hyväksymispäivä arvosana

arvostelija

RTF-lähtöinen työkalu verkko-oppimateriaalin tuottamiseen

Ahti Syreeni

Helsinki 18.5.2006

HELSINGIN YLIOPISTO
Tietojenkäsittelytieteen laitos

HELSINGIN YLIOPISTO — HELSINGFORS UNIVERSITET — UNIVERSITY OF HELSINKI

Tiedekunta/Osasto — Fakultet/Sektion — Faculty	Laitos — Institution — Department
Matemaattis-luonnontieteellinen	Tietojenkäsittelytieteen laitos

Tekijä — Författare — Author

Ahti Syreeni

Työn nimi — Arbetets titel — Title

RTF-lähtöinen työkalu verkko-oppimateriaalin tuottamiseen

Oppiaine — Läroämne — Subject

Tietojenkäsittelytiede

Työn laji — Arbetets art — Level	Aika — Datum — Month and year	Sivumäärä — Sidoantal — Number of pages
Pro Gradu	18.5.2006	56 sivua

Tiivistelmä — Referat — Abstract

Verkko-oppimateriaali on elektronisessa muodossa verkossa saatavissa oleva itsenäinen sisällöllinen kokonaisuus, jolla on tietyt oppimiselle asetetut tavoitteet. Verkko-oppimateriaaliin luonteeseen ovat vaikuttaneet esitysympäristöt ja oppimiskäsitykset. Avoimien verkko-oppimisympäristöjen myötä prosessilähtöisen materiaalin merkitys on kasvanut.

Verkko-oppimateriaalin teknisinä haasteina voidaan nähdä etenkin materiaalin osien monet tallennusmuodot. Oppimisaihiot, metatiedon standardointi ja oppimisaihiovarastot ovat keskeisiä suuntauksia verkko-oppimateriaalin tuotannossa, mutta ne eivät välttämättä kokonaan ratkaise käytössä olevista tallennusmuodoista johtuvia vaikeuksia.

Työkalut ja ohjelmistot ovat tärkeitä verkko-oppimateriaalin tuotannossa. Avoimet verkko-oppimisalustat perustuvat materiaalin tuottamiseen alustan omilla lomakepohjaisilla työkaluilla tai valmiin materiaalin tuomiseen alustalle. Työkaluja tekstinkäsittelyohjelmien tallennusmuotojen muuntamiseksi verkossa käytettäväksi suositeltuihin muotoihin ei kuitenkaan tyypillisistä verkko-oppimisalustoista ole helppo löytää. Kaupalliset julkaisuohjelmistot ovat käyttökelpoisia, mutta niiden käyttö ei ole täysin ongelmatonta.

Tekstinkäsittelyohjelmia voidaan käyttää verkko-oppimateriaalin tuottamiseen ja niitä on käytetty verkko-oppimateriaalin tuottamisprojekteissa. Työkalut ovat kuitenkin edellyttäneet tekstinkäsittelyohjelmakohtaisia toimintoja tai epästandardien käskyjen käyttämistä.

Näistä lähtökohdista on tutkielman osana luotu RTF-lähtöisen julkaisutyökalun periaate. Työkalun avulla tekstinkäsittelyohjelmalla RTF-muotoon tallennetuista asiakirjoista saadaan aikaan verkko-oppimateriaalisivustoja. Työkalu muodostaa hakemistorakenteeseen tallennetuista asiakirjoista kokonaisia WWW-sivustoja, jotka voidaan haluttaessa siirtää verkko-oppimisalustalle tai palvelimelle. Muunnoksen ohessa syntyy yksittäisistä XHTML-dokumenteista ja IMS Content Packaging -määritystiedostoista koostuva oppimisaihiovarasto. Julkaisutyökalusta esitetään ensimmäinen toimiva prototyyppi. Työkalun periaatetta voidaan yleistää käyttämään eri tekstinkäsittelyohjelmien asiakirjojen tallennusmuotoja.

ACM Computing Classification System (CCS):
I.7.4 [Electronic Publishing],
H.5.4 [Hypertext/Hypermedia]

Avainsanat — Nyckelord — Keywords

verkko-oppimateriaali, sisältötuotanto, julkaisutyökalu, RTF

Säilytyspaikka — Förvaringsställe — Where deposited

Muita tietoja — övriga uppgifter — Additional information

Sisältö

1 Johdanto **1**

2 Verkko-oppimateriaali opetusteknologian tutkimuskentässä **3**

2.1 Verkko-oppimateriaalin määritelmä 3

2.2 ITS- ja AEH-järjestelmät sekä adaptiivisuus 5

2.3 Avoimet verkko-oppimisympäristöt ja prosessilähtöisyys 7

2.4 Verkko-oppimateriaalin tuottamisen malleja 9

3 Tekniset haasteet ja suuntaukset verkko-oppimateriaalin tuottamisessa **11**

3.1 Materiaalin osien monimuotoisuus ja tallennusmuodot 11

3.2 Kokoavat asiakirjojen tallennusmuodot 13

3.3 Oppimisaihiot ja metatiedon standardointi 16

3.4 Oppimisaihioiden paketointi 20

3.5 Oppimisaihiovarastot ja niiden saatavuus 22

4 Oppimateriaalin tuottamisen työkalut **26**

4.1 Kaupalliset julkaisuohjelmistot työvälineinä 26

4.2 Tyypillisten verkko-oppimisalustojen tarjoamat työkalut 29

4.3 Tekstinkäsittelyohjelmien mahdollisuudet työkaluina 31

4.4 Työkalujen ongelmia ja kehitystarpeita 35

5 RTF-lähtöinen verkko-oppimateriaalin julkaisutyökalu **37**

5.1 Sisällön tuottaminen ja tyyliperustaisuus 37

5.2 RTF-XHTML –muunnos ja metatietojen esittäminen 40

5.3 Esitysmuotojen tuottaminen 43

5.4 Työkalun kokonaisrakenne 45

5.5 Työkalun jatkokehitys ja toimistosovelluslähtöinen malli 46

6 Johtopäätökset **48**

Lähteet **50**

1 Johdanto

Verkko-opiskelu on yleistynyt viime vuosina selvästi. Yleinen tekniikan kehittyminen ja sen luomat mahdollisuudet, oppimiskäsitysten muuttuminen sekä taloudellinen ja yhteiskunnallinen kehitys ovat olleet taustalla vaikuttamassa verkko-opiskelun suosion lisääntymiseen. Verkko-opiskelua pidetään joustavana, ajasta ja paikasta lähes riippumattomana opiskeluvaihtoehtona. Monimuoto-opiskelussa verkko-opiskelu täydentää perinteistä luokkaopetusta ja verkko-opetuksella on tärkeä rooli etäopetuksessa. Verkko-oppiminen on aktiivinen tutkimuskohde ja verkko-opiskelun oppimistuloksista on tehty monia erilaisia tutkimuksia. Vaikka oppimistulokset eivät ole olleet ristiriidattomasti positiivisia, yhä useammat yliopistot ja oppilaitokset hankkivat ohjelmistoja ja laitteistoja verkko-opetuksen aloittamiseksi.

Verkko-oppimateriaali on tärkeä osa verkko-opiskelua. Oppikirjaa vastaavaa elektronista materiaalia tarvitaan verkko-opetuksessa, mutta käsitys verkko-oppimateriaalista ei rajoitu oppikirjojen viemiseen sellaisenaan verkkoon. Jo 1990-luvulla on tunnistettu tieto- ja viestintätekniikan mahdollisuudet ja alettu tutkia erilaisten tehtävien, animaatioiden ja muun hypermedian lisäämistä verkko-oppimateriaaliin. Näin käsitys oppimateriaalista on laajentunut oppijaa aktivoivaan ja oppijakeskeiseen suuntaan.

Opetusteknologiaan liittyvä tutkimus on hypermedian myötä keskittynyt yhä enemmän erilaisiin verkko-oppimateriaalia esittäviin järjestelmiin ja oppimisympäristöihin liittyvään tutkimukseen. Verkko-oppimateriaalin tutkimusta on vaikeaa erottaa omaksi tutkimusalueekseen, koska verkko-oppimateriaaliin liittyy kiinteästi myös sen esittäminen. Näin erilaisia opetusteknologisia järjestelmiä ei tässäkään tutkielmassa voida täysin välttää. Painopiste tutkielmassa on kuitenkin esitysjärjestelmiä enemmän verkko-oppimateriaalin tallennusmuodossa ja työkaluissa, joilla materiaalia tuotetaan.

Verkko-oppimateriaalin ja sen työkalujen ongelmien ymmärtämiseksi on tunnettava jonkin verran yleistä tietoteknistä kehitystä. Verkko-oppimateriaalin sisältämien kuvien, animaatioiden ja muun hypermedian tekniikat ovat kehittyneet liittymättä erityisesti opetusteknologiaan. Verkko-oppimateriaalissa vain käytetään hyväksi useita yleisiä tekniikoita. Erityisen lähellä verkko-oppimateriaali ja sen työkalut ovat tietenkin WWW-teknologioita, joiden kehitys näkyy usein opetusteknologiankin tekniikoissa.

Aluksi tutkielmassa luodaan katsaus opetusteknologian keskeisimpiin suuntauksiin ja niiden verkko-oppimateriaaliin kohdistuviin vaikutuksiin. Verkko-oppimateriaalin määritelmän selvittäminen on haasteellinen mutta tärkeä osa verkko-oppimateriaalin tutkimusta. Määritelmän jälkeen edetään ITS- ja AEH-järjestelmien avulla adaptiivisuuden käsitteeseen, joka on ollut yksi keskeisiä verkko-oppimateriaaliin liittyviä tutkimussuuntia. Toinen keskeinen tutkimussuunta on avoimien verkko-oppimisympäristöjen tutkimus, jonka vaikutuksia verkko-oppimateriaalin näkökulmasta tutkitaan seuraavaksi. Verkko-oppimateriaalin tuottamisen piirteitä käydään läpi verkko-oppimateriaalin tuottamisen malleja esittelevässä luvussa.

Opetusteknologian tutkimussuunnista siirrytään konkreettiselle tasolle tutkimaan verkko-oppimateriaaliin liittyviä teknisiä haasteita. Keskeisinä haasteina nähdään useat verkko-oppimateriaalin osien tiedostojen tallennusmuodot sekä monet eri asiakirjojen tallenusmuodot, joilla elektronista materiaalia voidaan tuottaa. Keskeinen suuntaus on ollut verkko-oppimateriaalin standardointipyrkimykset, joita esitellään oppimisaihioita, niiden paketointia ja oppimisaihiovarastoja käsittelevissä luvuissa. Keskeiseksi kysymykseksi kuitenkin nousee oppimisaihioiden ja asiakirjojen tallennusmuotojen sekä materiaalin osien suhde. Pystyykö standardointi vastaamaan materiaalin monimuotoisuuden haasteeseen?

Verkko-oppimateriaalin tuottamiseen on saatavissa erilaisia työkaluja. Kaupalliset ohjelmistot ovat keskeisessä roolissa monissa verkko-oppimateriaalin tuotantoprojekteissa. Myös yleiset verkko-oppimisalustat tarjoavat oppijoille ja opettajille työkaluja materiaalin tuottamiseen. Mielenkiintoiseksi nousee kysymys, miten verkko-oppimateriaalin monimuotoisuus ja monet tallennusmuodot on verkko-oppimisalustan työkaluissa on huomioitu.

Tekstinkäsittelyohjelmia voidaan käyttää apuna verkko-oppimateriaalin tuottamisessa. Kysymykseksi kuitenkin nousee, miten hyvin tekstinkäsittelyohjelmat sopivat verkko-oppimateriaalin tuottamiseen Tähän haetaan vastausta esittelemällä tekstinkäsittelyohjelmia käyttäneitä projekteja.

Kaikissa työkaluissa on omat ongelmansa. Nämä ongelmat yhdessä ensimmäisissä luvuissa käsiteltyjen yleisten suuntausten kanssa toimivat lähtökohtana RTF-lähtöiselle verkko-oppimateriaalin julkaisutyökalulle, joka esitellään viimeisessä luvussa. Työkalun rakenne ja piirteet käydään läpi ja lopuksi annetaan suunta työkalun jatkokehitykselle yleistäen RTF-lähtöisyys toimistosovelluslähtöisyydeksi. Tutkielman tuloksena syntyy työkalun malli RTF-lähtöiseen verkko-oppimateriaalin tuotantoon tekstinkäsittelyohjelmaa käyttäen ja toimiva prototyyppi työkalun keskeisimmästä periaatteesta.

2 Verkko-oppimateriaali opetusteknologian tutkimuskentässä

2.1 Verkko-oppimateriaalin määritelmä

Verkko-oppimateriaali voidaan määritellä monin eri tavoin. Se voidaan määritellä esimerkiksi siten, että *verkko-oppimateriaali on tuotettu tai koottu itsenäinen sisällöllinen kokonaisuus, jolla on tietyt oppimiselle asetetut tavoitteet* [Rit04]. Määritelmästä kuitenkin puuttuu kokonaan näkemys materiaalin elektronisesta muodosta. Tällaisenaan ero verkko-oppimateriaalin ja tavallisen oppimateriaalin välillä jää epäselväksi. Koska verkko-oppimateriaali on digitaalisessa muodossa olevaa oppimateriaalia [Hel00], määritelmää voidaan täydentää seuraavasti: *verkko-oppimateriaali on elektronisessa muodossa verkossa saatavissa oleva itsenäinen sisällöllinen kokonaisuus, jolla on tietyt oppimiselle asetetut tavoitteet.* Näin määritelmä ei ota kantaa kokonaisuuden laajuuteen tai jakelumuotoon. Kokonaisuus voi olla yksittäinen sivu tai kokonainen sivukokonaisuus eli *sivusto*. Jos halutaan ottaa kantaa kokonaisuuden kokoon, voidaan käyttää käsitteitä *oppimisyksikkö* ja *oppimateriaalikokonaisuus*. Oppimisyksiköllä tarkoitetaan pienintä mahdollista mielekästä oppimateriaalin osaa. Oppimateriaalikokonaisuus on yksittäisistä saman päätavoitteen sisältävistä oppimateriaaleista koostuva kokonaisuus [Saa04, s. 41].

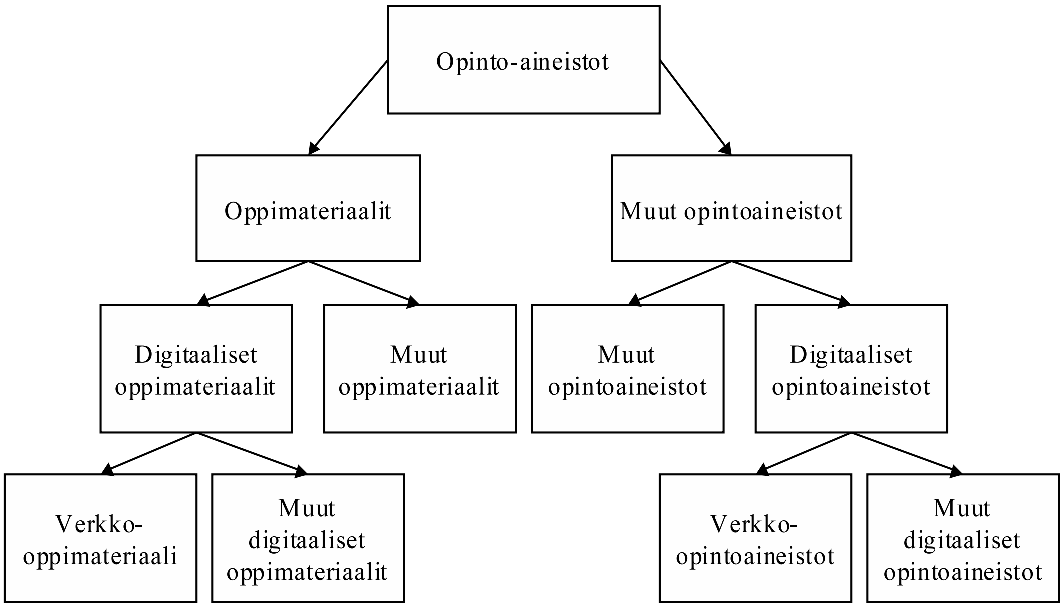
Verkko-oppimateriaalin käsitteen ohella käytetään kirjavasti sen läheisiä käsitteitä. Näitä ovat esimerkiksi *verkko-opintoaineisto, verkko-oppimateriaali, digitaalinen oppimateriaali ja digitaalinen opintoaineisto.* Kuva 1 esittää yhtä mahdollista käsitteiden suhteita määrittelevää mallia [SE05, s.66]. Tässä mallissa on selkeästi erotettu opintoaineiston ja oppimateriaalin käsitteet toisistaan. Erottelun lähtökohta on ajatus, että oppimateriaali on oppilaalle ilman ohjausta katsottavissa olevaa materiaalia siinä, missä opintoaineisto on raaka-ainetta, jonka lukeminen vaatii ohjaajan tukea [SE05, s. 52]. On kuitenkin hyvä huomauttaa, että kuvassa esitetty malli on vain yksi tapa määritellä käsitteiden suhteet. Myös muita tapoja on [Hel00].

Digitaaliset oppimateriaalit jaotellaan edelleen verkko-oppimateriaaleihin ja muihin digitaalisiin oppimateriaaleihin. Ero verkko-oppimateriaalin ja muun digitaalisen oppimateriaalin välillä on tarpeellinen, koska kaikki digitaalinen oppimateriaali ei aina ole verkossa saatavilla. Esimerkkeinä tällaisesta materiaalista voivat olla perinteisen luokkaopetuksen tukena käytetyt CD-levylle tallennetut animaatiot. Sama peruste pätee myös digitaalisiin opintoaineistoihin, jotka vastaavasti jaetaan kuvan 1 mukaisesti verkko-opintoaineistoihin ja muihin digitaalisiin opintoaineistoihin.

Verkko-oppimateriaali ei välttämättä ole pelkkiä valmiiksi tuotettuja WWW-pohjaisia teksti- ja kuvasivuja. Verkko-oppimateriaalin erikoispiirteenä onkin mahdollisuus liittää mukaan erilaisia animaatioita, ääninäytteitä, elokuvaleikkeitä sekä tehtäviä [Saa04, s.41]. Opintoaineistoa voi syntyä, kun oppijat esimerkiksi suorittavat kurssin tehtäviä tai opettaja tiedottaa kurssiin liittyvistä asioista. Tällöin käsite opintoaineisto sisältää kyseisen syntyneen materiaalin, mutta käsitteellä oppimateriaali tarkoitetaan vain opettajan tai muun ammattimaisen tuottajan tekemää valmista materiaalia. Kirjallisuudesta on myös löydettävissä nimitykset *prosessilähtöinen materiaali*, joka vastaa kurssin aikana opiskelun ohessa syntynyttä opintoaineistoa sekä *produktilähtöinen materiaali*, joka vastaa edellä mainittua valmista oppimateriaalia [KHK+00].

Verkko-oppimateriaalia määriteltäessä on hyvä tuoda esille *verkko-oppimisympäristön käsite*. Verkko-oppimisympäristö voidaan määritellä siten, että se on *internetiin tai lähiverkkoon luotu verkkosivukokonaisuus, joka tarjoaa oppijalle ja opettajalle yhteisen virtuaalisen toimintatilan opiskelua ja opetusta varten* [NT03, s.20–21]. Käytännössä verkko-oppimisympäristön toteuttaa yleensä *verkko-oppimisalustaksi* kutsuttava palvelimelle asennettu ohjelmisto, jossa on saatavilla verkko-oppimateriaalia sekä esimerkiksi keskusteluryhmiä, ryhmätyöalusta ja chat-mahdollisuus. Ryhmätyöalustalla useampi henkilö voi työstää samaa tekstiä tai kuvaa ja chat-mahdollisuudella tarkoitetaan reaaliaikaista viestien vaihtoa osallistujien kesken [KHK+00, s.5–8]. Verkko-oppimisalusta on usein rajattu tietylle käyttäjäryhmälle ja se voi sisältää useita kursseja oppimateriaaleineen sekä myös neuvonta- ja opintotoimistopalvelut [NT03, s.20].

Verkko-oppimateriaalilla on vahva suhde verkko-oppimisympäristön käsitteeseen. Usein materiaalia jaetaan verkko-oppimisympäristössä ja kurssin aikana opintoaineisto syntyy yleensä verkko-oppimisalustalla tai se tuodaan sinne jaettavaksi. Automaattisesti tarkastettavat tehtävät, jotka ovat osa verkko-oppimateriaalia, tarvitsevat jonkun ohjelmiston, joka tarkistukset suorittaa. Tämä ohjelmisto on usein osa verkko-oppimisalustaa [KHK+00]. Vahva suhde verkko-oppimateriaalin ja verkko-oppimisympäristön välillä voisikin olla yksi selitys sille, miksi verkko-oppimateriaaliin liittyvä käsitekenttä on vielä epäyhtenäinen [SE05, s.51]. Koska verkko-oppimisympäristön määritelmästä on löydettävissä lähdekirjallisuudesta useita pohdintoja [NT03, s.22] ja verkko-oppimateriaalille asetetaan monia oppimisympäristöä edellyttäviä tavoitteita (esimerkiksi tehtävät ja animaatiot) [Mac98], on mahdollista, että



Kuva 1: Verkko-oppimateriaalin ja sen läheisten käsitteiden suhteet [SE05, s. 66]

verkko-oppimateriaalin määritelmään ei ole huomattu kiinnittää huomiota sen jäädessä oppimisympäristön määritelmän varjoon. *Tässä tutkielmassa pidetään kuitenkin lähtökohtana, että verkko-oppimateriaali ja verkko-opintoaineisto ovat selkeästi määritelmiensä mukaisia tietosisältöjä ja verkko-oppimisympäristö paikka, jossa tietosisältöä esitetään. Tietosisällön esittäminen verkko-oppimisympäristössä tapahtuu verkko-oppimisalustan ohjelmistoja hyväksi käyttäen.*

2.2 ITS- ja AEH-järjestelmät sekä adaptiivisuus

Behavioristisessa oppimiskäsityksessä opetus ymmärretään oikeiden toimintatapojen vahvistamiseksi ja väärien poistamiseksi. Oppijaa rankaistaan virheistä ja palkitaan oikeista suorituksista. Oppimiskäsityksen vaikutus näkyy etenkin varhaisen opetusteknologiatutkimuksen tuottamissa opetusohjelmissa, *ITS-järjestelmissä* (Intelligent Tutoring Systems). Ne ovat lähinnä opiskelijoiden ongelmaratkaisuprosessien tukemista varten luotuja ohjelmistoja [BP03]. Aluksi ITS-järjestelmät olivat käytännössä yksinkertaisia tehtäviä esittäviä ohjelmia, jotka antoivat suoraa palautetta oppijalle tehtävän onnistumisesta. Siinä yhteydessä ei esitetty varsinaista oppimateriaalia ainakaan suurissa määrin vaan ajateltiin, että oppimateriaali olisi luettava muualla, lähinnä perinteisinä kirjoina ja paperisina materiaaleina tai luentoina.

Jos ITS-järjestelmät olisivat pysyneet samanlaisina, ne eivät olisi verkko-oppimateriaalin tarkastelun kannalta kovin mielenkiintoisia. Tehtävät esitettiin samanlaisina kaikille oppijoille ja tehtävien toteuttamisen haaste jäi lähinnä tehtävien esittämiseen ruudulla ja yksinkertaisen palautteen antamiseen. ITS-järjestelmiä on kehitetty siten, että käyttäjälle pyritään antamaan enemmän tietoa vastauksesta, kuin oliko se oikein vai väärin [BP03]. Mukaan ovat tulleet interaktiivinen ongelmanratkaisun tukeminen, jossa palautetta pyritään antamaan jo suorituksen aikana sekä esimerkkeihin pohjautuva ongelmanratkaisun tukeminen, jossa järjestelmä antaa tehtäviin liittyviä esimerkkejä ratkaisun avuksi. ITS-järjestelmillä onkin verkko-oppimateriaalin kehittymisen kannalta tässä suhteessa erityisen suuri rooli tehtävien ja interaktiivisuuden vaatimuksilla, joita edelleen verkko-oppimateriaaliin kohdistetaan.

Adaptiiviseen hypermedian tutkimus alkoi 1990-luvun alussa, kun hypermediajärjestelmien kehityksen sekä käyttäjien mallinnuksen tutkimuksen ideoita alettiin yhdistellä [BP03]. Merkittävänä vuotena voidaan pitää vuotta 1996, jolloin tutkijat alkoivat käyttää tutkimuksissaan hyväksi myös muiden tutkimusryhmien aikaisempia tutkimuksia ja toisaalta suljetuista esitysjärjestelmistä (kuten useat ITS-järjestelmät olivat olleet) siirryttiin yhä enemmän WWW-pohjaisiin järjestelmiin [Bru01]. Erityisesti WWW-pohjaisuuteen siirtymisellä on ollut merkittävä vaikutus verkko-oppimateriaalin tuottamisessa.

Adaptiivisuudella tarkoitetaan sitä, että materiaali muokkautuu jossain määrin käyttäjän mukaan [Bru01]. Näin esimerkiksi sama verkko-oppimateriaalin sivu ei näy samanlaisena kaikille käyttäjille vaan joitakin sivun osia voi olla piilotettuna joiltakin oppijoilta heistä luodun käyttäjämallin perusteella. Asia ei kuitenkaan ole näin yksinkertainen, vaan *adaptiivisten hypermediajärjestelmien* (AEH, Adaptive Educational Hypermedia) tutkimus on tuottanut monia verkko-oppimateriaalin esitysperiaatteita, jotka heijastuvat verkko-oppimateriaalin tekniseen toteutukseen ja tätä kautta myös verkko-oppimateriaalin tuottamiseen.

Adaptiivinen esitys tarkoittaa sivun sisällön mukautumista katsojan tavoitteiden ja esitietojen mukaan [BP03]. Edellä esitetty verkko-oppimateriaalisivun mukautuminen on esimerkki adaptiivisesta esityksestä. Tällöin esimerkiksi joistakin määritelmistä voidaan esittää helpommat versiot, mikäli oppija ei ole lukenut ensin tiettyjä dokumentteja, jotka voitaisiin katsoa esitietovaatimuksiksi vaikeampien määritelmän versioiden ymmärtämiseksi.

Toinen adaptiivisuuden päätyyppi on *adaptiivinen navigaatio* [BP03]. Siinä sivuilta johtavat linkit toisille sivuille mukautetaan käyttäjän tavoitteiden ja esitietojen mukaisiksi. Tämä voidaan toteuttaa eri tavoin. Järjestelmä voi näyttää vain suositellun linkin, järjestää linkit suositeltavuuden mukaiseen järjestykseen, liittää linkkeihin kommentteja ja selitteitä tai epäsopivat linkit voidaan tehdä toimimattomiksi. Tällä samalla adaptiivisuuden tasolla toimii myös jo ITS-järjestelmissä käytetty *Curriculum Sequencing –periaate* eli se, että järjestelmä muodostaa oppijan tavoitteita vastaavan oppimispolun. Tällöin järjestelmä valitsee tehtävät ja muun oppimateriaalin sekä näiden järjestyksen ottamalla huomioon tehdyt tehtävät ja aikaisemmin läpikäydyt oppimateriaalit. Adaptiivisuus vaatii esitysjärjestelmältä ominaisuutta käyttää hyväksi ja muodostaa käyttäjästä malleja, joiden mukaan adaptiivisuus suoritetaan. Tarvittavat päättelyt perustuvat tekoälyn tutkimukseen, johon adaptiivisuuden tutkimuksella onkin vahva suhde [Bru01].

ITS-järjestelmien ja adaptiivisten hypermediajärjestelmien tutkimusten vaikutus verkko-oppimateriaaliin on ollut sekä teknistä että sisällöllistä. Tekninen vaikutus voidaan nähdä ainakin siten, että verkko-oppimateriaaliin on ollut pakko lisätä tietoa, joka on nimenomaan tarkoitettu adaptiivisuuden toteuttavalle järjestelmälle. Näin oppimateriaali ei enää ole ollut pelkkä digitaaliseen muotoon muutettu painotuote vaan se on sisältänyt aiemmin oppimateriaalissa olematontakin tietoa. Tämän lisäksi adaptiivisuuden aikaansaaminen edellyttää, että verkko-oppimateriaalin on oltava toteutettu siten, että siitä voidaan poimia tiettyjä osia eli sisältö ja esitys voivat erota toisistaan.

2.3 Avoimet verkko-oppimisympäristöt ja prosessilähtöisyys

Konstruktiivinen oppimiskäsitys on vaikuttanut etenkin avointen verkko-oppimisympäristöjen syntyyn. Konstruktiivisessa oppimiskäsityksessä nähdään keskeisenä oppija, joka itse aktiivisesti rakentaa omaa käsitystään eli konstruoi tietoa. *Avoimella verkko-oppimisympäristöllä tarkoitetaan sellaista verkkoon toteutettua virtuaalista ympäristöä, jossa oppija voi joustavasti opiskella omaan tahtiinsa.* Avoimella verkko-oppimisalustalla verkko-oppimateriaali on saatavilla yhdessä erilaisten työkalujen, kuten chat- ja keskustelupalstojen kanssa [NT03, s.17].

Verkko-oppimisalustat ovat alkaneet kehittyä 1990-luvulla ja vuoteen 2005 mennessä verkko-oppimisalustoja on myös alettu ottaa laajalti käyttöön eri organisaatioissa. Kaupallisista verkko-oppimisalustoista voidaan nostaa esille ainakin WebCT, TopClass, Blackboard ja Lotus LearningSpace, jotka ovat käytetyimpien kaupallisten alustojen joukossa [CJB05]. Useiden kaupallisten verkko-oppimisalustojen kehitystyö on alkanut yliopistojen sisäisinä hankkeina, jotka on sittemmin kaupallistettu.

Jotkut yliopistot ovat kuitenkin julkistaneet omat verkko-oppimisalustansa avoimena lähdekoodina vapaasti saataviksi.

Yksittäisten yliopistojen ja yritysten omien projektien ohella on aivan viime vuosina perustettu myös laajoja avoimia verkko-oppimisalustojen kehitysprojekteja. Näistä esille on hyvä tuoda usean yhdysvaltalaisen yliopiston ja yrityksen tukema Sakai-verkko-oppimisalusta [Sak06] sekä etenkin Euroopassa laajalti käytössä oleva Moodle [Moo06].

Myös Suomessa on kehitetty verkko-oppimisalustoja. Näistä esimerkkeinä voidaan mainita Taideteollisen korkeakoulun ja Helsingin yliopiston psykologian laitoksen yhteistyönä kehittämä avoimen lähdekoodin Future Learning Environment eli FLE -verkko-oppimisympäristö [LRM+05], Tampereen teknillisen yliopiston A&O [Yli04] ja täysin kaupallinen, vuokrauspalveluna saatavilla oleva, Discendum Optima [Dis05].

Nykyisiin markkinoilla oleviin verkko-oppimisalustoihin liittyy käsitys yhteistoiminnallisesta ja yhteisöllisestä eli kollaboratiivisesta oppimisympäristöstä. Kollaboratiivisille oppimisympäristöille ovat tyypillisiä erilaiset ryhmätyön verkossa mahdollistavat ryhmätyöalustat ja apuvälineet [NT03, s. 17]. Koska nykyiset verkko-oppimisalustat tarjoavat myös muuta toiminnallisuutta, näistä kollaboratiivisia elementtejä ja muita elementtejä sisältävistä verkko-oppimisympäristöistä voidaan puhua käsitteellä *integroidut hajautetut oppimisympäristöt* (integrated distributed learning environment, IDLE) [Tel01].

Integroitujen hajautettujen oppimisympäristöjen mahdollistavien verkko-oppimisalustojen vaikutusten tarkastelu verkko-oppimateriaalin ominaisuuksien ja piirteiden kannalta on haasteellinen pohdinnan aihe. Alustat voivat toimia valmiin verkko-oppimateriaalin jakelupaikkana [Vra04]. Tällöin vaikutus jää lähinnä tekniseksi eli valmiiden oppimateriaalien on oltava sellaisessa muodossa, että verkko-oppimisalusta mahdollistaa niiden tallentamisen. Verkko-oppimateriaalin ominaisuuksien muuttumista tarkasteltaessa olennaiseksi nouseekin prosessilähtöinen oppijoiden tuottama materiaali, jota syntyy erilaisissa oppimistilanteissa ja erilaisten työkalujen käytön seurauksena [KHK+00, s.5]. Verkko-oppimisalustan toteutuksesta riippuu, millaisessa muodossa keskustelupalstojen, ryhmätyöalueiden ja opiskelijoiden tekemät tehtävät ja kirjoitelmat ovat.

Vaikka aiemmin on erotettu prosessilähtöinen ja produktilähtöinen materiaali toisistaan, on myös noussut esille, että prosessilähtöinen materiaali pitäisi olla liitettävissä valmiiseen verkko-oppimateriaaliin esimerkiksi linkittämällä valmis oppimateriaali ja materiaalin eri osiin liittyvät keskustelut [Tel01]. Tämä kuitenkin on verkko-oppimisalustan ominaisuus eikä välttämättä aseta lisävaatimuksia varsinaiselle verkko-oppimateriaalille. Kurssin jälkeen voidaan kuitenkin miettiä, pitäisikö tietyt osat opiskelijoiden tuottamasta materiaalista sisällyttää alkuperäiseen verkko-oppimateriaaliin. Tällöin joudutaan miettimään miten verkko-oppimisalusta tukee sisällyttämistä. Verkko-oppimisalustan toteutus puolestaan voi heijastua sekä prosessilähtöisen että produktilähtöisen materiaalin tallennustapaan, jolloin kysymys koskee myös verkko-oppimateriaalia. Esimerkiksi keskustelupalstojen tekstit voivat olla tallennettuna tietokantaan eivätkä välttämättä ole sisällytettävissä suoraan verkko-oppimateriaaliin. Verkko-oppimisalustojen arvioinneissa voikin yhtenä arviointikohteena olla, voidaanko keskustelupalstojen materiaalia tuoda verkko-oppimateriaalin yhteyteen.

Tekstipohjaisuus on yksi verkko-oppimateriaalin ja verkko-oppimisympäristöjen piirre, jossa on havaittavissa muutoksia opetusteknologian kehittyessä. Tähän asti verkko-oppimisalustoissa ovat korostuneet tekstipohjaiset kommunikaation muodot (sähköposti, keskusteluryhmät, kirjalliset tehtävät). Rajoittuminen tekstipohjaisuuteen on varmasti ainakin osittain liittynyt teknisiin rajoituksiin, mutta enää ei voida pitää itsestäänselvyytenä, että tulevaisuudessakin kaikki kommunikaatio verkko-oppimisympäristöissä tapahtuisi tekstipohjaisesti [Tel01]. Jo nyt on mahdollista käyttää verkkoluentoja opetuksessa. Valmiiksi tuotettu verkko-oppimateriaali voi kuitenkin sisältää videoleikkeitä ja äänileikkeitä siinä missä kuviakin. Valmista verkko-oppimateriaalia mielenkiintoisemmaksi nouseekin kysymys siitä, miten prosessilähtöisen verkko-oppimateriaalin tekstipohjaisuus muuttuu tulevaisuudessa.

2.4 Verkko-oppimateriaalin tuottamisen malleja

Verkko-oppimateriaalin tuottamisesta on erilaisia tuotantomalleja. Tuotantomallit kuvaavat eri työvaiheita sekä niihin tarvittavien työntekijöiden rooleja. Sovelluskehityksessä käytettäviä malleja ja tekniikoita voidaan käyttää verkko-oppimateriaalin tuottamisessa. Nämä mallit liittyvät erityisesti hypermediaoppimateriaalien tuotantoprojektien toteuttamiseen. Koska verkko-oppimateriaali voi sisältää myös hypermediaa, on paikallaan lyhyesti mainita yksi keskeisimmistä tuotantomalleista, johon monet myöhemmät tuotantomallit perustuvat [AR05].

Object-Oriented Hypermedia Design Model (OOHDM) perustuu nimensä mukaisesti oliopohjaisiin, ohjelmistotuotannossa käytettyihin menetelmiin [AR05]. Mallin vaiheet ovat käsitteellinen suunnittelu, navigoinnin suunnittelu, abstrakti käyttöliittymän suunnittelu ja toteutus [SRB96]. Käsitteellisessä suunnittelussa materiaalin käsitemaailma jäsennetään käyttäen sovellussuunnittelussa käytettäviä luokkakaavioita. Navigoinnin suunnittelussa luodaan malli siitä, miten edellisessä vaiheessa luodussa tietokantamaisessa käsitemallissa tietoja voidaan selata. Navigointimalli on yksi näkymä käsiterakenteeseen. Abstraktissa käyttöliittymän suunnittelussa valitaan käyttöliittymäkomponentit, jotka näytetään käyttäjälle. Abstraktissa käyttöliittymäsuunnitelmassa ei määrätä täsmällistä käyttöliittymätoteutusta vaan se määräytyy toteutusympäristön mukaan. Toteutusvaiheessa suunnittelijan on määrättävä, mitkä toteutusympäristön konkreettiset käyttöliittymäkomponentit vastaavat abstraktin käyttöliittymäsuunnitelman komponentteja. Tässä määräämisessä on otettava navigointisuunnitelma huomioon [SRB96].

OOHDM:n kaltaiset oliopohjaiset mallit voivat soveltua laajojen hypermediasovellusten tuottamiseen, mutta sopivuus yksittäisten opettajien ohjaamien verkkokurssien verkko-oppimateriaalin tuotantomalliksi on kyseenalaista. Malleissa edellytetään eri alan asiantuntijoiden yhteistyötä ja malleihin liittyvien työkalujen ja toimintatapojen tuntemusta [AR05]. Näitä resursseja ei välttämättä ole monellakaan oppilaitoksella [CJB05]. Oliopohjaiset laajat hypermedian tuotantomallit liittyvätkin voivatkin liittyä adaptiivisten AEH-järjestelmien verkko-oppimateriaalin tuottamiseen. AEH- ja ITS-järjestelmien verkko-oppimateriaalin vaikeisiin tuottamisprosesseihin, suuriin kustannuksiin ja eri järjestelmien välisen yhteensopivuuden ongelmiin on alettu viime aikoina kiinnittää huomiota [RBB05, Arm05].

Verkko-oppimateriaalin tuotanto voi olla laajuudeltaan erilaista. Yksittäinen opettaja voi tehdä itsenäisesti omalle kurssilleen verkko-oppimateriaalia. Tällöin opettaja ei ole sidottu mihinkään erityiseen tuotantomalliin eikä hänellä välttämättä noudatettavana mitään erityisiä laadullisia tai teknisiä yhdenmukaisuusvaatimuksia. Yleisillä sähköisen julkaisun ohjelmistoilla saa aikaan WWW-sivuja tuntematta WWW-tekniikoita juuri lainkaan.

Varsinaisissa verkko-oppimateriaalin tuotantoprojekteissa sen sijaan on mukana monia eri henkilöitä, joilla on erilaisia rooleja. Projekteissa yleensä noudatetaan ainakin joitakin yhteisiä sääntöjä, toimintatapoja ja tekniikoita, jotta yhteistoiminta eri toimijoiden välillä on mahdollista. Tuotantomalleissa korostuu materiaalin arvioinnin tärkeys tuotantoprosessin aikana. Tavoitteena on parantaa syntyvän materiaalin laatua. Kullakin projektilla on ominaiset piirteensä ja työtapansa [TGS02].

Verkkokursseilla voidaan kurssimateriaalin tuotantotapa yhtenäistää ja koota kurssit yhtenäiseksi verkko-oppimateriaaliksi. Tällöin on erikseen kurssien omistajat eli projektin johtajat, kurssien sisällöntuottajat ja kurssimateriaalien arvioijat. Näiden toimijoiden yhteistyönä syntyy kursseilla käytettävää materiaalia, kuten tekstejä, automaattisesti korjattavia tehtäviä ja kotitehtäviä. Tavoitteena on materiaalin sekä pedagoginen että tekninen yhtenäisyys ja korkealaatuisuus [TGS02].

3 Tekniset haasteet ja suuntaukset verkko-oppimateriaalin tuottamisessa

3.1 Materiaalin osien monimuotoisuus ja tallennusmuodot

Verkko-oppimateriaali, kuten mikä tahansa elektroninen aineisto, voi sisältää tekstin lisäksi kuvia, animaatioita, ääntä, videokuvaa ja myös interaktiivisia osia, kuten esimerkiksi katsojalle esitettäviä tehtäviä. Katsottaessa verkko-oppimateriaalin kohdistuvia pedagogisia arviointimalleja ja kriteereitä voidaan havaita, että esille nousevat erilaiset vuorovaikutteisuuteen ja havainnollisuuteen liittyvät vaatimukset, kuten oppijan aktiivisuuden lisääminen ja motivointi [Mac98, Saa04]. Nämä vaatimukset heijastuvat verkko-oppimateriaalin toteutustekniikkaan eri medioiden monipuolisen käytön suosituksina. Ei riitä, että tekstimateriaali siirretään suoraan verkkoon nähtäville, sillä silloin suuri osa verkko-oppimateriaalin potentiaalista jää käyttämättä [Mac98].

Verkko-oppimateriaalin monimuotoisuus saattaa aiheuttaa ongelmia tai lisätyötä verkko-oppimateriaalia tuotettaessa. Eri medioiden käyttämistä tallennusformaateista ei välttämättä ole yhtä ainoaa oikeaa tallennusmuotoa vaan useita vaihtoehtoisia tallennusmuotoja voi edelleen olla käytössä. Siksi on hyvä tarkastella myös konkreettisesti tiedostojen tallennusmuotojen tasolla, minkälaista verkko-oppimateriaali voi olla.

Kuvien tallentamiseen on syntynyt monia eri tallennusmuotoja. Yleisesti verkko-oppimateriaalissakin käytettyjä ovat Joint Photographic Experts Group –työryhmän 90-luvulla julkaisema JPG-muoto sekä Graphics Interchange Format eli GIF [Wal91, Car91]. Näiden lisäksi on olemassa monia eri valmistajien omia muotoja, koska kuvien kehityksen alkuvaiheissa ei valmistajilla ollut tarvetta yhteisten tallennusmuotojen luomiseen. Esimerkkejä harvemmin esiintyvistä tallennusmuodoista ovat etenkin skannattujen kuvien tallennuksessa käytettävä Tag Image File Format eli TIFF, Macintosh-ympäristössä käytettävä PICT-muoto sekä Targa Image Format eli TGA [Car91].

Jo 90-luvun loppupuolella internetin yleistyessä alkoi esiintyä tarvetta yhteiselle tallennusmuodolle. Syntyi Portable Networks Graphics –muoto eli PNG. Se oli patentiton vaihtoehto GIF-muodolle ja se soveltui myös moniin tilanteisiin, joissa ennen oli käytetty TIFF-muotoa [Bou97]. PNG ei kuitenkaan ole syrjäyttänyt muita tallennusmuotoja verkkoympäristön kuvien tallennusmuotona vaan esimerkiksi selainohjelmat tukevat edelleen useita tallennusmuotoja. PNG-muotoa näkee verkko-oppimateriaalissa käytettävän harvoin.

XML-metakielen yleistyessä on kehitetty siihen perustuva tallennusmuoto SVG eli Scalable Vector Graphics [W3C03a]. Tallennusmuodon etuja ovat erityisesti yhteensopivuus muiden XML-standardien kanssa ja standardin avoimuus sekä laitteistoriippumattomuus. SVG sopisikin hyvin verkko-oppimateriaalin kuvien esitysmuodoksi [BVC04]. Käytännön ongelmana SVG:n käytössä on kuitenkin vielä toistaiseksi vähäinen tuki selaimissa eli kuvien näkemiseksi on ladattava ylimääräinen lisäosa. Kuitenkin ainakin Mozilla -selaimiin on kehitteillä tuki SVG-kuville [Hic05], joten tulevaisuudessa SVG saattaa nousta varteenotettavaksi vaihtoehdoksi muille kuvien tallennusmuodoille.

Matemaattiset kaavat ovat olleet pitkään ongelmallisia esittää ja ne on aikaisemmin usein esitetty verkko-oppimateriaalissa kuvina. Tämä ei kuitenkaan ole hyvä ratkaisu verkko-oppimateriaalin saatavuusvaatimusten kannalta [CVJ01]. Vaihtoehdoksi on noussut kaavojen kuvaaminen XML-metakielen avulla. Kieleksi on suunniteltu MathML, jonka avulla kaavat voivat olla kiinteä osa verkko-oppimateriaalia. On myös esitetty, että SVG:tä voitaisiin käyttää yhdessä MathML:n kanssa kaavojen esittämiseen [BB04]. Matemaattisten kaavojen tapaan myös interaktiiviset tehtävät voidaan tallentaa siten, että kysymykset ja vastausvaihtoehdot sekä ohjeet eri vastausvaihtoehtojen korjaamiseen kuvataan XML-metakielellä jonkin sovitun tavan mukaisesti [IGLC01].

Videokuvan tallentamiseen on vaihtoehtoja. Videomuodoista esimerkkeinä voidaan mainita MPEG-tallennusmuodot (Moving Picture Expert Group) MPEG-1, MPEG-2, MPEG-4 ja QuickTime, AVI sekä Real-Media –talennusmuodot. Tallennusmuotojen moninaisuus vaikeuttaa ohjelmistojen kehittäjien työtä sillä ohjelmistot on rakennettava siten, että ne tukevat yleisimpiä käytettyjä tallennusmuotoja ottaen huomioon käyttäjien erilaiset käyttöympäristöt ja alkeelliset tietokoneen käyttötaidot. Videoiden katsomiseen on kuitenkin saatavilla ilmaisia katseluohjelmia, jotka ovat yhteensopivia useiden tallennusmuotojen kanssa. On kuitenkin syytä huomauttaa, että edellä luetelluista tallennusmuodoista MPEG-muodot ovat standardoituja

[WMM97]. Virallisia määrityksiä ei kuitenkaan ole ilmaiseksi löydettävissä internetissä.

Ääntä voidaan tallentaa verkko-oppimateriaaliksi esimerkiksi mp3-muodossa (MPEG-1 Layer 3). Tämä muoto on valloittanut nopeasti äänen ja musiikin jakelun ja säilyttämisen verkossa, sillä mp3-tiedostot saadaan pienikokoisiksi. Tämän lisäksi on monia muitakin tallennusmuotoja, joista etenkin Real ja Windows Media Audio (WMA) ovat yleisiä [WHK04].

Animaatiot ovat tärkeä osa verkko-oppimateriaalia ja niiden on todettu auttavan vaikeiden asioiden oppimisessa [BVC04, PLG97]. Animaatioille on useita muotoja. GIF sallii useiden kuvien tallentamisen samaan tiedostoon ja näiden esittämisen, jolloin saadaan aikaiseksi pieniä animaatioita [Car91]. Kaupallisista yleistymässä olevista tallennusmuodoista voidaan antaa esimerkkinä Macromedian Director ja Flash, joiden katsomiseen on saatavilla ilmaiset lisäosat selaimeen. Formaatit sallivat elokuvien ja animaatioiden esittämisen lisäksi myös dynaamisen tiedon käsittelyn [Fra05]. Nämä esitykset voivat olla osa WWW-sivuja tai ne voidaan kääntää itsenäisiksi suoritettaviksi tiedostoiksi. On kuitenkin hyvä tuoda esille, että vaikka näiden katselemiseen tarvittava ohjelma on ilmainen, esitysten tuottamiseen tarvittavaa ohjelmaa pidetään kalliina [Fra05]. Lisäksi tallennusmuodot eivät ole avoimia.

Eri ohjelmointikielillä on mahdollista tehdä animaatioita [NCK+03]. Tällöin etenkin Javalla tehdyt sovelmat (Java Applet) ovat suositeltavia, koska ne eivät ole käyttöjärjestelmä- tai selainriippuvaisia. Opettajat voivatkin itse ohjelmoida visualisointeja tai käyttää valmiita sovelmia. Itse ohjelmointi on kuitenkin hyvin työlästä ja valmiita opetukseen täsmällisesti sopivia vapaasti saatavia sovelmia voi olla vaikea löytää. Sovelmat mahdollistavat kuitenkin myös erilaisten simulaattoreiden saamisen osaksi verkko-oppimateriaalia. Sovelmien avulla on myös mahdollista esittää matemaattisia kaavoja [JMK96], mutta tätä ei kuitenkaan voida pitää suositeltavana saatavuuden kannalta [CVJ01].

3.2 Kokoavat asiakirjojen tallennusmuodot

Asiakirjojen tallennusmuotoja on monia. Niin WWW-sivut, erilaiset elektroniset kirjat kuin tekstinkäsittelyohjelmilla tallennetut asiakirjatkin voivat sisältää erilaisia mediaelementtejä, kuten äänileikkeitä ja kuvia.

WWW-sivut on yleinen verkko-oppimateriaalin muoto [SL99, s. 192]. Verkko-oppimateriaalin kehitys tapahtuu suurelta osin juuri WWW-teknologioiden pohjalla

[Leh98]. WWW-sivut sallivat tekstin ja kuvien lisäksi käytännössä minkä tahansa tiedoston linkittämisen sivuille, jolloin käyttäjä voi avata kyseisen tiedoston, mikäli hänellä on koneellaan asennettuna tallennusmuotoja tukeva ohjelma. Toimistosovelluksilla tuotettua oppimateriaalia voi linkittää WWW-sivuille oppimateriaalikokonaisuudeksi [Saa04, s.41]. Koska WWW-sivulta voi laittaa hyperlinkin toiselle WWW-sivulle, voidaan yksittäisistä WWW-sivuista rakentaa kokonaisuus, WWW-sivusto. Näin painetun oppimateriaalin tietosisältö kuvineen on mahdollista esittää WWW-sivuna tai kokonaisena WWW-sivustona. WWW-sivuja katsotaan selainohjelmalla, joka näyttää kuvat sekä tekstin ruudulla. Tarvittaessa selainohjelma voi käynnistää muita ohjelmia sekä käyttää selaimeen ladattavia lisäosia, joita eri tiedostomuotojen näyttämiseen tarvitaan.

Elektronisella kirjalla tarkoitetaan yleisesti tietokoneen ruudulta luettavaa esitystä, jossa kuvia, tekstiä, ääntä ja videota voidaan yhdistää samaan esitykseen [Leh98]. Elektroninen kirja voi olla tallennettuna tietokoneen kovalevylle, CD-ROM-levylle tai palvelimelle. Elektroninen kirja voi olla verkossa saatavilla, jolloin se kuuluu verkko-oppimateriaalin määritelmän piiriin.

Elektronisen kirjan teknisiä toteutusmahdollisuuksia on useita. Elektronisten kirjojen valmistamiseen on saatavilla ohjelmia, joista osa on yliopistojen tutkimusten tuloksina syntyneitä ja osa kaupallisia sovelluksia [HSJ+01]. Ohjelmille on tyypillistä, että ne tallentavat elektronisen kirjan kokonaisuudessaan johonkin omaan tiedostomuotoonsa, jonka katsomiseen tarvitaan tietty esitysohjelma. Ensimmäiset elektronisen kirjan kokeilut tehtiin jo 60-luvulla, joten useita erilaisia elektronisen kirjan tallennusmuotoja on käytetty. Vaikka elektronisen kirjan määritelmä voikin käsittää myös WWW-sivut ja yleisillä toimistosovelluksilla tallennetut materiaalit, käsitellään usein lähdekirjallisuudessa elektronisia kirjoja siten, että käsittelyssä keskitytään edellä esitettyjen ohjelmien tuotoksiin.

Sisäisesti elektroniset kirjat saattavat kuitenkin käyttää WWW-teknologioita suoraan hyväkseen [HSJ+01], jolloin herääkin kysymys selainohjelmien ja elektronisten kirjojen esitysohjelmien suhteesta toisiinsa ja elektronisten kirjojen tallennusmuotojen tarpeellisuudesta. Elektronisella kirjalla kuitenkin näyttäisi olevan käyttöä edelleen erityisesti kannettavissa elektronisissa muistikirjoissa ja vastaavissa laitteissa. Lisäksi elektronisten kirjojen laitonta käyttöä voidaan ehkäistä esitysohjelmien suomin rajoittein [Hen01].

Tekstinkäsittelyohjelmissa voidaan liittää tekstiin kuvamateriaalia ja tekstinkäsittelyohjelmasta riippuen myös mahdollisesti muuta elektronista materiaalia. Tekstinkäsittelyohjelmien asiakirjojen tallennusmuotoja on useita ja lisäksi on muita asiakirjojen esitysmuotoja, joista esimerkkinä voidaan yleisyytensä vuoksi mainita Adoben Portable Document Format eli PDF [HSJ+01, Ado05]. Tekstinkäsittelyohjelmien ohella myös erilaisilla toimisto-ohjelmilla, esimerkiksi diaesitysohjelmilla, voidaan tuottaa elektronista materiaalia. Koska tallennettu materiaali on elektronisessa muodossa, se voidaan siirtää palvelimelle verkkoon saataville. Mikäli materiaali täyttää oppimistavoitteiden asettamisen ehdon, voidaan materiaali tässä tutkielmassa käytettävän määritelmän mukaisesti katsoa verkko-oppimateriaaliksi.

Tekstinkäsittelyohjelmien asiakirjojen tallennusmuodoista esille nousee erityisesti Microsoft Wordin tallennusmuoto, jota voidaan pitää yleisenä opettajien itse tuottamien materiaalien tallennusmuotona [Hen01]. Tämä tallennusmuoto ei ole julkinen, joten sitä käsittelevien ohjelmien laatiminen ei ole yksinkertaista.

Word kuitenkin sallii dokumenttien tallentamisen myös RTF-muotoon (Rich Text Format), joka on avoin tallennusmuoto [Mic99]. RTF on yleisesti tuettu eri valmistajien tekstinkäsittelyohjelmissa ja tämän lisäksi jotkin sähköpostiohjelmat mahdollistavat sähköpostien lähettämisen RTF-muodossa. RTF on ollut yksi harvoista tekstinkäsittelyohjelmien asiakirjojen tallennusmuodoista, joka on avoin ja eri valmistajien kesken tuettu.

RTF on tekstipohjainen tallennusmuoto eli RTF-tiedosto näkyy tekstinä, mikäli sitä katsotaan tekstieditorilla. Kuvassa 2 on ote RTF-tiedostosta, joka on tallennettu tekstinkäsittelyohjelmalla. Tästä esimerkistä voidaan havaita, että RTF perustuu ennalta määriteltyihin kenoviivoilla alkaviin komentoihin. Tämän lisäksi voidaan havaita, että komennot ovat kaarisulkujen sisällä ja kaarisulkuja voi olla myös sisäkkäin. Nämä kaarisulut määräävät komentojen vaikutusalueen. RTF-tiedosto tulkitaan alusta loppuun siten, että komennot määrittävät vaikutusalueelle asetuksia. Tällaisia komentoja ovat esimerkiksi käytettävien kirjasintyyppien nimet, koot ja värit. Kohdattaessa ryhmän aloittava kaarisulku kaikki asetukset tallennetaan muistiin ja kohdattaessa ryhmän päättävä kaarisulku ennen ryhmää voimassa olleet asetukset otetaan takaisin käyttöön muistista. Osa RTF-komennoista on määritetty *RTF-kohteiksi* (destination). Kohdattessa RTF-kohde samassa ryhmässä oleva teksti tulkitaan tekstiksi, joka kirjoitetaan sillä hetkellä voimassa olevilla asetuksilla kohteeseen. RTF-kohteita ovat esimerkiksi varsinainen sivun teksti ja ylä- sekä alatunnisteet [Mic99].

Vaikka RTF-tiedosto on tuen ja avoimuutensa vuoksi käyttökelpoinen tallennusmuoto, on siinä myös huonoja puolia. Se ei ole XML-muotoinen eli sitä ei voi käsitellä

```
{\rtf1\ansi\ansicpg1252\uc1 \deff0\deflang1033\deflangfe1035
{\fonttbl{\f0\froman\fcharset0\fprq2{\*\panose 02020603050405020304}
Times New Roman;}{\f1\fswiss\fcharset0\fprq2{
\*\panose 020b0604020202020204}Arial;}
{\f27\fswiss\fcharset186\fprq2 Arial Baltic;}}
{\colortbl;\red0\green0\blue0;\red0\green0\blue255;\red0\green255\blue255;
\red0\green255\blue0;\red255\green0\blue255;\red255\green0\blue0;\red255\green255\blue0;
\red255\green255\blue255;\red0\green0\blue128;
\red0\green128\blue128;\red0\green128\blue0;\red128\green0\blue128;
\red128\green0\blue0;\red128\green128\blue0;\red128\green128\blue128;\red192\green192\blue192;}
{\stylesheet{\nowidctlpar\widctlpar\adjustright \fs20\lang1035\cgrid \snext0 Normal;}{
\s1\sb240\sa60\keepn\nowidctlpar\widctlpar\adjustright \b\f1\fs28\lang1035\kerning28\cgrid
\sbasedon0 \snext0 heading 1;}{\*\cs10 \additive Default Paragraph Font;}}
{\info{\title Esimerkki}{\subject Esimerkki}
{\author Ahti Syreeni}{\operator None None}
{\creatim\yr2006\mo3\dy11\hr20\min27}
{\revtim\yr2006\mo3\dy11\hr20\min28}{\version2}{\edmins1}{\nofpages1}{\nofwords1}
{\nofchars8}{\*\manager Ahti Syreeni}{\*\company Helsingin yliopisto}{\nofcharsws9}{\vern73}}
```

Kuva 2: Ote RTF-tiedostosta.

XML-työkaluilla. Siksi RTF voikin helposti jäädä varjoon mikäli tekniikat kehittyvät XML-pohjaisuuteen päin. Erityisesti verkko-oppimateriaalin kannalta vielä suurempi ongelma on se, että kuvat tallennetaan RTF-muodossa yleensä Windows Metafile Format -muodossa [Mic99]. Tämä muoto on Windows-sidonnainen ja kuvat jäävät hyvin suurikokoisiksi verrattuna yleisiin pakattuihin tallennusmuotoihin (esimerkiksi JPG, GIF). RTF-tiedostoissa on kuitenkin mahdollista olla tallentamatta kuvia tiedostoon vaan luoda linkki varsinaiseen kuvatiedostoon. Tällöin tekstinkäsittelyohjelma lukee kuvan erillisestä tiedostosta, joka voi olla jossakin yleisessä kuvan tallennusmuodossa.

3.3 Oppimisaihiot ja metatiedon standardointi

Oppimisaihiolla (Learning Object) tarkoitetaan mitä tahansa opetuksessa käytettävää materiaalia, esimerkiksi luentomonistetta, HTML-sivua tai videoleikettä, jolla on opetuksellinen tavoite [H^+02]. Se voi tekniseltä kannalta katsottuna olla yksittäinen tiedosto tai HTML-sivu, johon liittyy kuvia ja muita tiedostoja. Laajasti katsottuna oppimisaihio voi olla myös elektroninen kirja kaikkine kuvineen ja muine elementteineen.

Jotta oppimisaihiota voitaisiin käyttää hyväksi, olisi se oltava helposti löydettävissä. Tätä tavoitetta tukee metatiedon lisääminen oppimisaihioon. Metatieto on tietoa oppimisaihion ominaisuuksista, joka ei välttämättä suoraan näy oppimisaihiota käytettäessä. Metatieto voi käsittää esimerkiksi tietoa oppimisaihion tekijästä, tekijänoikeuksista ja aihion käyttöön liittyvistä teknisistä vaatimuksista. Jotta metatietoa voitaisiin tehokkaasti koneellisesti käsitellä erilaisissa järjestelmissä, on oltava sopimus siitä, mitä metatietoa oppimisaihio voi sisältää ja miten metatieto teknisesti oppimisaihioissa toteutetaan.

Dublin Core Metadata on yleinen suositus siitä, mitä metatietoa tulisi liittää verkkomateriaaliin [WKLW98]. Tämä määritys sisältää perustiedot materiaalista eli tiedot sisällöstä (esimerkiksi aiheen kuvaus), materiaalin tekijästä (esimerkiksi tekijänoikeudet) ja muuta yleistä tietoa materiaalista (esimerkiksi tallennusmuoto ja kieli). Suositus ei kuitenkaan ota kantaa pedagogisiin ja muihin erityisesti oppimateriaalille tyypillisiin ominaisuuksiin, joten suositusta on ollut tarvetta laajentaa ja luoda opetusmateriaaleille omat suositukset ja standardit.

Pohjana oppimateriaalin standardiluonnoksille toimii IEEE:n vuonna 2002 hyväksymä *LOM-standardi* (Learning Object Metadata) [H$^+$02]. Standardissa oppimisaihioon liitettävä metatieto on jaettu yhdeksään pääaiheeseen, jotka ovat: yleinen tieto, kehityshistoria, liitettävän metadatan kuvaus, tekniset vaatimukset ja ominaisuudet, pedagogiset ja koulutukselliset ominaisuudet, tekijänoikeudet, suhteet muihin oppimisaihioihin, oppimisaihion käyttöön liittyvät kommentit sekä oppimisaihion luokitus. Nämä pääaiheet on jaettu pienemmiksi osiksi, joissa määritetään hyvinkin tarkasti, mistä tiedoista aihealue koostuu. Tämä hierarkkinen rakenne sekä rakenteen sisältämien tietojen tyypit on tiukasti määritetty. Standardi ei kuitenkaan määrää sitä, miten metatiedon kuvaaminen ja liittäminen oppimisaihioihin teknisesti tulisi toteuttaa [H$^+$02].

Oppimateriaaliin liitettävän metadatan kuvaus voidaan kirjoittaa erilliseen tiedostoon. Metadata on tiedostossa kirjoitettu metakielellä ja metatiedolla on rakenne. Tästä kuvauksesta käytetään joissain yhteyksissä myös nimeä *tietomalli* [IGLC01]. LOM-standardi määrittää tietomallin rakenteen. Kun LOM-standardin toteutuksessa käytetään XML-metakieltä, tämä rakenne annetaan XML-dokumentin rakennemäärittelynä.

IMS (IMS Global Learning Consortium, alunperin Instructional Management Systems) kehittää omaa määritystään metadatan liittämisestä oppimateriaaliin. Määritys koostuu yleisen tason tietomallin määrityksestä sekä sen XML-toteutuksen määrityksestä. Tietomallin määrityksen versiot perustuvat LOM-standardiin, johon on tehty vain pieniä muutoksia [IGLC01, H$^+$02]. Tämän määrityksen lisäksi IMS

```
<?xml version="1.0" encoding="ISO-8859-1"?>
<!DOCTYPE lom SYSTEM "imsmd_rootv1p2.dtd">
<lom>
    <general>
        <title>
        <langstring xml:lang="x-none">John von Neumann</langstring>
    </title>
    <catalogentry>
       <catalog>URI</catalog>
       <entry>
       <langstring xml:lang="x-none">john_von_neumann.html</langstring>
       </entry>
    </catalogentry>
    <catalogentry>
       <catalog>Tietojenkäsittelytieteen historia</catalog>
       <entry>
       <langstring xml:lang="fi">140403</langstring>
       </entry>
    </catalogentry>
        <description>
        <langstring xml:lang="fi">
               Tämä seminaariaine antaa kuvan John von
               Neumannin elämästä ja hänen keksinnöistään.
            </langstring>
        <langstring xml:lang="en">
               This essay is about the life of John von Neumann and his
               inventions.
            </langstring>
    </description>
    </general>
</lom>
```

Kuva 3: Esimerkki IMS:n mukaisesta metadatasta.

kehittelee myös muita määrityksiä koskien oppimateriaalin sisällön pakkausta, pedagogiikan lisäämistä verkko oppimismateriaaleihin, tehtävien kuvaamista sekä oppijakohtaisen tiedon kuvaamista.

Kuvassa 3 on esimerkki siitä, miten IMS:n LOM-standardille määrittelemän XML-sovelluskielen mukaisesti oppimisaihioita voidaan kuvata. Esimerkissä on kuvattu yleiset tiedot John von Neumannin henkilötiedot sisältävästä HTML-sivusta. Aluksi on annettu oppimisaihion otsikko, oppimisaihion sijainti sekä kirja, jossa oppimisaihio esiintyy. Lisäksi on annettu tunnus sekä kuvattu oppimisaihiota suomeksi ja englanniksi. Tämä esimerkki kuvaa ainoastaan LOM-standardin yleisten tietojen osion. Kokonainen kuvaus, joka sisältäisi myös muiden LOM-standardin osioiden mukaista metatietoa, olisi huomattavasti pidempi ja työläämpi kirjoittaa.

IMS:n XML-toteutuksen määritys sallii mallin laajentamisen. Tämä voidaan teh-

Kuva 4: RDF-kaavio [W3C04b].

dä joko siten, että käytetään LOM-standardin mukaisia elementtejä tai erotetaan IMS:n malliin kuulumattomat elementit XML:n nimiavaruuksilla kuvauksissa muista elementeistä [IGLC01]. Edellä kuvatusta kuvan 3 esimerkistä havaitaan, että siinä käytetään elementtiä `title`, joka tarkoittaa otsikkoa. Jo aikaisemmin on kuitenkin viitattu Dublin Core Metadata -suositukseen, jossa myös on mahdollista määritellä otsikko. Tässä voitaisiin esimerkkiin lisätä Dublin Core Metadatan -suosituksen otsikkoelementti käyttäen eri nimiavaruutta, jolloin kuvauksen lukevalla ohjelmalla olisi mahdollisuus suoraan ymmärtää, että otsikko tarkoittaa myös Dublin Core Metadata -määrityksen mukaista otsikkoa. Ongelmaksi kuitenkin jää, että tällöin määritysten päällekkäisyydestä seuraisi tiedon kahdentaminen eli sama otsikko olisi kahteen kertaan määritelty.

IMS:n oppimisaihioiden metadatakuvauksen XML-toteutusmäärityksessä annetaan myös suositus siitä, miten *RDF-kuvaustapaa* (Resource Description Framework) voidaan soveltaa oppimisaihioiden metadatan kuvauksessa. RDF on W3C:n kehittämä yleistason malli siitä, miten internetin resursseja tulisi kuvata internetissä, jotta kuvauksia voitaisiin käyttää hyväksi hyvin erilaisissakin sovellusohjelmissa [W3C04b]. RDF perustuu ajatukseen, että kaikki tieto esitetään kolmikkoina: subjekti, predikaatti, objekti. Objektia kutsutaan joskus myös ominaisuudeksi. Kolmikossa määritetään predikaatin avulla subjektin suhde objektiin. Subjektia ja objektia sanotaan solmuiksi ja kolmikosta voidaan piirtää kaavio, jossa subjektista lähtee nuoli predikaattiin kuvan 4 mukaisesti. Subjekti, predikaatti ja objekti ovat yleensä jonkin resurssin *URI-muotoisia tunnisteita* (Uniform Resource Indentifier) tai objekti voi olla myös tietyt ehdot täyttävä kirjainjono. Myös tyhjä arvo subjektille ja objektille on joissain tapauksissa mahdollinen. Yhdistämällä useampia kolmikkoja saadaan aikaiseksi monimutkaisempia kaavioita asioista ja niiden suhteista. Kolmikot voidaan esittää XML-kielellä W3C:n laatiman RDF/XML-määrityksen mukaisesti [W3C04a]. Koska RDF-kuvausta voidaan käyttää eri tavoin, IMS:n oppimisaihioiden RDF-kuvausta käsittelevä osa antaa suosituksen siitä, miten RDF/XML-kieltä tulisi soveltaa IMS metadatan kuvaamiseen. IMS:n suositus on kuitenkin vasta kehitysaikainen luonnos, joten tässä yhteydessä IMS:n metadatan esittäminen RDF:n avulla on syytä jättää esittelyn tasolle.

IMS:n metadatan RDF-toteutuksen määrityksen kehitystyö kuitenkin antaa esimerkkiä siitä, miten meneillään olevan Semantic Web –projektin teknologiat vaikuttavat oppimisaihioidenkin standardoimistyöhön. Semantic Web on W3C:n hallinnoima projekti, jossa pyritään tiedon jaettavuuden ja saatavuuden parantamiseen [W3C05]. Sen keskeisimmät tuotokset ovat edellä esitelty RDF ja siihen liittyvät määritykset. RDF:n lisäksi Semantic Web –projektissa kehitetään myös OWL-määritystä (Web Ontology Language), joka laajentaa semanttisia päättelymahdollisuuksia. Semantic Web –projekti tulee varmasti jatkossakin vaikuttamaan oppimisaihioiden standardoimistyöhön.

Vaikka edellä on esitelty IMS:n määritystä metadatan XML-pohjaisista esittämistavoista, ei IMS ole ainoa organisaatio, joka on keskittynyt oppimisaihioiden standardoimiseen. USA:n työministeriön alainen *ADL* (Advanced Distributed Learning) kehittää *SCORM-määritystä* (Sharable Content Object Reference Model), joka käyttää hyväkseen IMS:n määrityksiä sekä LOM-standardia. SCORM on yritys kerätä yhteen eri tahoilla kehitellyt WWW-pohjaisen oppimateriaalin tuottamiseen liittyvät tekniset määritykset. Siksi metatiedon liittäminen oppimateriaaliin on vain pieni osa SCORM-määritystä [Adv02].

3.4 Oppimisaihioiden paketointi

Oppimisaihioita voidaan kerätä samaan pakettiin jakelua varten. Tällöin on tärkeää, että materiaalipaketteja voivat lukea ja kirjoittaa eri valmistajien tekemät ohjelmat. Paketteihin on pystyttävä standardimuotoisesti tallentamaan tietoa siitä, mitä oppimisaihioita ja fyysisiä tiedostoja paketit sisältävät. Tätä tarkoitusta varten on luotu IMS:n Content Packaging -määritys [IMS04a]. Tämä määritys on tietomalli siitä, mitä tietoja ja minkälaisella käsitehierarkialla tulee oppimateriaalipaketista esittää, jotta eri ohjelmilla pystytään käyttämään hyväksi oppimateriaalipaketin sisältämää aineistoa. IMS:n julkaisema toteutusmääritys XML-metakielelle määrittää XML-elementit ja rakenteet, joilla tietomalli tulee esittää [IMS04b].

Oppimateriaali välitetään ohjelmalta toiselle *pakettitiedostossa* (Package Interchange File). Se on kokoelma tiedostoja, jotka on pakattu jollakin yleisesti käytetyllä pakkausmenetelmällä. Pakettitiedosto sisältää paketin juuressa tiedoston, jonka tiedostonimi on `imsmanifest.xml`. IMS:n suosittelema pakkausmuoto on PKZip v2.04g [IMS04b]. Pakkaamattomana oppimateriaali muodostaa hakemistorakenteen, jonka juuressa on edellä mainittu IMS Manifest -tiedosto. Tämä tiedosto sisältää tietomallin mukaisen kuvauksen paketin sisällöstä sekä linkit niihin tiedostoihin, jotka pakettiin kuuluvat. Paketti voi sisältää myös ylimääräisiä tiedostoja, mutta tällöin paketteja lukevat ohjelmat voivat jättää nämä tiedostot huomioimatta [IMS04a]. Pakettien ajatellaan olevan itsenäisiä oppimateriaaleja tai sen osia. Näin pakettien on sisällettävä kaikki ne fyysiset tiedostot, jotka paketin sisältämän oppimateriaalikokonaisuuden esittämiseen tarvitaan. Loogisesti paketin sisältämä kokonaisuus voi kuitenkin olla esimerkiksi yhden oppitunnin kokonaisuus, tietyn aihepiirin opetuksellinen kokonaisuus tai jopa kokonainen kurssi.

Pakettien juuressa oleva IMS Manifest -tiedosto määrittelee paketin sisällön. Tiedoston rakenne on seuraava [IMS04a]:

- koko paketin sisältöä yleisesti kuvaava osa:
  - metatieto-osa eli pakettiin liittyvä metatieto
  - materiaalin järjestyksen määritykset
  - resurssiosio eli viitteet kaikkiin paketin sisältämiin resursseihin, joiden fyysinen sijainti on määritetty viimeisessä tiedostoresurssit -osassa
  - manifest-tiedostot eli viittaukset mahdollisiin paketin sisältämiin muihin IMS Manifest- tiedostoihin
- tiedostoresurssit eli linkit fyysisiin tiedostoihin paketin sisällä.

Kuvan 5 esimerkissä on kuvattu tietomallin mukaisesti yhden tiedon esittämistä käsittelevän tietotekniikan oppitunnin materiaali. Esimerkistä nähdään, että se sisältää tietomallin mukaiset elementit samassa järjestyksessä. Manifestin juurielementin attribuutteina ovat pakolliset skeema-attribuutit sekä itse määritetty *tunniste* (identifier) manifest -tiedostolle. Metatieto-osassa on käytetty LOM-muotoista metatietoa määrittämään paketin otsikko. Materiaalin järjestykset määrittävässä osassa on esitetty resurssi `KOTISIVU`, joka sisältää järjestyksessä resurssit `KALVOT` ja `TEHTAVA`. Näille resursseille on annettu otsikot. Resurssiosiosta selviää, että `KOTISIVU` on HTML-muotoinen tiedosto, joka sijaitsee samassa hakemistossa manifest-tiedoston kanssa ja sen tiedostonimi on `index.fi.html`. `KALVOT` -resurssi on PowerPoint -tiedosto bittikalvot.ppt ja `TEHTAVA` on bittitehtava.doc. Materiaalin järjestykset määrittelevässä osassa ei suoraan viitata fyysisiin tiedostoihin, koska materiaalin järjestyksiä voidaan määritellä useita. On huomioitavaa, että myös tiedostoresurssien määrittelemisen yhteydessä on mahdollista käyttää metatieto-osiota kunkin määrittelyn sisällä [IMS04a]. Määrittely ei rajaa metatiedon muodoksi LOM-muotoa, kunhan XML:n nimiavaruuksien oikea käyttö erottaa IMS Content Packaging -määritykseen kuuluvat elementit käytetyistä metatietoelementeistä. Muita manifest-tiedostoja ei tässä esimerkissä ole käytetty, joten osio on jätetty esimerkistä pois.

3.5 Oppimisaihiovarastot ja niiden saatavuus

Oppimisaihioita voidaan tallentaa moniin erilaisiin järjestelmiin [HREW04]. Tällaisia *oppimisaihiovarastoja* (digital repositories) voivat olla esimerkiksi erilaiset oppimistietokannat, verkko-oppimisalustat ja portaalit [IMS03]. Sisäisesti järjestelmien tiedonhallinta voi olla toteutettuna esimerkiksi SQL-tietokantana tai XML-pohjaisesti.

Oppimisaihiovarastojen käyttäminen on perusteltua nimenomaan verkko-oppimateriaalin löydettävyyden, saavutettavuuden ja tätä kautta uudelleenkäytettävyyden näkökulmasta katsottuna. Koska erilaisia tehtäviä ja animaatioita voi olla työlästä tehdä, olisi hyvä, mikäli kaikki mahdollisesti tarkoitukseen sopivat valmiina saatavat materiaalit olisivat helposti löydettävissä ja liitettävissä tuotettavan materiaalin osiksi. Tähän pyrkii jo aiemmin esitetty materiaalin tasolla tapahtuva oppimisaihioiden tuottaminen, mutta oppimisaihioiden sijaintipaikka ja sen tekninen toteutus eivät saisi estää materiaalin löytämistä ja käyttämistä muista järjestelmistä käsin. Tämän ajatuksen pohjalta on syntynyt useita projekteja, joissa oppimisaihiovarastojen keskinäistä saavutettavuutta on kehitetty erilaisia teknisiä ratkaisuja käyttäen [HREW04]. Näistä esitellään seuraavaksi eurooppalainen Edutella-verkko.

Edutella on eurooppalainen avoimen lähdekoodin projekti, jossa on toteutettu *vertaisverkon* (P2P, Peer to Peer) periaatteella verkko-oppimateriaalin jakeluun soveltuva verkko [WBN03]. Mallin mukaisesti verkko-oppimateriaalin jakeluun ei tarvita keskitettyä palvelinta vaan tavalliset verkkoyhteydelliset tietokoneet voivat toimia oppimisaihiovarastoina. Etsintä tapahtuu verkko-oppimateriaalin metadatan RDF-kuvauksista. Verkossa voikin olla eri toteutuksellisia oppimisaihiovarastoja, jotka kuitenkin tarjoavat Edutella-verkolle yhdenmukaisesti näkyvät RDF-palvelut ja näin käyttäjän asiakassovellukselle verkko näyttäytyy yhtenä isona varastona, johon voi tehdä kyselyitä [HREW04]. Oikean oppimisaihiovaraston löydyttyä varsinainen materiaali haetaan suoraan sieltä [WBN03].

Verkossa haut on suoritettava erityisellä RDF-QEL-kyselykielellä, jolle voidaan tehdä käytännön toteutus monilla käyttäjätason hakukielillä ja tietokantakielillä, kuten SQL [WBN03]. RDF:n syntaksista johtuen kyselyt ovat usein pitkiä, vaikka

```xml
<?xml version = "1.0" encoding = "UTF-8"?>
<manifest xmlns = "http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1"
xmlns:imsmd = "http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2"
xmlns:xsi = "http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance"
    xsi:schemaLocation = "http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1
        http://www.imsglobal.org/xsd/imscp_v1p1.xsd
        http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2
        http://www.imsglobal.org/xsd/imsmd_v1p2.xsd"
identifier="Manifest-20060306"
        version="0.1">
<metadata>
<imsmd:lom>
<imsmd:general>
<imsmd:title>
<imsmd:langstring xml:lang="fi">Tiedon esittäminen</imsmd:langstring>
</imsmd:title>
</imsmd:general>
</imsmd:lom>
</metadata>
<organizations default="perusjarjestys">
<organization identifier="perusjarjestys" structure="hierarchical">
<title>perus</title>
<item identifier="KOTISIVU" identifierref="RESURSSI1">
<title>Tiedon esittäminen</title>
<item identifier="KALVOT" identifierref="RESURSSI2">
<title>Tiedon esittämisen kalvot</title>
</item>
<item identifier="TEHTAVA" identifierref="RESURSSI3">
<title>Bittien konkretisoimistehtävä</title>
</item>
</item>
</organization>
</organizations>
<resources>
<resource identifier="RESURSSI1" type="webcontent" href="index.fi.html">
<file href="index.fi.html"/>
            <dependency indentiferref="RESURSSI2"/>
            <dependency indentiferref="RESURSSI3"/>
</resource>
<resource identifier="RESURSSI2" type="webcontent" href="bittikalvot.ppt">
<file href="bittikalvot.ppt"/>
</resource>
<resource identifier="RESURSSI3" type="webcontent" href="bittitehtava.doc">
<file href="bittitehtava.doc"/>
</resource>
</resources>
</manifest>
```

Kuva 5: Esimerkki IMS Manifest -tiedostosta.

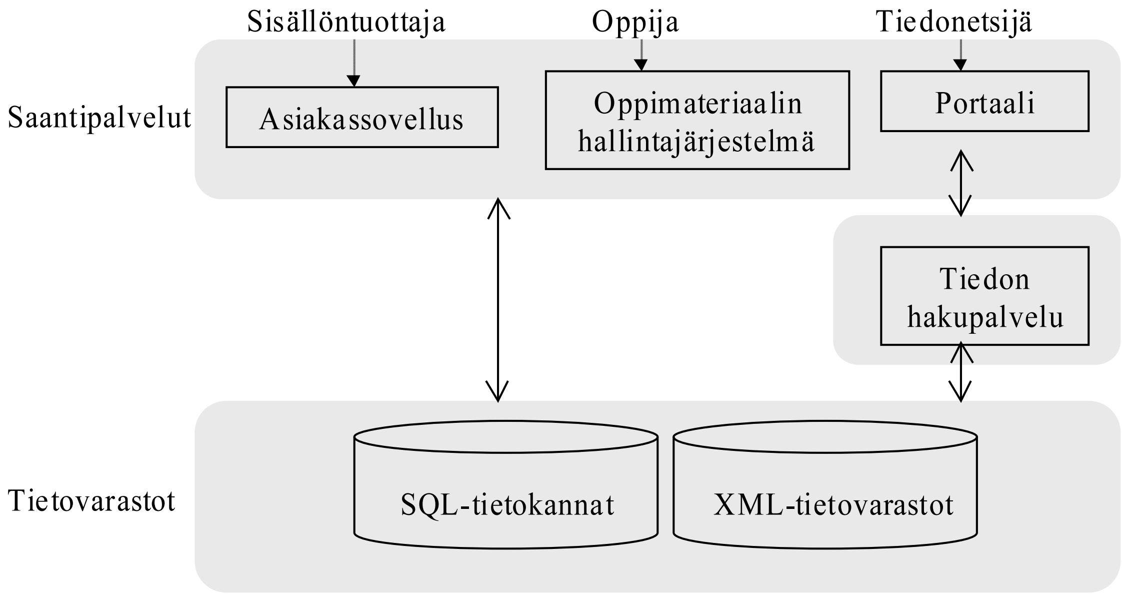
kyselyn tarkoitus olisi yksinkertainen. Monimutkaisuus on kuitenkin yleistä RDF-muotoisissa kyselyissä.

Edutella-verkon toteutuksessa käytetään JXTA-kehysympäristöä, joka tarjoaa puitteet P2P-verkkojen toteutukseen XML-pohjaisia protokollia käyttäen [Gon01]. JXTA on ohjelmointikielistä riippumaton määritys. Toteutus on olemassa Java-ohjelmointikielellä. Projekti on avoimen lähdekoodin projekti, ja sitä hallinnoi ja tukee Sun Microsystems [WBN03].

Oppimisaihiovarastojen käyttötarpeet ovat moninaiset ja näin rajoittuminen esimerkiksi Edutella-verkkoon ei ole mielekästä. Kuvassa 6 on esitetty rakennekaavio, josta on nähtävissä oppimisaihiovarastojen käyttäjäryhmiä. Sisällöntuottaja voi käyttää asiakassovelluksensa kautta varastoja hyväksi esimerkiksi verkko-oppimateriaalia tuottaessaan. Tällöin sisällöntuottaja voi hakea järjestelmästä olemassa olevaa oppimateriaalia ja käyttää sitä uudelleen yhdessä muun materiaalin kanssa. Toisaalta sisällöntuottaja voi myös haluta tallentaa uusia oppimisaihioita. Oppija käyttää oppimisaihiovarantoja hyväkseen yleensä jonkin verkko-oppimisympäristön kautta. Tarkemmin sanottuna tällöin ympäristöön liittyvä oppimateriaalin hallintajärjestelmä on yhteydessä tietovarantoihin ja noutaa tarvittavia oppimisaihioita oppijalle esitettäväksi. Tiedonetsijä kuvaa ihmistä, joka käyttää jotakin portaalia. Tällöin tietoa haetaan useasta oppimisaihiovarastosta ja tulokset esitetään portaalissa. Kuvassa tiedon hakupalvelu kuvaa hakua useasta varastosta ja tietojen yhdistämistä ennen tulosten palauttamista portaalille. Kuvassa olevat saantipalvelut ovat vain esimerkkejä verkko-oppimisen yhteydessä esiintyvistä sovellustyypeistä ja muitakin ohjelmatyyppejä voi olla olemassa. Samoin SQL- ja XML- toteutuksiset oppimisaihiovarastot ovat vain esimerkkejä mahdollisuuksista.

IMS Digital Repository –määritys antaa suosituksen siitä, mitä toimintoja oppimisaihiovaraston tulisi tarjota järjestelmän ulkopuolelle [IMS03]. Mallina käytetään edellä esiteltyä näkemystä oppimisaihiovarastojen käytöstä. Tällöin suositellaan oppimisaihiovarastoihin toteutettavaksi viisi toimintoa, jotka ovat:

- metatiedon haku (Search/Expose)
- metatiedon kokoava haku eri lähteistä (Gather/Expose)
- materiaalin lähetys ja tallennus (Submit/Store)
- materiaalin pyytäminen ja toimittaminen (Request/Deliver)



Kuva 6: Tietovarantojen käyttö [IMS03].

- muutoksista ilmoittaminen (Alert/Expose, tämä toiminto tullaan määrittelemään tarkemmin myöhemmissä versioissa).

Valitettavasti määritys ei kuitenkaan yksiselitteisesti määrää näiden toimintojen teknistä toteutusta. Suosituksina kuitenkin esitetään, että haku-toiminto toteutettaisiin *XQuery-kieltä* ja *SOAP-protokollaa* (Simple Object Access Protocol [W3C03b]) käyttäen tai vaihtoehtoisesti Z39.50 -protokollalla [HREW04]. Metadatan kokoavaan hakuun eri tietolähteistä suositellaan *OAI-projektissa* (Open Archive Initiative) kehitettyä keräilyprotokollaa ja tiedon lähettämiseen sekä tallentamiseen suositellaan IMS Content Packaging -määrityksen mukaisten pakettien ja SOAPin käyttöä. Materiaalin noutoon ei anneta mitään selkeää protokollaa vaan neuvotaan käyttämään jollain tavoin HTTP:tä tai FTP:tä hyväksi. Käytännössä tämä tarkoittaa sitä, että teknisen toteutuksen tasolla ei ole ainakaan vielä yhteistä täysin yleispätevää standardia siitä, miten tietoa haetaan oppimisaihioiden varastoista ja tallennetaan niihin. Jos ollaan suunnittelemassa oppimisaihioiden haku- ja tallennustoimintoja yleisiin oppimisaihiovarastoihin soveltavaa ohjelmaa, on varauduttava siihen, että joudutaan tekemään useita vaihtoehtoisia teknisiä toteutuksia.

4 Oppimateriaalin tuottamisen työkalut

4.1 Kaupalliset julkaisuohjelmistot työvälineinä

Monet suuret ja pienet yritykset tuottavat erilaisia sähköiseen julkaisuun liittyviä ohjelmistoja. Tarkasteltaessa elektronisen julkaisun koko kenttää voidaan seuraavat pääsuuntaukset havaita kaupallisten ohjelmistojen käyttötarkoituksissa ja kehitystyössä [AD02]:

- levitettävät kokonaisvaltaiset ohjelmistotuotteet
- elektronisten kirjojen valmistamisen työkalut
- kustantajien ammattimaiset valmiiden asiakirjojen julkaisujärjestelmät
- räätälöidyt yhden käyttötarkoituksen ohjelmistotuotteet
- elektronisten kirjastojen ohjelmistot.

Levitettävillä ohjelmistotuotteilla tarkoitetaan koko julkaisuprosessia tukevia ohjelmistoja, jotka tarjoavat kaikki toiminnot julkaisun kirjoittamisesta aina sähköiseen julkaisemiseen asti ilman tarvetta lisäohjelmistoihin [AD02]. Elektronisten kirjojen valmistamisen työkaluilla tarkoitetaan niitä ohjelmistoja, jotka soveltuvat yksinomaan elektronisten kirjojen valmistamiseen. Kustantajien ammattimaisilla valmiiden asiakirjojen julkaisujärjestelmillä tarkoitetaan ohjelmistoja, joilla kustantajat saavat kirjoittajilta tulevat valmiit julkaisut painotuotteiksi ja elektronisiksi julkaisuiksi tietokantoihinsa. Räätälöidyt yhden käyttötarkoituksen ohjelmistotuotteet puolestaan ovat tietyn julkaisun ympärille kehitetyt työkalut, kuten esimerkiksi tietosanakirja Britannican valmistamiseen ja ylläpitoon kehitetyt ohjelmistot. Näitä ohjelmistoja ei voi käyttää yleisesti muuhun julkaisutoimintaan. Elektronisten kirjastojen ohjelmistoilla pidetään yllä laajoja julkaisutietokantoja. Luokituksen mukaisesti katsottuna oppimateriaalin tuotannon kannalta kaupallisista elektronisen julkaisun ohjelmistoista voidaan poimia elektronisten kirjojen valmistamiseen liittyvät työkalut sekä levitettävät ohjelmistotuotteet tarkastelun kohteeksi sillä ne koskettavat yksittäistä verkko-oppimateriaalin tuottajaa.

Koska verkko-oppimateriaali on verkkomateriaalia ja ero määritelmän perusteella on verkko-oppimateriaalin sisältämässä oppimistavoitteessa, ei ole yllättävää, että verkko-oppimateriaalia voidaan tehdä yleisiä levitettäviä verkkomateriaalin julkaisuohjelmistoja käyttäen. Esimerkkejä tällaisista ohjelmista ovat Adoben FrameMaker

[Ado05] ja Macromedian DreamWeaver [Mac05], joita voidaan käyttää esimerkiksi WWW-sivujen tuottamiseen [JP99, Mac98]. Tarkasteltaessa suuryritysten ohjelmatarjontaa voidaan havaita, että ne ovat usein kohdentaneet markkinointiaan myös verkko-oppimateriaalin tuottajille. Tuottajille tarjotaan ohjelmistopaketteja, jotka sisältävät useampia verkko-oppimateriaalin tekemistä tukevia tuotteita, kuten työkaluja grafiikan ja animaatioiden tekemiseen [Ado05, Mac05]. Verkko-oppimateriaalin monimuotoisuuden vuoksi mahdollisten kaupallisten tuotantotyökalujen määrä on runsas. Määrä nousee entisestään, kun otetaan huomioon erilaiset elektronisten kirjojen tekemiseen suunnitellut ohjelmistot. Koska puolueettomia tutkimuksia kaupallisten sovellusten käytöstä ei ollut saatavissa, nostettiin Adoben ja Macromedian tuotteet esille julkaisuista löydettyjen tapauskuvausten perusteella [JP99, Mac98].

Katsauksen oppimateriaalituotannon perustamisesta yhteen kaupalliseen sovellukseen saa katsomalla tapauskuvausta Indianan yliopiston verkko-oppimateriaalin kehitystyöstä 1980- ja 1990-luvuilla [JP99]. 1980-luvun loppupuolella yliopiston tietotekniikkaosastolla otettiin käyttöön FrameMaker -ohjelma osaston oppimateriaalituotannon pohjaksi. Ohjelmaan oli päädytty, koska se oli Macintosh-ympäristössä toimiva ohjelma ja se salli pitkien dokumenttien käsittelyn. Myöhemmin eri kampusten tietotekniikkaosastojen välillä syntyi tarve oppimateriaaliyhteistyöhön. Alussa ohjelmasta ei kuitenkaan ollut PC-versiota, mikä aiheutti ongelmia kampusten välillä ja lisäksi ohjelma oli hyvin kallis. Ohjelmasta tuli Windows-versio, mutta Machintosh ja Windows-versiot eivät olleet täysin yhteensopivia, mikä aiheutti ongelmia etenkin kuvien tallennusmuotojen ja fonttien suhteen. Sisällöllisesti ongelmia aiheutti oppimateriaalin muokkaaminen erikseen jokaiselle kampukselle sopivaksi ja näin uuden välineen käyttöönotto vaati koulutusta, jotta eri kampusten toimihenkilöt oppivat itse tekemään muutoksia oppimateriaaliin. Jotkut kampukset pitivät itsepintaisesti kiinni tekstinkäsittelyohjelmista ja pyrkivät itse muuttamaan oppimateriaalit tekstinkäsittelyohjelmalle sopiviksi eri tavoin. Yritykset kuitenkin epäonnistuivat työläytensä vuoksi. Lopulta Adoben julkaistua uuden Windows-version ohjelmasta ongelmat vähenivät. Materiaaleja ei kuitenkaan laitettu verkkoon saataville vaan materiaaleista julkaistiin lukukausittain CD:t, joiden kautta levitys tapahtui.

Edellisessä tapauskuvauksessa on nähtävissä toisaalta kaupallisen sovelluksen käytön etuja ja toisaalta haittoja. Etuja oli, ettei henkilöstön tarvinnut itse ohjelmoida käytettäviä ohjelmia ja näin säästyi resursseja oppimateriaalin tuottamiseen. Toisaalta esimerkistä huomataan, että kehitystyö oli hyvin sidoksissa ohjelman tuottajan aikatauluihin ja näin ohjelman Windows-version kehitystyö hidasti oppimateriaalin kehitystyötä ja oppimateriaalien käyttöönottoa eri kampuksilla. Lisäksi tapauskuvauksessa tuotiin esille ohjelmiston korkea hinta.

Toinen tapauskuvaus on löydettävissä siitä, miten Macromedian Director-ohjelmaa [Mac05] voidaan käyttää interaktiivisten koodiesimerkkien tekemiseen tietojenkäsittelytieteen opetuksessa [Fra05]. Director on animaatioiden tekemiseen tarkoitettu kaupallinen ohjelma. Se perustuu metaforaan teatterista, jossa on lava, käsikirjoitus ja näyttelijäkaarti. Lava on paikka, jossa esitys tapahtuu, käsikirjoitus määrää esityksen aikajärjestyksen ja näyttelijäkaarti tarkoittaa uudelleenkäytettäviä oppimateriaalin osia eli esimerkiksi kuvia ja äänitiedostoja, joita voidaan käyttää näytelmän tekemiseen. Tämän lisäksi Director sisältää ohjelmointikielen, jonka avulla voidaan toteuttaa interaktiivisuutta esityksissä. Tapauskuvauksessa luotiin erilaisille Java-koodia oleville koodiesimerkeille visualisointeja, joissa näytettiin vaiheittain muuttujien sisällöt koodin suorituksen edetessä. Tällainen esitys kuitenkin olisi hyvin tehtävissä esimerkiksi GIF-animaationakin, mutta muuttujien arvot kysytään alussa käyttäjältä. Näin käyttäjä voi testailla oppimateriaalin esimerkkejä itsenäisesti.

Edellä oleva kuvaus on esimerkki siitä, miten verkko-oppimateriaali voidaan toteuttaa kaupallista sovellusta käyttäen siten, että sen katsomiseen tarvitaan valmistajan tuottama katseluohjelma. Director-ohjelmalla tuotettujen animaatioiden katsomiseen tarvitaan Macromedian Shockwave Movie Player, joka tosin on maksuton [Fra05]. Koska myös suuret oppimateriaalikokonaisuudet voidaan yleisten teknologioiden (esimerkiksi HTML-sivut) sijasta toteuttaa kokonaan animaatioina, saattaa tekotavasta syntyä ongelma. Yhteen ainoaan katseluohjelmaan sitoutumista voidaan pitää verkko-oppimateriaalin laatua arvioitaessa saatavuutta heikentävänä tekijänä [Saa04, s.49].

Macromedian ja Adoben tuotteet ovat esimerkkejä suurten yritysten tarjoamista tuotteista. Esimerkkinä toisenlaisesta lähestymistavasta voidaan antaa venäläisen HyperMethod-yrityksen valmistama ePublisher-ohjelma [AD02]. Ohjelman periaatteena on, että käyttäjä voi käyttää hyväksi valmiina olevia RTF- tai PDF-muodossa olevia asiakirjoja, yleisissä olevia kuvia sekä ääni- ja videoleikkeitä. Kun tiedostot on valittu, ohjelma jakaa syntyvän kirjan automaattisesti osiin käyttäjän valitseman skeeman ja julkaisutyylin mukaisesti ja luo linkit kirjan osien välille. Linkitykselle voidaan luoda tarvittaessa lisäsääntöjä ja ohjelma sisältää monia valmiita julkaisutyylejä sekä tyylien editointimahdollisuuden. Ohjelma tunnistaa RTF- ja PDF-asiakirjoista niiden rakenteen eli luvut, otsikot ja kappaleet. Lopputuloksena syntyvän kirjan voi tallentaa suoraan ajettavana sovelluksena tai joukkona HTML-sivuja.

Edellä kuvattujen levitettävien kokonaisvaltaisten ohjelmistotuotteiden lisäksi on erilaisia suppeampia elektronisten kirjojen valmistamisohjelmia. Alussa esitellyssä luokituksessa raja levitettävien kokonaisvaltaisten ohjelmistotuotteiden ja elektronisten kirjojen tuotantotyökalujen välillä on hyvin häilyvä. Esimerkiksi ePublisher-ohjelmakin voidaan nähdä elektronisten kirjojen tuottamistyökaluna, koska kirja voidaan tallentaa ajettavana sovelluksena. Koska ohjelmasta kuitenkin saadaan myös HTML-versiot, on se lähdekirjallisuudessa luokiteltu levitettävien kokonaisvaltaisten ohjelmistotuotteiden joukkoon. Muutenkin voidaan ihmetellä, millä perusteella ohjelmistot voidaan jakaa elektronisten julkaisujen työkaluihin ja levitettävien kokonaisvaltaisten ohjelmistotuotteiden kategorioihin, sillä molemmat ohjelmatyypit kehittyvät ja ePublisherin esimerkin mukaisesti elektroninen kirja voidaan tallentaa HTML-muodossaja toisaalta esimerkiksi FrameMaker:in tyyppisillä yleisohjelmilla voidaan materiaali tarvittaessa usein tallentaa myös elektronisen kirjan tallennusmuodoissa.

4.2 Tyypillisten verkko-oppimisalustojen tarjoamat työkalut

Verkko-oppimisalustat tarjoavat työkaluja sekä produkti- että prosessilähtöisen materiaalin tuottamiseen. Siksi on hyvä käydä lyhyesti läpi, minkälaisia työkaluja tyypilliset verkko-oppimisalustat tarjoavat sisällön tuottamiseen. Tässä yhteydessä tarkastellaan lähinnä yleisiä kaupallisia WebCT, Blackboard ja LearningSpace –verkko-oppimisalustoja sekä vapaan lähdekoodin Moodlea [CJB05].

Tyypillisissä verkko-oppimisalustoissa on jonkinlainen HTML- tai tekstieditori, jota voidaan käyttää staattisten WWW-sivujen tekemiseen [Moo06, Bla03b, Bla03a]. Näiden editorien avulla pienimuotoinen produktilähtöisenkin verkko-oppimateriaalin tuotanto on mahdollista. Tällaista tuotantoa voivat olla esimerkiksi opettajien tekemät kurssisuunnitelmat ja aikataulut. Verkko-oppimisalustojen editorit soveltuvat kuitenkin huonosti laajojen oppimateriaalikokonaisuuksien. Siksi tällaiset kokonaisuudet tuotetaan yleensä verkko-oppimisalustan ulkopuolisilla sovelluksilla ja tuodaan valmiina verkko-oppimisalustalle. WebCT ja Blackboard tukevat WebDAV-protokollaa, jonka avulla tiedostoja voidaan suoraan siirtää verkko-oppimisalustalle esimerkiksi Windowsin tiedostonhallintaohjelmasta [Bla03b, Bla03a]. Moodle ei sen sijaan toistaiseksi tue tällaista ominaisuutta, joten tiedostot pitää siirtää verkko-oppimisalustan käyttöliittymän kautta [Moo06].

Staattisten WWW-sivujen lisäksi verkko-oppimisalustat tarjoavat työkaluja testien ja kyselyiden toteuttamiseen. Työkalut ovat yleensä lomakepohjaisia [Moo06, Bla03b, Bla03a]. Kuitenkin useat alustat tukevat jo standardimuotoisia testimuotoja (esimerkiksi IMS:n Question & Test Interoperatibility [IMS02]), jolloin testit voidaan tehdä verkko-oppimisalustan ulkopuolisilla työkaluilla ja tuoda alustalle valmiina materiaalina [Bla03b, Bla03a].

Prosessilähtöisen verkko-oppimateriaalin tuottamiseen verkko-oppimisalustat tarjoavat melko samat peruskomponentit [Bla03b, Bla03a, Moo06, IBM99]. Keskusteluryhmät ovat WWW-pohjaisia eli tiedon syöttäminen tehdään lomakkeita käyttäen. Joissakin verkko-oppimisalustoissa keskusteluryhmiin voi kirjoittaa viestejä HTML-editoria käyttäen, jolloin keskusteluryhmissä voidaan käyttää muotoiltua tekstiä [Moo06]. Sen lisäksi usein on myös mahdollista lähettää liitetiedostoja keskusteluryhmän viestien mukana [Moo06, Bla03b]. Reaaliaikaisen keskustelun komponentit ovat keskusteluryhmien tapaan lomakepohjaisia.

Useimmat verkko-oppimisalustat mahdollistavat eri tallennusmuotoisten asiakirjojen ja tiedostojen tuonnin verkko-oppimisalustalle. Tätä varten verkko-oppimisalustoissa on hakemisto, johon opettajat ja opiskelijat voivat jättää tiedostojaan muiden näkyville [KHK+00, s.77]. Jos jätetty materiaali ei ole selaimen ymmärtämässä tallennusmuodossa, käyttäjä tarvitsee sopivan ohjelman tiedoston katsomiseen. Jaettuja hakemistoja voidaan käyttää sekä prosessilähtöisen että produktilähtöisen verkko-oppimateriaalin jakelupaikkana ja hakemistojen käyttöoikeuksia muuttamalla voidaan rajata katselu- tai tallennusoikeus tietylle käyttäjäryhmälle. On kuitenkin huomioitavaa, että tiedostojen viemisen yhteydessä verkko-oppimisalustat eivät tarjoa mahdollisuutta muuntaa tiedostomuotoa toiseksi [Bla03b, Bla03a, Moo06]. Jos muuntaminen halutaan tehdä, se on tehtävä erikseen ennen tiedoston viemistä verkko-oppimisalustalle. WebCT:n käyttäjät voivat kuitenkin ladata Microsoft Wordiin lisäosan, joka mahdollistaa tekstidokumenttien tallentamisen suoraan verkko-oppimisalustalle joko alkuperäisessä tai HTML-muodossa.

LearningSpacessa oppimisympäristön mukana tulee asiakassovellus, joka hyväksyy useita yleisiä toimistosovellusten tallennusmuotoja asiakirjojen ohjelmaan tuontia varten. Esimerkiksi Microsoft Word, RTF ja Excel –dokumentteja voidaan käyttää asiakasohjelman aineistona [KHK+00, s. 34]. Oppimateriaalin päivitys kuitenkin edellyttää asiakassovelluksen käyttöä. LearningSpacen mukana tuleva ohjelmisto sisältää MediaCenter-ohjelmiston, jolla eri tallennusmuodoissa olevaa verkko-oppimateriaalia voidaan organisoida ja tallentaa tietokantoihin sekä myös jakaa oppilaille. Tarkemmin tarkasteltuna käy kuitenkin ilmi, että mahdollisuudet jäävät tiedoston tasolle eli eri tiedostot liitetään MediaCenter-dokumentteihin ja liitetiedostojen avaamiseen käyttäjä tarvitsee sopivan ohjelman [IBM99, s.94]. LearningSpace-verkko-oppimisalustakaan ei siis tarjoa varsinaisia muuntotyökaluja asiakirjojen tallennusmuodoille.

4.3 Tekstinkäsittelyohjelmien mahdollisuudet työkaluina

Tekstinkäsittelyohjelmien käytöstä verkko-oppimateriaalin tuotantotyökaluina on löydettävissä monenlaisia näkemyksiä. Tekstinkäsittelyohjelmia voidaan pitää opettajille ja muille oppimateriaalin tuottamisen kanssa tekemisissä oleville henkilöille ennestään ainakin jossain määrin tuttuina työkaluina [TGS02]. Tämä voi pienentää työvälineen oppimiskynnystä. Jos verkko-oppimateriaalin tuottajat toimivat suuren osan kirjoitusajasta yksinään, ei ole tarvetta kehittää ryhmätyön dokumenttitasolla mahdollistavia verkkopohjaisia ohjelmistoja. Toisaalta tavallisen tekstinkäsittelyn ominaisuudet voidaan kuitenkin nähdä vajavaisina verrattuna verkkojulkaisemiseen ja sisällönhallintaan tehtyihin laajoihin ohjelmistoihin [JP99]. Tarkasteltaessa tekstinkäsittelyohjelmien asiakirjojen tallennusmuotoja voidaan kuitenkin havaita, että ne mahdollistavat verkko-julkaisemiseen soveltuvia elementtejä, kuten hyperlinkit ja jossain määrin jopa äänen ja videokuvan sisällyttämisen tai linkittämisen asiakirjaan [Mic99].

Tekstinkäsittelyohjelmat voivat toimia verkko-oppimateriaalin tuottamistyökaluna laajoissa verkko-oppimateriaalin tuotantoprojekteissa. Tästä ovat esimerkkeinä suomalaisessa Etäopetus Multimediaverkoissa (ETÄKAMU) –tutkimusprojektin yhteydessä käytetty tuotantomalli [RP99, Nyk98] sekä hieman saman kaltainen kanadalaisen Online-Learning.com (OLL) - yrityksen käyttämä verkko-oppimateriaalituotannon malli [TGS02]. Julkaisujen lähdeluetteloista päätellen kyseiset tuotantomallit on kehitetty toisistaan tietämättä.

ETÄKAMU-projektissa käytetyssä tutkimushankkeessa verkko-oppimateriaali tuotettiin Microsoft Word 97 -tekstinkäsittelyohjelmalla käyttäen hyväksi Ossi Nykäsen kehittämää Functional Markup Language (FML) – kieltä. Pääpiirteissään verkko-oppimateriaalin tuotanto tapahtuu siten, että oppimateriaali tuotetaan normaalisti Word-tekstinkäsittelyohjelmalla, mutta materiaalin joukkoon lisätään FML-kielellä määriteltyjä komentosarjoja. Näillä komentosarjoilla määritetään esimerkiksi sivujen ja osien rajoja, automaattisesti linkitettäviä avainsanoja ja muita myöhemmin HTML-sivujen tuottamista ohjaavia ominaisuuksia. Näin esimerkiksi kokonainen HTML-sivusto voi olla yhdessä Word-tiedostossa sivut eroteltuina FML-komennoin [Nyk98].

Dokumentit esikäsitellään Wordin omalla makrokielellä (Visual Basic) toteutetulla makrolla, jonka suoritus tuottaa FML-lähdetiedostoja. Nämä tiedostot voidaan kääntää HTML-sivustoiksi erillisellä muunninohjelmalla tai käyttää hyväksi muunninohjelman WWW-pohjaista versiota. Työkalut tarjoavat mahdollisuuden Word-tiedoston koostamisen useasta dokumentista, jolloin yhteenkuuluvilla dokumenteilla yhteisen tiedostonimen perään lisätään järjestysnumero. Esikäsitellyt FML-dokumentit voidaan saada automaattisesti samaan zip-pakettiin eli arkistoida muunninohjelman WWW-version käyttämistä varten. Esikäsittelyä ja arkistointia varten ilmestyy FML-työkalujen asennusvaiheessa Wordin työkalupalkkiin uudet painikkeet toimintojen käynnistämiseksi ja suorittamiseksi. [Nyk98]

FML-kielen komennot kirjoitetaan tekstinkäsittelyohjelmassa tekstin sekaan. Kuvan 7 esimerkissä on esitettynä osa John von Neumannin elämästä kertovan Word-tiedoston sisältämästä tekstistä. Esitetyssä katkelmassa on Neumann-arkkitehtuuria käsittelevä kappale. Tämä kappale on määritetty FML-kielellä osaksi (block). FML-kieli on esitetty XML-kommentista tuttuja erotinmerkkejä käyttäen, kulmasulkeiden sisällä. Ennen kaksoispistettä olevat tunnukset ovat muuttujia ja kaksoispisteen jälkeen annettavat tekstit muuttujille annettavia arvoja [Nyk98]. Osan määrityksessä ensin annetaan osan tyypiksi `block` ja tämän jälkeen `name`-muuttujalle arvoksi `neumann`. Name-muuttujan arvo on lopullisen HTML-tiedoston tiedostonimen tunnusosa, johon osa sijoitetaan. `Heading`-muuttuja tarkoittaa osalle annettavaa otsikkoa ja `layer`-muuttuja puolestaan osan kokoa. Koko 0 tarkoittaa pienintä osaa, esimerkiksi tekstikappaletta, koko 1 voisi tarkoittaa erimerkiksi pientä asiakokonaisuutta. `Keywords`-muuttujalle voidaan antaa arvoksi avainsanoja, jolloin kyseisiä sanoja sisältäviltä sivuilta tehdään käännösvaiheessa automaattisesti linkit tähän osaan. `Prereqs`-muuttujalle voidaan antaa arvoksi niiden osien nimet, jotka voidaan katsoa tämän osan esivaatimuksiksi. Tätä tietoa voidaan käyttää materiaalia esitettäessä hyväksi.

Edellä kuvatun materiaalin osiin jakamisen lisäksi voidaan FML-kielellä lisätä materiaaliin lisätä muitakin käännöshetkellä hyväksi käytettäviä määrityksiä. Voidaan esimerkiksi käyttää luoda ohjelmointikielten tapaan dokumentin alussa omia muuttujia, joita FML-määrityksissä voidaan käyttää hyväksi koko Word-dokumentissa olevissa FML-määrityksissä. Tämän lisäksi voidaan myös tehdä omia makroja, joiden avulla voidaan esimerkiksi syöttää HTML-sivuille omia HTML-komentoja. Omista makroista voidaan muodostaa kirjastoja, jolloin useissa Word-dokumenteissa voidaan käyttää saman makron toiminnallisuutta hyväksi [Nyk98].

```
<!--fml_B_begin
type: block
name: neumann
heading: Neumann-arkkitehtuuri
layer: 0
keyword(s): Neumann-arkkitehtuuri
prereq(s): tietokoneenrakenne, tietokonearkkitehtuurit
fml_B_end-->

Neumann-arkkitehtuurissa samassa tietokoneen
muistissa ovat sekä käskyt että data.
Koska käskyjä käsitellään kuin dataa,
käskyjä voidaan helposti muuttaa.
```

Kuva 7: Esimerkki FML-kielellä määritellystä osasta.

Vaikka FML-kieli mahdollistaa Wordin käyttämisen HTML-muotoisen verkko-oppimateriaalin tuottamisessa, vaihtoehto ei ole houkutteleva. FML-kielen määrittelyn sanotaan olevan riippumaton käytettävästä tekstinkäsittelyohjelmasta [RP99, Nyk98]. Kuitenkin FML-kieli on vain määritys, jonka mukainen dokumenttien esikäsittelyn työkalu on toteutettava erikseen jokaisen tekstinkäsittelyohjelman omalla makrokielellä ja ainoa valmis toteutus on Microsoft Wordille [Nyk98]. Esimerkistä voidaan havaita kielen käytön vaikeus, koska kielen syntaksi on ensin opiskeltava ja käytettäessä muistettava. Käyttäjä ei näe käyttöliittymässä vaihtoehtoja ja pysty tunnistamalla valitsemaan vaihtoehdoista. Lisäksi monivaiheinen käännösprosessi esikäsittelyineen ja käännöksineen näyttää hyvin työläälle tuotantotavalle tavallisen mahdollisesti tietotekniikkaa keskinkertaisesti tuntevan sisällöntuottajan kannalta katsottuna, etenkin kun ajatellaan tietojen päivittämistä.

Microsoft Wordin makrokielellä on toteutettu myös kanadalaisen Online-Learning.com (OLL) - yrityksen käyttämä Word-pohjainen verkko-oppimateriaalin tuotantotapa [TGS02]. Tuotantotavan pohjana on tiukka säännöstö Wordin tyylien käytöstä. Kaikkien oppimateriaalin tuottajien on käytettävä asiakirjapohjista löytyviä tyylejä. Omia tyylejä ei saa lisätä tai käyttää esimerkiksi lihavointeja tyylien sijaan. Kun oppimateriaalidokumentti on valmis, oppimateriaalin tuottaja käynnistää valmiin makron, joka tuottaa Word-dokumentista IMS:n standardin mukaisen, XML-muotoisen tiedoston. Makro osaa muuttaa Word-dokumentista ainakin tekstin, listat, kuvat, esimerkit, taulukot ja erityyppisiä tehtäviä. Valitettavasti julkaisuista ei kuitenkaan ole löydettävissä, millä tavoin esimerkit ja tehtävät on mahdollisesti merkittävä Word-dokumenttiin tunnistamista varten. Lisäksi ei tarkemmin kerrota, missä muodossa makro oppimateriaalin tuottaa. IMS:llä on useita standardeja ja oppimateriaali voi olla myös Word-tiedostona, jolle vain on tehty metadatakuvaus. Käytettävissä olleen julkaisun kuvien perusteella tämä ei kuitenkaan ole oletettavaa, vaan oppimateriaalin muotona lienee XHTML tai vastaava muoto. Työkalusta ei ole saatavilla muuta dokumentaatiota [Sku05].

Edellä esitellyn tekstinkäsittelyohjelman makrokielen käyttämisen lisäksi voidaan tekstinkäsittelyohjelmalla tuotettu dokumentti muuntaa selaimella katsottavaan muotoon myös erillisillä muuntimilla. Näistä julkaisuissa mainitaan Microsoft Wordin yhteydessä Rtf2HTML ja Latex-tekstinkäsittelyn yhteydessä Latex2HTML [JMK96, HS97, Dra99]. Ne muuttavat asiakirjan HTML-kielelle. Latex2HTML tuottaa Latex-dokumenteista HTML 4.0 -määrityksen mukaista koodia, jossa matemaattiset kaavat esitetään kuvina ja Latexin viittaukset kääntyvät hyperlinkeiksi [Dra99]. Ominaisuuksista voidaan erityisesti mainita mahdollisuus Latex-dokumentin jakamisesta automaattisesti sivuiksi, jolloin käännösvaiheessa syntyy myös tarvittavat navigointipalkit. Näin kokonainen HTML-sivusto voi olla yhdessä Latex-tiedostossa. Tällöin kuitenkin sivuston ulkoasuun ei voi paljoa vaikuttaa ja tällainen verkko-oppimateriaalin tuotantotapa ei näytä käytännölliseltä. Joissakin projekteissa on kehitetty linkittäjäohjelmia, joilla HTML-sivut voidaan automaattisesti linkittää ja on mahdollista myös vaikuttaa sivujen ulkonäköön [HS97]. Koska ohjelman tuottama HTML-koodi ei ole XML-yhteensopivaa, ei sivujen jatkokäsittely XML-menetelmin ole mahdollista. Näyttääkin siltä, että pelkästään HTML:n tuottamiseen kykenevät ohjelmat eivät ole enää kovin käyttökelpoisia, mikäli tavoitteena on luoda uudelleenkäytettävää ja saavutettavuusvaatimukset täyttävää verkko-oppimateriaalia [CVJ01]. Tämän tutkielman kirjoitushetkellä lähdekirjallisuudessa mainittua Rtf2HTML -ohjelmaa ei enää ole saatavissa.

Katsottaessa EKÄKAMU-projektin ja edellä esitettyjen muuntimien jälkeen tapahtunutta tekstinohjelmien kehitystä, voidaan huomauttaa, että joihinkin tekstinkäsittelyohjelmiin (esimerkiksi Microsoft Word 2003) on tullut mahdollisuus tallentaa dokumentti XML-muodossa [Sim03]. Muoto kuitenkin saattaa olla monimutkainen ja sisältää huomattavasti ylimääräistä tietoa, mikä saattaa vaikeuttaa XML-muodon muuttamista XHTML-muotoon. Tämän lisäksi on tullut saataville useita muuntimia Word- tai RTF- tallennusmuodoista XML-muotoon. Näistä suuri osa on kaupallisia, mutta myös joitakin avoimen lähdekoodin projekteja on löydettävissä [Tre02].

4.4 Työkalujen ongelmia ja kehitystarpeita

Kaupalliset julkaisutyökalut tarjoavat usein helppokäyttöisiä ja valmiita ratkaisuja verkko-oppimateriaalin tuottamiseen, mutta niiden käytössä on myös huonoja puolia. Kaupallisten ohjelmien käyttö voi johtaa riippuvuuteen ohjelman ominaisuuksista, jolloin vaihtaminen myöhemmin toiseen ohjelmaan voi olla työlästä ja vaikeaa [JP99]. Jos verkko-oppimateriaalin ylläpito ja tuottaminen perustetaan vain yhdelle kaupalliselle ohjelmalle, ollaan hyvin riippuvaisia yhden yrityksen tuotekehityksestä. On paljon yrityksestä kiinni, minkälaisia uusia ominaisuuksia työkaluihin kehitetään. Lisäksi ongelmaksi voivat muodostua kaupallisten työkalujen käytön kustannukset. Taloudelliset ja tekniset syyt voivat estää siirtymistä ohjelmistoista toiseen, vaikka verkko-oppimateriaalin yhteisiä standardeja onkin alettu noudattaa kaupallisissa ohjelmistoissa yhä enemmän [CJB05].

Avoimen lähdekoodin vapaasti saatavilla olevat julkaisuohjelmat voivat olla yksi vaihtoehto kaupallisille julkaisutyökaluille. Tällöin organisaatio voi muokata ohjelmistoa ja vaikuttaa työkalun kehitykseen. Osallistuminen työkalun kehitykseen vaatii kuitenkin resursseja ja taitoa, jota ei sisällöntuottajilla välttämättä ole. Avoimen lähdekoodin projektit voivat olla huonosti dokumentoituja, jolloin työkalujen käyttöönotto ja kehittäminen voi olla työlästä.

Verkko-oppimisalustojen käyttö on yleistynyt voimakkaasti ja alustat ovat keskeisiä järjestelmiä monissa verkko-opetusta tarjoavissa oppilaitoksissa [CJB05]. Olisi oletettavaa, että nämä järjestelmät tarjoavat laajat työkalut sekä prosessilähtöisen että produktilähtöisen verkko-oppimateriaalin tuottamiseen. Alustat kuitenkin suurelta osin näyttävät perustuvan verkko-oppimateriaalin tuottamiseen muilla työkaluilla, jolloin materiaali tuodaan esitysmuodossaan jaettavaksi verkko-oppimisalustalle. Vaikka verkko-oppimateriaalikokonaisuudet voidaan monissa verkko-oppimisalustoissa tuoda esimerkiksi IMS:n Content Packaging -määrityksen mukaisissa paketeissa alustoille, alustojen tuki materiaalin osien automaattiseen muuntamiseen verkkoon sopivaan muotoon voi olla vähäistä.

Myös prosessilähtöisen materiaalin näkökulmasta verkko-oppimisalustojen tuki materiaalin osien muuntamiseen eri työkalujen lähtömuodoista verkkoon sopivaan muotoon on epäselvä. Lomake- ja WWW-pohjaisuus ovat selkeitä piirteitä tyypillisissä verkko-oppimisalustoissa. Prosessilähtöinen materiaali on tarkoitus tehdä verkko-oppimisympäristössä alustan tarjoamilla työkaluilla (keskusteluryhmät, HTML-editori) tai tuoda alustalle valmiina. Tällöin prosessilähtöisen materiaalin tuottajan eli yleensä oppijan vastuulle jää, missä tallennusmuodossa materiaali alustalle tuodaan.

Oma kysymyksensä on, pitäisikö yhä enemmän siirtyä sekä prosessi- että produktilähtöisen materiaalin tuottamisessa käyttämään ainoastaan verkko-oppimisalustojen yhteisiä työkaluja. Tällä hetkellä kuitenkin ainakin yksi selvä ongelma on, että läheskään kaikki verkko-oppimisalustat eivät tarjoa työkaluja tilanteisiin, joissa verkkoyhteyttä verkko-oppimisalustalle ei ole tai se katkeaa kesken materiaalin tuottamisen [Moo06].

Avointen verkko-oppimisalustojen vaarana on, että niiden toiminnallisuudesta käytetään vain hyvin pientä osaa hyväksi. On viitteitä siitä, että monilla verkkokursseilla verkko-oppimisalusta saattaa muuttua yksinkertaiseksi valmiin oppimateriaalin jakelupaikaksi [Vra04]. Tällöin verkko-oppimisalustan työkaluista käytetään siis hyväksi ainoastaan tiedostojen tallentamista yhteiseen kansioon, josta tiedostot ovat katsottavissa vain tietyllä sovelluksella. Onkin perusteltua esittää kysymys, onko verkko-oppimisalustojen käyttö pelkkään verkko-oppimateriaalin jakeluun järkevää. Useat WWW-sivustojen tuottamiseen ja ylläpitoon saatavilla olevat yleiset sisällönhallintajärjestelmätkin tarjoavat tiedostojen jakamismahdollisuuden.

Tyypillisten verkko-oppimisalustojen ominaisuuksien tarkastelun jälkeen herää kysymys, onko alustojen puutteellisella tuella verkko-oppimateriaalin osien automaattisessa muuntamisessa jokin yhteys verkko-oppimisalustan käytön rajoittuneisuuteen. Loogisesti voitaisiin ajatella, että mikäli verkko-oppimisalusta sisältämä toiminnallisuus kohdistuu vain HTML-muotoiseen tai muuhun verkko-oppimisalustan hyväksymään tiettyyn tallennusmuotoon ja alusta ei anna tukea materiaalin muuttamiseksi tähän muotoon, toimintojen löytäminen ja laaja-alainen käyttö voisi vaikeutua tämän yksinkertaisen teknisen ongelman vuoksi. Tutkimuksia ei kuitenkaan tästä ongelmasta ole löydettävissä. Käytännössä voidaan kuitenkin herättää epäilys, kuinka moni tavallinen oppija osaa tallentaa tekstinkäsittelyohjelman asiakirjat verkkoon sopivaan muotoon tai käyttää erillisiä muuntimia tallennusmuodon muuttamiseksi.

Produktilähtöisen oppimateriaalin tuottajan kannalta verkko-oppimateriaalin standardoinnin suuntaus ja sen vaikutukset saatavilla oleviin työkaluihin on tärkeä pohdinnan aihe. Vaikka standardimuotoiset oppimisaihiot mahdollistavat verkko-oppimateriaalikokonaisuuksien siirtämisen työkalusta toiseen, ongelmaksi voi muodostua materiaalin rakenteisuus. Oppimisaihion määritelmän nojalla metatiedolla kuvattava verkko-oppimateriaali voi olla esimerkiksi yksittäinen tekstikappale, dokumentti Word-asiakirjana tai kokonaisen kurssin kaikki oppimateriaalit [IGLC01]. Lisäksi verkko-oppimateriaali voi olla missä tahansa tallennusmuodossa, vaikka metatieto olisikin standardoidussa muodossa. On mahdollista, että vaikka metatietokuvaus olisikin olemassa, varsinaisen materiaalin osia ei voida suoraan käyttää hyväksi asiakirjan tallennusmuodosta johtuen. Lisäksi valmiin materiaalin muokkaaminen voi olla hankalaa, jos verkko-oppimateriaali tallennetaan esitysmuodossa, jossa on yhdistettynä sekä ulkoasu että sisältö. Muokattavuus on kuitenkin tärkeää, koska kurssien pitäjät haluavat yleensä muokata verkko-oppimateriaalia omiin kursseihinsa sopiviksi [Weg03]. Kurssien pitäjillä voi olla aivan oma käsityksensä opetettavan asian oikeasta esitystavasta.

Tekstinkäsittelyohjelmat tarjoavat matalan oppimiskynnyksen ratkaisun oppimateriaalin tuottamiseen [TGS02, JP99]. Aiemmin esitettyjä tekstinkäsittelypohjaisia tuotantoprojekteja voidaan kuitenkin arvostella siitä, että niissä käytetään hyväksi tiettyihin tekstinkäsittelyohjelmiin sidottuja makroja sekä komentokieliä, joiden käyttö edellyttää tiettyä tekstinkäsittelyohjelmaa ja epästandardien tekniikoiden (esimerkkinä FML-kieli) oppimista. Verkko-oppimisalustojen automaattisten käyttäjälle näkymättömien asiakirjamuunnosten tuen puutteen kritiikkiä voidaan näin soveltaa myös esitettyihin tekstinkäsittelyohjelmapohjaisiin tuotantotapoihin. On myös yleisesti epäilty tekstinkäsittelyohjelmien sopivuutta monipuolisen verkko-oppimateriaalin tuottamisessa, koska multimedian suhteen tekstinkäsittelyohjelmien toiminnallisuus on rajallista [JP99]. Tekstinkäsittelyohjelmien jatkuva kehittyminen herättää kuitenkin kysymyksen, voidaanko tekstinkäsittelyohjelmien rinnalle kehittää työkaluja, jotka hyödyntävät suoraan tekstinkäsittelyohjelmien ominaisuuksia ja täydentävät niiden mahdollisia puutteita. Pääpaino olisi tällöin, että tekstinkäsittelyn perusteisiin kuulumattomia epästandardeja asioita jouduttaisiin oppimaan mahdollisimman vähän.

5 RTF-lähtöinen verkko-oppimateriaalin julkaisutyökalu

5.1 Sisällön tuottaminen ja tyyliperustaisuus

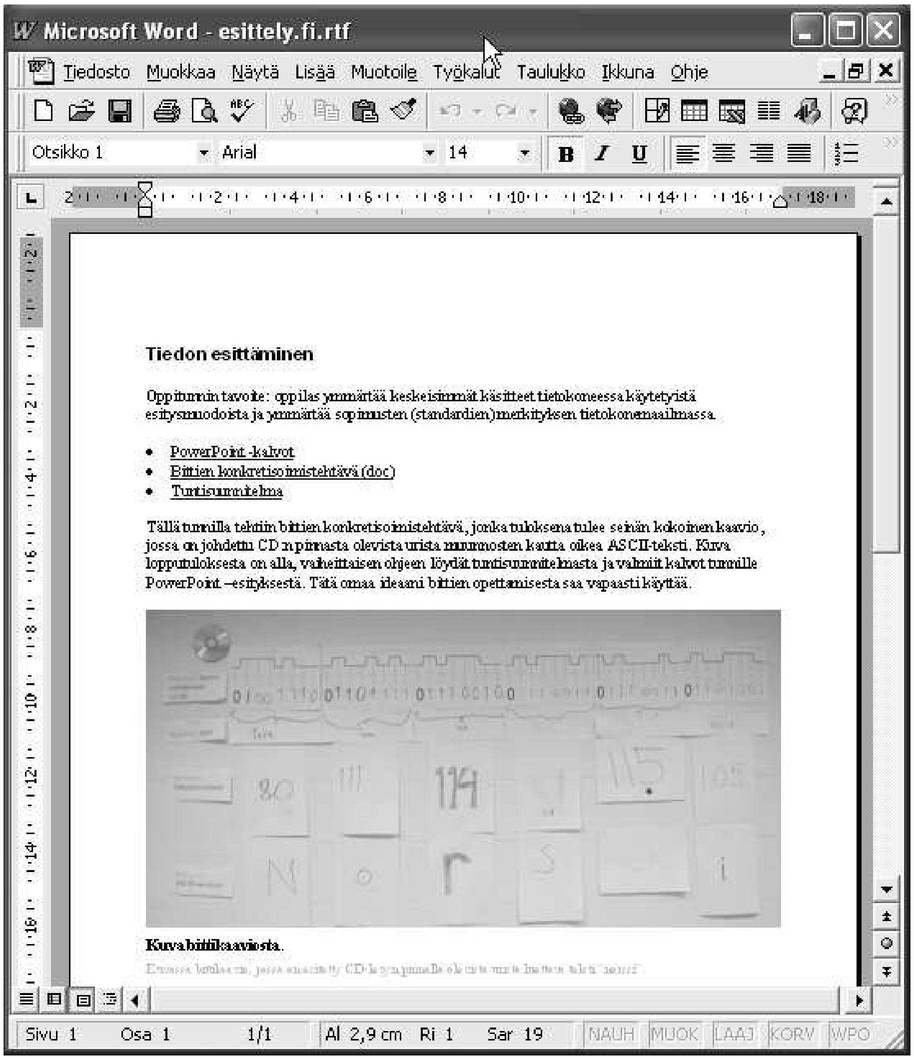
Julkaisutyökalun lähtökohtana on ollut, että sisällöntuotanto on pystyttävä tekemään yleisellä tekstinkäsittelyohjelmalla, joka tukee RTF-tallennusmuotoa. Tämän lisäksi julkaisutyökalun RTF-XHTML muuntimesta johtuen tekstiä ja sisältöä tuotettaessa on käytettävä tekstinkäsittelyohjelmien tyylejä otsikoita ja muita muotoiluja määriteltäessä. Näin esimerkiksi fonttikokojen muuttaminen otsikoiden merkitsemiseen ei ole sallittu. Tällaiseen tyylien käyttämiseen on viitattu jo aikaisemmin luvussa 4.3, jossa esitetyt tekstinkäsittelyohjelmia hyväksi käyttävät tuotantoprojektit noudattavat samalla tavoin tyyliperustaista tekstinkäsittelytapaa.

Sisällöntuottaja voi liittää kuvia ja linkkejä mukaan tuottamiinsa RTF-dokumentteihinsa. Tekstinkäsittelyohjelmat ja RTF-tallennusmuoto sallivat taulukoiden, hyperlinkkien, kuvien, listojen ja myös muiden erilaisten objektien sisällyttämisen asiakirjaan [Mic99]. RTF-tallennusmuodosta johtuvista syistä ja käytettävästä RTF-XHTML muuntimesta johtuen on ollut kuitenkin tehtävä joitakin rajoituksia käytettävissä oleviin elementteihin ja muotoiluihin. Käytettävissä olevat tekstinkäsittelyohjelmien toiminnot ovat:

- tekstikappaleet – Tyhjä rivi merkitsee uuden kappaleen alkamista.
- listat – Sisällöntuottaja voi käyttää tekstinkäsittelyohjelman numeroituja ja numeroimattomia listoja, mutta ei sisennettyjä listoja.
- taulukot – Tekstinkäsittelyohjelmien taulukot ovat käytössä, mutta taulukon solut eivät voi sisältää kuvia, alitaulukoita tai muita objekteja.
- kuvat – Kuvat on linkitettävä tiedostoon, niitä ei pidä sisällyttää asiakirjatiedostoon, vaikka se onkin RTF-tallennusmuodossa mahdollista [Mic99].

Kuvassa 8 on annettu esimerkki sisällön tuottamisesta tekstinkäsittelyohjelmalla julkaisutyökalua varten. Esimerkissä on käytetty Microsoft Word 97 -tekstinkäsittelyohjelmaa, joka tukee RTF-tallennusmuotoa. Kuten kuvassa näkyy, tekstidokumentin otsikko on merkitty tyylillä `Otsikko 1`. Tämä tyyli on perustyyli, jonka nimi voi vaihdella tekstinkäsittelyohjelman erikielisissä versioissa. Näin esimerkiksi Wordin englanninkielisissä versioissa sama tyyli näkyy nimellä `Heading 1`. Esimerkki sisältää listan, jossa on lista-alkioina linkkejä muihin oppimateriaaleihin, jotka liittyvät kyseiseen sivuun (PowerPoint-kalvot ja oppituntiin liittyvät tehtävät). Huomattavaa kuitenkin on, että linkityksiä ei ole tehty muihin sivuihin vaan linkkejä on käytetty tuomaan mukaan sellaista materiaalia, joka ei ole RTF-muodossa. Tämän lisäksi sivulle on lisätty kuva sekä muuta tekstiä.

Kuvan alla on kuvateksti, joka on merkitty tyylillä `Kuvan otsikko`. Tämäkin tyyli on yksi Word-tekstinkäsittelyohjelman perustyyleistä ja voi esiintyä erikielisissä ohjelmissa eri nimillä. Tämä ei kuitenkaan vaikuta siihen, miten tyylin nimi tallentuu tiedostoon ja näin erikielisten versioiden käyttö ei vaikuta lopputulokseen [Mic99]. Kuvan alla on kuitenkin ylimääräinen kuvateksti, joka on merkitty uudella



Kuva 8: Sisällön tuottaminen tekstinkäsittelyohjelmalla.

tyylillä `Kuvailu`. Tämä on käyttäjän itse luoma tyyli ja ei ole osa Wordin perustyylejä. Käyttäjätyylien nimet tallentuvat sellaisinaan, joten ne näkyvät eri Wordin versioissa samoin.

Käyttäjien luomilla tyyleillä voidaan vaikuttaa julkaisutyökalun ylimääräisiin ominaisuuksiin, joihin kuuluvat erilaiset käännösaikana hakemistotietojen perusteella luodut komponentit, kuten valokuvagalleriat ja tiedostovarastot. Julkaisutyökaluun on luotu mekanismi, jolla tietyllä tyylillä merkityt tekstit tunnistetaan julkaisujärjestelmälle kuuluviksi komennoiksi ja julkaisujärjestelmä toteuttaa käskyt, mikäli käskyille löytyy julkaisujärjestelmästä käskyä vastaava käskyn toteuttava komponentti. Tavallisen sisällöntuottajan ei kuitenkaan tarvitse huolehtia erityispiirteistä, koska niitä ei ole pakko käyttää.

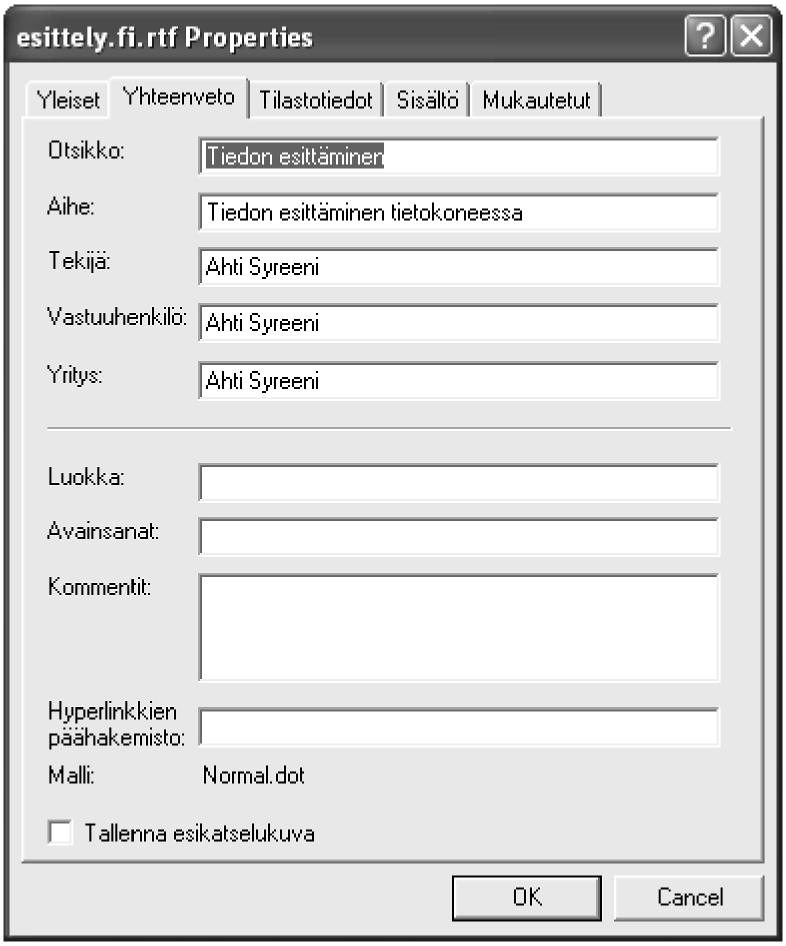
Tyylien lisäksi olennaista on asiakirjan metatietojen merkitseminen. Useat tekstinkäsittelyohjelmat mahdollistavat tiettyjen asiakirjan metatietojen tallentamisen (esimerkiksi otsikko, tekijä, avainsanat) asiakirjan mukaan, vaikka ne eivät näykään asiakirjassa käsittelyvaiheessa. Kuvassa 9 on esitetty oppimateriaalia sisältävän sivun ominaisuudet. Julkaisutyökalu käyttää näitä tietoja hyväkseen luodessaan sivustoja.

Julkaisuvaiheessa oletetaan, että sisällöntuottaja on käyttänyt tiedostojärjestelmän hakemistoja hyväkseen ja tallentanut eri aihekokonaisuudet samoihin alihakemistoihin. Hakemistoja käytetään verkko-oppimateriaalin asiakokonaisuuksien hierarkioiden ilmaisemiseen. Tämän lisäksi sisällöntuottajan tulisi nimetä kunkin hakemiston aihepiirin yhteenvedon tai esittelyn sisältävä asiakirja tiedostonimellä `index`. Tiedostonimeen tulisi myös merkitä käytettävä kieli, jolloin esimerkiksi suomenkielinen tiedosto merkittäisiin `index.fi.rtf` ja englanninkielinen `index.en.rtf`.

5.2 RTF-XHTML –muunnos ja metatietojen esittäminen

RTF-XHTML -muuntimena käytetään Java-pohjaista Majix-työkalua [Sou06]. Tämä työkalu on vapaasti saatavilla oleva työkalu, joka kääntää RTF-lähdetiedostot omaan sisäiseen XML-tallennusmuotoonsa. Tämä sisäinen tallennusmuoto ei ole yleisesti standardoitu, joten se on muutettava XHTML-muotoon. Muunnoksessa käytetään XSLT-kieltä [W3C02]. Majixin sisäinen tallennusmuoto on lähellä XHTML-kieltä, mutta ei aivan sama. Näin XSLT-muunnos on tarpeellinen.

Muunnoksen tuotoksena syntyvät XHTML dokumentit tallennetaan alkuperäisen hakemistorakenteen mukaiseen hakemistorakenteeseen, jonka työkalu luo omaan ha-



Kuva 9: Asiakirjan ominaisuudet.

kemistoonsa. Dokumentteja ei tallenneta yhteen tiedostoon tai johonkin tietokantaan, josta niiden saaminen edellyttäisi jotakin tiettyä työkalua. Tarkoitus on, että dokumentit ovat myös muiden XHTML-kieltä tukevien ohjelmien käytettävissä.

Jo aiemmin on mainittu (luku 5.1), että asiakirjojen mukaan voidaan tallentaa metatietoa ja toisaalta monet eri tallennusmuodot sallivat metatiedon tallentamisen myös esimerkiksi kuvien ja multimediatiedostojen mukaan (luku 3.1). Binäärimuotoisista tallennusmuodoista voi kuitenkin olla hankalaa saada metatietoja luettua, joten dokumenttien muuntamisen yhteydessä lähtöaineistosta kerätään mahdollisimman paljon tiedostoista löytyvää metatietoa ja pyritään tallentamaan metatieto sellaiseen muotoon, josta sitä voidaan lukea ja käyttää hyväksi julkaisuvaiheessa. Koska metatietoa käyttävä julkaisutyökalu on XML-pohjainen, on luonnollista, että metatieto tallennetaan XML-muotoon. Ei kuitenkaan ole sama, mihin XML-pohjaiseen muotoon metatiedot tallennetaan, koska XML-pohjaisuus ei vielä itsessään takaa yhteensopivuutta eri järjestelmien kesken. Näin on suotavaa, että muodoksi löytyisi yleinen standardi, jota useammat olemassa olevat järjestelmät pystyvät tarvittaessa käyttämään hyväksi.

Luvussa 3.4 esitelty IMS:n Content Packaging määritys soveltuu käytettäväksi kerätyn metatiedon tallennustavaksi. Määritys on riittävän yksinkertainen ja soveltuu nimenomaan tiedon tallentamiseen tiedostojärjestelmän hakemistoihin XML-tiedostoihin. Määritys antaa mahdollisuuden käyttää metatiedon esittämiseen eri metadatamäärityksiä, joten määritys on hyvin joustava. Useat verkko-oppimisalustat tukevat tämän määrityksen mukaisesti pakattuja materiaalikokonaisuuksia, joten määrityksen noudattamisesta voisi olla hyötyä siirrettäessä verkko-oppimateriaalia verkko-oppimisalustalle.

RTF-tiedostojen metatietojen lukeminen voidaan tehdä XHTML-muunnoksista, koska Majix ei hävitä asiakirjan perusmetatietoja (otsikko, aihe, tekijä, vastuuhenkilö ja yritys) muunnosvaiheessa. Kuvatiedostojen ja muiden binääritallennusmuodoissa olevien tiedostojen kanssa ei ole samoin, joten työkalun on mahdollisuuksien mukaan pystyttävä lukemaan niistä metatiedot. Tähän tarkoitukseen etsittiin sopivia Javan apukirjastoja, joiden avulla eri tallennusmuotojen lukeminen voitaisiin tehdä.

Kuvien tapauksessa Javan nykyisistä versioista löytyy valmiina `javax.imageio` -paketin luokat, mutta tuki metatiedon käsittelemiselle on rajallinen. Toiminnallisuutta voidaan kuitenkin laajentaa etsimällä sopivia yksityisten ihmisten ohjelmoimia apukirjastoja, jotka on julkaistu avoimena lähdekoodina. Esimerkki tällaisesta on Drew Oaksin ohjelmoima JPG-tiedostojen metatietojen lukukirjasto [Oak06].

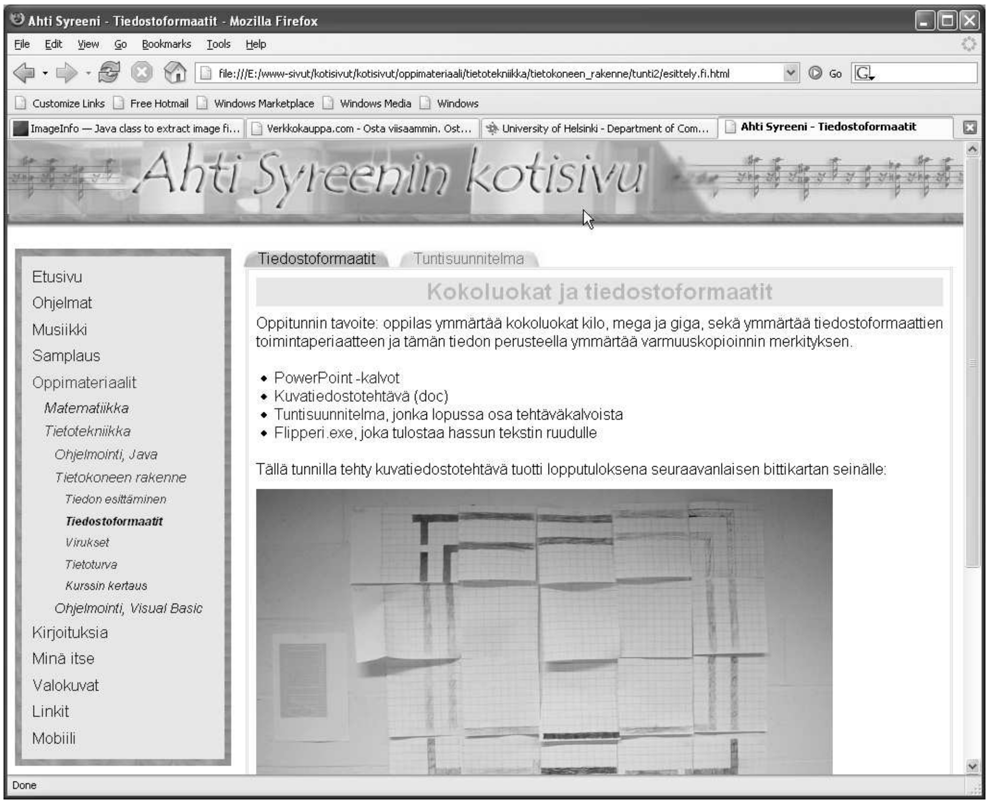
Tämän kirjaston avulla on mahdollista lukea JPG-tiedostoihin kameroiden ja skannereiden tallentamia metatietoja. Useampia tallennusmuotoja (muun muassa JPG, PNG, GIF, BMP ja PhotoShop PSD) tukeva ImageInfo -kirjasto puolestaan mahdollistaa nopean metatietojen luvun lataamatta kuvatiedostoja ensin kokonaan muistiin [Sch06]. Kuvatiedostoista kuitenkin saa vain muutamia metatietoja, kuten kuvan koko, ja näin esimerkiksi kameroiden mahdollisesti tallentamat tiedot jäävät lukematta. Yhtä täydellistä apukirjastoa ei olekaan löydettävissä vaan eri tallennusmuodoille on syytä yrittää etsiä omat kirjastonsa.

Työkalu tallentaa lähdetiedostoista luetut metatiedot IMS:n Content Packaging -määrityksen mukaisiin XML-tiedostoihin eli IMS Manifest –tiedostoihin. Tiedostot tallennetaan XHTML-tiedostojen kanssa samoihin hakemistoihin. Nämä hakemistot eivät ole sisällöntuottajan alkuperäisiä hakemistoja vaan työkalu luo hakemistorakenteen muualle. Ongelmaksi kuitenkin muodostuvat mahdolliset viitteet kuvatiedostoihin ja muihin ulkopuolisiin elementteihin, joten kuvista luodaan esikatselukuvat hakemistoihin. IMS Manifest -tiedostoissa on mahdollista käyttää omia metatietomäärityksiä käyttämällä eri omaa XML-nimiavaruutta. Näin on mahdollista tallentaa alkuperäisten kuvatiedostojen sijainti.

5.3 Esitysmuotojen tuottaminen

Esitykset tuottava julkaisutyökalu perustuu Apache Cocoon -julkaisuympäristöön [Apa06]. Cocoon on avoimen lähdekoodin projekti, jossa tuotetaan XML-pohjainen kehysympäristö, jossa voidaan XSLT:llä ja muilla XML-teknologioilla tuottaa kokonaisia WWW-sivustoja. Tavallisten WWW-sivustojen lisäksi Cocoon tarjoaa rajapintoja myös laajempien tietokantaisten portaalien rakentamiseen. Cocoon on Java-pohjainen ja sitä voidaan käyttää Java Servlet-teknologiaa tukevissa palvelimissa (Tomcat, Jetty). Merkittävää tässä esiteltävän julkaisutyökalun kannalta on, että Cocoon mahdollistaa myös staattisten versioiden tallentamisen. Tällöin sivusto tallentuu kokonaisuudessaan annettuun hakemistoon, josta sitä voidaan katsella selaimella tai siirtää se tavalliselle WWW-palvelimelle yleisesti saataville.

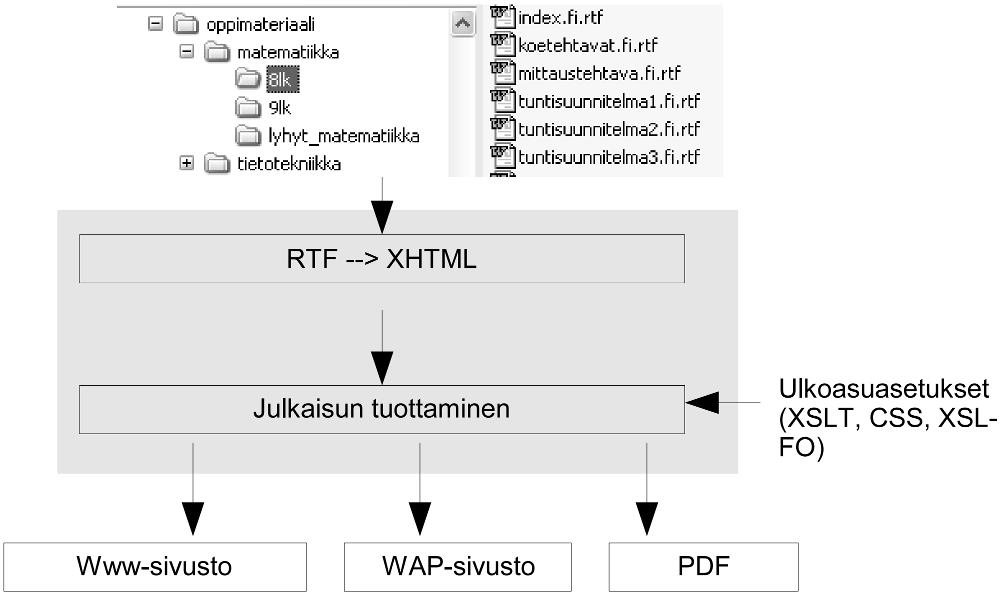
Julkaisutyökalun ohjelmointi perustuu suoraan Cocoonin tarjoamaan ympäristöön ja kaikki ohjelmointi on tehty XSLT-kieltä käyttäen. Käytännössä julkaisutyökalu muodostaa luvussa 5.2 esitetyn työkalun tuottamista tiedoista WWW-sivuston. Navigointi saadaan yksinkertaisessa tapauksessa suoraan hakemistorakenteesta, jolloin hakemistot vastaavat WWW-sivuilla nähtäviä aihepiirejä ja yksittäiset XHTML-tiedostot aihepiireihin kuuluvia sivuja. Perustoteutuksessa aihepiirit esitetään WWW-



Kuva 10: Julkaisutyökalun tuottaman sivuston perusasettelu.

sivujen vasemmalla puolella navigointipalkkina ja aihepiireihin kuuluvat sivut sivun ylälaidan navigointipalkkina. Tämä perusasettelu on esitetty kuvassa 10. Kuvasta nähdään, että alihakemistot näkyvät navigointipalkissa sisennyksinä. Yksittäiset hakemiston sivut on havainnollistettu välilehtinä (kuvassa 10 näkyvät Tiedostoformaatit ja Tuntisuunnitelma-välilehdet). Sivujen tyyliä voidaan muuttaa CSS-tyylitiedostoja käyttäen. Sisältö ja esitys on erotettu siten, että varsinainen XHTML-koodi ei tälläkään tasolla sisällä tyylimerkintöjä vaan ulkoasu määritetään kokonaan CSS-tyylitiedossa.

Kieliversiot on toteutettu siten, että julkaisutyökalu tunnistaa tiedoston nimistä maatunnisteen. Julkaisutyökalu näyttää ainoastaan samankieliset sivut ja muodostaa näistä oman sivustonsa. Erikieliset asiakirjat voivat olla samoissa hakemistoissa. Mikäli lähdetiedostot on nimetty samoin, esimerkiksi index.fi.rtf ja index.en.rtf, ne sijoittuvat hakemistolistauksissa lähekkäin eikä eri kieliversioiden päivittäminen edellytä etsimistä tiedostojärjestelmän eri hakemistoista.



Kuva 11: XHTML-pohjaisen työkalun rakenne ja toiminta.

5.4 Työkalun kokonaisrakenne

RTF-lähtöisen julkaisutyökalun lähtökohta on ollut valmistaa prototyyppi työkalusta, joka mahdollistaa WWW-materiaalin tuottamisen yleisillä toimistotyökaluilla. Työkalun ensimmäinen versio perustuu RTF-tallennusmuodon käyttämiseen asiakirjojen tallentamisessa. Tällöin käyttäjä voi tuottaa materiaalin sisällön tavallisella RTF-yhteensopivalla tekstinkäsittelyohjelmalla ja työkalu tuottaa yhtenäisen sivuston, jossa on sivujen väliset linkitykset valmiina ja näin materiaalin tuottaja voi keskittyä sisällön tuottamiseen. Ulkoasun määritteleminen voidaan tarvittaessa jättää eri henkilön tehtäväksi.

Työkalun rakenne on esitetty kuvassa 11. Sisällöntuottaja on tuottanut oppimateriaalia tekstinkäsittelyohjelmalla (käyttäen tyylejä otsikoiden ja tekstin muotoilemiseen) ja tallentanut asiakirjat tiedostojärjestelmään valitsemiinsa kansioihin RTF-muodossa [Mic99]. Tämä tiedostorakenne on esitetty ylimpänä kuvassa.

Työkalu koostuu kolmesta osasta: RTF-muotoiset asiakirjat XHTML-muotoon muuttavasta muuntimesta, metatietojen kokoamistyökalusta sekä varsinaisesta julkaisutyökalusta, joka tuottaa WWW-sivustot sekä mahdolliset muut esitysmuodot. RTF-muunnin ja metatietojen kokoaja sekä julkaisukone on kuvassa 11 erotettu selkeästi toisistaan erillisiksi laatikoiksi, koska tuottamisprosessi jakautuu kahteen vaiheeseen. Ensimmäisessä vaiheessa RTF-aineisto muutetaan XHTML-muotoon ja samalla lähdetiedostoista kerätään niiden sisältämää metatietoa.

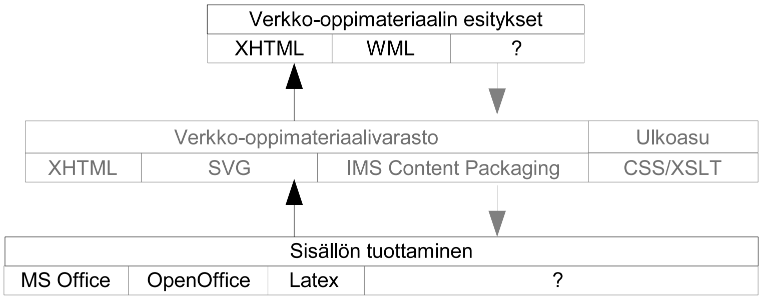
Toisessa vaiheessa julkaisutyökalu tuottaa XHTML-tiedostoista hakemistorakenteen ja ulkoasumääritysten mukaisesti WWW-sivuston ja tämän lisäksi WAP-sivuston, mikäli tämä on ulkoasumäärityksissä määritetty tuotettavaksi esitysmuodoksi. Myös pelkistettyjä PDF-sivuja voidaan tuottaa. Kuten kuvasssa 11 on esitetty, julkaisukone edellyttää alkuperäisiin RTF-dokumentteihin merkitsemättömiä ulkoasumäärityksiä, joiden perusteella ulkoasu luodaan. Nämä ulkoasun määräävät määritykset voi tehdä eri henkilö kuin RTF-dokumentit kirjoittava sisällöntuottaja ja ulkoasu on yhtenäinen koko tuotettavalle sivustolle. Jos ulkoasumäärityksiä muutetaan, muutokset tulevat sivuston kääntämisen jälkeen voimaan kaikille sivuille. Toisaalta kuvan 11 mukaisesti sisällöntuottajan tekemät sisällölliset muutokset vaikuttavat kaikkiin kohdemuotoihin

Työkalun yleisrakenne on yksinkertainen ja noudattaa XML-julkaisemisen perusajatusta siitä, että validit XML-tiedostot muutetaan XSLT:n avulla esitysmuotoihin [W3C02]. Tämän mallin mukaisesti esitys voidaan erottaa sisällöstä ja molempia voidaan muuttaa lähes toisistaan riippumatta. Julkaisumallia on kuitenkin laajennettu ottamalla tiedostojärjestelmän antama alustava tieto dokumenttien välisistä suhteista (hakemistorakenne) huomioon ja näin julkaisumallia on laajennettu käsittämään yksittäisen XML-tiedoston ja sen esityksen sijasta joukkoon XML-tiedostoja ja niiden pohjalta luotuun esityskokonaisuuteen (WWW-sivut tai WAP-sivut).

5.5 Työkalun jatkokehitys ja toimistosovelluslähtöinen malli

Vaikka tässä tutkielmassa on luotu malli RTF-lähtöiselle verkko-oppimateraalin tuotantotyökalulle, mallia voidaan laajentaa käsittämään myös muita lähtötallennusmuotoja. Tämä saadaan aikaan ohjelmoimalla muuntimet halutuista tallennusmuodoista XHTML:ään, jolloin julkaisutyökalu käsittelee ne samoin kuin RTF-lähtöiset tiedostot. Mikäli muunnin osaa muuttaa tallennusmuotojen erikoisominaisuuksia (esimerkiksi tietokantaviittaukset) ja tallennusmuotoina voi olla tekstinkäsittelyohjelmien lisäksi muidenkin toimistosovellusten tuottamia asiakirjoja (esimerkiksi kalvoja) työkalua voidaan kutsua toimistosovelluslähtöiseksi työkaluksi. Rakenteellisesti työkalu jakautuu edelleen kolmeen eri tasoon, kuten RTF-lähtöisen työkalu. Laajennettu työkalu on esitetty kuvassa 12.

Alimpana kuvan 12 työkalussa on sisällöntuotannon taso. Sisällöntuotanto tehdään tavallisilla toimistotyökaluilla, kuten Microsoft Office ja OpenOffice -työkaluilla. Myös erilaiset yksinkertaiset kuvankäsittelyohjelmat kuuluvat sisällöntuottajan perusvälineisiin.



Kuva 12: Toimistosovelluslähtöisen työkalun rakenne.

Sisällöntuotantotason päällä ovat verkko-oppimateriaalivarasto sekä ulkoasumääritykset. Taso on sisällöntuottajalle oletusarvoisesti näkymätön taso. Verkko-oppimateriaalivarasto muodostetaan sisällöntuotantotason sisällöstä (tekstidokumentit, kuvat) automaattisesti. Verkko-oppimateriaalivarastossa materiaali on XHTML-muodossa, kuvat yleisissä kuvine tallennusmuodoissa. Oppimateriaali voi sisältää myös metatietoa, joka on saatu kerättyä sisällöntuotantotason aineistosta. Suositeltavana metatiedon tallennusmuotona voidaan pitää IMS LOM -standardin mukaista metatietoa (luku 3.3).Verkko-oppimateriaalivarastossa aineisto on hakemistorakenteissa ja sisältää IMS Content Packaging -standardin mukaiset hakemistojen manifest-tiedostot (luku 3.4).

Ylimpänä tuotantomallista löytyy verkko-oppimateriaalin esitykset. Verkko-oppimateriaalin esityksiä, jotka on muodostettu verkko-oppimateriaalivaraston sisältämistä materiaaleista, voi olla useita ja verkko-oppimateriaalin esitysmuotoa ei ole sidottu johonkin tiettyyn elektronisen julkaisun tallennusmuotoon. Näin verkko-oppimateriaalista voi olla versioita esimerkiksi sekä XHTML-sivustona että PDF-dokumentteina. Esitysmuotojen sijaintipaikkaa ei ole mallissa sidottu, joten ne voivat sijaita WWW-palvelimella itsenäisinä staattisina kokonaisuuksina tai sijoitettuna jollekin verkko-oppimisalustalle. Malli kuitenkin edellyttää, että sisältöpäivitykset alatasolle vaikuttavat automaattisesti ylemmälle tasolle. Tätä riippuvuutta on kuvattu mustilla ylöspäin suuntautuvilla nuolilla.

Mallissa kuitenkin ongelmaksi muodostuu prosessilähtöinen materiaali, jota voi syntyä verkko-oppimateriaalin esitystasolla, mikäli esitysmuotoja voidaan sijoitusympäristössään muokata. Verkko-oppimisalustat voivat mahdollistaa kommenttien lisäämisen materiaaliin tai materiaalin muuttamisen. Tällöin muutokset olisi pystyttävä välittämään takaisin verkko-oppimateriaalivarastoon ja edelleen sisällöntuottajan lähdedokumentteihin. Tätä kulkua on kuvattu harmailla alaspäin suuntautuvilla nuolilla.

6 Johtopäätökset

Verkko-oppimateriaalia on tutkittu vähemmän kuin verkko-oppimisympäristöjä ja muuta opetusteknologiaa. Verkko-oppimateriaalille ei olekaan vielä yhtä vakiintunutta ja yhtenäistä määritelmää ja verkko-oppimateriaaliin liittyvä käsitteistö ei ole kaikilta osin yhdenmukainen. On mahdollista, että verkko-oppimateriaali on jäänyt verkko-oppimisympäristöjen tutkimuksen varjoon. Vasta viime aikoina on alettu kiinnittää huomiota verkko-oppimateriaalin tuotannon ja työkalujen ongelmiin. Etenkin adaptiivisten AEH-järjestelmien materiaalin tuottamisen vaikeus ja järjestelmien yhteensopivuus ovat saaneet osakseen kritiikkiä.

Oppimisaihiot ja niiden standardointi pyrkivät verkko-oppimateriaalin käytettävyyden parantamiseen. Mahdollisuudet löytää materiaalia helposti ja käyttää oppimisaihioita uudelleen verkko-oppimateriaalin osina ovat keskeisiä tavoitteita. Hallitseva lähestymistapa on metatiedon liittäminen verkko-oppimateriaaliin ja materiaalin tallentaminen erilaisiin oppimateriaalin hallintajärjestelmiin. Metatiedon tallentamiseen liittyvä standardointityö näyttäisikin olevan hyvin pitkällä ja yhä useammat työkalutkin alkavat vähitellen tukea IMS ja SCORM –määrityksiä.

Ongelmia aiheuttavat kuitenkin verkko-oppimateriaalin osien lukuisat tallennusmuodot, joita edelleen on käytössä. Perusongelma sisällöntuottajan kannalta on, että metatietokuvauksista huolimatta varsinainen materiaali voi olla jossakin tallennusmuodossa, jonka avaamiseen tarvitsee tietyn, mahdollisesti kaupallisen, ohjelman. Materiaalin tallennusmuodon ongelma voidaan nähdä sekä oppimisaihioiden ideassa että verkko-oppimisalustoissa. Oppimisaihioissa metatiedon perusteella voidaan saada tietoa oppimisaihion sisällöstä. On kuitenkin kyseenalaista, paljonko on hyötyä metatiedosta, mikäli varsinaista kuvauksen kohteena olevan verkko-oppimateriaalin osaa ei voida avata tai tallennusmuoto muuten rajoittaa materiaalin käsiteltävyyttä. Tyypilliset verkko-oppimisalustat mahdollistavat eri tallennusmuodoissa olevien tiedostojen tuomisen ja varastoimisen alustalle. Muunnostyökaluja asiakirjan saattamiseksi verkossa suositeltaviin muotoihin ei tyypillisistä verkko-oppimisalustoista ole helppoa löytää.

Kaupalliset verkko-oppimateriaalin tuottamiseen sopivat ohjelmistot tarjoavat materiaalin tuottamiseen valmiita ratkaisuja. Sitoutuminen tietyn valmistajan ohjelmistoihin voi kuitenkin aiheuttaa ongelmia ja kustannuksia. Lisäksi sisällöntuottajien on opittava käyttämään uusia ohjelmistoja.

Tekstinkäsittelyohjelmat tarjoavat nykyisin jo varsin monipuoliset mahdollisuudet sisällöntuotantoon ja niiden voidaan katsoa olevan tuttuja työvälineitä kaikille. Niitä onkin käytetty muutamissa verkko-oppimateriaalin tuotantoprojekteissa suoraan hyödyksi, mutta ongelmaksi voidaan katsoa, että asiakirjojen muuntaminen verkko-oppimateriaaliksi ei näissäkään projekteissa ole sisällöntuottajalle näkymätön toimenpide. Lisäksi muuntamisessa käytetään usein tekstinkäsittelyohjelmakohtaisia toimintoja ja jopa asiakirjoihin kirjoitettavia komentoja, joita sisällöntuottajan on opeteltava.

Yksinkertaisuuden ja verkko-oppimisalustojen puutteellisten muuntotyökalujen ongelman lähtökohdista syntyi tässä tutkielmassa esitetty RTF-lähtöisen työkalun konstruktio. Työkalu noudattaa aiemmin sisällöntuotantoprojekteissa käytettyä tyylipohjaista sisällöntuotantotapaa. Muunnos asiakirjojen tallennusmuodoista verkossa käytettyyn XHTML-muotoon ei kuitenkaan vaadi makrojen tai erityismääritysten käyttämistä. Useiden tekstinkäsittelyohjelmien tukema RTF-muoto toimii pohjana sisällöntuotannolle ja tiedostojärjestelmän hakemistojen käyttäminen antaa mahdollisuuden kokonaisuuksien luomiseen. Työkalun prototyyppi luo RTF-dokumenteista, niihin liittyvistä kuvista ja linkitetyistä tiedostoista hakemistorakenteen perusteella automaattisesti yksinkertaisen XHTML 1.0 -standardin mukaisen verkko-oppimateriaalisivuston sekä lisäominaisuutena WAP-version mobiililaitteita varten. Sivusto voidaan siirtää tarvittaessa esimerkiksi verkko-oppimisalustalle. RTF-lähtöisen työkalun konstruktiossa olennaisiksi osaksi muodostuu välivaiheena sisällöntuottajan kovalevylle syntyvä oppimateriaalivarasto, jossa yksittäiset dokumentit ovat XHTML-muodossa ja kuvattuna IMS Content Packaging –määrityksen mukaisesti siltä osin, kun metatiedot ovat alkuperäisistä dokumenteista löydettävissä. Näin myös muut työkalut ja ohjelmistot voivat tarvittaessa käyttää hyväksi samaa aineistoa.

RTF-lähtöisen työkalun mallia voidaan laajentaa. Koska tekstinkäsittelyohjelmia ja näin myös tallennusmuotoja on käytössä useita, mallia voidaan laajentaa käsittämään eri tekstinkäsittelyohjelmia. Edellytys on kuitenkin, että kustakin tallennusmuodosta tehdään muunnin XHTML-muotoon, joka toimii keskeisenä materiaalin tallennusmuotona RTF-lähtöisen työkalun konstruktiossa. Lisäksi tekstinkäsittelyohjelmien on tuettava tyyliperustaista tekstinkäsittelyä. Tämä ei kuitenkaan liene ongelma, koska tyylit ja niihin liittyvät toiminnot ovat pitkään olleet mukana tekstinkäsittelyohjelmissa.

Lähteet

AD02 Agoshkov, S. ja Dmitriev, P., Electronic publication maintenance systems. *Programming and Computer Software*, 28,5(2002), sivut 293–300.

Ado05 Adobe, Adobe homepage, 2005. `http://www.adobe.com`. [3.3.2005]

Adv02 Advanced Distibuted Learning, ADL SCORM Version 1.3 Application Profile, 2002. `http://www.adlnet.org/adldocs/Other/SCORMV1.3_SeqAppProfile.zip`. [17.2.2003]

Apa06 Apache Software Foundation, Apache Cocoon, 2006. `http://cocoon.apache.org/`. [26.2.2006]

AR05 Avgeriou, P. ja Retalis, S., Criton: A hypermedia design tool. *Multimedia Tools Applications*, 27,1(2005), sivut 5–21.

Arm05 Armani, J., VIDET: a visual authoring tool for adaptive websites tailored to non-programmer teachers. 8,3(2005).

BB04 Bruhn, R. ja Burton, P., Displaying mathematics in a web browser using mathml and svg. *MSCCC '04: Proceedings of the 2nd annual conference on Mid-south college computing*, Little Rock, Arkansas, United States, 2004, Mid-South College Computing Conference, sivut 97–106.

Bla03a Blackboard Company, Blackboard Learning System (Release 6) Instructor Manual, 2003. `http://www.blackboard.com/docs/cp/learning_system/release6/instructor/`. [3.3.2006]

Bla03b Blackboard Company, Getting Started Guide: WebCT Campus Edition 4.1, 2003. `http://www.webct.com/service/ViewContent?contentID=16969349`. [3.3.2006]

Bou97 Boutell, T., Png (portable network graphics) specification version 1.0. Tekninen raportti, United States, 1997.

BP03 Brusilovsky, P. ja Peylo, C., Adaptive and intelligent web-based educational systems. *International Journal of Artificial Intelligence in Education*, 13, sivut 156–169.

Bru01 Brusilovsky, P., Adaptive hypermedia. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 11,1-2(2001), sivut 87–110.

BVC04 Bogaard, D., Vullo, R. ja Cascioli, C., Svg for educational simulations. *CITC5 '04: Proceedings of the 5th conference on Information technology education*, New York, NY, USA, 2004, ACM Press, sivut 43–49.

Car91 Carlson, W., A survey of computer graphics image encoding and storage formats. *SIGGRAPH Computer Graphics*, 25,2(1991), sivut 67–75.

CJB05 Coates, H., James, R. ja Baldwin, G., A critical examination of the effects of learning management systems on university teaching and learning. *Tertiary Education and Management*, 11,1(2005), sivut 19–36.

CVJ01 Chisholm, W., Vanderheiden, G. ja Jacobs, I., Web content accessibility guidelines 1.0. *interactions*, 8,4(2001), sivut 35–54.

Dis05 Discendum, Optima - käyttäjän opas, 2005. `http://www.discendum.com/doc/pdf/Optimaohje.pdf`. [15.3.2006]

Dra99 Drakos, N., The LATEX2HTML Translator, 1999. `http://www-texdev.mpce.mq.edu.au/l2h/docs/manual/`. [3.3.2005]

Fra05 Franceschi, H., Use of animation director movies to teach cs1 programming concepts. *Journal of Computing in Small Colleges*, 20,3(2005), sivut 19–27.

Gon01 Gong, L., Project JXTA: A Technology Overview. JXTA-projektin esittely, Sun Microsystems Inc., California, USA, 2001.

H+02 Hodgins, W. et al., Draft Standard for Learning Object Metadata. Lopullinen LOM-standardi., IEEE, New York, 2002.

Hel00 Helsingin Yliopisto, Vesa -verkkosanasto, 2000. `http://vesa.lib.helsinki.fi/`. [6.4.2005]

Hen01 Henke, H., The global impact of ebooks on epublishing. *SIGDOC '01: Proceedings of the 19th annual international conference on Computer documentation*, New York, NY, USA, 2001, ACM Press, sivut 172–180.

Hic05 Hicks, M., Browsers Get Ready for Graphics Boost, 2005. `http://www.publish.com/article2/0,1759,1784921,00.asp`. [15.4.2005]

HREW04 Hatala, M., Richards, G., Eap, T. ja Willms, J., The interoperability of learning object repositories and services: standards, implementations and lessons learned. *WWW Alt. '04: Proceedings of the 13th international World Wide Web conference on Alternate track papers & posters*, New York, NY, USA, 2004, ACM Press, sivut 19–27.

HS97 Häkkinen, P. ja Suomela, K., On the development of the hypermedia courseware on the web. *IFIP WG 3.3 Working Conference Human Computer Interaction and Educational Tools*. ACM Press, 1997, sivut 216–225, URL `http://matwww.ee.tut.fi/Docs/sozopol/sozopol_1.html`.

HSJ+01 Hodas, J., Sundaresan, N., Jackson, J., Duncan, B., Nissen, W. ja Battista, J., NOVeLLA: A multi-modal electronic-book reader with visual and auditory interfaces. *International Journal of Speech Technology*, 4,3-4(2001), sivut 269 – 284.

IBM99 IBM, LearningSpace Forum Release 3.0 Instructor's Guide. Käyttöohje, IBM, 1999. URL `http://doc.notes.net/uafiles.nsf/docs/lsf36/$File/finstructor.pdf`.

IGLC01 IMS Global Learning Consortium, I., IMS Learning Resource Meta-Data Information Model (Version 1.2.1 Final Specification), 2001. `http://www.imsproject.org/metadata/imsmdv1p2p1/imsmd_infov1p2p1.html#1169559`. [3.3.2005]

IMS02 IMS Global Learning Consortium, IMS Question & Test Interoperability: An Overview , Final Specification Version 1.2, 2002. `http://www.imsglobal.org/question/qtiv1p2/imsqti_oviewv1p2.html`. [3.3.2006]

IMS03 IMS Global Learning Consortium, IMS Digital Repositories Interoperability - Core Functions Information Model, 2003. `http://www.imsglobal.org/digitalrepositories/driv1p0/imsdri_infov1p0.html`. [26.2.2006]

IMS04a IMS Global Learning Consortium, IMS Content Packaging Information Model Version 1.4 Final, 2004. `http://www.imsglobal.org/content/packaging/cpv1p1p4/imscp_infov1p1p4.html`. [3.3.2006]

IMS04b IMS Global Learning Consortium, IMS Content Packaging XML Binding Version 1.1.4 Final Specification, 2004. `http://www.imsglobal.`

org/content/packaging/cpv1p1p4/imscp_bindv1p1p4.html. [3.3.2006]

JMK96 Jorma Multisilta, Matti Urponen, T. K. ja Karjalainen, A., Oppimisdokumenttien rakenne ja konversiotyökalut, 1996. http://matwww.ee.tut.fi/kamu/julkaisut/raportit/rap1_sisalto.html. [3.3.2005]

JP99 Jung, D. ja Payne, C., Finally realizing our vision: easy access to instructor-led classroom materials. *SIGUCCS '99: Proceedings of the 27th annual ACM SIGUCCS conference on User services*. ACM Press, 1999, sivut 120–126.

KHK+00 Korte, H., Hartikainen, V.-M., Kauranen, J., Paakkanen, T., Pesonen, K. ja Yritys, K., Oppimisympäristöjen esittely, arviointi ja vertailu, 2000. http://matriisi.ee.tut.fi/ao/vertailuraportti.html. [3.3.2005]

Leh98 Lehtiö, P., Tietoverkot ja digitaaliset oppimateriaalit : Sitran teknologia-arviointihanke. tieto- ja viestintätekniikka opetuksessa ja oppimisessa. osaraportti 5. Sitra, issn 0785-8388; 193, Helsinki, 1998.

LRM+05 Leinonen, T., Raami, A., Mielonen, S., Seitamaa-Hakkarainen, P., Muukkonen, H. ja Hakkarainen, K., Fle3 - future learning environment, 2005. http://fle3.uiah.fi/. [15.3.2006]

Mac98 MacKnight, C., Electronic learning materials: the crisis continues. *SIGCUE Outlook*, 26,2(1998), sivut 8–16.

Mac05 Macromedia, Macromedia, 2005. http://www.macromedia.com/. [3.3.2005]

Mic99 Microsoft Corporation, Rich Text Format (RTF) Specification, version 1.6. Tekninen kuvaus RTF-tiedostoformaatista., Microsoft, USA, 1999.

Moo06 Moodle, Moodle - verkko-oppimisalustan kotisivu, 2006. http://www.moodle.org. [15.3.2006]

NCK+03 Naps, T., Cooper, S., Koldehofe, B., Leska, C., Rössling, G., Dann, W., Korhonen, A., Malmi, L., Rantakokko, J., Ross, R. J., Anderson, J., Fleischer, R., Kuittinen, M. ja McNally, M., Evaluating the educational impact of visualization. *ITiCSE-WGR '03: Working group reports from*

ITiCSE on Innovation and technology in computer science education, New York, NY, USA, 2003, ACM Press, sivut 124–136.

NT03 Nevgi, A. ja Tirri, K., *Hyvää verkko-opetusta etsimässä : oppimista edistävät ja estävät tekijät verkko-oppimisympäristöissä : opiskelijoiden kokemukset ja opettajien arviot*. Suomen kasvatustieteellinen seura, Turku, 2003.

Nyk98 Nykänen, O., FML Toolkit Server Documentation, 1998. `http://matwww.ee.tut.fi/~onykane/proto/fml_server/documents/`. [17.4.2005]

Oak06 Oaks, D., Metadata Extraction in Java, 2006. `http://www.drewnoakes.com/code/exif/`. [26.2.2006]

OOP02 Ochoa, S., Ormeo, E. ja Pino, J., Reusing courseware components. *SEKE '02: Proceedings of the 14th international conference on Software engineering and knowledge engineering*, New York, NY, USA, 2002, ACM Press, sivut 549–556.

PLG97 Pilgrim, C., Leung, Y. ja Grant, D., Cost effective multimedia courseware development. *ITiCSE '97: Proceedings of the 2nd conference on Integrating technology into computer science education*, New York, NY, USA, 1997, ACM Press, sivut 45–50.

RBB05 Ramp, E., Bra, P. D. ja Brusilovsky, P., High-level translation of adaptive hypermedia applications. *HYPERTEXT '05: Proceedings of the sixteenth ACM conference on Hypertext and hypermedia*, New York, NY, USA, 2005, ACM Press, sivut 126–128.

Rit04 Ritvanen, U., Verkko-opetuksen laadunhallinta ja laatupalvelu -hanke 2004-2007, 2004. `http://www.helsinki.fi/vopla/matskut/vopla_mikkeli_111104.ppt`. [6.4.2005]

RP99 Ruokamo, H. ja Pohjolainen, S., Etäopetus Multimediaverkoissa (ETÄKAMU) -tavoitetutkimushanke -loppuraportti, 1999. `http://matriisi.ee.tut.fi/kamu/loppuraportti/`. [3.3.2005]

Saa04 Saarinen, J., *eValuator - Digitaalisten oppimateriaalien, verkko-oppimisympäristöjen ja mobiilioppimisen menetelmien arviointi*. Hämeen ammattikorkeakoulu, Hämeenlinna, 2004.

Sak06 Sakai, Sakai - verkko-oppimisalustan kotisivu, 2006. `http://sakaiproject.org/`. [15.3.2006]

Sch06 Schmidt, M., ImageInfo - Java Class to Extract Image File Properties, 2006. `http://schmidt.devlib.org/image-info/`. [26.2.2006]

SE05 Sariola, J. ja Evälä, A., Verkko-opetuksen laatu yliopisto-opetuksessa. Verkko-opetuksen laadunhallinta ja laatupalvelu -hankkeen raportti 1, Vopla, Helsinki, 2005.

Sim03 Simpson, J., From Word to XML, 2003. `http://www.xml.com/pub/a/2003/12/31/qa.html`. [3.3.2005]

Sku05 Skublics, S., 9.5., 2005. `{Henkilökohtainensähköposti}`

SL99 Sinko, M. ja Lehtinen, E., *The Challenges of ICT in Finnish Education : Tieto- ja viestintätekniikka opetuksessa ja oppimisessa*. PS-kustannus, Jyväskylä, 1999.

Sou06 SourceForge, Majix Project Home Page, 2006. `http://sourceforge.net/projects/majix`. [26.2.2006]

SRB96 Schwabe, D., Rossi, G. ja Barbosa, S., Systematic hypermedia application design with oohdm. *HYPERTEXT '96: Proceedings of the the seventh ACM conference on Hypertext*, New York, NY, USA, 1996, ACM Press, sivut 116–128.

Tel01 Tella, S., Verkko-opetuksen lähtökohtia ja perusteita. *Studia Pedagogia: Verkko-opetuksen teoriaa ja käytäntöä*, ,25, sivut 87–110.

TGS02 Talbott, D., Gibson, M. ja Skublics, S., A collaborative methodology for the rapid development and delivery of online courses. *SIGDOC '02: Proceedings of the 20th annual international conference on Computer documentation*. ACM Press, 2002, sivut 216–225.

Tre02 Tremblay, P., Project: rtf2xml: convert MS RTF to XML: Summary , 2002. `https://sourceforge.net/projects/rtf2xml/`. [3.3.2005]

Vra04 Vrasidas, C., Issues of pedagogy and design in e-learning systems. *SAC '04: Proceedings of the 2004 ACM symposium on Applied computing*, New York, NY, USA, 2004, ACM Press, sivut 911–915.

W3C02 W3C, The Extensible Stylesheet Language (XSL), 2002. `http://www.w3.org/Style/XSL/`. [17.2.2003]

W3C03a W3C, Scalable Vector Graphics (SVG) 1.1 Specification, 2003. `http://www.w3.org/TR/SVG11/`. [3.4.2005]

W3C03b W3C, SOAP specifications, 2003. `http://www.w3.org/TR/soap/`. [15.4.2005]

W3C04a W3C, RDF/XML Syntax Specification (Revised), 2004. `http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/`. [3.4.2005]

W3C04b W3C, Resource Description Framework (RDF): Concepts and Abstract Syntax, 2004. `http://www.w3.org/TR/rdf-syntax-grammar/`. [3.4.2005]

W3C05 W3C, Semantic Web, 2005. `http://www.w3.org/2001/sw/`. [3.4.2005]

Wal91 Wallace, G., The jpeg still picture compression standard. *Communications of the ACM*, 34,4(1991), sivut 30–44.

WBN03 Wolpers, M., Brunkhorst, I. ja Nejdl, W., An o-telos provider peer for the rdf-based edutella p2p-network. *Lecture Notes in Computer Science*, 2530 / 2003, sivut 150–157.

Weg03 Wegner, L., Teaching an old course new tricks: a portable courseware language based on xml. sivut 343–355.

WHK04 Wang, Y., Huang, W. ja Korhonen, J., A framework for robust and scalable audio streaming. *MULTIMEDIA '04: Proceedings of the 12th annual ACM international conference on Multimedia*, New York, NY, USA, 2004, ACM Press, sivut 144–151.

WKLW98 Weibel, S., Kunze, J., Lagoze, C. ja Wolf, M., Dublin core metadata for resource discovery. Tekninen raportti, Yhdysvallat, 1998.

WMM97 Whybray, M., Morrison, G. ja Mulroy, P., Video coding techniques, standards and applications. *BT Technology Journal*, 15,4(1997), sivut 86–100.

Yli04 Yliopisto, T., A&O oppimisympäristö, 2004. `http://ao.tut.fi/`. [15.3.2006]