

## Planetaaristen ilmiöiden opetuksen haaste

SANNA VAALGAMAA<sup>1</sup> & JOUNI VIIRI<sup>2</sup>

*Ympäristömuutoksen tutkimusyksikkö (ECRU), Helsingin yliopisto & Kasvatustieteellinen tiedekunta, Joensuun yliopisto*

Sekä peruskoulun että lukion maantieteen opetus-suunnitelmat sisältävät useita teemoja, jotka niin oppilaat kuin opettajatkin mieltävät vaikeiksi. Tällaisia ovat muun muassa Maan liikkeet Auringon ympäri (Ojala 1997a), vuorovesi (Viiri 2000a) sekä sääilmiöt ja ilmassojen liikkeet (Proverbio & Lai 1989; Aron ym. 1994; Dove 1998). Yhteistä näille teemoille on se, että niiden ymmärtämiseen tarvitaan fysiikan perusperiaatteiden hallintaa. Lisäksi tiedetään, että planetaarisia ilmiöitä käsittelevä tieto saattaa olla koulujen oppikirjoissa ja jopa yliopistotasoisissa tenttikirjoissa joko puutteellisesti käsiteltyä tai suorastaan virheellistä. Vaikeasti ymmärrettävät luonnonmaantieteen ilmiöt ovatkin melkoinen didaktinen haaste, sillä asiat tulisi opettaa tieteellisesti oikein, mutta kuitenkin siten, ettei tarjota ikä- ja kehitystasolle liian hankalasti ymmärrettävää ja yksityiskohtaista tietoa.

Tässä kirjoituksessa esitämme mallin siitä, miten vuorovesi-ilmiön voisi opettaa peruskoulun alemmilla luokilla lukioon niin, että opittava aines on vaikeusasteeltaan sopivaa, mutta välttää virheelliset yleistyksiset tai harhaanjohtavat vertaukset.

### Vaaroja luonnonmaantieteen opetuksessa

Oppikirjojen sisältämät tiedot ja jokamiehen ”arkitiedot” voivat olla monella tapaa virheellisiä, puutteellisia tai tieteellisestä käsityksestä poikkeavia. Yleisin puute on selityksen pintapuolisuus. Se herättää usein enemmän kysymyksiä kuin antaa vastauksia ja saattaa näin johtaa virheelliseen käsitykseen asiasta. Joissakin oppikirjoissa esimerkiksi vuorovesi-ilmiöstä mainitaan vain, että vesi nousee kummallakin puolella maapalloa, mutta ei selitetä kunnolla miksi näin tapahtuu. On todettu, että opettajatkin helposti jättävät selostuksen samalle asteelle (Viiri 2000a). Tilanteesta riippuen voi kuitenkin olla hyväksyttävää vain kuiva ilmiö tai jättää selitys tieteellisesti epätäydelliseksi. Tällöin on kuitenkin syytä varmistaa, että yksinkertainen selitys on linjassa myöhemmin opittavan täydellisemmän käsityksen kanssa. Tällöin aikaisemmin opittu tukee uuden asian oppimista.

Pintapuolista selitystä vaarallisempia ovat virheelliset yleistyksiset ja käsitykset, jotka perustuvat vailla tieteellistä pohjaa oleviin arkikäsitteisiin. Nämä syntyvät esimerkiksi siten, että vaikean asian selittämiseksi käytetään sopimatonta vertauskuvaa. Esimerkiksi kasvihuoneilmiötä selitettäessä ilmakehän lämpöä ”pidättävän” vaikutuksen vertaaminen kasvihuoneen lasikattoon ontuu, koska katto estää lämmön virtauksen (kuljetuksen), kun taas ilmakehä pikemminkin estää lämmön säteilyn. Ilmakehän mekanismi on siis luonteeltaan aivan erityyppinen kuin kasvihuoneen. Näin syntyvät virheelliset käsitykset saattavat hankaloittaa saman tai jonkin muun asian oppimista myöhemmin.

Väärinkäsityksiä saattavat aiheuttaa myös ilmauksien *animistisuus* (Ojala 1997b) tai tekstin ylenmääräinen ”runollisuus”. Esimerkiksi alaluokkien opetuksessa joskus käytettävät ”aurinko herää aamulla ja menee illalla nukkumaan” -tyypitset ilmaukset ovat animistisia. Toisinaan ihmisille ominaisia aikeita ja tunteita liitetään elottoman ympäristön prosesseihin, kuten konvektion selityksessä, jolloin saatetaan kertoa, että ”lämmin ilma *haluaa* kohota ylöspäin”, aivan kuin lämpimällä ilmalla olisi tahto. Luonnontieteiden opetuksessa olisi hyvä käyttää ilmauksia, jotka ovat mahdollisimman lähellä tieteen kieltä. Turha runoilu hämmäntää oppilaan ymmärtämystä siitä, miten ja miksi luonnon prosessit toimivat, eli luonnontieteiden opetuksen perimmäistä tarkoitusta. Olishan melko pelottavaa, jos tuleva kirurgi opettelisi ihmiskehon rakenteen Picasson maalauksesta eikä anatomian oppikirjasta.

Jotta päästäisiin hyviin oppimistuloksiin, on periaatteeksi siis hyvä ottaa ”opeta oikein se, minkä opetat”. Mitä nuoremista oppilaista on kysymys, sitä tarkempi pitää olla siitä, miten asiat esitetään, koska vääriä käsityksiä on vaikea muuttaa jälkikäteen. Ilmiselvästi kaikkein paras vaihtoehto on opettaa asiat oikein ja perusteellisesti. Perusteellisuus ei vain usein ole mahdollista oppijoiden tiedollisen tason vuoksi. Siksi olisi tärkeää, että vaikeiden asioiden opetus suunniteltaisiin alaluokat–lukio-jatkumolla, jotta opittava asia olisi johdonmukaisessa linjassa ja aikaisemmin opittu tukisi sen perusteellisempaa oppimista myöhemmin.

<sup>1</sup> Sähköposti: <sanna.vaalgamaa@helsinki.fi>

<sup>2</sup> Sähköposti: <jouni.viiri@joensuu.fi>

### Apua rekonstruoinnista

Kuinka näitä vaikeita teemoja tulisi lähestyä oppikirjojen ja opetuksen sisällön suunnittelussa? Viitekehukseksi sopii Kielin yliopiston IPN-instituutissa kehitetty ”opetuksellinen rekonstruointi” (Baalmann ym. 1998). Luonnontieteissä tämä tarkoittaa sitä, että tutkitaan opetettavaa teoriaa ja järjestetään se uudelleen opettamisen ja oppimisen kannalta ihanteelliseksi kokonaisuudeksi.

Usein tieteen teoria on kehittyessään tullut erittäin abstraktiksi, jolloin yhteys alkuperäiseen konkreettiseen kokeelliseen taustaan on katkennut. Pois on saattanut jäädä sellaisia elementtejä, joiden avulla teoria olisi helpompi oppia. Oppimisen kannalta saattaa siis olla parempi, että vallitsevaan teoriarakenteeseen lisätään siitä pois jääneitä elementtejä, jottei sen ymmärtäminen tunnu oppilaista vaikealta ja merkityksettömältä. Rekonstruktiossa luonnontieteen ulkopuolisille seikoille, kuten oppimisteorialle ja oppilaiden käsityksille, tulee antaa riittävä arvo ja merkitys. Rekonstruktion asiasisällön analyysi puolestaan tarkoittaa opettavan tiedonalan analysointia opettaminen sekä oppilaiden ja opettajan käsitykset asiasta huomioon ottaen. Lisäksi opettavan aiheen keskeiset käsitteet pyritään kuvaamaan ja selvittämään niiden yhteydet muihin käsitteisiin.

### Vaikeustasolta toiselle: esimerkkinä vuorovesi

Maantieteen alaan kuuluva vuorovesi-ilmiö ja sen ymmärtäminen liittyy moniin muihin luonnonilmiöihin ja luonnontieteen käsitteisiin. Monimutkaisen ilmiön ymmärtäminen vaatii syvällistä ymmärrystä pintatiedon sijaan. Vuorovettä ei voi täysin ymmärtää, mikäli ei hallitse aurinkokunnan rakenteen, taivaankappaleiden ja vesien liikkeiden selittämiseksi käytettäviä fysiikan käsitteitä.

Peruskoulun ympäristö- ja luonnontiedon oppikirjat sekä lukion fysiikan ja maantiedon oppikirjat sisältävät tieteellisestä vuorovesi-ilmiöstä poikkeavia selityksiä (Viiri 1999). Kirjoissa painotetaan Kuun vetovoimaa, ”keskipakoisvoimia” ja maapallon liikettä. Tämä synnyttää ja vahvistaa oppilaiden virheellisiä käsityksiä. Sama tutkimus paljasti, että opettajilla on puutteita sekä vuorovesi-ilmiöön liittyvässä että pedagogisessa sisältötiedossa (Viiri 2000b). Opettajat ovat melkein pä mahdottoman tehtävän edessä. Heiltä puuttuu sisältötieto, mutta puutteellisten kirjojen avulla tulisi kyetä opettamaan oppilaille oikea käsitys vuorovesi-ilmiöstä.

Miten vuoroveden voisi peruskoulu-lukio-jatkumolla opettaa? Mielestämme lähtökohtana tulisi olla kaksi samanaikaista nousveden pullistumaa vastakkaisilla puolilla maapalloa ja pullistuman ilmeneminen kahdesti vuorokaudessa samalla paikalla.

### Peruskoulusta yliopistoon

Vuoroveden opettaminen alkaa siitä, että peruskoulun alemmilla luokilla kuvataan kaksi samanaikaista vuoroveden pullistumaa. Niiden syitä ei esitetä, mutta ei myöskään sanota niiden johtuvan Kuusta.

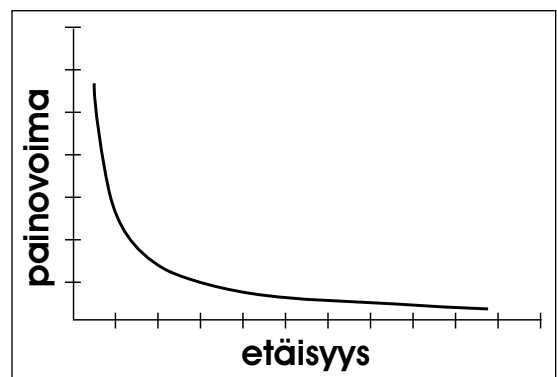
Peruskoulun ylemmällä luokilla vuorovesi selitetään Kuun vetovoiman muutoksen avulla. (Kuun vetovoiman muutos tarkoittaa sitä, että Kuun veto voima maapallon eri osissa on erilainen riippuen paikan etäisyydestä Kuuhun.) Se on syytä kuvata vaihe vaiheelta, koska tähän selitykseen perustuu koko ilmiön ymmärtäminen.

Aluksi todetaan kaksi samanaikaista vuoroveden pullistumaa ja kerrotaan, että ne johtuvat Kuun vetovoimasta. Auringon vaikutuksen vuorovesi-ilmiöön voi tässä vaiheessa unohtaa kokonaan, sillä se vaikuttaa aivan samoin kuin Kuu. Pääasia on, että ymmärretään, miten yksikin tekijä aiheuttaa ilmiön.

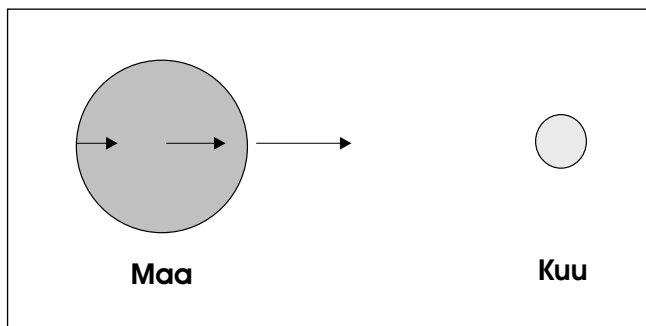
Tämän jälkeen tutustutaan Newtonin vetovoimalakiin. Oppilaille kerrotaan, että taivaankappaleet ovat keskenään gravitaatiovuorovaikutuksessa ja vetovoima  $F$  lasketaan suureyhtälöstä

$$F = G \frac{M m}{r^2}$$

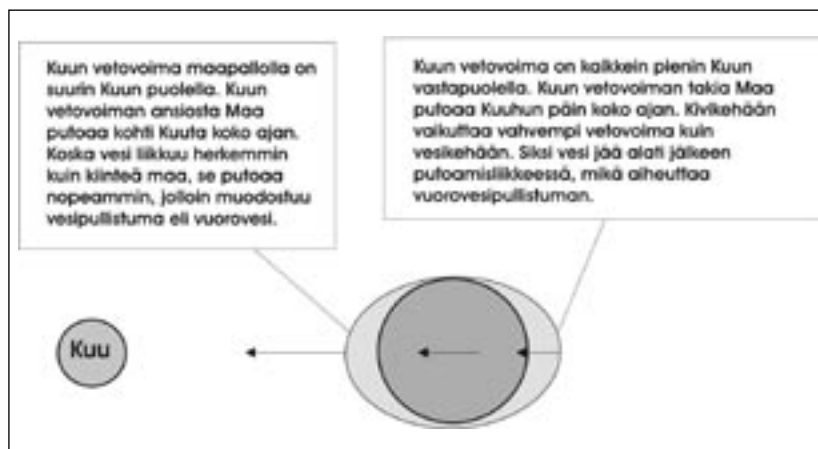
jossa  $G$  on yleinen gravitaatiovakio,  $M$  ja  $m$  ovat tarkasteltavien kappaleiden massat ja  $r$  kappaleiden painopisteiden välinen etäisyys. Newtonin yhtälön mukaan kahden kappaleen välinen vetovoima pienenee kääntäen verrannollisena kappaleiden painopisteiden välisen etäisyyden neliöön (kuva 1). Tästä seuraa, että vetovoima muuttuu pienillä etäisyyksillä nopeasti, mutta suurilla etäisyyksillä varsin hitaasti. (Tämä etäisyysriippuvuus selittää sen, mik-



Kuva 1. Vetovoima riippuu vuorovaikuttavien kappaleiden keskinäisestä etäisyydestä. Mitä lähempänä kappaleet ovat toisiaan, sitä vahvemmin ne vetävät toisiaan puoleensa.



Kuva 2. Maapallon eri kohdissa oleviin kappaleisiin vaikuttavien Kuun vetovoimien suunnat ja keskinäiset suuruussuhteet (mittakavaa vääristetty havainnollisuuden lisäämiseksi). Pisin nuoli kuvaa suurinta vetovoimaa, lyhyin pienintä.



Kuva 3. Kuun puolelle syntyy nousuvesi, koska siellä veteen kohdistuu suurempi vetovoima kuin maapallon keskellä. Vastaavasti maapallon toisella puolella syntyy nousuvesi, koska siellä vetovoima on pienempi kuin maapallon keskellä.

si Kuulla on suurempi vaikutus vuorovesi-ilmiöön kuin Auringolla. Todetaan, että Maan niihin osiin, jotka ovat lähimpänä Kuuta, kohdistuu kaikkein voimakkain Kuun aiheuttama vetovoima, kun taas kaikkein kaukaisimpiin osiin kohdistuu vastaavasti kaikkein pienin Kuun vetovoima (kuva 2).

Sitten selvitetään, että Maan Kuuhun kohdistaman vetovoiman ansiosta Kuu putoaa koko ajan Maahan päin. Vastaavasti Kuun Maahan kohdistama vetovoima aiheuttaa sen, että Maa putoaa koko ajan Kuuhun. Tämän putoamisen ymmärtäminen on asian vaikein kohta, koska se ei kuitenkaan aiheuta näiden kappaleiden törmäämistä toisiinsa. Törmäämisen estää se, että sekä Maa että Kuu ovat kiertoliikkeessä yhteisen painopisteensä ympäri. Tilanne vastaa satelliitin liikettä Maan ympärillä. Satelliitti liikkuu koko ajan suoraan eteenpäin, mutta Maan vetovoiman vaikutuksesta suora liikerata kaartuu ja satelliitti pysyy kiertoradallaan.

Seuraavaksi todetaan Maapallon kivikehän ja vesikehän erot. Vesi on herkkäliikkeisempää kuin kivi, joten vedessä Kuun vetovoima havaitaan helpommin kuin kivessä. Tältä pohjalta selitetään en-

siksi helposti ymmärrettävä Kuun puoleinen vuorovesipullistuma.

Kuun puolella pullistuma johtuu siitä, että Kuun vetovoima maapallolla on suurin juuri tässä kohdassa. Kuu vetää herkästi liikkuvaa vesikehää voimakkaimmin puoleensa juuri tässä kohdassa. Näin vesi putoaa kohti Kuuta nopeammin kuin Maa ja muodostaa pullistuman Kuun puolelle. Vesi ei kuitenkaan karkaa Maasta, koska Maa vetää sitä puoleensa.

Kuun vastapuolella sen vetovoima on pienin. Veteen siellä vaikuttaa siis kaikkein pienin Kuun vetovoima, joka Maassa on havaittavissa. Tämän takia herkästi liikkuva vesi jää jälkeen Kuuhun päin kohdistuvasta putoamisliikkeestä. Jälkeen jäänyt vesi siis aiheuttaa Kuun vastapuolella olevan vuorovesipullistuman.

Koska maapallo pyörii kerran vuorokaudessa oman akselinsa ympäri ja edellisen mukaan Kuun vetovoiman muutos aiheuttaa maapallon molemmille puolille nousuveden, on tietyllä paikalla nousuvesi kaksi kertaa vuorokaudessa. Maapallon pyöriminen ei siis synnytä vuorovesi-ilmiö-

tä, mutta sen ansiosta ilmiö havaitaan eri puolilla Maata (kuva 3).

Lukiossa ilmiön selitystä syvennetään tarkastelemalla Auringon ja Kuun vaikutusten suhdetta. Yliopistossa ilmiötä tarkastellaan matemaattisesti ja tutustutaan sen kuvauksessa käytettäviin tarkempiin malleihin.

### Lopuksi

Erittäin monitahoisen ongelman oppimisen tulisi siis tapahtua koordinoitusti alaluokilta lukioon. Tämä tulisi ottaa huomioon niin kuntakohtaisissa opetussuunnitelmissa kuin oppikirjojen sisällöissäänkin. On ratkaistava, kuinka käsitellä vaikeita asioita niin, että aikaisemmin opittu ei hankaloita oppimista silloin, kun asiaan perehdytään syvällisemmin ylemmillä luokka-asteilla. Oppisisällön lisäksi huomiota tulisi kiinnittää yhä enemmän siihen, miten oppilaat oppivat. Tulevaisuuden haasteisiin kuuluu myös oppikirjojen tekijöiden ja opettajien yhteistyön lisääminen.

### KIRJALLISUUS

Aron, R. H., M. A. Francek, B. D. Nelson & W. J. Bisard (1994). Atmospheric misconceptions. *The Science Teacher* 61: 1, 31–33.

Baalmann, W., V. Frerichs & R. Illner (1998). Educational reconstruction. Examples in the fields of genetics and evolution. *Teoksessa* Bayrhuber, H. & F. Brinkmann (toim.): *What–why–how? Research in didaktik of biology*, 273–282. IPN, Kiel.

Dove, J. (1998). Alternative conceptions about the weather. *School Science Review* 79: 289, 65–69.

Ojala, J. (1997a). Lost in space? The concepts of planetary phenomena held by trainee primary school teachers. *International Research in Geographical and Environmental Education* 6: 3, 183–203.

Ojala, J. (1997b) Kirjoittamaton kirja, kirjoitettu kirja ja luonnonkirja. Planetaariset ilmiöt teksteinä ja kuvina peruskoulun ja lukion oppikirjoissa. *Jyväskylän yliopisto, opettajankoulutuslaitos, tutkimuksia* 63. 108 s.

Proverbio, E. & S. Lai (1989). Spontaneous models and the formalization of the concepts of weather and time at the elementary school level. *International Journal of Science Education* 11: 1, 113–123.

Viiri, J. (1999). Tides in textbooks, expert teachers' ideas and students' understanding. *Teoksessa* Komorek, M., H. Behrendt, H. Dahncke, R. Duit, W. Gräber & A. Kross (toim.): *Proceedings of the Second International Conference of the European Science Education Research Association (ESERA), Kiel, August 1999*, 116–118. IPN, Kiel.

Viiri, J. (2000a). Students' understanding of tides. *Physics Education* 35: 2, 1–5.

Viiri, J. (2000b). Vuorovesi-ilmiön selityksen opetussellinen rekonstruktio. *Joensuun yliopisto. Kasvatustieteellisiä julkaisuja* 59. 206 s.