappaleet 3–4 lukuun ottamatta lisäkappaletta Isaac Newton ja Principia [A4]
- *Physica 1 Fysiikka luonnontieteenä*: kappaleet 5–9 [A5]
- *FYSIIKKA 4 Liikkeen lait*: kappaleet 1–2 lukuun ottamatta alakappaleita Voiman komponentit, Kappale kaltevalla tasolla ja Noste; myöskään lisäkappale Banaanipotku ei sisälly aineistoon, toisin kuin Liikkeen mallit kappaleessa 1 [A6]
- *Physica 4 Liikkeen lait*: kappaleet 1–6 [A7]

Aineiston oppikirjat on valittu ensisijassa saatavuuden mukaan, minkä lisäksi valintoihin on vaikuttanut oppikirjojen yleisyys opetuskäytössä tällä hetkellä. Kaikista aineiston oppikirjoista on julkaisunsa jälkeen otettu lisäpainoksia 2010-luvulla, mistä voi päätellä niiden olevan edelleen käytössä lukio- ja perusopetuksessa. Vaikka kaikki aineiston oppikirjat eivät edusta kirjasarjansa tuoreinta painosta, ne edustavat kuitenkin viimeisintä uudistettua painosta ja vastaavat näin sisällöltään uusinta painosta. Aineiston aihepiirit kattavat liikkeen osalta tasaisen sekä kiihtyvän etenemisliikkeen ja voiman osalta vuorovaikutukset, Newtonin lait, kitkan ja väliaineen vastuksen, massan ja painon sekä tukivoiman ja kokonaisvoiman. Kaikkia näitä aihepiirejä käsitellään aineistoon valituissa yläkoulun ja lukion oppikirjoissa. Voimia käsitteleviin kappaleisiin ei ole sisällytetty esimerkiksi nostetta, koska lukion pakollisen kurssin oppikirjat eivät käsittele nostetta ollenkaan. Aineiston oppikirjojen välillä on painotuseroja edellä lueteltujen aihepiirien suhteen. Tästä huolimatta jokaisessa aineiston oppikirjassa käsitellään kaikkia aihepiirejä ainakin jossain määrin.

Oppikirjan päätekstiksi sisällytetään kaikki kappaleen tekstiaines pois lukien tehtävät, esimerkkit tehtävät, tiivistelmät ja niin sanotut lisäkappaleet, jotka sisältävät yleensä soveltavaa tai historiallista lisätietoa aihepiiristä. Poikkeuksena tästä on *FYSIIKKA*-kirjasarjan lisäkappaleet Liikkeen fysiikkaa (*FYSIIKKA 1 Fysiikka luonnontieteinä*) ja Liikkeen mallit (*FYSIIKKA 4 Liikkeen lait*), jotka on sisällytetty osaksi oppikirjojen päätekstiä aineiston aihepiirien yhtenäistämiseksi. Otsikot ovat osa päätekstiä, mikäli niitä seuraava tekstiaineskin on osa päätekstiä. Lisäksi päätekstin yhteydessä olevat taulukot, tekstilaatikot ja kaavat lasketaan osaksi oppikirjan päätekstiä, millä voi olla merkitystä kuvan tehtävän määräytymisen kannalta.

Myös oppikirjojen sisältämät oppilastyöt jätetään päätekstin ulkopuolelle, mikäli ne muodostavat oman yhtenäisen kokonaisuutensa eikä muu pääteksti ole niistä merkittävässä määrin riippuvainen. Erityisesti *FYSIIKKA*-kirjasarjassa pääteksti etenee vahvasti oppilastöiden tulosten ja tutkimusten avulla, joten kirjan oppilastyöt sisällytetään osaksi päätekstiä. Tätä voidaan perustella sillä, että pääteksti ohjaa lukijaa oppilastöiden pariin, vaikka hän lukemisen aloittaessaan olisi päättänyt sivuuttaa ne. Vaikka lukija ei tuolloin lukisikaan kaikkea oppilastyön tekstiä, hän saattaa katsoa oppilastyöhön liittyvät kuvat. Toisaalta yläkoulun *Avain Fysiikka*-kirjasarjassa oppilastyöt on koottu – useimmiten yhdelle sivulle – kappaleen alkuun omaksi kokonaisuudeksi, minkä vuoksi niitä ei sisällytetä oppikirjan päätekstiin. Vastaavasti yläkoulun oppikirjassa *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7-9* oppilastyöt on koottu yhteen kappaleen alkuosaan. Vaikka pääteksti toisinaan viittaakin oppilastöihin *FYSIIKKA*-kirjasarjan tapaan, siinä ei hyödynnetä oppilastöitä toistuvasti, minkä vuoksi oppilastöitä ei sisällytetä päätekstin osaksi oppikirjassa *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7-9*.

Tutkimuksessa analysoidaan ainoastaan päätekstiin liittyvät oppikirjakuvat. Mikäli kuva on esitetty esimerkin, tehtävän tai oppilastyön yhteydessä ja sen aihepiiri liittyy selvästi siihen, sitä ei sisällytetä aineistoon. Joissakin tapauksissa kuva on esitetty heti esimerkin jälkeen tai sen vieressä. Tällöin on selvitettävä, onko kuva osa esimerkkiä vai esimerkin ympärillä olevaa päätekstiä. Koska päätekstiin kuulumatonta tekstiä on oppikirjakappaleissa päätekstin seassa, oppikirjan sisältämän päätekstin kokonaissivumäärän laskemisessa on käytetty silmämääräistä

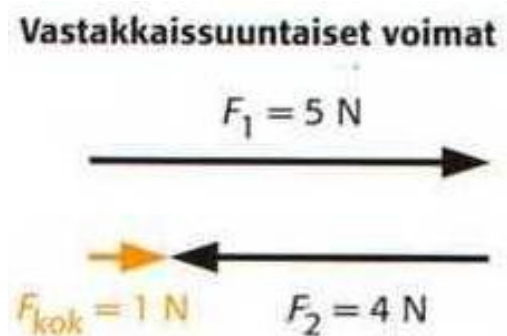
arviointia. Pieniä pääteksin katkelmia on yhdistetty vajaisiin sivuihin ja lopulta on laskettu sivumäärä yhteen puolen sivun tarkkuudella ja pyöristetty ylöspäin.

5.2 Kuvien tyyppiluokittelu

Tutkimuksessa on analysoitu oppikirjojen pääteksin yhteydessä esitetyt kuvat käyttämällä kreikkalaisten oppikirjatutkimuksen tyyppiluokittelua, jonka mukaan oppikirjan kuva voi olla realistinen, konventionaalinen tai hybridi (ks. [33]). Kaikki kuvat, jotka esittävät fysikaalista todellisuutta niin kuin ihmissilmä sen pystyy näkemään, ovat realistisia. Tällaisia kuvia ovat erilaiset piirrokset ja valokuvat, kuten kuvassa 4 esitetty valokuva. Vastaavasti kaikki kuvat, jotka esittävät todellisuutta koodatussa muodossa, ovat konventionaalisia. Konventionaalinen kuva viestii sisältöään luonnontieteen kielelle tavanomaiseen tapaan, ja se on tärkeä tieteellisen tekstin ilmaisutapa. Kuvassa 5 on esitetty kokonaisvoimaa kuvaava vektorikaavio esimerkkinä konventionaalisesta kuvasta. Muita konventionaalisia kuvia ovat muun muassa graafit, diagrammit, kartat, kulkukaaviot sekä atomi- ja molekyyliarakenteet. Kuva luokitellaan hybridiksi, mikäli se sisältää sekä realistisia että konventionaalisia elementtejä. Hybridejä ovat esimerkiksi dynamiikan tilannekuvat ja kuvan 6 mukaiset voimanuolia sisältävät piirrokset. Kuitenkin vapaakappalekuvat luokitellaan muiden vektorikaavioiden mukana konventionaalisiksi kuviksi.



Kuva 4: Realistinen kuva – Valokuvaan liittyy kuvateksti *”Jäisellä tiellä renkaiden ja tien välinen kitka on huomattavasti pienempi kuin puhtaalla tienpinnalla”*. [A1]



Kuva 5: Konventionaalinen kuva – Vektorikaavio sisältää otsikon, muttei tavanomaista kuvatekstiä. [A5]



Kuva 6: Hybridi – Kuvaan liittyy kuvateksti ”Pallon pysäyttämiseen tarvitaan voima. Kun tarkastellaan pallon pysäyttämistä, muita voimia ei ole tarpeen merkitä. Palloon vaikuttaa myös Maan vetovoima.” [A2]

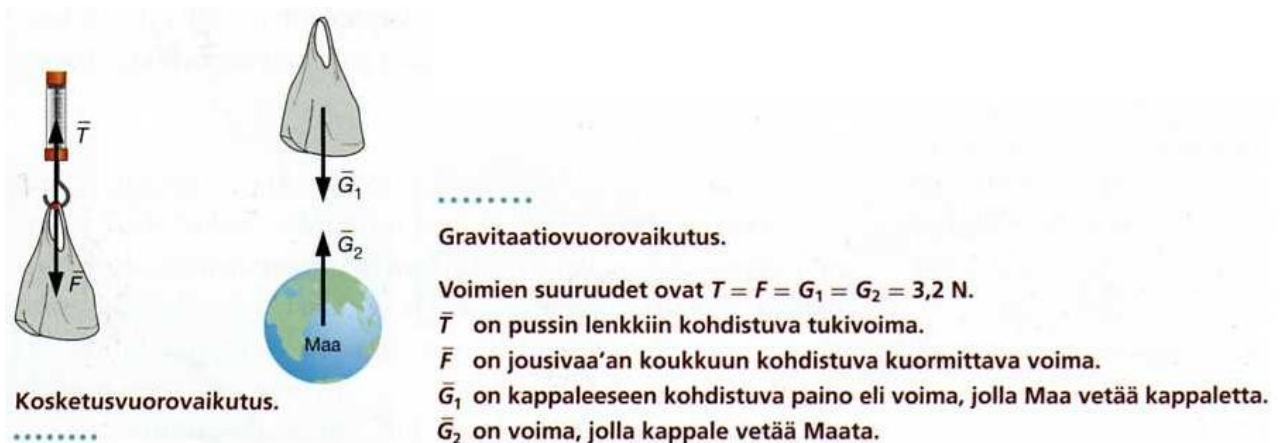
Koska tutkimuksen aineisto käsittää ainoastaan liikettä ja voimaa käsittelevää oppikirja-aineista, kuvien tyyppiluokittelu sisältää taulukossa 1 esitetyt kategoriat. Erityisesti on huomionarvoista, ettei atomi- ja molekyyliarakenteita ole sisällytetty konventionaalisten kuvien luokaksi, koska tutkimusaineisto käsittää vain fysiikan makrotason ilmiöitä. Tässä tutkimuksessa kuvien sisältämää tekstiä tai esimerkiksi lentoratoja kuvaavia katkoviivoja ei lasketa konventionaaliseksi elementiksi. Sen sijaan kuvien sisältämät kaavat, koordinaatit ja kenttäviivat lasketaan konventionaaliseksi elementeiksi. Näin ollen esimerkiksi kaavoja sisältävä realistinen kuva luokitellaan hybridiksi, kun taas vastaava tekstiä sisältävä kuva on realistinen.

Taulukko 1: Oppikirjakuvien tyyppiluokat, niiden kuvaukset sekä alaluokat

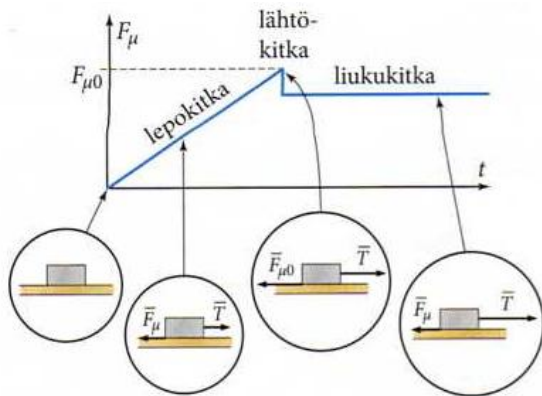
Tyyppiluokka	Kuvaus	Alaluokat
Realistinen	Kuva kuvaa fysikaalista todellisuutta ihmissilmän näkökyvyn mukaisesti	Valokuva
		Piirros
Konventionaalinen	Kuva esittää sisältöään luonnontieteille tavanomaisella tavalla koodatussa muodossa	Graafi
		Diagrammi tai kartta
		Käsitekartta
		Vektorikaavio
Hybridi	Kuva on realististen ja konventionaalisten elementtien sekoitus	-

Kuvasarjat lasketaan yhdeksi kuvaksi. Kuvajoukko tulkitaan kuvasarjaksi, mikäli sen kuvilla on yhteinen kuvateksti tai otsikko tai ne on esitetty jonkin muun yhteisen ulkoisen rakenteen, kuten taulukon tai tekstilaatikon yhteydessä. Muissa tapauksissa mahdollisesti kuvasarjoiksi tarkoitetut kuvat luokitellaan yksitellen. Kuvassa 7 esitetty kaksikuvainen kuvajoukko tulkitaan kuvasarjaksi ja lasketaan yhdeksi kuvaksi, koska sarjan kuvilla on omien kuvatekstien lisäksi yksi yhteinen kuvateksti. Kuvien sisällön ja aihepiirin yhtenäisyyttä ei tässä tutkimuksessa pidetä riittävänä perusteena kuvasarjaksi tulkitsemiseen, koska se lisäisi rajanvedon tulkinnanvaraisuutta, mikä heikentää analyysin tulosten toistettavuutta ja vaikeuttaa aineiston analysointia. Ankkuroimalla kuvasarjan määritelmä ulkoisen rakenteen läsnäoloon vältetään myös tulkitsemasta yksittäisiä kuvia virheellisesti kuvasarjaksi.

Kuvasarja luokitellaan sen sisältämien kuvien tyyppin mukaiseksi. Mikäli kuvasarja sisältää erityyppisiä kuvia, se luokitellaan hybridiksi. Mikäli kuvasarjan kuvat ovat samantyyppisiä mutta taulukon 1 eri alaluokista, kuvasarja luokitellaan siihen alaluokkaan, jonka kuvia sarja sisältää eniten. Lisäksi kuva, joka rakentuu useista eri luokkiin kuuluvista kuvista, luokitellaan perustavassa asemassa olevan alaluokan mukaan. Esimerkiksi kuvassa 8 esitetty graafi, jonka eri vaiheita havainnollistavat vektorikaaviot, luokitellaan graafiksi eikä vektorikaavioksi, koska vektorikaaviot havainnollistavat ja selittävät graafia eikä päinvastoin.

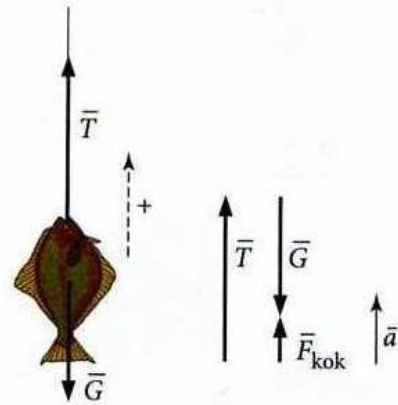


Kuva 7: Kaksi kuvaa sisältävä kuvajoukko tulkitaan kuvasarjaksi yhteisen kuvatekstin vuoksi. Näin ollen kuvajoukko analysoidaan yhtenä oppikirjakuvana. Sarjan molemmilla kuvilla on lisäksi oma kuvateksti. [A4]



Kun kappaleeseen vaikuttava jännitysvoima \bar{T} saavuttaa riittävän suuren arvon, kappale nytkähtää liikkeelle. Tämä näkyy kuvassa kitkan äkillisenä pienenemisenä. Kitka muuttuu liukukitkaksi.

Kuva 8: Vektorikaavioiden ja graafin muodostama kuva luokitellaan graafiksi, koska vektorikaaviot havainnollistavat graafin eri vaihteita. [A7]



Kuva 9: Kaksi kuvatekstittöntä kuvaa, hybridi ja vektorikaavio, jotka tulkitaan kahdeksi erilliseksi kuvaksi, koska mikään ulkoinen rakenne oppikirjan sivulla ei yhdistä kuvia toisiinsa. [A7]

Aina ei ole myöskään yksiselitteistä, onko kyseessä kaksi erillistä kuvaa vai yhden kuvan kaksi erillistä elementtiä. Tätä havaitaan erityisesti kuvatekstittömissä kuvissa silloin, kun elementit ovat tyypiltään erilaisia. Selkeästi rajattujen kuvien, kuten graafien ja valokuvien kohdalla tällaiset tapaukset ovat harvinaisia. Näissä tapauksissa sovelletaan samoja periaatteita kuin kuvasarjojen määrittämisessä. Mikäli mikään ulkoinen rakenne ei yhdistä erillisiä elementtejä toisiinsa, ne tulkitaan erillisiksi kuviksi. Näin on esimerkiksi kuvan 9 tapauksessa.

5.3 Kuvien tehtäväpohjainen luokittelu

Tutkimuksen aineiston analysointia varten on laadittu Carneyn ja Levinin luokittelua muokaten sopiva kuvien tehtäväpohjainen luokittelu määrittämään kuvituksen roolia tiedon välittämisessä ja prosessoinnissa tekstin rinnalla fysiikan oppikirjoissa (ks. [2]). Luokittelussa on hyödynnetty myös ajatuksia Pozzerin ja Rothin käyttämästä valokuvien tehtäväjaottelusta (ks. [8]). Tutkimuksessa käytetty tehtäväluokittelu sisältää taulukossa 2 esitetyt kategoriat.

Taulukko 2: Oppikirjakuvien tehtäväluokat ja niiden kuvaukset

Tehtäväluokka	Kuvaus
Somistava	Kuva koristaa sivua ilman merkittävää yhteyttä tekstin sisältöön.
Soveltava	Kuva havainnollistaa tai soveltaa tekstissä esitettyjä asioita esimerkiksi arjenläheisen esimerkin avulla.
Esittävä	Kuva esittää tekstin sisältöä kuvallisessa muodossa esittämättä tekstin ymmärtämisen kannalta uutta tai välttämätöntä tietoa.
Selittävä	Kuva on välttämätön tekstin sisällön ymmärtämisen kannalta.
Täydentävä	Kuvan avulla esitetään uutta, ymmärryksen kannalta olennaista tietoa suhteessa oppikirjatekstiin.

Somistavan kuvan tarkoitus on tehdä tekstistä mielenkiintoisemman näköistä ja motivoida tekstin lukemiseen. Toisinaan somistavan kuvan tarkoitus voi olla myös täyttää oppikirjan sivua niin, ettei kirjaan jää luonnottoman oloisia tyhjiä paikkoja. Somistavat kuvat ovat tavallisesti valokuvia, ja niitä käytetään useimmiten oppikirjan kappaleiden alussa. Vaikka oppikirjoihin valittavat somistavat kuvat usein liittyvät tekstissä käsiteltyyn aihepiiriin, niillä ei ole merkittävää tiedollista yhteyttä oppikirjatekstin sisältöön. Tavallisesti somistavat kuvat eivät myöskään sisällä kuvatekstiä. Kaksi esimerkkiä somistavasta kuvasta on esitetty kuvassa 10.

Soveltavalla kuvalla liitetään tekstin sisältö lukijan kokemusmaailmaan ja havainnollistetaan, miten tekstissä kuvatut ilmiöt ja asiat ilmenevät fyysisessä todellisuudessa. Fysiikan oppikirjoissa tällaisia kuvia ovat esimerkiksi kuvan 11 mukaiset valokuvat, jotka esittävät esimerkin tekstissä kuvattujen ilmiöiden tai käsitteiden ilmenemisestä arkielämässä. Yksistään soveltavasta kuvasta lukija ei kuitenkaan saa eheää kokonaiskuvaa siinä sovelletuista ilmiöistä tai käsitteistä, joita oppikirjatekstissä on käsitelty. Tästä johtuen soveltavan kuvan voidaan ajatella olevan tekstile alisteinen, koska lukija tarvitsee aina oppikirjatekstiä kokonaisvaltaisen ymmärryksen saavuttamiseksi kuvan esittämästä aiheesta. Tästä näkökulmasta soveltavan kuvan merkitys ymmärryksen tukemisessa – tosin oppikirjatekstile alisteisena – voi olla hyvinkin merkittävä.



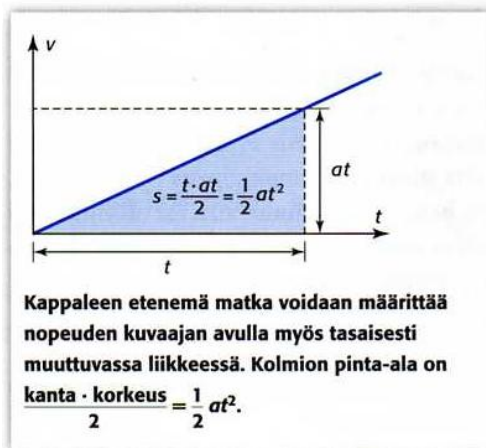
Kuva 10: Kaksi valokuvaa esittävät lentävää lintua ja uimaria. Kuvien tiedollinen yhteys päätekstin sisältöön perustuu sanoihin "Lintu on lentäessään" ja "Uidessasi". Valokuvat ovat somistavia, koska ne eivät kuvaa eivätkä käsittele vuorovaikutuksia, jotka ovat päätekstin keskeinen sisältö. [A3]



Kuva 11: Soveltava kuva – Valokuva esittää veden kiehumista, ja sen kuvateksti tarkentaa kuplien liikkeen olevan tasaista. Kuva havainnollistaa esimerkin avulla tekstilaatikon otsikkoa "Tasainen suoraviivainen liike" ja lausetta "Suoraviivaista liikettä sanotaan tasaiseksi liikkeeksi, jos kappale etenee samassa ajassa aina yhtä pitkän matkan." [A6]

Esittävä kuva esittää tekstin sisältöä kuvallisessa muodossa. Se poikkeaa soveltavasta kuvasta siten, että se esittää vastaavia asioita kuin oppikirjateksti eikä niinkään sovelle käsiteltyä asiaa esimerkiksi arjen ilmiöihin. Fysiikan oppikirjoissa tällaisia kuvia ovat esimerkiksi mittaustuloksia esittävät graafit ja erilaiset käsittekartat. Esittävän kuvan voidaan ajatella olevan oppikirjatekstille rinnasteinen, sillä molemmat esittävät samaa informaatiota eri muodossa ja näin tukevat toisiaan tiedon välittämisessä ja ymmärryksen rakentamisessa. Esittävä kuva tukee asian ymmärtämistä välittämällä informaatiota tekstin ohessa kuvallisen kanavan kautta. Se ei kuitenkaan ole tekstin sisällön ymmärtämisen kannalta välttämätön. Kuvan 12 sisältämä graafi kuvateksteineen muodostaa esittävän kuvan suhteessa kuvassa 12 esitettyyn päätekstiin, sillä lähes kaikki päätekstin otsikon ja tekstin sisällöt on esitetty kuvan avulla.

Selittävä kuva tukee tekstin sisällön ymmärtämistä oleellisella tavalla, kuten esittämällä tietoa, josta oppikirjatekstissä tehdään johtopäätöksiä. Näin ollen oppikirjatekstin voidaan ajatella olevan esittävälle kuvalle alisteinen, sillä lukijan on tekstin sisältö ymmärtääkseen tutkittava myös kuvaa. Täydentävä kuva puolestaan esittää uutta, päätekstin ulkopuolista tietoa, joka on olennaista päätekstin sisällön ymmärtämisen kannalta.



Matka voidaan määrittää nopeuden kuvaajasta

Tasaisessa liikkeessä aika-akselin ja kuvaajan väliin jäävän alueen **fysikaalinen pinta-ala** ilmaisee kappaleen kulkeman matkan. Kappaleen etenemä matka saadaan muissakin liikkeissä määrittämällä aika-akselin ja nopeuden kuvaajan välisen alueen fysikaalinen pinta-ala.

Kun kappale lähtee levosta ja sen nopeus kasvaa tasaisesti, nopeuden kuvaaja on origon kautta kulkeva nouseva suora. Ajassa t lähdön jälkeen edetyn matkan ilmaiseva alue on silloin kolmio, jonka pinta-ala on

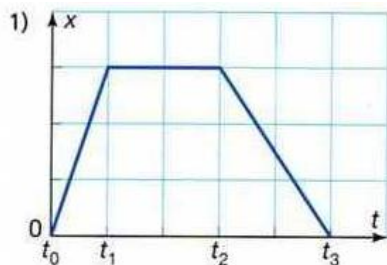
$$s = \frac{t \cdot at}{2} = \frac{1}{2} at^2 .$$

Matkan lausekkeen perusteella voidaan päätellä myös, että tasaisesti kiihtyvässä liikkeessä paikan kuvaaja on käyrä.

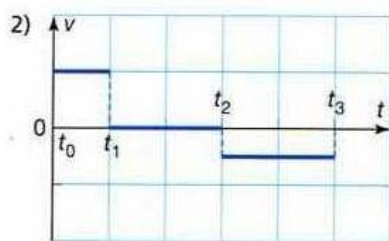
Kuva 12: Esittävä kuva – Graafin ja sen kuvatekstin avulla esitetään päätekstin otsikon ja tekstin sisällöt viimeistä virkettä lukuun ottamatta. Kuvassa ei kuitenkaan esitetä päätekstistä puuttuvaa tietoa, eikä kuvan informaatio ei ole päätekstin sisältöjen ymmärtämisen kannalta välttämätöntä. [A5]

Esimerkki selittävästä kuvasta on esitetty kuvassa 13, jossa kaksi graafia kuvaavat kappaleen paikkaa ja nopeutta ajan funktiona. Kuvien selittävä funktio aiheutuu tässä tapauksessa päätekstin sisältämästä kuvien sisällön kuvailusta. Päätekstin lauseen *”Välillä $t_0...t_1$ kappale etenee vakionopeudella, välillä $t_1...t_2$ kappale on paikallaan eli nopeus on nolla, ja välillä $t_2...t_3$ kappale palaa takaisin lähtöpisteeseen”* sanoma jää lukijalle täysin vaille merkitystä, ellei hän tutki kuvasta, miten graafi käyttäytyy kyseisillä aikaväleillä. Näin kuva selittää, mistä tekstin väittämässä on kyse, ja tuo esiin tekstin varsinaisen sisällön. [A4]

Vastaava esimerkki täydentävästä kuvasta on esitetty kuvassa 14, jossa tasaista ja ei-tasaista liikettä kuvataan kahden graafin avulla. Koska tässä tapauksessa pääteksti keskittyy lähinnä nopeuden käsitteeseen ja kaavaan eikä määrittele tasaisen liikkeen käsitettä ollenkaan, graafit toimittavat täydentävää tehtävää suhteessa oppikirjan päätekstiin. Graafien tarjoama tasaisen liikkeen määritelmä täydentää ja auttaa ymmärtämään päätekstin katkelmaa *”Harva liike on tasaista. Ei-tasaisen liikkeen yhteydessä puhutaankin keskimääräisestä nopeudesta eli keskinopeudesta.”* [A1]



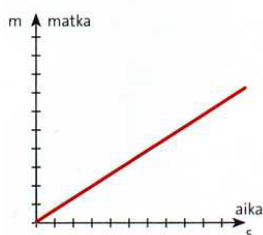
Piirroksessa 1 kappaleen liike esitetään (t, x) -koordinaatistossa. Välillä $t_0...t_1$ kappale etenee vakionopeudella, välillä $t_1...t_2$ kappale on paikallaan eli nopeus on nolla, ja välillä $t_2...t_3$ kappale palaa takaisin lähtöpisteeseen. Viimeksi mainitussa tapauksessa nopeus on vastakkaismerkkinen välillä $t_0...t_1$ olevan nopeuden kanssa. Piirroksessa 2 sama liike esitetään (t, v) -koordinaatistossa.



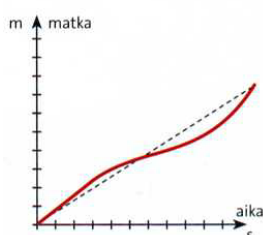
Suunnaltaan muuttuvassa liikkeessä, esimerkiksi edestakaisessa liikkeessä, keskinopeus ei vastaa tavanomaista käsitystä nopeudesta. Aina kun kappale palaa lähtökohtaansa, sen siirtymä on nolla eli $\Delta x = 0$. Tällöin keskinopeus on nolla riippumatta siitä, miten kaukana kappale – esimerkiksi auto – on käynyt tai miten nopeasti se on liikkunut. Samoin jos kierrät urheilukentän radan ympäri, keskinopeutesi on nolla, koska palaat lähtöpisteeseesi.

Kuva 13: Kaksi selittävää kuvaa, joihin viitataan päätekstissä numeroinnin avulla. Kuvien selittävä tehtävä perustuu tekstissä ilmenevään kuvien sisällön kuvailuun ja niiden kykyyn ohjata lukijaa ymmärtämään tekstin väittämät halutulla tavalla. [A4]

Nopeuden kaava kuvaa matkan, ajan ja nopeuden välistä yhteyttä



Tasaisessa liikkeessä kappaleen nopeus pysyy koko ajan samana.



Ei-tasaisessa liikkeessä kappaleen nopeus vaihtelee.

Nopeus kuvaa liikettä. Se ilmaisee, kuinka pitkän matkan kappale liikkuu yhdessä aikayksikössä. Nopeuden kaava yhdistää toisiinsa suureet nopeus, matka ja aika. Yksi suure voidaan aina laskea, kun kaksi muuta suureta tunnetaan. Matkan, ajan ja nopeuden välinen yhteys voidaan esittää kaavoina seuraavasti:

$$v = \frac{s}{t} \quad s = vt \quad t = \frac{s}{v}$$

Vain harva liike on tasaista. Ei-tasaisen liikkeen yhteydessä puhutaankin keskimääräisestä nopeudesta eli **keskinopeudesta**. Viereinen kaavio esittää matkaa ajan funktiona tasaisessa ja ei-tasaisessa liikkeessä.

Esimerkki 1

Saarisen perhe teki automatkan. Ensimmäisen kahden tunnin aikana heidän keskinopeutensa oli 90 km/h. Tällöin heidän kulkemansa matka oli

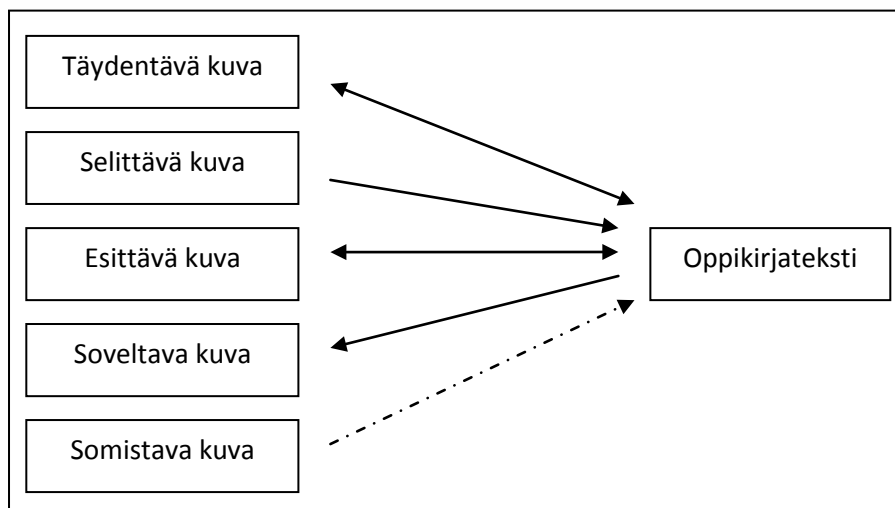
$$s = vt = 90 \text{ km/h} \cdot 2 \text{ h} = 180 \text{ km}$$

Loppumatkalla, jonka pituus oli 240 km, heidän keskinopeutensa oli 80 km/h. Tähän matkaan he käyttivät aikaa

Kuva 14: Kaksi täydentävää kuvaa, joihin myös viitataan päätekstissä termillä ”viereinen kaavio”. Kuvien täydentävä tehtävä perustuu siihen, että tasaisen liikkeen käsite on määritelty ainoastaan graafien avulla.

[A1]

Oppikirjatekstin suhdetta eri tehtävän täyttäviin kuviin on havainnollistettu kuvassa 15. Kuvassa nuolen suunta kuvaa sitä, kumpi kahdesta representaatiosta määrittää toista ja ohjaa toisen tulkitsemista. Soveltavan kuvan tapauksessa nuoli osoittaa tekstistä kuvaan, koska lukija tarvitsee oppikirjatekstiä kuvan sisällön ymmärtämiseksi, kun taas selittävän kuvan tapauksessa tekstin ymmärtäminen on ainakin osittain kuvasta riippuvaista, joten nuoli osoittaa kuvasta tekstiin. Vastaavasti koska somistavat kuvat usein valitaan oppikirjatekstin aihepiirin mukaan, ne osaltaan määrittävät lukijalle tekstissä käsiteltävää aihepiiriä, minkä vuoksi nuoli osoittaa kuvasta tekstiin. Nuolen katkoviivaluonne kuvaa heikkoa tiedollista yhteyttä, joka somistavalla kuvalla on oppikirjatekstin kanssa. Vaikka täydentävän ja esittävän kuvan merkitys tekstin ymmärtämisen kannalta on erilainen, kummankin tapauksessa sekä teksti että kuva määrittävät ja selventävät toisiaan ymmärryksen rakentamisessa, minkä vuoksi nuoli on piirretty osoittamaan molempiin suuntiin.



Kuva 15: Oppikirjatekstin suhde erilaisiin kuviin

Koska yksi kuva voi toimittaa useaa tehtävää suhteessa päätekstiin samanaikaisesti, kuvien tehtävä määräytyy kognitiivisesti korkeimman tehtävän mukaan järjestyksessä somistava, soveltava, esittävä, selittävä, täydentävä (ks. kuva 15). Yksittäisen oppikirjakuvan tehtävän selvittämisessä on huomioitu kuvan itsensä lisäksi sen yhteydessä esitetyt kuvatekstit. Käytännössä siis luokiteltaessa kuvia tehtävän mukaan luokitellaan kuvan ja mahdollisten kuvatekstien muodostama kokonaisuus. Toisinaan kuvateksti muuttaa merkittävästi kuvan tehtävää suhteessa oppikirjatekstiin. Sen vaikutuksesta esimerkiksi itsessään somistava valokuva voi olla esimerkiksi soveltava, kuten kuvissa 10 ja 11 esitetyistä valokuvista nähdään. Suurimpana erona näiden valokuvien välillä on kuvateksti, jonka vaikutuksesta kuvassa 11 esitetty valokuva sisältää tiedon päätekstin käsitteestä, jota kuvassa sovelletaan.

5.4 Kuvatekstien luokittelu

Kuvatekstin käytön osalta aineiston oppikirjojen sisältämät kuvat luokitellaan informatiivisuuden mukaan pohjautuen Pozzerin ja Rothin valokuvatutkimukseen (ks. [8]). *Nimeävä* kuvateksti yksinkertaisesti nimeää kuvassa esitetyn ilmiön tai asian, kun taas *selittävä* kuvateksti ohjaa lukijaa kuvan lukemisessa ja tulkinassa. Nimeävä kuvateksti kertoo lukijalle, mitä kuvassa on esitetty. Selittävä kuvateksti auttaa lukijaa ymmärtämään, mitä kuvassa on esitetty. *Täydentävä* kuvateksti on oppikirjatekstissä käsiteltyyn asiaan liittyvää uutta tietoa esittävä, nimeävä tai

selittävä kuvateksti. Tällaisia ovat esimerkiksi aikaisemmin kuvassa 14 esitettyjen graafien kuvatekstit. Täydentävä kuvateksti ei kuitenkaan tarkoita, että kuvan tehtävä olisi aina täydentävä, sillä kuvatekstin sisältämä täydentävä tieto ei välttämättä ole ymmärryksen kannalta olennaista, vaikka se täydentääkin aina oppikirjatekstin käsittelemää asiaa tiedollisesti. Kuvatekstittömät kuvat kategorisoidaan luokkaan *Ei kuvatekstiä*. Tähän luokkaan luetaan myös kuvat, joiden kuvatekstinä on pelkkä numerointi tai muu indeksointi, jolla kuvaan viitataan päätekstissä. Tästä johtuen esimerkiksi kuvassa 13 esitetyt graafit luokitellaan kuvatekstittömiksi.

Myös kuvien otsikot käsitellään kuvateksteinä. Siitä syystä esimerkiksi kuvassa 5 esitetty vektorikaavio luokitellaan kuvatekstin osalta nimeäväksi. Joskus kuvalla – etenkin kuvasarjalla – voi olla useampi kuvateksti. Lisäksi kuvien tapaan kuvatekstillä voi olla useita päällekkäisiä tehtäviä. Näissä tapauksissa kuvatekstejä käsitellään yhtenäisenä kokonaisuutena ja kuvatekstit luokitellaan korkeimman tiedollisen tehtävän mukaan järjestyksessä nimeävä, selittävä, täydentävä. Esimerkiksi kuvan 7 kuvasarjan molemmat kuvat sisältävät oman, nimeävän kuvatekstin, mutta koska kuvia yhdistävä kuvateksti on selittävä, kuvasarja luokitellaan kuvatekstin osalta selittäväksi.

5.5 Kuvien luokittelu sijoittelun mukaan

Kuvien ja oppikirjatekstin välistä tilallista jatkuvuutta arvioidaan kuvien sijoittelun avulla. Kuvat voivat olla sijoitettu oppikirjatekstin *välittömään läheisyyteen*, toisin sanoen tekstin ympärille (viereen, alapuolelle, yläpuolelle tai viistottain viereen). Vaihtoehtoisesti kuvat voivat sijaita tekstin kanssa *samalla sivulla* tai *eri sivulla*. Kuva luokitellaan sijoittelun osalta aina suhteessa siihen päätekstin osioon, joka määrää kuvan tehtävän. Toisin sanoen kuvan tehtävän määräävä pääteksti määrittää myös kuvan sijoittelun luokituksen.

Kun kuva on sijoitettu samalle sivulle sitä käsittelevän päätekstin kanssa, muttei tekstin välittömään läheisyyteen, tekstin ja kuvan väliin on sijoitettu kuvaan liittymätöntä päätekstiä, toinen kuva tai useita rivejä tyhjää tilaa, sijoittelu rikkoo representaatioiden välistä tilallista jatkuvuutta. Tämä on tilanne esimerkiksi kuvassa 9 esitettyjen valokuvien kohdalla, missä kuvien ja niihin liittyvän päätekstin välissä on katkelma kuviin liittymätöntä päätekstiä. Tällöin kuva

luokitellaan sijaitsemaan samalla sivulla kuin pääteksti. Mikäli sama kuva olisi luokiteltava sijoittelunsa puolesta kahteen eri kategoriaan, valitaan tilallisen jatkuvuuden kannalta epäedullisempi vaihtoehto. Tällaisia tapauksia ovat esimerkiksi tilanteet, joissa kuvaan liittyvä pääteksti jatkuu eri sivulle kuin kuva, tai jos kuvaa käsittelevä pääteksti alkaa eri sivulta kuin missä kuva on esitetty. Tällainen on yleistä, mikäli kuvaa käsittelevään päätekstiin sisältyy esimerkiksi taulukko. Vastaavasti kuvasarja voi edetä eri sivulle kuin sitä käsittelevä pääteksti. Tällöinkin kuva luokitellaan sijaitsemaan eri sivulla kuin pääteksti. Sijoittelun luokittelu perustuu oletukseen siitä, että lukija etenee oppikirjaa lukiessaan sivu kerrallaan eikä esimerkiksi aukeama kerrallaan. Näin ollen myös päätekstin välittömässä läheisyydessä eli ympärillä mutta kuitenkin eri sivulla olevat kuvat luokitellaan eri sivulla sijaitseviksi.

6 Kuva-analyysin tulokset

6.1 Yläkoulun oppikirjat

Aineisto kattaa yläkoulun oppikirjojen päätekstiä yhteensä 46 sivua. Päätekstin yhteydessä olevia kuvia on analysoitu yhteensä 111 kappaletta, mikä tarkoittaa yläkoulun fysiikan oppikirjojen sisältävän keskimäärin 2,4 kuvaa päätekstisivua kohti. Aineiston 111 kuvasta vain kymmeneen (9,0 %) viitataan päätekstissä. Kaikissa aineiston yläkoulun oppikirjoissa kuviin viitataan oppikirjatekstissä erilaisin termein, kuten ”oheinen kuva”, ”viereinen kuvaaja” tai yksinkertaisesti ”kuvassa”. Vain yksittäistapauksissa kuvaan viitataan numeroinnin tai muun, sekä pää- että kuvatekstissä esiintyvän indeksoinnin avulla.

Analyysin tulokset oppikirjakuvien tyypeistä ja tehtävistä on esitetty taulukossa 3. Tuloksista nähdään yläkoulun oppikirjojen kuvituksen keskittyvän merkittävässä määrin fyysikaalisen todellisuuden kuvaamiseen, sillä 57,7 % kuvista on realistisia. Vastaavasti vain 17,1 % kuvista on konventionaalisia. Valokuvia on peräti 52,3 % aineistosta. Tulosten mukaan valokuva onkin yläkoulun fysiikan kirjan yleisin kuvatyyppe, toisin kuin piirros, joita on aineistosta vain 5,4 %. Piirrosten vähäistä määrää selittää se, että suurin osa hybridikuvista on piirros pohjaisia. Näin voidaan tuoda luonnontieteille ominaista kuvallista kieltä oppilaan kokemusmaailmaa lähellä olevaan kuvaan. Vaikka tällaisissa piirroksissa on käytetty konventionaalisia elementtejä, yläkoulun oppikirjojen kuvituksessa on käytetty hyvin maltillisesti luonnontieteille ominaista kuvallista ilmaisua. Konventionaalisista kuvista yleisin on graafi (13,5 % kaikista kuvista), mikä on odotettavaa liikkeen ollessa tutkittavana aihepiirinä. On kuitenkin yllättävää, että lähes kaikki konventionaaliset kuvat ovat graafeja. Diagrammeja tai karttoja ei ole käytetty ollenkaan ja käsitekarttojakin vain muutamia. Lisäksi voimaa käsittelevälle aihepiirille tyypilliset vektorikuviot puuttuvat aineistosta tyystin. Myös näiden puuttumista aineistosta voidaan selittää hybridikuvien käytöllä. Hybridin käyttäminen konventionaalisen kuvan sijaan vähentää kuvituksen abstraktiutta ja tuo kuvan sisällön lähemmäs lukijan kokemusmaailmaa. Tällä ratkaisulla voidaan siirtää kuvituksen painopistettä realistisempaan suuntaan.

Taulukko 3: Yläkoulun oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	28	0	0	0	0	0	0	28
Soveltava	21	2	0	0	0	1	12	36
Esittävä	8	3	5	0	1	0	14	31
Selittävä	0	1	8	0	0	0	1	10
Täydentävä	1	0	2	0	2	0	1	6
Yhteensä	58	6	15	0	3	1	28	111
Yhteensä	64		19					

Taulukon 3 tuloksista nähdään yläkoulun oppikirjojen sisältävän eniten soveltavia kuvia (32,4 %). Seuraavaksi eniten on esittäviä (27,9 %) ja somistavia (25,2 %) kuvia. Soveltavien ja somistavien kuvien myötä yli puolet kuvista on tekstille alisteisia, kun taas vain alle 15 % kuvista on tekstiä selittäviä tai täydentäviä. Tämä kertoo oppikirjatekstin vahvasta ja itsenäisestä asemasta tiedon välittämisen ja ymmärryksen rakentamisen ensisijaisena representaationa. Tulokset osoittavat kuvituksen ensisijaiseksi tehtäväksi tekstin sisältöjen havainnollistamisen. Kuvituksella on tärkeä rooli myös tekstin somistamisessa. Erityisesti huomionarvoista on se, että kaksi yleisintä kuvaa yläkoulun oppikirjassa ovat somistava ja soveltava valokuva. Kuvallisen ilmaisun kautta tapahtuva tiedon välittäminen on kuvituksen toissijainen tehtävä. Tämän lisäksi kuvien rooli ymmärryksen tukemisessa on selvästi tekstille alisteinen, mikä johtuu soveltavien kuvien suuresta määrästä suhteessa selittävien ja täydentävien kuvien määrään.

Analyysin tulokset yläkoulun oppikirjojen kuvatekstien ja kuvien sijoittelun osalta on esitetty taulukoissa 4 ja 5. Taulukosta 4 nähdään, että yli puolet (59,4 %) oppikirjakuvista sisältää jonkinlaisen kuvatekstin. Yleisin kuvateksti on kuvaa selittävä ja sen tulkintaa ohjaava kuvateksti (63,6 % kaikista kuvateksteistä). Tätä selittää osittain valokuvien suuri määrä. Koska valokuva kuvaa luonnosta ja ilmiöistä vain hetkellisen tilanteen, se on itsessään monitulkintainen ja siksi myös informatiivisesti köyhä. Tästä syystä kuvatekstillä on tärkeä rooli ohjata lukijaa haluttujen tulkintojen tekemisessä ja valokuvan selittämisessä.

Taulukko 4: Tulokset yläkoulun kuvatekstien luokittelusta

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	18	16,2
Selittävä	42	37,8
Täydentävä	6	5,4
Ei kuvatekstiä	45	40,6
Yhteensä	111	100

Taulukko 5: Tulokset kuvien sijoittelusta yläkoulun oppikirjoissa

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	73	65,8
Samalla sivulla	18	16,2
Eri sivulla	20	18,0
Yhteensä	111	100

Taulukosta 5 nähdään, että yläkoulun oppikirjoissa noin kaksi kolmasosaa (65,8 %) oppikirjakuvista sijaitsee päätekstin välittömässä läheisyydessä. Tästä huolimatta kuitenkin lähes joka viides (18,0 %) kuva sijaitsee eri sivulla sen sisältöjä käsittelevän tekstin kanssa. Myös näitä tuloksia voidaan selittää kuvituksen valokuvapainotteisuudella. Koska valokuva on yleensä suhteellisen suuri – jopa neljäsosa koko sivun pinta-alasta – se on useimmiten sijoitettava oppikirjassa sivun ylä- tai alalaitaan, jotta tekstille jää järkevästi tilaa. Lisäksi esimerkit ja muut päätekstin sekaan upotetut sisällöt rikkovat toisinaan tekstin ja kuvan välistä tilallista yhteyttä.

6.2 Lukion pakollisen kurssin oppikirjat

Aineisto kattaa lukion pakollisen kurssin oppikirjojen päätekstiä yhteensä 45 sivua. Päätekstin yhteydessä esitettyjä kuvia on analysoitu yhteensä 116 kappaletta. Näin ollen lukion pakollisen kurssin oppikirja sisältää keskimäärin 2,6 kuvaa per sivu päätekstiä. Aineiston 116 oppikirjakuvasta 11 (9,5 %) viitataan päätekstissä. Molemmissa lukion oppikirjoissa kuviin viitataan muun muassa termein ”oheinen kuva” ja ”viereinen kuvaaja”, minkä lisäksi yksittäistapauksissa kuviin on viitattu numerointia käyttäen.

Taulukossa 6 on esitetty analyysin tulokset lukion pakollisen kurssin oppikirjakuvien tyypeistä ja tehtävistä. Tuloksista nähdään lukion pakollisen kurssin oppikirjojen kuvituksen painottuvan realistisiin kuviin, joita aineistosta on lähes puolet (48,3 %). Yhtä piirrosta lukuun ottamatta kaikki realistiset kuvista ovat valokuvia, joita on kaikista kuvista yhteensä 47,4 %, mikä tekee valokuvasta yleisimmän kuvatyypin lukion pakollisen kurssin oppikirjoissa. Konventionaalisia kuvia lukion pakollisen kurssin kattava aineisto sisältää 33,6 % ja hybridikuvia 18,1 %. Suurin osa

konventionaalisista kuvista on graafeja. Niitä on kaikista kuvista yhteensä 30,2 %, kun taas voiman aihepiirille tyypillisiä vektorikuvioita on vain 2,6 % kaikista oppikirjakuvista.

Taulukko 6: Lukion pakollisen kurssin oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	13	0	0	0	0	0	0	13
Soveltava	29	1	0	1	0	1	6	38
Esittävä	10	0	16	0	0	2	13	41
Selittävä	0	0	16	0	0	0	0	16
Täydentävä	3	0	3	0	0	0	2	8
Yhteensä	55	1	35	1	0	3	21	116
Yhteensä	56		39					

Taulukon 6 tuloksista nähdään lukion pakollisen kurssin oppikirjojen sisältävän eniten esittäviä kuvia (35,3 %). Soveltavia kuvia on toiseksi eniten, lähes kolmasosa (32,8 %) kaikista kuvista. Noin viidennes (20,7 %) kuvista on tekstiä selittäviä tai täydentäviä, kun taas somistavia kuvia on vain 11,2 %. Näiden tulosten pohjalta kuvituksen ensisijaiset tehtävät lukion pakollisen kurssin oppikirjoissa ovat oppikirjatekstin sisältämien tiedon välittäminen ja tekstin sisältöjen havainnollistaminen. Tätä kuvaa myös se, että taulukon 6 mukaan kaksi yleisintä kuvaa lukion pakollisen kurssin oppikirjassa ovat soveltava valokuva ja esittävä tai selittävä graafi. Vaikka ymmärryksen tukeminen on kuvituksen toissijaisena tehtävänä selvästi tekstin somistamista merkittävämmässä asemassa, soveltavien kuvien suuri määrä suhteessa selittävien ja täydentävien kuvien määrään korostaa oppikirjatekstin tärkeyttä ymmärryksen rakentamisessa.

Tulokset lukion pakollisen kurssin oppikirjojen kuvateksteistä ja kuvien sijoittelusta on esitetty taulukoissa 7 ja 8. Taulukosta 7 nähdään, että hieman alle kaksi kolmasosaa (63,8 %) oppikirjojen kuvista sisältää kuvatekstin. Käytetyin kuvateksti on selittävä kuvateksti, joita on kaikista kuvateksteistä 60,8 %. Yläkoulun oppikirjojen tavoin eräs syy tähän on kuvituksen painottuminen valokuviin.

Taulukko 7: Tulokset lukion pakollisen kurssin oppikirjojen kuvatekstien luokittelusta

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	22	19,0
Selittävä	45	38,8
Täydentävä	7	6,0
Ei kuvatekstiä	42	36,2
Yhteensä	116	100

Taulukko 8: Tulokset kuvien sijoittelusta lukion pakollisen kurssin oppikirjoissa

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	80	69,0
Samalla sivulla	20	17,2
Eri sivulla	16	13,8
Yhteensä	116	100

Taulukon 8 tulosten mukaan yli kaksi kolmasosaa (69,0 %) lukion pakollisen kurssin oppikirjakuvista on sijoitettu niiden sisältöä käsittelevän tekstin välittömään läheisyyteen. Kuitenkin lähes joka kolmas (31,0 %) oppikirjakuvista sijaitsee muualla oppikirjan sivuilla. Kun tämän lisäksi huomioidaan tekstin sisältämät vähäiset viittaukset oppikirjakuviin, kuvan ja tekstin välisen yhteyden löytäminen vaikeutuu entisestään näiden oppikirjakuvien osalta. Pahimmassa tapauksessa lukija ei kiinnitä niihin lainkaan huomiota.

6.3 Lukion syventävän kurssin oppikirjat

Tutkimusaineisto sisältää lukion syventävän kurssin oppikirjojen päätekstiä yhteensä 55 sivua. Päätekstin yhteydessä esitettyjä kuvia on yhteensä 165 kappaletta. Näin ollen lukion syventävän kurssin oppikirjat sisältävät keskimäärin kolme kuvaa päätekstisivua kohti. Kaikista 165 oppikirjakuvasta päätekstissä viitataan 21:een (12,7 %). Oppikirjoissa käytetään vastaavia viittaustapoja kuin yläkoulun ja pakollisen kurssin oppikirjoissa. Yksittäisissä tapauksissa päätekstissä viitataan myös johonkin kuvan osaan tai ominaisuuteen, kuten graafin väritettyyn pinta-alaan, muttei suoranaisesti itse kuvaan.

Analyysin tulokset lukion syventävän kurssin oppikirjakuvien tyypeistä ja tehtävistä on esitetty taulukossa 9. Tulosten mukaan 47,3 % syventävän kurssin oppikirjakuvista on realistisia. Valokuva on oppikirjojen yleisin kuvatyyppe, ja niitä on kaikista kuvista 44,2 %. Konventionaalaisia kuvia on 42,4 %. Kyseinen aineisto ei sisällä yhtään diagrammia, karttaa tai käsitekarttaa. Kaikista oppikirjakuvista graafeja on 32,1 % ja vektorikaavioita 10,3 %. Vaikka syventävän kurssin oppikirjakuvitus sisältää eniten realistisia kuvia, konventionaalisten kuvien suuri määrä siirtää

kuvituksen painopistettä merkittävästi kohti luonnontieteille tavanomaisia esitystapoja. Päätös käyttää näin paljon konventionaalisia kuvia kertoo pyrkimyksestä lähentää lukijaa luonnontieteille ominaisten esitysmuotojen ja luonnontieteen kielen kanssa. Se on syynä myös hybridikuvien (10,3 %) vähäiseen määrään.

Taulukko 9: Lukion syventävän kurssin oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	13	0	0	0	0	0	0	13
Soveltava	33	0	0	0	0	1	2	36
Esittävä	22	3	24	0	0	13	9	71
Selittävä	2	2	21	0	0	2	5	32
Täydentävä	3	0	8	0	0	1	1	13
Yhteensä	73	5	53	0	0	17	17	165
Yhteensä	78		70					

Taulukon 9 tuloksista nähdään lukion syventävien oppikirjojen sisältävän esittäviä kuvia (43,0 %) selvästi muiden kategorioiden kuvia enemmän. Toiseksi eniten oppikirjat sisältävät soveltavia kuvia (21,8 %). Kaksi yleisintä oppikirjakuvaa ovatkin soveltava valokuva ja esittävä graafi. Tämä johtuu osittain hybridikuvien vähäisestä määrästä, minkä takia lähes kaikki soveltavat kuvat ovat nimenomaan valokuvia. Selittäviä kuvia (19,4 %) on kolmanneksi eniten. Somistavia kuvia on vain 7,9 % kaikista oppikirjakuvista. Näiden tulosten pohjalta lukion syventävän kurssin oppikirjakuvituksen ensisijaiset tehtävät ovat tekstin sisältämien tiedon välittäminen ja tekstin sisältöjen ymmärtämisen tukeminen. Erityisesti selittävien ja täydentävien kuvien (27,3 % kaikista kuvista) määrä osoittaa kuvituksella olevan merkittävä rooli oppikirjatekstin sisältöjen ymmärtämisen rakentamisessa, sillä useampi kuin joka neljäs oppikirjakuvista on joko tekstiä selittävä tai täydentävä.

Tulokset syventävän kurssin oppikirjojen kuvateksteistä ja kuvien sijoittelusta on esitetty taulukoissa 10 ja 11. Taulukon 10 tulosten mukaan lähes kaksi kolmasosaa (64,2 %) oppikirjojen kuvista sisältää kuvatekstin. Eniten kuvissa käytetään selittäviä kuvatekstejä, joita on kuitenkin vain alle puolet (45,3 %) kaikista kuvateksteistä. Syventävän kurssin oppikirjoissa kuvatekstit ovat

luonteeltaan monipuolisempia kuin esimerkiksi yläkoulun oppikirjoissa, mikä voi johtua sekä konventionaalisten kuvien ja erityisesti vektorikaavioiden että esittävien kuvien suuresta määrästä. Esimerkiksi esittävän vektorikaavion tapauksessa kuvan keskeinen sisältö on selitetty myös oppikirjatekstissä, jolloin selittävälle kuvatekstille ei aina ole tarvetta. Täydentävien kuvatekstien määrän kasvu suhteessa lukion pakollisen kurssiin johtuu mahdollisesti siitä, että syventävällä kurssilla kerrataan pakollisen kurssin asioita. Tällöin asioita ei käydä välttämättä niin perusteellisesti läpi, vaan tietoa esitetään mahdollisesti pelkän kuvan ja kuvatekstin avulla.

Taulukko 10: Tulokset lukion syventävän kurssin oppikirjojen kuvatekstien luokittelusta

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	35	21,2
Selittävä	48	29,1
Täydentävä	23	13,9
Ei kuvatekstiä	59	35,8
Yhteensä	165	100

Taulukko 11: Tulokset kuvien sijoittelusta lukion syventävän kurssin oppikirjoissa

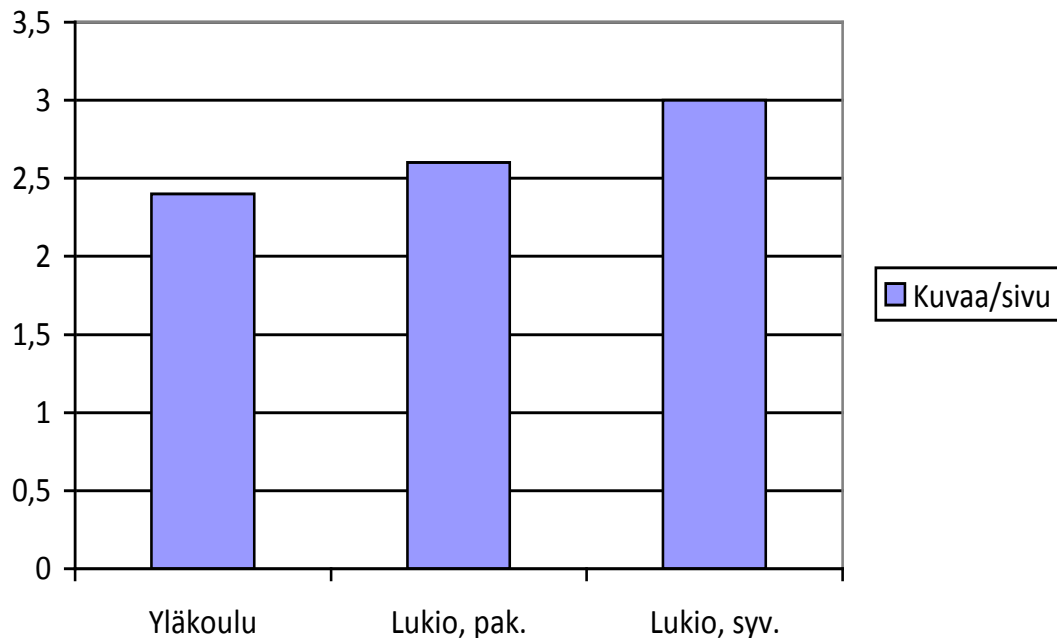
Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	113	68,5
Samalla sivulla	32	19,4
Eri sivulla	20	12,1
Yhteensä	165	100

Taulukosta 11 nähdään, että yli kaksi kolmasosaa (68,5 %) oppikirjakuvista on sijoitettu niitä käsittelevän tekstin välittömään läheisyyteen. Pakollisen kurssin oppikirjakuvien tapaan lähes joka kolmas (31,5 %) kuvista sijaitsee muualla oppikirjan sivuilla. Vaikka tekstissä kuviin viitataan pakollisen kurssin kuvia enemmän, lukijan on vaikeaa löytää kuvan ja tekstin välistä yhteyttä viittausta vailla olevien kuvien osalta. Kun lisäksi huomioidaan, että noin joka neljäs syventävän kurssin oppikirjakuvista on joko selittäviä tai täydentäviä, kuvan ja tekstin välisen yhteyden kadottaminen voi hankaloittaa oppimista ja tekstin sisältöjen ymmärtämistä.

6.4 Tulosten koonti ja aineistosta ilmenevät erot oppikirjakuvien käytössä

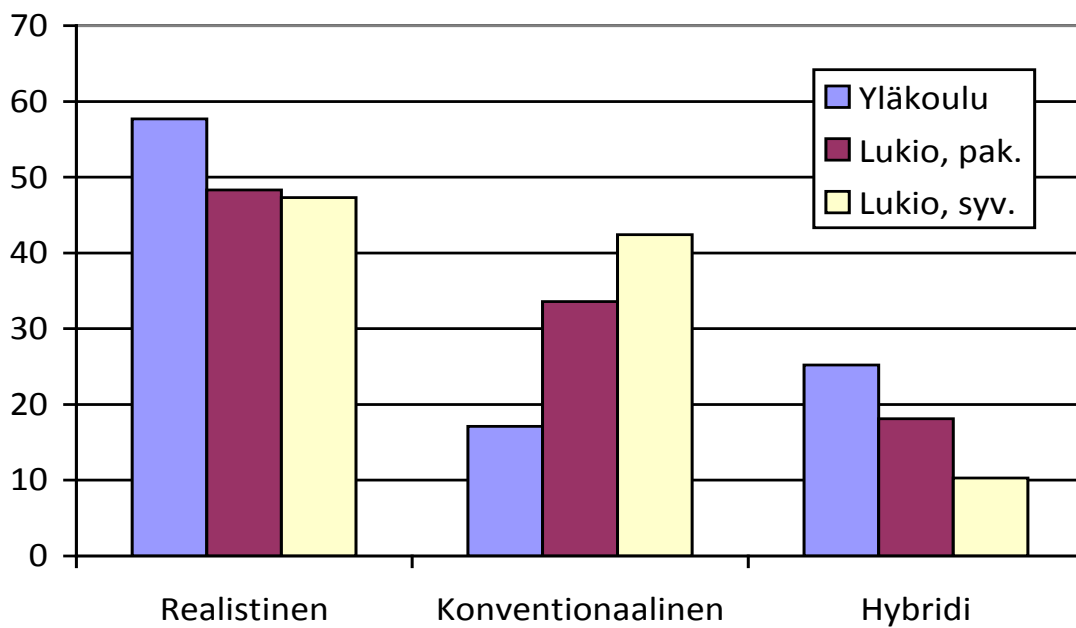
Kuva-analyysin tulosten perusteella aineistosta ilmenee joitakin selkeitä kuvien käyttöön liittyviä eroja ja kehityssuuntia fysiikan oppikirjoissa. Kuvassa 16 on havainnollistettu kuvien keskimääräistä esiintyvyyttä päätekstin yhteydessä. Sen mukaan päätekstin yhteydessä käytettävien kuvien määrä kasvaa fysiikan oppikirjoissa luokkatason noustessa. Oppikirjakuvien

määrä kasvaa huomattavasti enemmän siirryttäessä lukion pakolliselta kurssilta syventävälle kuin siirryttäessä yläkoulusta lukioon.

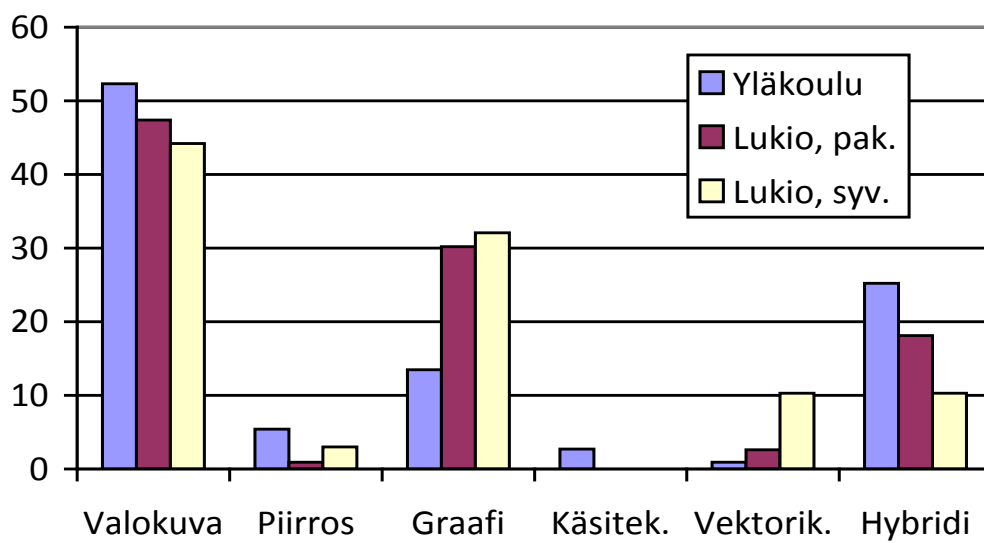


Kuva 16: Kuvien keskimääräinen esiintyvyys päätekstin yhteydessä yläkoulun ja lukion oppikirjoissa

Kuvaan 17 on koottu sekä yläkoulun että lukion oppikirjakuvituksen tyyppien osuudet koko kuvituksesta. Kuvasta nähdään realististen oppikirjakuvien määrän laskevan siirryttäessä yläkoulusta lukioon, muttei juuri lukion pakolliselta kurssilta syventävälle siirryttäessä. Konventionaalisten kuvien ja hybridien kohdalla kuvituksen kehityssuunnat ovat selvemmin nähtävissä. Konventionaalisten kuvien määrä lähes kaksinkertaistuu siirryttäessä yläkoulusta lukioon, ja se kasvaa edelleen siirryttäessä lukion pakolliselta kurssilta syventävälle kurssille. Hybridien määrä sen sijaan laskee likimain tasaisesti luokkatason kasvaessa. Kuvassa 18 esitetyt oppikirjakuvien osuudet kaikkien kuvien määrästä tarkentavat näitä oppikirjakuvituksessa ilmeneviä muutoksia. Realististen kuvien määrän vähentyminen yläkoulusta lukioon siirryttäessä johtuu niin valokuvien kuin piirrostenkin vähentymisestä. Lukion syventävälle kurssille siirryttäessä realististen kuvien määrä ei juuri muutu, koska piirrosten määrä kompensoi valokuvien vähentymistä. Konventionaalisten kuvien kasvu yläkoulusta lukioon siirryttäessä perustuu yksinomaan graafien määrän kasvuun, kun taas lukion syventävälle kurssille siirryttäessä vektorikaavioiden määrä kasvaa selvästi eniten.

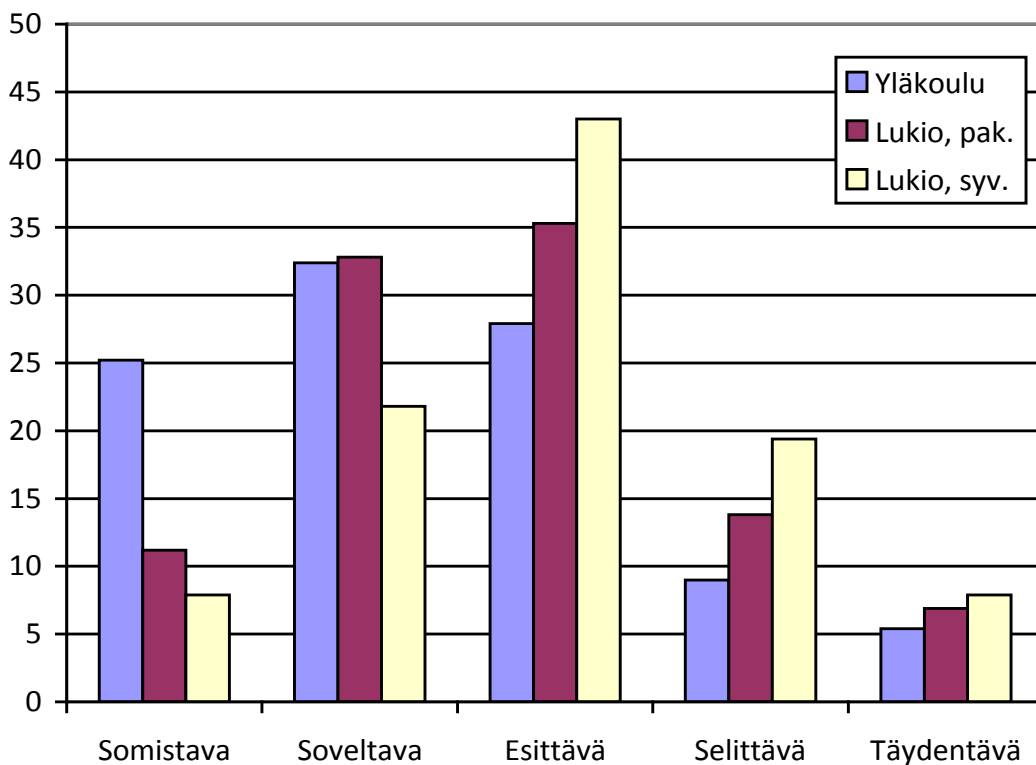


Kuva 17: Oppikirjakuvituksen eri tyyppien prosenttiosuudet fysiikan oppikirjoissa



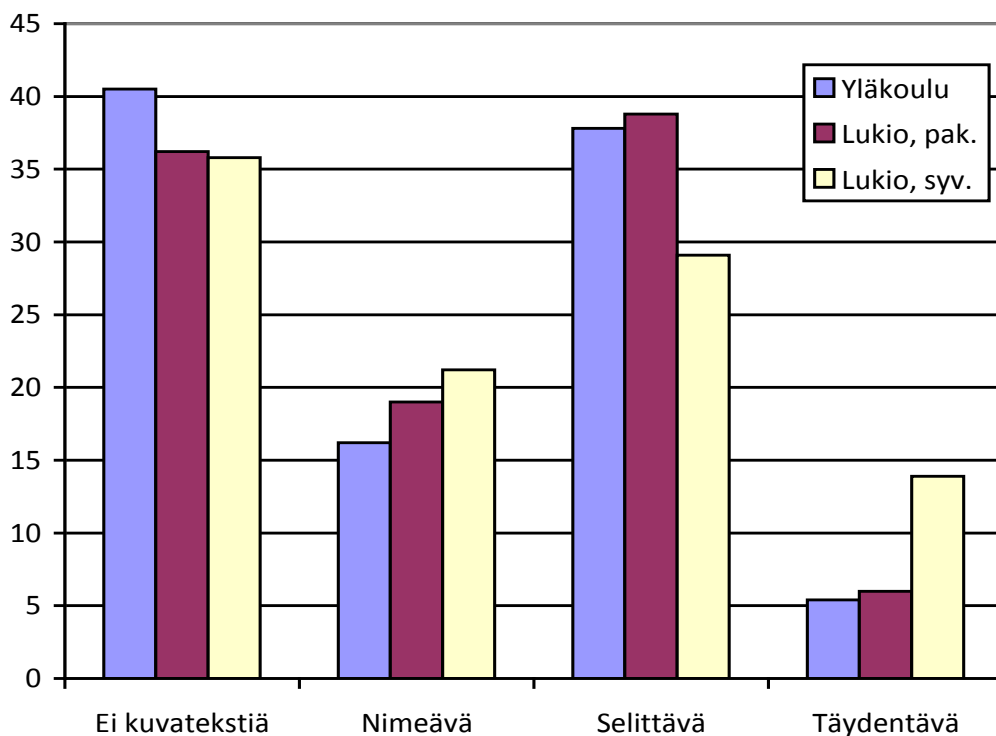
Kuva 18: Fysiikan oppikirjoissa käytettyjen kuvien prosenttiosuudet – Vähäisen määränsä vuoksi diagrammeja ja karttoja ei ole sisällytetty kuvaan.

Tulokset oppikirjakuvien tehtävistä on koottu kuvaan 19. Kuvasta nähdään somistavien kuvien määrän laskevan jyrkästi yläkoulusta lukioon siirryttäessä ja jonkin verran myös siirryttäessä lukion syventävälle kurssille. Sen sijaan soveltavien kuvien määrä ei juuri muutu yläkoulusta lukioon siirryttäessä. Soveltavien kuvien määrä putoaa kuitenkin merkittävästi siirryttäessä lukiossa syventävälle kurssille. Toisaalta niin esittävien, selittävien kuin täydentävienkin kuvien määrä kasvaa likimain tasaisesti luokkatason kasvaessa. Näistä täydentäviä kuvia käytetään oppikirjoissa vähiten, ja niiden määrä myös kasvaa huomattavasti esittävien ja selittävien kuvien määrää vähemmän. Näiden tulosten perusteella näyttää siltä, että luokkatason noustessa esittävät, selittävät ja täydentävät kuvat lisääntyvät ensin somistavien ja sitten pääasiassa soveltavien kuvien kustannuksella.

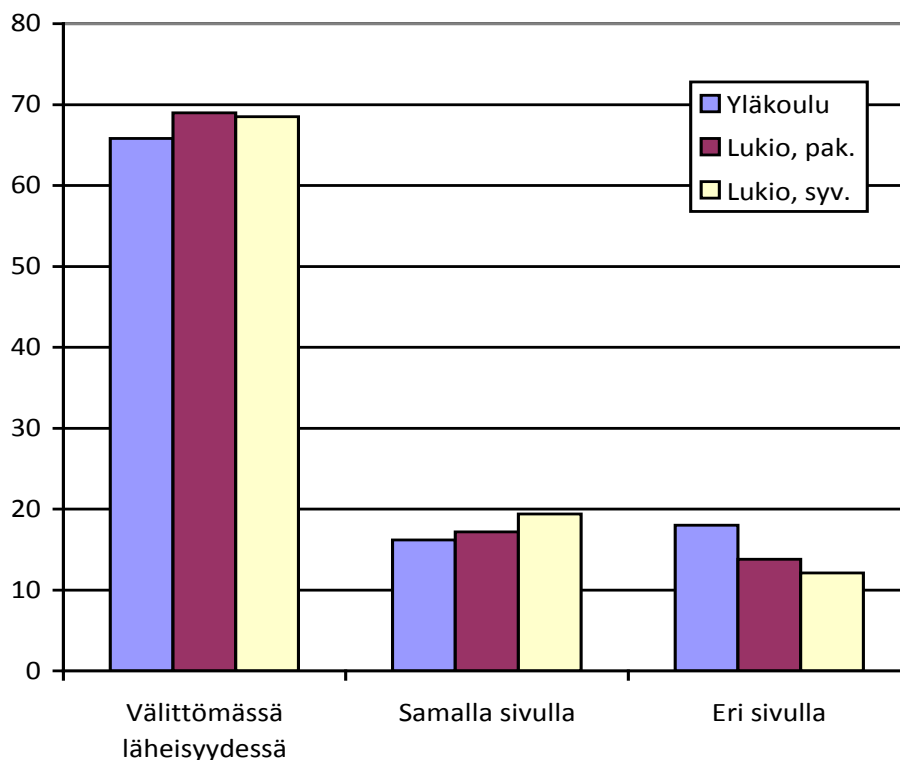


Kuva 19: Kuvien tehtävien prosenttiosuudet fysiikan oppikirjoissa

Kuvatekstien, kuvien sijoittelun ja kuviin viittaamisen tulosten osalta oppikirjakuvitus vaikuttaa melko yhtenäiseltä yläkoulun ja lukion välillä. Noin yhteen kymmenestä kuvasta viitataan oppikirjojen päätekstissä. Tulokset aineiston oppikirjoissa käytetyistä kuvateksteistä on koottu kuvassa 20. Kuvatekstien käytössä merkittävimmät erot ilmenevät siirryttäessä lukion pakolliselta kurssilta syventävälle. Tällöin täydentävien kuvatekstien määrä kasvaa lähinnä selittävien kuvatekstien kustannuksella. Koska useimmat täydentävistä kuvateksteistä ovat myös selittäviä, selittävät kuvatekstit ovat tästä huolimatta selvästi yleisin kuvatekstityyppi kautta aineiston. Kuvatekstittömien kuvien osuus kuvituksessa laskee siirryttäessä yläkoulusta lukioon, mitä selittää kuvassa 19 havaittava somistavien kuvien merkittävä vähentyminen. Lisäksi nimeävien kuvatekstin määrä kasvaa hieman luokkatason noustessa. Kuvien sijoittelun osalta fysiikan oppikirjojen kuvituksessa ei tapahdu merkittäviä muutoksia luokkatason muuttuessa. Kuten kuvasta 21 nähdään, noin kaksi kolmasosaa oppikirjakuvista sijaitsee niiden sisältöä käsittelevän tekstin välittömässä läheisyydessä sekä yläkoulun että lukion fysiikan oppikirjoissa.



Kuva 20: Erialaisten kuvatekstien prosenttiosuudet fysiikan oppikirjojen kuvituksessa



Kuva 21: Prosenttiosuudet kuvien sijoittelusta tekstin suhteen fysiikan oppikirjoissa

Vaikka oppikirjakuvitus vaikuttaa joltain osin yhtenevältä yläkoulun ja lukion välillä, aineistosta ilmenee oppikirjakohtaisia eroja kaikilla tässä tutkimuksessa käsitellyillä kuvituksen alueilla. Liitteessä 1 esitetyistä analyysin oppikirjakohtaisista tuloksista nähdään eri kirjasarjojen kuvituksen eroavan toisistaan sekä yläkoulussa että lukiossa. Esimerkiksi yläkoulun oppikirjoista *Avain Fysiikka 2* ja *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7–9* ovat selvästi valokuvapainotteisempia kuin *FyKe 7–9 FYSIIKKA*, jonka kuvista yli kolmannes on hybridejä. *FyKe* sisältää myös enemmän piirroksia kuin muut aineiston oppikirjat ja eniten kuvia sivua kohden yläkoulun oppikirjoista. *ILMIÖ* sisältää eniten somistavia kuvia, kun taas kahdessa muussa yläkoulun oppikirjassa kuvitus keskittyy ensisijassa soveltaviin ja esittäviin kuviin. Tästä johtuen *ILMIÖ* sisältää myös enemmän kuvatekstittömiä kuvia kuin muut yläkoulun oppikirjat. Kuvien sijoittelun ja kuviin viittaamisen osalta yläkoulun oppikirjat eivät juuri eroa toisistaan.

Lukion kirjasarjojen osalta liitteen 1 tuloksista nähdään esimerkiksi, että *FYSIIKKA*-kirjasarjan kuvitus painottuu vahvemmin valokuviin kuin *Physican* kuvitus. Osittain tästä syystä *Physica*-sarjan oppikirjoissa suurempi osa kuvista on sijoitettu tekstin välittömään läheisyyteen kuin

FYSIIKKA-sarjan oppikirjoissa. Tämän lisäksi *FYSIIKKA*-sarjan oppikirjat sisältävät enemmän kuvatekstittömiä kuvia kuin *Physica*-sarjan oppikirjat. *FYSIIKKA*-kirjasarjan kuvitus on yhtenäisempää pakollisen ja syventävän kurssin välillä niin kuvien määrän, tyyppien, tehtävien kuin kuvatekstienkin osalta, kun taas *Physica*-kirjasarjassa kuvien määrä ja etenkin konventionaalisten sekä selittävien ja täydentävien kuvien määrä kasvaa merkittävästi siirryttäessä pakolliselta kurssilta syventävälle. Tällöin myös nimeävien kuvatekstin määrä ylittää selittävien kuvatekstin määrän *Physica*-kirjasarjassa. Sen sijaan *FYSIIKKA*-sarjan kuvituksessa selittävä kuvateksti on selvästi yleisin kaikista käytetyistä kuvateksteistä sekä pakollisen että syventävän kurssin oppikirjassa.

7 Johtopäätökset

Edellisessä kappaleessa esitettyjen tulosten mukaan yläkoulun fysiikan oppikirjojen liikettä ja voimaa käsittelevät kappaleet sisältävät keskimäärin 2,4 kuvaa päätekstisivua kohti. Lukion pakollisen kurssin oppikirjoissa kuvien määrä on keskimäärin 2,6 ja syventävän kurssin oppikirjoissa 3 kuvaa sivua kohden. Nämä tulokset ovat yläkoulun ja lukion pakollisen kurssin kirjojen osalta samansuuntaisia Turun yliopistossa teetetyn oppikirjatutkimuksen kanssa [22]. Sen mukaan reaaliaineiden oppikirjat sisältävät keskimäärin viisi kuvaa kirjan aukeamaa kohti. Koska Turun yliopiston teettämässä tutkimuksessa on tutkittu kaikkia reaaliaineiden oppikirjoja [22], ei tutkimuksessani saatujen tulosten perusteella voida yksiselitteisesti tehdä päätelmiä kuvien määrän muuttumisesta fysiikan oppikirjoissa viimeisten kahden vuosikymmenen aikana. Koska tutkimuksessani on määritetty kuvien määrä ainoastaan oppikirjan päätekstin yhteydessä, tutkimusaineisto ei sisällä esimerkiksi oppikirjakappaleiden tehtäväsivuja, jotka sisältävät tavallisesti selvästi vähemmän kuvia. Tällä perusteella vaikuttaisi siltä, ettei kuvien määrä fysiikan oppikirjoissa ole välttämättä kasvanut kovin merkittävästi.

Yläkoulussa kuvitus painottuu selvästi realistisiin kuviin. Myös lukion oppikirjoissa suurin osa kuvituksesta on realistisia kuvia. Kuvasta 17 nähdään, että yläkoulun oppikirjojen kuvituksesta lähes 60 % on realistisia kuvia. Vastaavasti lukion oppikirjoissa lähes 50 % kuvista on realistisia. Lähes kaikki näistä realistisista kuvista ovat valokuvia sekä yläkoulussa että lukiossa, sillä liikettä ja voimaa käsittelevät kappaleet sisältävät hyvin vähän piirroksia, kuten kuvasta 18 nähdään. Valokuva onkin sekä yläkoulun että lukion oppikirjojen yleisin kuva. Nämä tulokset vastaavat Mikkilän ja Olkinuoran [22] havaintoja oppikirjakuvituksen painottumisesta erityisesti valokuviin. Näin oppikirjojen kuvituksella pyritään liittämään käsiteltävät sisällöt läheisesti lukijan arkitietoon ja -kokemukseen.

Yläkoulun fysiikan kirjoissa sisältöjen liittämistä lukijan arkitietoon ja -kokemukseen tukee myös tässä tutkimuksessa havaittu hybridikuvien korkea määrä suhteessa konventionaalsiin kuviin. Valokuvan jälkeen toiseksi yleisin kuva yläkoulussa onkin hybridi, kun taas lukion oppikirjoissa graafeja on toiseksi eniten. Hybridikuvan avulla kuvituksen realistisuutta voidaan lisätä, kun asian

esittämiseksi välttämättömät konventionaaliset elementit liitetään fyysikaalista todellisuutta esittävään kuvaan. Merkittävä osa hybridikuvista on kuvan 6 kaltaisia voimavektoreita sisältäviä piirroksia, mikä selittää sekä piirrosten että vektorikaavioiden pientä osuutta oppikirjakuvituksessa. Liikettä ja voimaa käsittelevissä kappaleissa oppikirjakuvitus on hyvin selkeästi painottunut valokuvien, graafien ja hybridien käyttöön, sillä piirroksia ja erilaisia käsitekarttoja, diagrammeja ja karttoja ei käytetä juuri lainkaan. Lisäksi erilaisten vektorikaavioiden osuus kuvituksessa tulee merkittäväksi vasta lukion syventävän kurssin oppikirjoissa. Realististen kuvien korkeasta määrästä huolimatta suomalaiset yläkoulufysiikan oppikirjat poikkeavat merkittävästi vastaavista kreikkalaisista oppikirjoista, joissa konventionaaliset kuvat ja hybridit muodostavat alle 20 % oppikirjakuvituksesta [33]. Lisäksi suomalaiset yläkoulun kirjat sisältävät enemmän hybridejä kuin konventionaalisia kuvia, kun taas kreikkalaisissa oppikirjoissa konventionaalisia kuvia on kaksi kertaa niin paljon kuin hybridejä [33].

Kappaleessa 6 esitettyjen tulosten perusteella kuvituksella ei ole selvää, yksittäistä tehtävää fysiikan oppikirjoissa. Kuvassa 19 esitettyjen tulosten mukaan yläkoulun oppikirjojen kuvista lähes kolmasosa toteuttaa soveltavaa tehtävää suhteessa oppikirjatekstin esittämään tietoon. Kuitenkin sekä esittäviä että somistavia kuvia on yli neljäsosa kaikista oppikirjakuvista. Näin ollen yläkoulun oppikirjoissa kuvituksen ensisijainen tehtävä näyttää olevan tekstin sisältöjen havainnollistaminen, esittäminen ja somistaminen. Koska myös muut kuin somistavat kuvat toteuttavat tekstiä somistavaa tehtävää, kuvituksella on yläkoulun oppikirjoissa merkittävä rooli etenkin tekstin somistamisessa. Kuvituksen rooli ymmärryksen rakentamisessa on vahvasti tekstille alisteinen, sillä selittäviä ja täydentäviä kuvia käytetään vain vähän. Vaikka yläkoulun oppikirjoissa useampi kuin joka neljäs oppikirjakuva on tekstin sisältöjä esittävä kuva, tutkimuksessani saadut tulokset vahvistavat käsitystä oppikirjatekstin vahvasta asemasta tiedon välittämisen ja ymmärryksen rakentamisen ensisijaisena kanavana.

Lukion oppikirjoissa kuvituksen rooli oppikirjatekstin sisältämän tiedon esittämisessä korostuu tekstin somistamisen jäädessä selvästi toisarvoiseksi. Kuvasta 19 nähdään lukion oppikirjojen sisältävän eniten esittäviä ja toiseksi eniten soveltavia kuvia. Kolmanneksi eniten oppikirjoissa on selittäviä kuvia. Tulosten perusteella lukiossa kuvituksen ensisijainen tehtävä on tekstin

sisältämän tiedon esittäminen. Lukion pakollisella kurssilla kuvituksen rooli ymmärryksen rakentamisessa on tekstille alisteinen, toisin kuin syventävällä kurssilla, jossa selittävien ja täydentävien kuvia käytetään enemmän kuin soveltavia kuvia. Lisäksi kuvituksen rooli tiedon välittämisessä kasvaa entisestään syventävälle kurssille siirryttäessä. Näin ollen kuvituksen merkitys oppimisen tukemisessa oppikirjatekstin rinnalla korostuu etenkin lukion syventävän kurssin oppikirjoissa.

Kuvaan 20 koottujen tulosten mukaan yli 40 % kuvista yläkoulun oppikirjoissa on esitetty ilman minkäänlaista kuvatekstiä. Lukiossakin kuvatekstittömät kuvat ovat yli 35 % kaikesta oppikirjakuvituksesta. Kuitenkin sekä yläkoulun että lukion oppikirjoissa käytetyistä kuvateksteistä suurin osa on selittäviä. Nämä tulokset tukevat Mikkilän ja Olkinuoran havaintoja kuvien selitysten ajoittaisesta puutteellisuudesta [22]. Koska myös fysiikan oppikirjojen kuvituksessa hyödynnetään paljon valokuvia, kuvatekstien rooli korostuu entisestään. Valokuvat ovat itsessään aina monitulkintaisia [8]. Tämän vuoksi kuvatekstittömän valokuvan sisällöllinen yhteys oppikirjatekstin kanssa on heikko, jolloin valokuva useimmiten vain somistaa tekstiä. Vaikka kuvatekstin rooliin voi vaikuttaa myös kuvan tyyppi ja tehtävät, on vaikea keksiä pedagogisia syitä sille, että yli kolmannes oppikirjakuvituksesta on vailla kuvatekstiä – etenkin, kun kuvatekstin sisältämiä oppikirjakuvia tutkitaan usein enemmän kuin kuvatekstittömiä [31].

Tutkimukseni vahvistaa Mikkilän ja Olkinuoran havainnon siitä, ettei kuviin yleensä viitata oppikirjateksteissä [22]. Tämä heikentää merkittävästi kuvien ja tekstin välistä integraatiota, sillä kuvaan viittaaminen on yksi tehokkaimmista tavoista ohjata lukija tutkimaan kuvaa. Sekä yläkoulun että lukion fysiikan oppikirjoissa tekstissä viitataan vain noin yhteen kymmenestä kuvasta. Tästä johtuen oppikirjoissa ei käytetä systemaattista kuvien numerointia eikä numerointiin perustuvaa viittaustapaa muutoin kuin yksittäisissä tapauksissa. Sen sijaan oppikirjateksteissä kuviin viitataan vaihtelevin ja jossain määrin epämääräisin termein, kuten ”kuvassa” tai ”viereinen kuvaaja”. Tällainen viittaustapa edellyttää, että kuva on sijoitettu viittauksen sisältävän tekstin välittömään läheisyyteen. Kuvassa 21 koottujen tulosten perusteella noin kolmasosa oppikirjojen kuvista on sijoitettu muualle kuin tekstin välittömään läheisyyteen. Näin ollen kolmasosassa oppikirjakuvitusta kuvan ja tekstin välinen tilallinen ja ajallinen yhteys

ovat heikkoja, koska sekä kuvan sijoittelu että viittauksen puuttuminen heikentävät tekstin ja kuvituksen välistä integraatiota. Tällöin kuvan ja tekstin mahdollisesta sisällöllisestä yhteydestä huolimatta myös oppikirjasta oppiminen vaikeutuu työmuistin kuormituksen ja visuaalisen kanavan ruuhkautumisen takia.

Tutkimustulokset paljastavat useita selkeitä muutoksia fysiikan oppikirjakuvituksessa sekä yläkoulusta lukioon että lukiossa syventävälle kurssille siirryttäessä. Tulosten mukaan oppikirjakuvien määrä lisääntyy luokkatason kasvaessa, mikä on päinvastainen kehityssuunta kreikkalaisiin oppikirjoihin nähden [33]. Kuvasta 17 nähdään konventionaalisten kuvien lisääntyvän ja hybridien vähenevän luokkatason kasvaessa, kun taas realististen kuvien määrä vähentyy lähinnä vain yläkoulusta lukioon siirryttäessä. Kuva 18 paljastaa konventionaalisten kuvien lisääntymisen johtuvan ensin pääasiassa graafien määrän lisääntymisestä ja vasta lukion pakolliselle kurssille siirryttäessä vektorikaavioiden määrän lisääntymisestä. Vastaavasti kuvasta 19 nähdään esittävien, selittävien ja täydentävien kuvien määrän lisääntyvän luokkatason kasvaessa. Yläkoulusta lukioon siirryttäessä somistavien kuvien määrä vähentyy todella paljon, mikä parantaa kuvituksen ja tekstin välistä sisällöllistä yhteyttä. Vastaavasti lukiossa syventävälle kurssille siirryttäessä soveltavien kuvien määrä putoaa eniten. Näin kuvituksen tehtävien painopiste siirtyy luokkatason kasvaessa yhä enemmän tiedon välittämisen ja ymmärryksen rakentamisen suuntaan. Näin ollen myös oppikirjakuvituksen merkitys ja rooli tekstin rinnalla kasvaa luokkatason mukana. Tätä tukee myös kuvassa 20 nähtävä täydentävien kuvatekstien määrän selkeä kasvu lukion syventävälle kurssille siirryttäessä. Nämä tulokset viittaavat siihen, ettei suomalaisissa oppikirjoissa kuvitusta käytetä vain vaihtoehtona vaikeaselkoiselle tekstile, vaan oppikirjakuvituksen tiedollista roolia suunniteltaessa on pyritty muun muassa edellä mainituilla valinnoilla huomioimaan lukijoiden ajattelun kehitystaso ja mahdolliset kuvanlukutaidot. Näin fysiikan oppikirjakuvituksessa tulee näkyviin myös erilaisten kuvien tärkeä rooli luonnontieteellisten käsitteiden kommunikoinnissa.

8 Keskustelu

Tässä tutkimuksessa on selvitetty kuva-analyysin avulla, miten kuvia käytetään yläkoulun ja lukion fysiikan oppikirjojen liikettä ja voimaa käsittelevissä kappaleissa. Tutkimuksen tarkoituksena on ollut lisätä tietoa fysiikan oppikirjoissa käytettävistä kuvista sekä kuvituksen roolista ja tehtävistä tiedon välittämisessä ja ymmärryksen rakentamisessa oppikirjatekstin rinnalla. Näin on pyritty lisäämään myös ymmärrystä kuvien roolista luonnontieteiden oppimisessa [9].

Kuvatutkimuksen yksi suurimmista haasteista on kuvan monimuuttujaisuus [31]. Tämä näkyy tässä tutkimuksessa etenkin oppikirjakuvien tehtävää määritettäessä. Tehtäväluokittelu kategorioineen on yksinkertaistettu ja hyvin rajallinen malli, sillä käytännössä kaikenlaiset kuvat voivat osallistua ymmärryksen rakentamiseen joko suoraan tai epäsuorasti. Useimmiten kuvat toteuttavat useaa tehtävää samanaikaisesti, mikä lisää kuvan tehtävän luokittelun tulkinnanvaraisuutta sumentaen luokittelun kategorioiden välisiä rajoja [4]. Lisäksi käytännössä kuvan tehtävään vaikuttaa suuresti lukijan lähtötiedot. Soveltava tai esittävä kuva voi monelle lukijalle toimia esimerkiksi tekstiä selittävänä tai täydentävänä representaationa, vaikka oppikirjateksti olisikin ymmärrettävissä ilman sitä. Näin ollen kuvituksen rooli ja merkitys ymmärryksen rakentamisessa voi olla käytännössä paljon suurempi kuin tässä tutkimuksessa saadut tulokset antavat ymmärtää.

Luokitteluun perustuva kuva-analyysi on aina tutkijan ja aineiston välistä dialogia ja tulkintaa [4]. Analyysin toteutuksen toistoista huolimatta tutkijan aineistoa koskevat tulkinnat ja käsitykset vaikuttavat aina luokittelun lopputuloksiin. Siksi luokittelukehyksen vertaisarviointi toisella tutkijalla tai tutkijaryhmällä ja analyysin toteuttaminen tutkijaryhmässä ovat tärkeimpiä keinoja luokitteluun perustuvan analyysin luotettavuuden parantamisessa. Lisäksi kuva-analyysin toteutuksen osalta on jouduttu tekemään monenlaisia tuloksiin keskeisesti vaikuttavia valintoja. Muun muassa kuvasarjojen määrittelyssä tehdyt valinnat vaikuttavat suoraan oppikirjojen sisältämien kuvien kokonaismäärään, johon vaikuttaa myös päätekstin määrittelyperusteet. Esimerkiksi oppikirjan *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7-9* sisältämät koko sivun johdantokuvat jokaisen kappaleen alussa pudottavat oppikirja kuvatiheyttä noin 0,3 kuvaa päätekstisivua kohti. Fysiikan

oppikirjat sisältävät oppikirjakuvien ja -tekstin lisäksi myös paljon erilaisia representaatioita, kuten yhtälöitä ja taulukoita, jotka on tutkimuksen yksinkertaistamiseksi käsitelty oppikirjatekstin tavoin osana päätekstiä.

Tulosten yleistettävyyttä heikentää myös aineiston aihepiirin rajausta liikettä ja voimaa käsitteleviin oppikirjakappaleisiin. Jo oppikirjojen pikaisen selaamisen perusteella huomataan, että fysiikan oppikirjakuvituksessa käytettyjen kuvien määrät vaihtelevat käsiteltävän aihepiirin mukaan. Etenkin liikettä käsittelevät kappaleet sisältävät todennäköisesti enemmän graafeja kuin mitkään muut oppikirjan kappaleet. Lisäksi aihepiirirajaus on vertaistutkimusten näkökulmasta haastava, koska liikettä ja voimaa käsitellään sekä lukion pakollisella että syventävällä kurssilla toisin kuin useimpia muita fysiikan oppisisältöjä. Myös kuvituksen tyypeille ja tehtäville saatujen tulosten suora yleistys voi olla osittain ongelmallista. Esimerkiksi kuvituksen realistisuus voi vähentyä merkittävästi mikrotason ilmiöitä käsittelevissä oppikirjakappaleissa. Toisaalta, koska esimerkiksi somistavien kuvia käytetään useissa oppikirjoissa pääsääntöisesti kappaleiden alussa, niiden osuus kuvituksessa tuskin muuttuu merkittävästi aihepiirin mukaan. Kuvituksen tyyppien ja tehtävien osalta tutkimuksen tarjoamat tulokset toimivatkin ensisijassa suuntaa-antavina näkökulmina tarkasteltaessa kuvituksen roolia fysiikan oppikirjoissa.

Koska oppikirjan sisältöjen asettelu ja kuvitukselle valittu pragmaattinen tavoite useimmiten pysyvät samana läpi oppikirjan, kuvatekstejä, kuviin viittaamista ja kuvien sijoittelua koskevien tulosten yleistäminen on hyvin perusteltua. Tutkimus osoittaaakin fysiikan oppikirjojen kuvituksessa olevan edelleen kehittämisen varaa etenkin kuviin viittaamisen ja kuvatekstien osalta. Erityisesti tulisi pohtia syitä kuvatekstien poisjättämiseen. Etenkin tarpeettoman pitkä kuvateksti voi lisätä lukijan kognitiivista kuormitusta, minkä lisäksi se ei välttämättä sovi luontevasti jo ennestään täysille oppikirjan sivuille. Oppikirjan sisällön rakenne ja sisältöjen asettelu vaikuttavat monella tavoin myös kuvituksen toteutukseen, ja esimerkiksi sivun kokoisten, somistavien johdantokuvien kohdalla kuvatekstin käyttäminen on hankalaa. Koska kuvassa 10 esitettyjen valokuvien tapaan useimmat somistavat kuvat liittyvät tekstin sisältöihin yleisellä tasolla, yksistään kuvatekstin lisäämisellä voidaan muuttaa somistavien kuvien tehtävää ja roolia oppikirjassa. Vaikka jotkut somistavista valokuvista (esim. kuva 10) olisi tarkoitettu

toimittamaan sellaisenaan soveltavan kuvan tehtävää, niistä ei ilmene, miten kuva soveltaa tekstissä esitettyä asiaa. Tällaisissa tapauksissa kuvatekstin poisjättämiselle ei löydy pedagogisia syitä. Koska kaikenlaiset kuvat somistavat tekstiä tavalla tai toisella, somistavia valokuvia – ja valokuvia yleensä – voisi myös korvata esimerkiksi piirros pohjaisilla hybridikuvilla, jolloin oppikirjoihin saadaan lisättyä luonnontieteille ominaista kuvallista ilmaisuja. Näin myös kuvituksen sisällöllinen yhteys oppikirjatekstin kanssa lisääntyisi.

Kuvalla on suuri potentiaali oppimisen tukemisessa, minkä vuoksi erityisesti tekstin ja kuvien integraatioon oppikirjoissa on kiinnitettävä huomiota [22]. Viittaamalla kuviin oppikirjatekstissä myös monia pelkkään tekstiin keskittyviä lukijoita voidaan ohjata kuvituksen tutkimiseen. Koska suuri osa oppilaista on tekstisuuntautuneita, heitä on opetettava lukemaan kuvia ja pitämään niitä tärkeänä osana oppimista [31]. Tällöin ennen kaikkea asenne ja käyttäytymismallit oppikirjakuvitusta kohtaan voivat muuttua, kun oppilaat havaitsevat kuvituksen hyödylliseksi oppimisen ja tekstin ymmärtämisen kannalta. Tähän liittyy läheisesti myös kuvatekstien käyttö, minkä avulla lukijaa ohjataan löytämään kuvasta olennainen tieto. Mikäli oppikirjakuvituksella tahdotaan tehostaa tekstin ymmärtämistä ja oppikirjasta oppimista, kuviin viittaamiseen on syytä kiinnittää enemmän huomiota. Koska kuvitus kattaa suuren osan nykyisistä oppikirjoista, oppikirjan rakennetta sekä sisältöjen asettelua ja esittämistä suunniteltaessa on tärkeää huomioida mahdollisuudet sijoittaa kuvat niitä käsittelevän tekstin läheisyyteen. Kuvien sijoittelun merkitys korostuu entisestään, mikäli kuviin ei viitata tekstissä. Tällöin myös kuvatekstin käyttö on tarpeellista, koska päätekstin hyödyntäminen kuvan oleellisen sisällön löytämisessä vaikeutuu.

Liitteestä 1 havaittavat kuvituksen oppikirjakohtaiset erot osoittavat sekä yläkoulussa että lukiossa käytettävään kuvitukseltaan hyvin erilaisia oppikirjoja. Näin ollen on perusteltua kysyä, tulisiko tutkimuksissa keskittyä enemmän oppikirjakohtaisten erojen havainnointiin ja niiden merkitysten selvittämiseen oppimisessa kuin pyrkiä muodostamaan useista oppikirjoista yksi, yhtenäinen käsitys yläkoulu- tai lukiofysiikan oppikirjakuvituksesta. Opettajille oppikirjojen erilaisuus voi kuitenkin olla voimavara, joka mahdollistaa erilaiset pedagogiset ratkaisut heidän punitessa oppikirjan merkitystä ja roolia opetuksessa ja opiskelussa. Esimerkiksi muu

käytettävissä oleva oppimateriaali voi vaikuttaa oppikirjan rooliin opetuksessa ja opiskelussa. Tulevaisuudessa tutkimuksissa on tärkeää selvittää myös, miten oppilaat ymmärtävät oppikirjakuvia, jotta kuvien vaikutusta oppimisprosessiin voidaan ymmärtää kokonaisvaltaisesti [6, 9]. Tähän liittyen on tärkeää selvittää, millaiset kuvanlukutaidot eri luokkatason oppilaille on, miten kuvanlukutaitoja kehitetään opetuksessa ja miten oppikirjojen kuvitus vastaa näitä taitoja. Näin saadaan lisätietoa oppikirjakuvituksen tiedollista roolia ohjaavien pedagogisten valintojen oikeellisuudesta ja vaikutuksista oppimiseen.

Kirjallisuus

Aineistolähteet

- [A1] J. Happonen, M. Heinonen, H. Muilu, K. Nyrhinen ja H. Saarinen, *Avain Fysiikka 2*, 1. PAINOS, Otava, Helsinki, 2012
- [A2] A. Kangaskorte, J. Lavonen, O. Pikkarainen, H. Saari, J. Sirviö, K-M. Vakkilainen ja J. Viiri, *FyKe 7–9 FYSIIKKA*, 1.-5. PAINOS, Sanoma Pro Oy, Helsinki, 2013
- [A3] H. Lehto, H. Salonen ja K. Huttu, *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7–9*, 1. PAINOS, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 2009
- [A4] H. Lehto, R. Havukainen, J. Maalampi ja J. Leskinen, *FYSIIKKA 1 Fysiikka luonnontieteenä*, 1.-2. PAINOS, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 2009
- [A5] J. Hatakka, H. Saari, J. Sirviö ja J. Viiri, *Physica 1 Fysiikka luonnontieteenä*, 6.-9. PAINOS, Sanoma Pro Oy, Helsinki, 2014
- [A6] H. Lehto, R. Havukainen, J. Maalampi ja J. Leskinen, *FYSIIKKA 4 Liikkeen lait*, 3. PAINOS, Kustannusosakeyhtiö Tammi, Helsinki, 2010
- [A7] J. Hatakka, H. Saari, J. Sirviö ja J. Viiri, *Physica 4 Liikkeen lait*, 6.-7. PAINOS, Sanoma Pro Oy, Helsinki, 2014

Lähteet

- [1] L. Burmark, *Visual Literacy: Learn to See, See to Learn*. Association for Supervision and Curriculum Development, 2002.
- [2] R. N. Carney and J. R. Levin, "Pictorial illustrations still improve students' learning from text", *Educational Psychology Review*, vol. 14, pp. 5-26, 2002.
- [3] K. Uusikylä ja P. Atjonen, *Didaktiikan Perusteet*. Juva: WSOY, 2002.
- [4] J. Väisänen, *Murros Oppikirjojen Teksteissä Vai Niiden Taustalla? 1960- Ja 1990-Luvun Historian Oppikirjat Kriittisen Diskurssianalyysin Silmin*, Väitöskirja, Joensuu: Joensuun yliopisto, 2005.

- [5] G. Sanchez and M. V. Valcarcel, "Science Teachers' Views and Practices in Planning for Teaching", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 36, pp. 493-513, Apr 1999
- [6] L. Pozzer-Ardenghi and W. Roth, "Making Sense of Photographs", *Science Education*, vol. 89, pp. 219-241, March 2005
- [7] M. Cook, "Students' Comprehension of Science Concepts Depicted in Textbook Illustrations", *Electronic Journal of Science Education*, vol. 12, 2008.
- [8] L. L. Pozzer and W. Roth, "Prevalence, Function, and Structure of Photographs in High School Biology Textbooks", *Journal of Research in Science Teaching*, vol. 40, pp. 1089-1114, 2003.
- [9] M. P. Cook, "Visual Representations in Science Education: The Influence of Prior Knowledge and Cognitive Load Theory on Instructional Design Principles", *Science Education*, vol. 90, pp. 1073-1091, November 2006
- [10] R. E. Mayer, "Introduction to multimedia learning", in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, New York, NY, US: Cambridge University Press, New York, NY, 2005, pp. 663-16.
- [11] P. Nieminen, *Representational Consistency and the Learning of Forces in Upper Secondary School Physics*, Jyväskylä: University of Jyväskylä, 2013.
- [12] P. Tynjälä, *Oppiminen Tiedon Rakentamisena: Konstruktivistisen Oppimiskäsityksen Perusteita*. Helsinki: Kirjayhtymä, 1999.
- [13] R. E. Mayer, "Using illustrations to promote constructivist learning from science text", in *The Psychology of Science Text Comprehension*, Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, NJ, 2002, pp. 333-356.
- [14] R. A. Kauppila, *Opi Ja Opeti Tehokkaasti: Psykkinen Valmennus Oppimisen Tukena*. Jyväskylä: PS-kustannus, 2003.
- [15] K. Kurki-Suonio ja R. Kurki-Suonio, *Fysiikan Merkitykset Ja Rakenteet*. Helsinki: Limes, 1994.
- [16] B. Prashnig ja H. Tossavainen, *Eri-laisuuden Voima: Opetustyyliit Ja Oppiminen*. Jyväskylä: PS-kustannus, 2000.
- [17] W. Schnotz, M. Bannert and T. Seufert, "Toward an integrative view of text and picture comprehension: Visualization effects on the construction of mental models", in *The Psychology of Science Text Comprehension*, Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, NJ, 2002, pp. 385-416.
- [18] K. L. Vavra, V. Janjic-Watrich, K. Loerke, L. M. Phillips, S. P. Norris and J. Macnab, "Visualization in Science Education", *Alberta Science Education Journal*, vol. 41, pp. 22, Jan 2011

- [19] W. Schnotz, "An integrated model of text and picture comprehension", in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, New York, NY, US: Cambridge University Press, New York, NY, 2005, pp. 663-69.
- [20] R. E. Mayer, "Cognitive theory of multimedia learning", in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, New York, NY, US: Cambridge University Press, New York, NY, 2005, pp. 663-48.
- [21] J. Sweller, "Implications of cognitive load theory for multimedia learning", in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, New York, NY, US: Cambridge University Press, New York, NY, 2005, pp. 663-30.
- [22] M. Mikkilä ja E. Olkinuora, *Oppikirjat Ja Oppiminen*. Turku: Turun yliopisto, 1995.
- [23] A. Eitel, K. Scheiter, A. Schöler, M. Nyström and K. Holmqvist, "How a picture facilitates the process of learning from text: Evidence for scaffolding", *Learning and Instruction*, vol. 28, pp. 48-63, 2013.
- [24] R. Low and J. Sweller, "The modality principle in multimedia learning", in *The Cambridge Handbook of Multimedia Learning*, New York, NY, US: Cambridge University Press, New York, NY, 2005, pp. 663-158.
- [25] E. G. Harskamp, R. E. Mayer and C. Suhre, "Does the modality principle for multimedia learning apply to science classrooms?", *Learning and Instruction*, vol. 17, pp. 465-477, 2007.
- [26] C. Borck, "Visual Cultures of Science: Rethinking Representational Practices in Knowledge Building and Science Communication", *Isis*, vol. 99, pp. 383, Jun 2008
- [27] K. V. Sridevi, *Constructivism in Science Education*. Discovery Publishing House, 2008.
- [28] J. Heinonen, *Opetussuunnitelmat vai oppimateriaalit - Peruskoulun opettajien käsityksiä opetussuunnitelmien ja oppimateriaalien merkityksestä opetuksessa*, Väitöskirja, Helsingin yliopisto, Soveltavan kasvatustieteen laitos, 2005
- [29] I. Martins, "Visual imagery in school science texts", in *The Psychology of Science Text Comprehension*, Mahwah, NJ, US: Lawrence Erlbaum Associates Publishers, Mahwah, NJ, 2002, pp. 73-90.
- [30] A. Kautto ja J. Peltoniemi, *SELVÄÄ KÄRPÄNNAHKAA - Oppikirjan kuvituksen muutos ja käyttö opetuksessa*, Pro Gradu -tutkielma, Tampereen yliopisto, Opettajankoulutuslaitos, 2006.
- [31] M. Hannus, *Oppikirjan Kuvitus: Koriste Vai Ymmärtämisen Apu*. Turku: Turun yliopisto, 1996.
- [32] A. Hatva, *Kuvittaminen*. Helsinki: Rakennustieto, 1993.

[33] K. Dimopoulos, V. Koulaidis and S. Sklaveniti, "Towards an Analysis of Visual Images in School Science Textbooks and Press Articles about Science and Technology", *Research in Science Education*, vol. 33, pp. 189-216, 2003.

[34] J. K. Gilbert, *Visualization in Science Education*. Dordrecht: Springer, cop. 2005.

[35] F. Stylianidou, F. Ormerod and J. Ogborn, "Analysis of Science Textbook Pictures about Energy and Pupils' Readings of Them", *International Journal of Science Education*, vol. 24, pp. 257-283, 2002.

Liitteet

1. Kuva-analyysin oppikirjakohtaiset tulokset

Liite 1: Kuva-analyysin oppikirjakohtaiset tulokset

Taulukko I: Päätekstisivujen, kuvien ja viittausten lukumäärät oppikirjoittain

Oppikirja	Päätekstiä (sivua)	Kuvia yht.	Kuvaa/sivu	Viitattujen kuvien lkm
AVAIN	9	22	2,4	3
FyKe 7-9	18	50	2,8	5
ILMIÖ	19	39	2,1	2
FYSIIKKA 1	29	75	2,6	4
Physica 1	16	41	2,6	7
FYSIIKKA 4	34	89	2,6	11
Physica 4	21	76	3,6	10

Taulukko II: Oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät, *Avain Fysiikka 2*

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	5	0	0	0	0	0	0	5
Soveltava	4	0	0	0	0	0	0	4
Esittävä	5	1	0	0	0	0	2	8
Selittävä	0	0	0	0	0	0	0	0
Täydentävä	1	0	2	0	1	0	1	5
Yhteensä	15	1	2	0	1	0	3	22
Yhteensä	16		3					

Taulukko III: Tulokset kuvatekstien luokittelusta, *Avain Fysiikka 2*

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	3	13,6
Selittävä	11	50,0
Täydentävä	3	13,6
Ei kuvatekstiä	5	22,8
Yhteensä	22	100

Taulukko IV: Tulokset kuvien sijoittelusta suhteessa oppikirjatekstiin, *Avain Fysiikka 2*

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	14	63,6
Samalla sivulla	4	18,2
Eri sivulla	4	18,2
Yhteensä	22	100

Taulukko V: Oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät, *FyKe 7-9 FYSIIKKA*

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	5	0	0	0	0	0	0	5
Soveltava	12	2	0	0	0	0	7	21
Esittävä	2	2	4	0	0	0	10	18
Selittävä	0	1	4	0	0	0	0	5
Täydentävä	0	0	0	0	1	0	0	1
Yhteensä	19	5	8	0	1	0	17	50
Yhteensä	24		9					

Taulukko VI: Tulokset kuvatekstien luokittelusta, *FyKe 7-9 FYSIIKKA*

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	8	16
Selittävä	22	44
Täydentävä	2	4
Ei kuvatekstiä	18	36
Yhteensä	50	100

Taulukko VII: Tulokset kuvien sijoittelusta suhteessa oppikirjatekstiin, *FyKe 7-9 FYSIIKKA*

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	32	64
Samalla sivulla	9	18
Eri sivulla	9	18
Yhteensä	50	100

Taulukko VIII: Oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät, *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7-9*

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	18	0	0	0	0	0	0	18
Soveltava	5	0	0	0	0	1	5	11
Esittävä	1	0	1	0	1	0	2	5
Selittävä	0	0	4	0	0	0	1	5
Täydentävä	0	0	0	0	0	0	0	0
Yhteensä	24	0	5	0	1	1	8	39
Yhteensä	24		7					

Taulukko IV: Tulokset kuvatekstien luokittelusta, *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7-9*

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	7	17,9
Selittävä	9	23,1
Täydentävä	1	2,6
Ei kuvatekstiä	22	56,4
Yhteensä	39	100

Taulukko X: Tulokset kuvien sijoittelusta suhteessa oppikirjatekstiin, *ILMIÖ Fysiikan oppikirja 7-9*

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	27	69,2
Samalla sivulla	5	12,8
Eri sivulla	7	18,0
Yhteensä	39	100

Taulukko XI: Oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät, *FYSIIKKA 1*

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	10	0	0	0	0	0	0	10
Soveltava	20	0	0	1	0	1	3	25
Esittävä	8	0	9	0	0	0	7	24
Selittävä	0	0	9	0	0	0	0	9
Täydentävä	3	0	3	0	0	0	1	7
Yhteensä	41	0	21	1	0	1	11	75
Yhteensä	41		23					

Taulukko XII: Tulokset kuvatekstien luokittelusta, *FYSIIKKA 1*

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	10	13,3
Selittävä	27	36
Täydentävä	5	6,7
Ei kuvatekstiä	33	44
Yhteensä	75	100

Taulukko XIII: Tulokset kuvien sijoittelusta suhteessa oppikirjatekstiin, *FYSIIKKA 1*

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	42	56
Samalla sivulla	20	26,7
Eri sivulla	13	17,3
Yhteensä	75	100

Taulukko XIV: Oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät, *Physica 1*

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektorkaavio		
Somistava	3	0	0	0	0	0	0	3
Soveltava	9	1	0	0	0	0	3	13
Esittävä	2	0	7	0	0	2	6	17
Selittävä	0	0	7	0	0	0	0	7
Täydentävä	0	0	0	0	0	0	1	1
Yhteensä	14	1	14	0	0	2	10	41
Yhteensä	15		16					

Taulukko XV: Tulokset kuvatekstien luokittelusta, *Physica 1*

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	12	29,3
Selittävä	18	43,9
Täydentävä	2	4,9
Ei kuvatekstiä	9	21,9
Yhteensä	41	100

Taulukko XVI: Tulokset kuvien sijoittelusta suhteessa oppikirjatekstiin, *Physica 1*

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	38	92,7
Samalla sivulla	0	0
Eri sivulla	3	7,3
Yhteensä	41	100

Taulukko XVII: Oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät, FYSIIKKA 4

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektori-kaavio		
Somistava	11	0	0	0	0	0	0	11
Soveltava	25	0	0	0	0	1	1	27
Esittävä	16	2	8	0	0	10	3	39
Selittävä	1	0	7	0	0	0	1	9
Täydentävä	1	0	2	0	0	0	0	3
Yhteensä	54	2	17	0	0	11	5	89
Yhteensä	56		28					

Taulukko XVIII: Tulokset kuvatekstien luokittelusta, FYSIIKKA 4

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	7	7,9
Selittävä	32	36,0
Täydentävä	6	6,7
Ei kuvatekstiä	44	49,4
Yhteensä	89	100

Taulukko XIX: Tulokset kuvien sijoittelusta suhteessa oppikirjatekstiin, FYSIIKKA 4

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	56	62,9
Samalla sivulla	17	19,1
Eri sivulla	16	18,0
Yhteensä	89	100

Taulukko XX: Oppikirjakuvien eri tyyppien ja tehtävien lukumäärät, Physica 4

	Realistinen		Konventionaalinen				Hybridi	Yhteensä
	Valokuva	Piirros	Graafi	Diagrammi tai kartta	Käsitekartta	Vektori-kaavio		
Somistava	2	0	0	0	0	0	0	2
Soveltava	8	0	0	0	0	0	1	9
Esittävä	6	1	16	0	0	3	6	32
Selittävä	1	2	14	0	0	2	4	23
Täydentävä	2	0	6	0	0	1	1	10
Yhteensä	19	3	36	0	0	6	12	76
Yhteensä	22		42					

Taulukko XXI: Tulokset kuvatekstien luokittelusta, Physica 4

Kuvatekstin luonne	Kuvien määrä	%
Nimeävä	28	36,8
Selittävä	16	21,1
Täydentävä	17	22,4
Ei kuvatekstiä	15	19,7
Yhteensä	76	100

Taulukko XXII: Tulokset kuvien sijoittelusta suhteessa oppikirjatekstiin, Physica 4

Kuvan sijainti	Kuvien määrä	%
Tekstin läheisyydessä	57	75,0
Samalla sivulla	15	19,7
Eri sivulla	4	5,3
Yhteensä	76	100