

SE PYÖRII SITTEENKIN

Kolmiulotteisen konkreettisen mallin hyödyt planetaaristen ilmiöiden opetuksessa,
havainnollisen mallin kehittäminen ja testaus

Marko Sirén & Tomi Ukkonen

Kasvatustieteen

Pro Gradu –tutkielma

Syksy 2007

Opettajankoulutuslaitos

Jyväskylän yliopisto

Sirén, M. & Ukkonen, T. 2007. Se pyörii sittenkin. Kolmiulotteisen konkreettisen mallin hyödyt planetaaristen ilmiöiden opetuksessa, havainnollisen mallin kehittäminen ja testaus. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Kasvatustieteen Pro Gradu –tutkielma, 68 sivua.

Tiivistelmä

Jokainen meistä kohtaa päivittäin planetaariset ilmiöt. Aistimme Auringon valon, tunnemme talven kylmyyden tai kesän lämmön. Emme silti täysin ymmärrä mistä ne todella johtuvat. Kun luomme katseen taivaalle, näemme pienen ihmisen perspektiivin jostakin suuresta, mutta se ei ole koko totuus. Totuus on abstrakti ja mittakaavaltaan niin suuri, että sen oppiminen ja etenkin opettaminen on monille ylivoimaisen hankalaa.

Oppilailla on planetaarisista ilmiöistä tai ehkä tutummin Maa-Aurinko-suhteesta monenlaisia virhekäsityksiä. Osa niistä syntyy siitä, että me ehdimme katsella ilmiötä omasta perspektiivistämme ennen kuin saamme siitä muuta kautta hankittua tietoa. Osa virhekäsityksistä saa alkunsa opetuksesta esimerkiksi harhaanjohtavien oppikirjakuvien tai opettajan omien virhekäsitysten vaikutuksesta.

Olemme kehittäneet ja rakentaneet virhekäsitysten voittamiseksi laitteen, jolla pystyy havainnollistamaan Auringon ja Maan suhdetta. Laitteemme havainnollistaa yön ja päivän vaihtelun, vuodenaikojen vaihtelun, Maan akselikulman ja Auringon lämpösäteilyn jakautumisen maapallon pinnan eri osiin. Havainnollistamisen lisäksi laitteella on mahdollista luoda kognitiivisia konflikteja ja keskustella asetelmalla: ”Mitä jos akselikulma olisikin pienempi tai suurempi kuin nykyinen noin 23,5 astetta?” Laitteen toiminnan ympärille suunnittelimme opetustuokion, johon lisäsimme soveltuvat analogiat Auringon ja Maan kokoeron sekä etäisyyden käsittelemiseksi.

Laitteemme toimintaan nojaavaa opetustuokiota on testattu yhden kuudesluokkalaisista koostuvan luontaisen opetusryhmän kanssa. Kahdenkymmenen oppilaan ryhmä kävi läpi alkutestin, käsittelyn (opetustuokio), ja loppumittauksen. Sekä alkutesti että lopputesti toteutettiin samalla kysymyslomakkeella. Tulokset analysoitiin sekä tilastollisin että laadullisin menetelmin.

Kasvatustieteen alalla uudentyyppinen tutkimuksemme tuotti rohkaisevia tuloksia konkreettisen mallintamisen mahdollisista vaikutuksista oppimiseen. Oppilaiden tulokset ilmiöön liittyvissä tiedoissa paranivat alkutestistä lopputestiin. Vaikka oppilaiden lähtötaso oli korkea, tietojen ja ymmärryksen paranemista havaittiin. Yleisestä onnistumisesta huolimatta virhekäsityksiä jäi vielä osalle oppilaista.

Avainsanat: planetaariset ilmiöt, virhekäsitykset, opetusteknologia, mallit, mallintaminen

Sisällys

Tiivistelmä	2
Sisällys.....	4
1 Johdanto.....	5
2 Mallintaminen	7
2.1 Mallit todellisuuden kuvia.....	7
2.2 Mentaaliset mallit	11
3 Virhekäsitykset aikaisemmissa tutkimuksissa	13
3.1 Luontaiset virhekäsitykset.....	13
3.2 Kulttuuriset virhekäsitykset.....	15
3.3 Opittuja virhekäsityksiä	16
3.3.1 Auringon ja Maan kokosuhde sekä niiden välinen etäisyys.....	18
3.3.2 Maan kiertoradan muoto	20
3.3.3 Maan pallonmuotoisuuden ja akselikulman merkitys.....	21
3.4 Tutkimuksia virhekäsitysten ehkäisemiseksi ja muuttamiseksi	24
3.4.1 Perinteinen kirjaopetus ja ennakkokäsitykset huomioiva opetus	25
3.4.2 Virtuaaliset oppimisympäristöt.....	26
3.4.3 Konfliktikartta (Conflict Map)	27
4 Tutkimusprosessi.....	29
4.1 Tutkimusongelmat	29
4.2 Tutkimusmenetelmät.....	29
5 Telluurin valmistusprosessi	31
5.1 Prototyypit osana laitteenrakennusta	32
5.2 Tuotteen suunnitteluprosessin asiantuntijamalli.....	36
6 Opetusinterventio ja tulokset	39
6.1 Tutkimusjoukko.....	39
6.2 Toteutus.....	40
6.3 Tutkimustulokset	40
6.3.1 Wilcoxonin merkkitesti	41
6.3.2 Oppilaiden vastausten luokittelu.....	42
6.3.3 Alkutesti vertailussa lopputestiin.....	44
6.3.4 Muita huomioita yhteispisteiden vertailusta.....	45
6.3.5 Poimintoja kysymys kysymykseltä.....	45
6.3.6 Tulosten vertailua.....	55
7 Pohdinta	57
Lähteet:	60
Liitteet.....	63

1 Johdanto

Mitä ovat planetaariset ilmiöt? Miksi meillä on vuodenaajat? Miksi meillä Suomessa on kylmempää kuin päiväntasaajalla? Kaikki ovat kysymyksiä, joihin jo peruskoulun oppikirjat ja opettajat ovat yrittäneet vastata. Lukiossa samat asiat käsitellään uudelleen. Toistuvasta asioiden käsittelystä huolimatta planetaaristen ilmiöiden ymmärtäminen on puutteellista. Miksi planetaaristen ilmiöiden ymmärtäminen on sitten niin vaikeaa? Mistä tulevat virhekäsitykset, jotka pinttyvät itsepintaisesti mieliimme? Miten näiden asioiden oppimista voisi parantaa? Näiden kysymysten äärelle meidät johdatti Jorma Ojala ja hänen väitöskirjansa (1997).

Ympäri maailmaa on tutkittu planetaaristen ilmiöiden opetusta ja ymmärtämistä viime vuosikymmenien aikana paljon. Tutkittavina on ollut niin lapsia (mm. Vosniadou & Brewer 1992, 1994; Kikas 1998; Diakidoy & Kendeau 2000; Roald & Mikaelson 2001; Dove 2002; Bakas & Mikropoulos 2003; Taylor 2003; Tsai & Chang 2005), opettajaksi opiskelevia (mm. Ojala 1992, 1993, 1997; Atwood, R. K. & Atwood V. A. 1995, 1996; Trumper 2001; Bernat Martínez Sebastià 2005) kuin virassa toimivia opettajiakin (mm. Kikas 2004).

Tutkimuksemme tarkoituksena oli kehittää kolmiulotteista havainnollistamisvälinettä apunaan käytävä opetusmenetelmä, jonka avulla pystytään haastamaan tiettyihin planetaarisiin ilmiöihin liittyvät arkikäsitykset ja opettamaan kyseiset ilmiöt ”oikein”. Oikein opettamisella tarkoitetaan tässä yhteydessä opettamista mahdollisimman vähän virhekäsityksiä tukien tai synnyttäen. Tutkimuksen ohessa on valmistunut siis opetuksen apuväline, jonka toimivuutta olemme testanneet sen luonnollisessa kontekstissa eli koululuokassa. Opetuksen apuvälineen toimivuus määräsi puolestaan tutkimuksemme merkityksen suurilta osin. Yhtenä tarkoituksena oli selvittää voiko kolmiulotteisten laitteiden rakentamisella parantaa ymmärrystä planetaarisista ilmiöistä.

Käsitlemme teoriaosuudessamme ensin mallintamisen teoriaa, koska virhekäsitykset syntyvät ihmisen asioista ja ilmiöistä muodostamien sisäisten mallien kautta. Virhekäsitysten muodostumisen käsittelyn jälkeen etsimme virhekäsitysten alkulähteitä. Toisin sanoen tutustumme virhekäsityksistä tehtyihin tutkimuksiin ja yritämme muodostaa käsityksen yleisimmistä virhekäsityksistä. Teoreettinen alustustyö oli ensimmäinen askel kohti opetustuokion suunnittelua ja valmistusta. Yleisimpien virhekäsitysten ja planetaaristen ilmiöiden opetuksen ongelmakohtien kartoittamisen pohjalta olemme pystyneet keskittymään olennaisiin asioihin opetuksen apuvälineen suunnittelussa ja rakentamisessa sekä opetustuokiomme suunnittelussa.

Opetustuokiota varten rakensimme Maan liikkeitä suhteessa Aurinkoon havainnollistavan laitteen, jota kutsumme tästä lähtien pääsääntöisesti telluuriksi. Koko opetustuokio rakentui telluurin ympärille. Käsitlemme telluurin rakentamisprosessia omana lukuna. Lopuksi raportoimme tulokset, jotka saimme telluurin avulla suoritetusta opetustuokiosta.

2 Mallintaminen

2.1 Mallit todellisuuden kuvia

Ihminen käyttää malleja jatkuvasti jokapäiväisessä elämässään. Usein tämä tosin tapahtuu tiedostamatta. Malleja on monenlaisia ja moniin eri tarkoituksiin. Tieteilijät käyttävät Gieren (2004, 747) mukaan malleja esittääkseen osia tai näkökantoja maailmasta eri tarkoituksia varten. Tästä näkökulmasta mallit ovat ensisijaisia, mutta ei missään tapauksessa ainoita, esittämisen välineitä tieteissä.

Gieren (2004) mukaan mallit on suunniteltu siten, että niiden osasista on mahdollista tunnistaa todellisen maailman piirteitä. Giere tekee kuitenkin selväksi, ettei malli sinänsä esitä osaa maailmasta, vaikka sillä olisikin tietyn osan suhteen yhtäläisiä ominaisuuksia todellisuuden kanssa. Hänen mukaansa jollakin asialla voi olla monia yhtäläisiä ominaisuuksia jonkin toisen asian kanssa, mutta se ei tarkoita sitä, että niillä olisi esityksellistä vastaavuussuhdetta (Giere 2004, 747). Monet oppilaat kuitenkin ymmärtävät mallin ja todellisuuden täysin yhteneviksi (Harrison & Treagust 2000, 1020; Ojala 1993, 8). Mallin esittäjällä onkin suuri rooli väärinymmärrysten estämisessä. Giere (2004) painottaa, että malli ei voi itse hoitaa esittämistä, vaan siihen tarvitaan asiantunteva henkilö. Tärkeänä osana mallintamista on osata tunnistaa ja valita havainnollisuuden kannalta keskeisimmät riittävän yhtäläiset ominaisuudet. Toisena osana on kyky arvioida mallin soveltuvuutta tietyn osan esittämiseen. Mallin käyttäminen opetuksessa edellyttää aina jonkinlaista tulkintaa (Giere 2004, 747).

Harrisonin ja Treagustin mukaan malleja käytetään usein kuvaamaan ja selittämään tärkeitä rakenteita ja toimintoja, koska niiden uskotaan auttavan oppilaita

muodostamaan mielikuvia abstrakteista ja näkymättömistä ilmiöistä. Mallit eivät kuitenkaan välttämättä auta oppilasta ymmärtämään ilmiötä, jos opettaja ei aktiivisesti keskustele oppilaiden kanssa mallin tutuista piirteistä, yhtäläisyyksistä ja puutteista todelliseen ilmiöön verrattuna. (Harrison & Treagust 2000, 1018). Harrison ja Treagust jatkavat, että mallit eivät ole oikeita vastauksia, vaan ennemminkin opetusmetodeja ja luonnontieteen tuotteita. Mallin ovat aina yksinkertaistettuja ja liioiteltuja, koska niiden tarkoituksena on painottaa mallin ja tutkittavan ilmiön yhteisiä ominaisuuksia (Harrison & Treagust 2000, 1019). Kun opetuksessa käytetään malleja, tulisi opettajan tarjota useita vaihtoehtoisia esityksiä ilmiöstä, jotta oppilaille jäisi kuva, etteivät mallit ole oikeita vastauksia (Mathewson 2005, 536.)

Harrison ja Treagust pitävät mallien luokittelun hyötynä mallien vaatimusten tiedostamista. Opettajien on tärkeää pystyä arvioimaan opetuksessa käyttämänsä mallin vaatimuksia suhteessa oppilaiden osaamiseen. (Harrison & Treagust 2000, 1014.) Tätä taustaa vasten käsittelemme tarkemmin seuraavista malleista niitä, joita olemme pohtineet mallintamisprosessimme aikana.

Harrisonin ja Treagustin (2000) analogisten mallien luokittelu:

Tieteelliset ja opetusmallit

1. Mittasuhdemallit (Scale models)
2. Pedagogiset mallit

Käsitteellistä tietoa rakentavat pedagogiset mallit

3. Ikoniset ja symboliset mallit
4. Matemaattiset mallit
5. Teoreettiset mallit

Useita käsitteitä ja/tai prosesseja kuvaavat mallit

6. Kartat, kaaviot ja taulukot
7. Käsite-prosessi –mallit (Concept-process models)

8. Simulaatiot

Henkilökohtaiset mallit todellisuudesta, teorioista ja prosesseista

9. Mentaalimalli

10. Synteettiset mallit.

Harrison ja Treagust (2000) jakavat mallit kolmeen isompaan ryhmään. Ensimmäinen ryhmä käsittää tieteelliset ja opetukselliset mallit, joita ovat mittasuhdemallit (scale models) ja pedagogiset mallit. Kehittämäämme Auringon ja Maan suhdetta kuvaavaa laitetta voidaan pitää tietyiltä osin mittasuhdemallina. Harrisonin ja Treagustin mukaan mittasuhdemallit kuvaavat värejä, muotoa, rakennetta ja muita ulkoisia ominaisuuksia. Mittasuhdemallit eivät näytä sisäistä rakennetta, toimintoja tai käyttöä. Yleensä mittasuhdemallit on tehty eri materiaaleista kuin niiden kuvaama kohde. (Harrison & Treagust 2000, 1014.) Mallimme ei ole joka suhteessa mittasuhdemalli todellisuudesta, koska Auringon ja Maan välinen kokoero ja etäisyys ovat liian suuria samassa mittakaavassa esitettäväksi. Mallimme suunnittelussa ja käytössä mittakaavan huomioon ottaminen on kuitenkin ollut olennaisen tärkeää.

Toinen Harrisonin ja Treagustin esittelemä luokka tieteellisissä ja opetuksellisissa malleissa on pedagogiset analogiset mallit. Luokka sisältää kaikki opetuksessa ja oppimisen apuna käytetyt analogiset mallit. Myös mittasuhdemallit kuuluvat pedagogisiin analogisiin malleihin. Analogiseksi mallia sanotaan, jos sillä on jotain yhteistä tietoa sen kuvaaman kohteen kanssa. Opetukselliseksi voidaan puolestaan kutsua malleja, jotka tarjoavat opettajan muotoilemia selityksiä muuten vaikeasti hahmotettaviin kokonaisuuksiin. Pedagogiset analogiat yksinkertaistavat ja liioittelevat korostaakseen keskeisiä asioita. (Harrison & Treagust 2000, 1014–1015.) Auringon ja Maan koko- ja etäisyysuhteiden konkretisoimiseksi käytimme opetustuokiossa verbaalista analogiaa, mikä on yhdenlainen pedagoginen analoginen malli.

Harrison ja Treagust (2000, 1015–1016) jakavat pedagogiset mallit vielä käsitteellistä tietämystä rakentaviin pedagogisiin malleihin, jotka muodostavat toisen isomman ryhmän. Tähän ryhmään kuuluvat ikoniset ja symboliset mallit, matemaattiset mallit sekä teoreettiset mallit. Näitä malleja käytetään eniten kemian ja fysiikan ilmiöiden kuvaamisessa ja opettamisessa.

Kolmantena ryhmänä ovat mallit, jotka kuvaavat useita käsitteitä tai prosesseja. Tähän ryhmään kuuluvat kartat, kuviot ja taulukot sekä käsite-prosessi -mallit ja simulaatiot. Tämän ryhmän malleista suurin mielenkiintomme kohdistui käsite-prosessi -malleihin ja simulaatioihin. Käsite-prosessi -mallilla Harrison ja Treagust (2000, 1016) tarkoittavat mallia, joka kuvaa konkreettisen esineen sijaan abstraktia tapahtumaprosessia. Tällaisena tapahtumaprosessina voidaan pitää myös Maan liikkeitä akselinsa ja Auringon ympäri. Prosessia ei pysty suoraan havaitsemaan ja sen selittäminen konkreettisella ajattelutasolla oleville oppilaille vaatii erittäin havainnollisen mallin. Toisaalta mallia, joka esittää Maan liikkeitä suhteessa Aurinkoon, voidaan pitää myös simulaationa. Harrisonin ja Treagustin (2000, 1016) määritelmän mukaan simulaatiot voidaan luokitella useamman mallin yhdistelmiksi, joilla mallinnetaan monimutkaisia prosesseja. Tähän luokkaan kuuluvat erilaiset tietokonesimulaatiot, joilla on mallinnettu myös Maan ja Auringon välistä vuorovaikutusta.

Neljäs Harrisonin ja Treagustin (2000) esittelemä ryhmä koostuu henkilökohtaisista malleista, joita ihminen rakentaa todellisuudesta, teorioista ja prosesseista. Henkilökohtaisia malleja ovat mentaaliset ja synteettiset mallit. Koska olemme tutkimuksessamme kiinnostuneita miten opetuksen apuvälineeksi tarkoitettu laitteemme vaikuttaa oppilaiden käsityksiin planetaarisista ilmiöistä, on syytä seuraavaksi käsitellä hieman laajemmin mentaalisten ja synteettisten mallien rakentumista.

2.2 Mentaaliset mallit

Mentaalinen ja synteettinen malli sekä käsitysten muutos (conceptual change) liittyvät läheisesti toisiinsa, joten käsittelemme niitä kaikkia yhdessä. Greca ja Moreira (2000, 5) luonnehtivat mentaalisia malleja henkilökohtaisiksi, epätäydellisiksi, epävakaaiksi ja käytännöllisiksi, kun taas aikaisemmin esitellyt käsitteelliset mallit ovat ulkoisia esityksiä, jotka ovat tietyn yhteisön jakamia tieteellisiä käsityksiä. Vosniadou (2002, 4) kuvaa mentaalisia malleja yhdenmukaisiksi kuvauksiksi, joissa säilyy kuvattavan ilmiön rakenne. Mentaaliset mallit ovat tärkeitä käsitteiden muodostuksessa ja niiden muokkaamisessa. Mentaalisten mallien avulla muodostetaan selityksiä ilmiöille, niiden avulla hankitaan uutta tietoa sekä tulkitaan sitä. Lisäksi mentaaliset mallit toimivat välineinä, joiden avulla testataan ja korjataan teorioita. (Vosniadou 2002, 1-2.)

Uuden oppiminen vaatii aina jonkinlaista omien jo olemassa olevien käsitysten muutosta. Vosniadoun mukaan käsitysten muutos on omien fyysisestä maailmasta luotujen mentaalisten mallien muuttamista, joko rikastamalla tai korjaamalla niitä. Rikastamalla tapahtuvassa käsitysten muutoksessa uutta tietoa lisätään olemassa oleviin tietorakenteisiin. Käsitteiden korjaamista tarvitaan, kun lisättävä tieto on ristiriidassa olemassa olevien uskomusten ja ennakkokäsitysten kanssa. Rikastamalla tapahtuva käsitysten muutos tapahtuu suhteellisen helposti lisäämällä uusi tieto vanhan tietorakenteen jatkoksi. Olemassa olevien tietorakenteiden korjaaminen on vaikeampaa, varsinkin jos tieto on rakentunut ajan saatossa kertyneistä jokapäiväisistä kokemuksista. (Vosniadou 1994.) Mentaalisten mallien kehittymistä rajoittavat siis arki- ja ennakkokäsitykset, mutta mallien kerran muodostuttua niiden pohjalta, toimivat syntyneet mallit itse rajoittavana tekijänä uuden tiedon tulkitsemisessä (Vosniadou 2002, 12).

Vosniadoun ja Brewerin (1992) mukaan lapsen yrittäessä muodostaa mentaalista mallia havaitsemastaan tai opetettavasta ilmiöstä, sovittaa hän uuden tiedon jo olemassa olevaan tietorakenteeseensa siten, että mahdollisimman moni ennakkokäsityksistä säilyy. Toinen vaihtoehto on korjata joitain näistä ennakkokäsityksistä, joka mahdollistaisi uuden mentaalisen mallin muodostamisen. (Vosniadou & Brewer 1992, 579.) Virheellisiä mentaalisia malleja syntyy, kun

oppilaat yrittävät sovittaa ristiriitaisia tiedonpalasia yhteen muodostaen synteettisen mallin, jossa yhdistyvät virheelliset ennakkokäsitykset ja opetetut tieteelliset käsitykset (Vosniadou 1994, 50). Ojalan mukaan lapsi ei välttämättä tunne tarvetta asettaa ennakkokäsityksiään kyseenalaiseksi, koska ne ovat syntyneet lapsen omien havaintojen ja kokemusten perusteella ja sen takia vaikuttavat lapsesta järkeviltä. Mikäli opettaja ja oppikirjat eivät pysty asettamaan oppilaan ennakkokäsityksiä kyseenalaiseksi, opettavan asian oikein ymmärtäminen ei onnistu. (Ojala 1993.) Seuraavaksi käsittelemme aikaisemmissa tutkimuksissa esiteltyjä virhekäsityksiä liittyen planetaarisiin ilmiöihin.

3 Virhekäsitykset aikaisemmissa tutkimuksissa

Planetaaristen ilmiöiden osaamista ja oppimista on tutkittu paljon. Tutkimuksissa on ilmennyt ilmiöiden heikko osaaminen peruskoulun alaluokilta aina yliopistoon asti. Ojalan (1997) mukaan heikkoon oppimistulokseen ovat osaltaan vaikuttaneet oppilaiden virheelliset arkikäsitteet, joita oppikirjat ja kouluopetus eivät ole pystyneet muuttamaan vastaamaan yleistä tieteellistä käsitystä. Aikaisemmat tutkimustulokset ovat osoittaneet niin peruskoulun oppilaiden kuin opettajiksi opiskelevien ja opettajienkin omaavan planetaarisiin ilmiöihin liittyviä virhekäsityksiä. Tutkimusten paljastamien virhekäsitysten kirjo on suuri ja mahdollisia syitä virhekäsitysten syntymiseen on esitetty useita. Käsittelemme tässä luvussa yleisimpiä tutkimuksissa esiintyneitä virhekäsityksiä ja teorioita niiden syntymisestä.

Kirjallisuudesta esiin nousseet virhekäsitykset voidaan jakaa karkeasti kolmeen päätyyppiin: 1) ”luontaiset” 2) kulttuuriset 3) opitut tai omaksutut virhekäsitykset. Osa virhekäsityksistä on universaaleja, kulttuurisesti riippumattomia. Universaalit virhekäsitykset, esimerkiksi litteä maa tai pieni Aurinko, johtunevat ilmiön abstraktisuudesta ja makroskooppisen suuresta, lähes käsittämättömästä mittakaavasta sekä ihmisen omasta arkisesta tarkasteluperspektiivistä (”luontaiset” virhekäsitykset). Osa virhekäsityksistä on yhdistettävissä kulttuuriin perinteisiin liittyviksi (kulttuuriset virhekäsitykset). Osa voi juontaa juurensa opetuksessa käytettyihin, materiaaleihin, oppikirjoihin, kirjojen kuviin, havaintovälineisiin jne. (opitut virhekäsitykset).

3.1 Luontaiset virhekäsitykset

Luontaisista virhekäsityksistä yleisimpiä ovat tutkimusten mukaan Maan muotoon liittyvät virhekäsitykset. Maan pinta näyttää tasaiselta riippumatta siitä, missä päin

maapalloa on. Maan pallonmuotoisuudesta on olemassa tutkimusten mukaan monenlaisia virhekäsityksiä (esim. Vosniadou & Brewer 1992; Vosniadou 1994). Vosniadou ja Brewer (1992, 549) havaitsi tutkimuksessaan lapsilla jopa viittä erilaista virheellistä käsitystä Maan muodosta. Tutkijoiden mukaan virhekäsitykset näyttävät syntyneen lasten jokapäiväisten kokemusten pohjalta. Nämä oman havainnoinnin pohjalta syntyneet ennako-oletukset rajoittavat tieteellisen mallin muodostumista ja aiheuttavat virheellisiä malleja. (Vosniadou & Brewer 1992, 576.) Toisaalta Schoultz, Säljö ja Wyndhamn (2001) saivat omassa tutkimuksessaan täysin päinvastaisia tuloksia. Heidän tutkimuksessaan ei ilmennyt viitteitä lasten virheellisistä käsityksistä liittyen Maan pallonmuotoisuuteen. Yhtenä poikkeuksellisiin tuloksiin vaikuttavana tekijänä he arvelivat olevan haastatteluasetelmansa, jossa lapset saivat enemmän aikaa ajatella ja lisäksi heillä oli karttapallo ajattelun apuna. Yhtenä mielenkiintoisena huomiona Schoultz ym. (2001, 110) mainitsivat kielen saattavan vaikuttaa käsitykseen maapallon muodosta. Ruotsin kielen sana ”jordglob” ja Suomen kielen sana ”maapallo” sisältävät sanat ”maa” ja ”pallo”, toisin kuin englannin kielen maapalloa tarkoittava sana ”globe”.

Tutkimusten mukaan myös yön ja päivän vaihtumisesta on olemassa paljon virhekäsityksiä niin lasten (esim. Vosniadou 1994) kuin opettajaksi opiskelevien (esim. Atwood & Atwood 1995) keskuudessa. Virhekäsitykset vuorokauden kierrossa on Vosniadoun mukaan vahvasti kytköksissä henkilön käsitykseen Maan muodosta. Jotta vuorokauden vaihtuminen pystytään ymmärtämään tieteellisellä tavalla, täytyy ensin olla jonkinlainen käsitys maapallosta pallonmuotoisena objektina. (Vosniadoun 1994, 58.) Luontainen virhekäsitys maapallon tasaisesta pinnasta sopii hyvin virhekäsitykseen, jossa maapallo pysyy paikallaan ja Aurinko sekä Kuu nousevat ja laskevat vuorotellen. Tähän malliin sopii myös ajatus Auringosta kiertämässä Maan ympäri. Atwoodin ja Atwoodin (1995) luokanopettajaopiskelijoille teettämässä tutkimuksessa yleisimmin mainitut virheelliset selitykset vuorokauden vaihtelusta olivat Maan kiertäminen Auringon ympäri ja Auringon pyöriminen Maan ympäri. Vosniadoun (1994, 58) tutkimuksessa esiintyi samat virhekäsitykset yleisimpinä. Lisäksi Vosniadoun tutkimuksessa ilmeni virhekäsitys, jossa maapallo pyörii akselinsa ympäri, mutta akseli on vaakatasossa.

Tämän virheellisen mallin Vosniadou arveli olevan peräisin ajatuksesta, jossa Aurinko on maapallon yläpuolella.

Vuodenaikojen ymmärtämiseen liittyviä luontaisia virhekäsityksiä syntyy myös helposti. Kikasin (2004, 433-434) mukaan omin aistein havaittujen asioiden oletetaan toimivan myös havaitsemattomissa asioissa. Esimerkiksi vuodenaikojen vaihtelun aiheuttavan lämpimän ja kylmän eron ajatellaan johtuvan etäisyydestä Aurinkoon. Tämä ajatus perustuu arkisiin kokemuksiin lämmönlähteistä. Atwood ja Atwood (1996) tutkimuksen mukaan vuodenaikojen vaihteluun liittyvistä virhekäsityksistä yleisin oli juuri Auringon ja Maan välisen etäisyyden muuttumien vuodenaikojen aiheuttajana. Tutkimustulosten mukaan 24 luokanopettajaopiskelijaa 49:stä oli edellä mainitun selityksen kannalla. Ainoastaan yksi vastaaja antoi kysymykseen vuodenaikojen tekijöistä tieteellisesti hyväksytyyn vastauksen.

3.2 Kulttuuriset virhekäsitykset

Planetaaristen ilmiöiden oppimista ja virhekäsityksiä on tutkittu ympäri maapalloa. Virhekäsityksiä näyttäisi ilmenevän kaikissa kulttuureissa ja ne ovat hyvin samanlaisia. Bryce ja Blown (2006) vertailivat tutkimuksessaan kiinalaisten ja uusiseelantilaisten planetaaristen ilmiöiden osaamista. Lisäksi he tutkivat eroja kolmen eri etnisen väestöryhmän välillä Uudessa-Seelannissa. Uuden-Seelannin etnisten väestöryhmien välillä ei tutkimuksen mukaan ollut merkittäviä eroja.

Vosniadou (2002, 540) viittaa Malin ja Howen (1979) tutkimukseen, jossa he tutkivat nepalilaisten lasten käsityksiä maapallon muodosta ja gravitaatiosta. Nepalilaislapsilla oli hyvin samanlaisia käsityksiä kuin amerikkalaislapsilla, vaikka kouluttamattoman aikuisväestön keskuudessa yleisen käsityksen mukaan maapallo on tasainen ja sitä tukee neljästä kulmasta jättiläiselefantit. Bryce ja Blown (2006, 1119) viittaavat Diakidoyn (1999) tutkimukseen. Siinä saatiin selville, että intiaanitautaisilla amerikkalaisoppilailta, erityisesti Lakota-heimon jäsenillä on kulttuurisesti muovautunut käsitys Maan olemuksesta. Sen mukaan Maa on litteä ja

taivas kupumainen rakennelma siinä päällä. Sen lisäksi intiaanireservaatissa sijaitsevan koulun oppilaista suuri osa uskoi Maan sielullisuuteen liittyen heimon mytologiaan. Näitä virhekäsityksiä ei ole esiintynyt muissa tutkimuksissa. (Diakidoy, Brycen & Blownin, 2006 mukaan)

Kulttuuri voi tuoda myös keskimääräistä enemmän tieteellistä ymmärrystä. Tämän havaitsi Siegal (2001), jonka työhön viitataan tässä Brycen ja Blownin (2006) ansiokkaan koontin kautta. Siegal vertaili australialaisten ja englantilaisten käsityksiä planetaarisista ilmiöistä. Tuloksena oli, että australialaiset olivat englantilaisia tietoisempia Maan muodosta. Tutkijat päättelivät kyseen olevan kulttuurin vaikutuksesta, koska australialaiset tietävät asuvansa ”down under”.

Kaiken kaikkiaan sillä, missä asuu, on yllättävän suuri merkitys tietäntyyppisten virhekäsitysten synnylle. Jos ympärillä on paljon vuoria tai merta, liittyy lapsen virhekäsitys todennäköisesti niihin, jos taas ympärillä on tasankoa, aiheuttaa se omanlaisiaan virhekäsityksiä. (Bryce & Blown 2006, 1121.)

3.3 Opittuja virhekäsityksiä

Ojalan (1992) tutkimuksen mukaan luokanopettajaksi opiskelevilla oli runsaasti virhekäsityksiä lämpövyöhykkeiden ja vuodenaikojen syistä. Maapallon akselikulman merkitys on yleisesti ottaen ymmärretty väärin ja maapallon lämpötilaerojen ajatellaan johtuvan Auringon ja Maan välisen etäisyyden vaihteluista. Ojala näkee yhtenä syynä väärinymmärryksiin oppikirjojen kuvat, jotka aiheuttavat virheellisiä mielikuvia ilmiöistä.

Kikasin (2004) mukaan virhekäsitykset voivat johtua ilmiön ylipelkistämisestä, abstraktin ilmiön ymmärtämisestä konkreettisena, koulukirjojen esitystavasta tai opettajien koulutuksesta. Kikasin (2004, 433–435) jaottelussa mahdollisia virhekäsitysten lähteitä on neljä. 1) Analogian perusteella tehty yliyleistäminen. Se

liittyy ihmiselle tutun aihealueen tiedon soveltamiseen uusiin aihealueisiin. 2) Perustavilta olemuksiltaan tai ominaisuuksiltaan erilaisiin kategorioihin kuuluvien käsitteiden sekoittaminen. Kikas mainitsee esimerkiksi valon tai voiman prosessiluonteen sekoittamisen materiaan. 3) Tiedon esittämistapa koulun oppikirjoissa. Asian käsittelyn lyhyys ja pituus oppikirjassa vaikuttaa siihen, kuinka hyvin opettajat sisäistävät käsitteitä. Toisaalta oppikirjat voivat korostaa virhekäsitysten kannalta epäedullisia asioita. 4) Opettajien koulutuksen painottuminen pois sisällöllisistä asioista saattaa aiheuttaa sen, että valmistuvien opettajien sisältötiedot ovat liian puutteelliset edes perustason opetussuunnitelman toteuttamiseen. Virhekäsitykset jäävät siten elämään ja vaikuttamaan taas uusiin sukupolviin.

Planetaariset ilmiöt ovat oppimisen kannalta erityisasemassa, koska ne ovat jokapäiväisiä, osittain havaittavia ilmiöitä, mutta niiden havainnollinen esittäminen ymmärrettävästi on hankalaa. Planetaaristen ilmiöiden oppiminen asettaakin opetusmateriaaleille ja opettajalle erityisiä vaatimuksia. Ojala väittääkin, että

Planetaaristen ilmiöiden oppiminen ja ymmärtäminen on mahdotonta ilman kuvia ja kolmiulotteisia malleja, jotka synnyttävät visuaalisia mielikuvia ajattelun tueksi. Koska arkihavainnot antavat planetaarisista ilmiöistä virheellisen käsityksen, erityisen tärkeitä ovat sellaiset kuvat, jotka synnyttävät arkikäsitteille vastakkaisia mielikuvia, jotka muuttavat aikaisempia käsityksiä. (Ojala 1997, 39.)

Ojala (1997) on todennut jo kymmenen vuotta sitten tutkimuksessaan planetaaristen ilmiöiden esittämisen maantiedon sekä ympäristö- ja luonnontieteen oppikirjoissa puutteelliseksi. Uuden opetussuunnitelman (2004) myötä kustantajat ovat uudistaneet oppikirjansa opetussuunnitelman perusteiden vaatimuksien mukaisiksi. Ajan kulusta ja opetussuunnitelman uudistuksista huolimatta oppikirjoista löytyy edelleen samoja puutteita, mistä Ojala raportoi jo kymmenen vuotta sitten. Käsittelemme seuraavaksi muutamia oppikirjoista nousseita puutteita, jotka otimme huomioon opetuksen apuvälinettä suunniteltaessa.

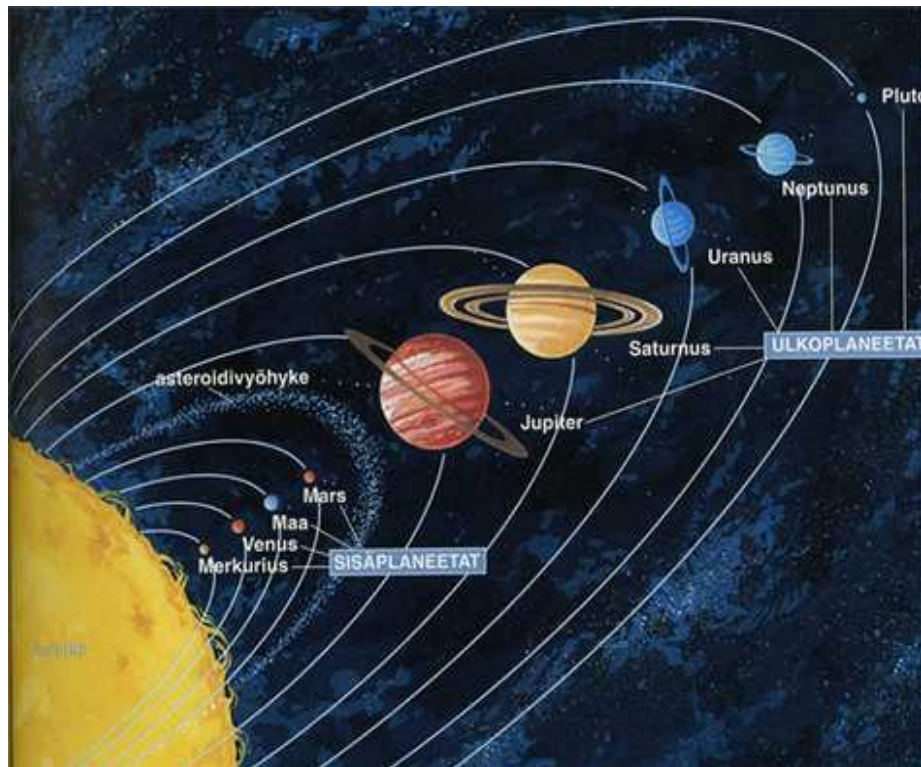
Ojalan mukaan planetaariset ilmiöt (maan lämpövyöhykkeet, vuodenaajat sekä yön ja päivän vaihtelu) on mahdollista ymmärtää luonnontieteellisellä tavalla tiettyjen

perustietojen avulla. Näitä perustietoja ovat Maan ja Auringon keskinäinen kokosuhde, Maan etäisyys Auringosta ja kiertoradan elliptisyys, Maan pyöriminen akselinsa ympäri sekä sen kiertoliike Auringon ympäri, Maan pallonmuotoisuus ja Maan akselin kaltevuuskulma. (Ojala 1997, 29.)

3.3.1 Auringon ja Maan kokosuhde sekä niiden välinen etäisyys

Ojalan (1997) mukaan Auringon ja Maan mittasuhteita tulisi verrata toisiinsa halkaisijan, tilavuuden ja massan suhteen sekä konkretisoida kokoeroa toisessa mittakaavassa, jotta Auringon todellinen koko verrattuna Maahan tulisi selväksi. Todellisuudessa Auringon halkaisija on 1,32 miljoonaa kilometriä ja Maan halkaisija on 12 765 kilometriä. Auringon halkaisija on siten noin 109 kertaa maan halkaisijaa suurempi. Aurinko on tilavuudeltaan yli miljoona kertaa Maan kokoinen. Auringon massa on 330 000-kertainen Maan massaan verrattuna. (Ojala 1997, 44.)

Ongelmana vertailussa on käsittämättömän suuret luvut. Vertailevan analogian kautta kyseiset luvut voisi tuoda oppilaille ymmärrettävämpään muotoon, kuten Ojala ehdottaa. Havainnollistaminen kuvien avulla on toinen keino. Ongelmana havainnollistamisessa näyttäisi kuitenkin olevan oppikirjojen kuvat, jotka vääristävät Maan ja Auringon kokosuhdetta ja niiden välistä etäisyyttä. Auringon ja maapallon sovittaminen samaan kuvaa samassa mittakaavassa on haastavaa niiden valtavan kokoeron ja etäisyyden takia. Kuvion 1 kuvassa on havainnollistettu hyvin Auringon ja Maan valtava kokoero, mutta etäisyyden havainnollistaminen samassa kuvassa ei ole mahdollista.



Kuvio 1. Auringon koko verrattuna aurinkokuntamme planeettoihin. (Koulun ympäristötieto 6, 111)

Auringon Maan välinen etäisyys on todellisuudessa n. 150 miljoonaa kilometriä, joten sen havainnollistamiseen ei riitä oppikirjan aukeama, vaikka maapallo olisi nuppineulan pään kokoinen. Etäisyyden selventäminen on kuitenkin mahdollista analogian avulla:

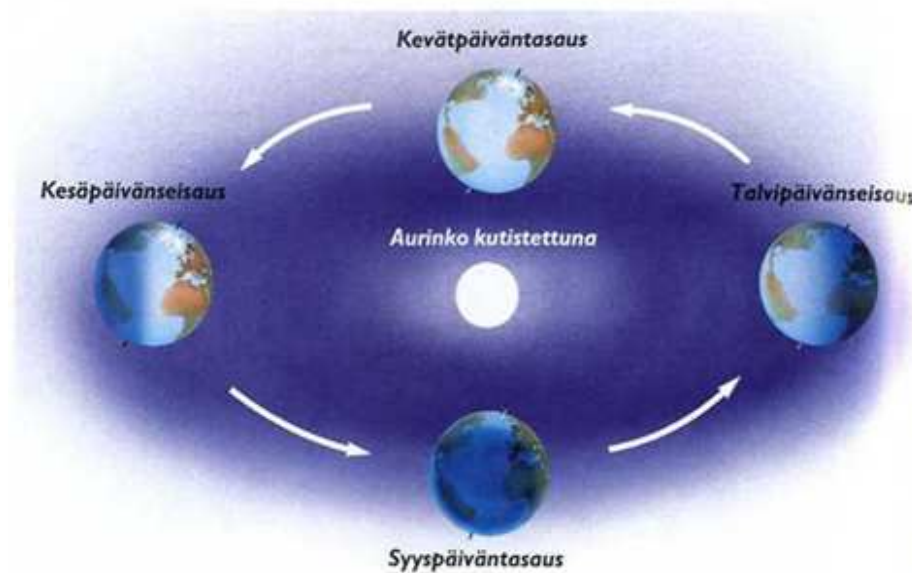
Valonsäteen matka Auringosta Maahan kestää kahdeksan minuuttia (--)
 [valonnopeus mainittu aikaisemmin tekstissä] Jos Aurinkoon voisi ajaa moottoritietä pitkin, matkaan kuluisi henkilöautolla 200 vuotta.
 (Luonnonkirja 5, 75)

Auringon ja Maan valtava kokoero ja etäisyys toisistaan aiheutti päänvaivaa myös meille telluurin suunnittelu- ja rakentamisvaiheessa. Palaamme tekemiimme ratkaisuihin myöhemmin.

3.3.2 Maan kiertoradan muoto

Maapallon etäisyys Auringosta vaihtelee 147,1–152,1 miljoonan kilometrin välillä keskietäisyyden ollessa n. 150 miljoonaa kilometriä. Etäisyyden vaihtelu on kuitenkin niin pieni, että Maan kiertoradan muoto poikkeaa todellisuudessa vain hyvin vähän ympyrästä. (Karttunen & Sarimaa 2003, 57.) Itse asiassa poikkeama on sen verran vähäinen, että piirrettynä mittakaavaan Maan rata muistuttaa ympyrää. Ojala (1997, 44) huomauttaa, että oppikirjojen kuvissa Maan kiertoradan elliptisyyttä on yleensä korostettu, jotta elliptisyys olisi ylipäänsä mahdollista havaita. Oikean käsityksen kiertoradan muodosta antaisi kuitenkin harpilla piirretty ympyrä, koska Maan kiertorata eroaa ympyrästä niin vähän, että ero lähes sisältyy viivan paksuuteen.

Oppikirjojen kuvat välittävät edelleen kuvaa selkeästi elliptisestä kiertoradasta (ks. kuvio 2). Maan kiertoradan elliptisyyttä korostaa vielä entisestään sivuperspektiivi, josta kiertorataa useimmiten kuvataan. Maan kiertoradan ymmärtäminen selkeästi elliptiseksi aiheuttaa virhekäsityksiä liittyen vuodenaikojen syntyyn. Yleinen virhekäsitys syntyy, kun maapallon ajatellaan olevan kesällä lähempänä Aurinkoa kuin talvella. Tällainen ajattelutapa johtaa käsitykseen kiertoradan muodosta vuodenaikojen aiheuttajana. Tutkimusten (mm. Atwood & Atwood 1996; Kikas 1998, 2004; Ojala 1992, 1997) mukaan kyseinen väärinkäsitys on varsin yleinen. Todellisuudessa Maa on lähimpänä Aurinkoa keskimäärin tammikuun 4. päivänä, jolloin pohjoisella pallonpuoliskolla on talvi, ja lähimpänä noin heinäkuun 4. päivänä, joten vuodenaajat eivät voi johtua etäisyyden vaihtelusta (Karttunen & Sarimaa 2003, 57).



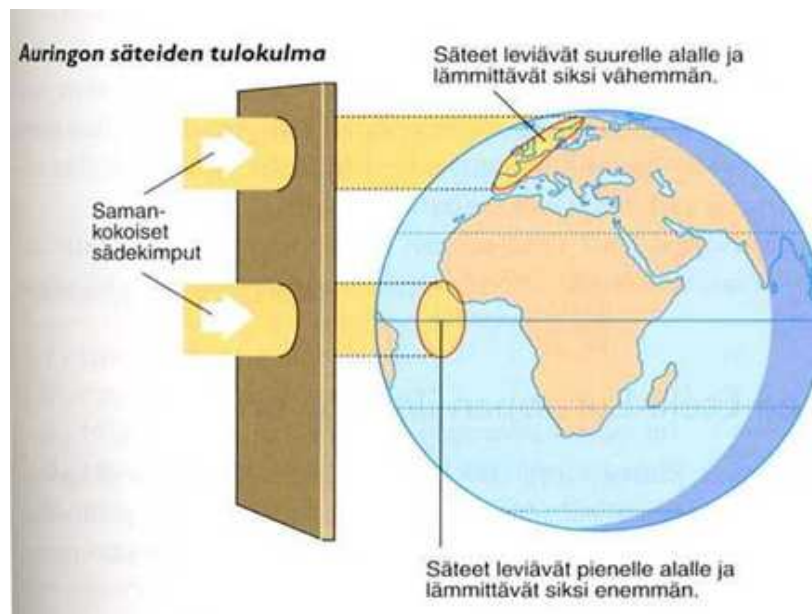
Kuvio 2. Maapallon vuotuinen kierto Auringon ympäri. (Luonnonkirja 5, 86)

3.3.3 Maan pallonmuotoisuuden ja akselikulman merkitys

Vuodenaikojen vaihtelu aiheutuu Maan pallomaisesta muodosta ja sen asennosta suhteessa Aurinkoon (Karttunen & Sarimaa 2003, 58). Maan asento suhteessa Aurinkoon vaihtelee vuoden aikana Maan kiertäessä Aurinkoa hieman kallistuneessa asennossa ($23,5^\circ$). Maan akselikulman ollessa kallistuneena aina samaan suuntaan suhteessa kiertoradan tasoon, vuoroin pohjoinen ja vuoroin eteläinen pallonpuolisko on vuoden aikana kallistuneena kohti Aurinkoa.

Jos maapallon akseli olisi kohtisuorassa ekliptikaa eli Maan radan tasoa vastaan ja ekliptikan kaltevuus siten nolla, Auringon näennäinen rata taivaalla olisi kullakin paikkakunnalla aina sama ja päivän pituus olisi sama kaikkialla. Tällöin ei vuodenaikojen vaihtelua olisi, vaan ilmasto riippuisi pelkästään leveysasteesta. Jos maapallon akseli olisikin Maan radan kanssa samassa tasossa, vuodenaikojen vaihtelu olisi äärimmäistä. Sekä pohjoinen että eteläinen napa-alue kylpisi Auringon valossa vuorotellen puolen vuoden ajan ja toiselle pallonpuoliskolle ei vastaavasti Aurinko paistaisi pitkiin aikoihin. (Karttunen & Sarimaa 2003, 58).

Arkikielessä sanotaan Auringon säteiden tulevan loivasti tai jyrkästi, sekä Auringon olevan matalalla tai korkealla. Todellisuudessa auringonsäteet saapuvat maapallolle täsmälleen samasta suunnasta (ks. kuvio 3). Ojalan mukaan ensimmäinen askel Maan pallonmuotoisuuden merkityksen ymmärtämiseksi on tiedostaa, että Auringon säteet saapuvat täsmälleen samasta suunnasta maapallolle. Mitä korkeammalla leveyspiirillä ollaan, sitä loivemmin Auringon säteet kohtaavat maanpinnan, koska Maa on pallonmuotoinen. Tämän takia sama energiamäärä jakautuu laajemmalle alueelle. (Ojala 1997, 63.)

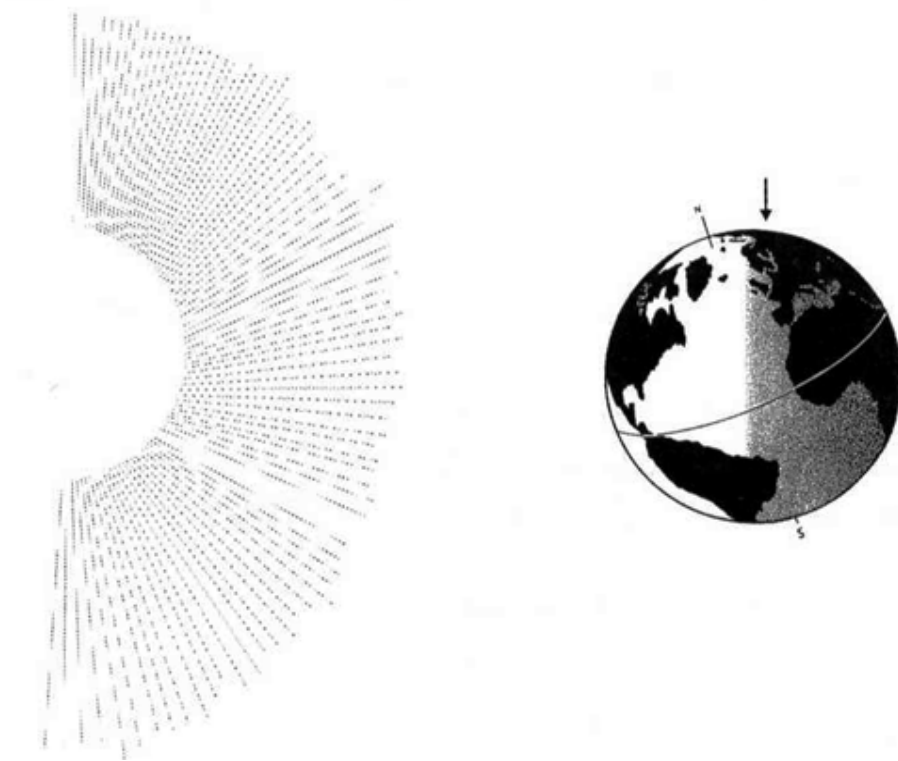


Kuvio 3. Pallonmuotoisuuden vaikutus Auringon energiamäärän jakautumiseen Maan pinnalla. (Luonnonkirja 5, 111)

Havainnollistavien kuvien avulla on mahdollista osoittaa selkeästi Auringon energiamäärän jakautuminen Maan pinnalle. Tosin kyseinen kuva ei vastaa todellista tilannetta, koska maapallo näyttäisi tässä olevan täysin pystyasennossa. Kuvion 3 kuvan ongelmana on lisäksi Maan pallonmuotoisuudesta johtuvan etäisyyden korostuminen. Kuvan ylempi sädekimppu näyttää joutuvan kulkemaan selkeästi pidemmän matkan kuin alempi sädekimppu saavuttaakseen Maan pinnan. Todellisuudessa, Auringon ollessa 150 miljoonan kilometrin päässä Maasta, kuvassa näkyvällä etäisyyserolla ei ole juurikaan merkitystä Auringonsäteiden lämmitystehtoon.

Maapallon pinnalle saapuva lämpömäärä riippuu kolmesta tekijästä, jotka kaikki puolestaan ovat seurausta Auringon näennäisestä suunnasta. Ensimmäkin matalalta paistavan Auringon säteily heikkenee joutuessaan kulkemaan pitemmän matkan ilmakehän lävitse. Toiseksi sen säteet kohtaavat maanpinnan vinosti, joten pinta-alayksikölle osuu vähemmän säteilyä. Kolmas tekijä on päivän pituus: kesän pitempinä päivinä Aurinko lämmittää maanpintaa kauemmin kuin talvella. Kaikki edellä mainitut tekijät korostuvat sitä suuremmiksi, mitä kauempana päiväntasaajasta ollaan. (Karttunen & Sarimaa 2003, 59). Tärkein yksittäinen tietyn alueen lämpömäärään vaikuttava tekijä edellä mainituista on kulma, jossa Auringon säteet saapuvat Maan pinnalle. Toisin sanoen, mitä lähempänä napa-alueita ollaan, sitä pienemmässä kulmassa Auringon säteet tulevat.

Oppikirjoissa on tarjolla paljon myös kuvia, jotka antavat virheellisen käsityksen Auringon säteiden tulokulmasta (ks. kuvio 4). Kuvassa Auringon säteiden tulokulma vääristyy, koska Aurinko on kuvattu samassa kuvassa ja samankokoisena kuin maapallo. Kuvion 4 kuvan kaltaiset virheet voidaan välttää jättämällä Aurinko kokonaan pois kuvasta ja kuvaamalla ainoastaan säteitä, jotka tulevat Auringosta.



Kuvio 4. Virhekäsityksiä Auringon säteiden tulokulmasta aiheuttava kuva.

(Luonnonkirja 5, Tehtävävihko, 64)

Ojala on eritellyt väitöskirjassaan hyvän oppikirjan ominaisuuksia. Hänen mukaansa hyvä oppikirja tarjoaa riittävät perustiedot. Kirja ottaa huomioon oppilaiden edellytykset. Se tapahtuu pelkistysten ja yksinkertaistusten kautta. Lisäksi kirjan tulisi syventyä ymmärryksen kehittymisen kannalta. (Ojala 1997.) Hyvässä havaintovälineessä tai mallissa on paljon samaa kuin hyvässä oppikirjassa. Havaintovälinettä suunniteltaessa on kuitenkin otettava huomioon tarkemmin fyysisen ympäristön rajoitukset. Olennaisen esittämiseksi saattaa joutua tekemään jopa koviakin valintoja eri elementtien osalta.

3.4 Tutkimuksia virhekäsitysten ehkäisemiseksi ja muuttamiseksi

Bailey ja Slater (2004) käsittelevät kirjallisuuskatsauksessaan laajasti planetaaristen ilmiöiden opetukseen liittyvien tutkimusten historiaa ja saavutuksia. Isommassa

mittakaavassa olevien 3-ulotteisten opetuksen apuvälineiden valmistaminen ja testaaminen näyttäisi kirjallisuuskatsauksen perusteella jääneen varsin olemattomaksi. Muutamissa tutkimuksissa on käytetty opetuksen (Taylor, Barker & Jones 2003) tai haastattelun (Atwood & Atwood 1995, 1996; Schoultz ym. 2001) apuna yksinkertaisia telluuriin viittaavia laitteita. Tietokoneavusteisia virtuaalisia opetusympäristöjä on myös kehitelty viime vuosina (esim. Barab, Hay, Barnett & Keating 2000; Bakas & Mikropoulos 2003; Hansen 2004). Lisäksi oppilaan ennakkokäsitykset huomioon ottavien opetusmenetelmien avulla on tutkimustulosten mukaan pystytty jonkin verran parantamaan oppimistuloksia (esim. Diakidoy & Kendeau 2000; Taylor ym. 2003). Käsittelemme seuraavaksi tarkemmin muutamia, meidän työn kannalta olennaisia, opetusmenetelmiä ja opetuksen apuvälineitä.

Kikas (1998) on toteuttanut astronomiaopetusta käsittelevien tutkimusten joukossa poikkeuksellisen pitkittäistutkimuksen. Pitkittäistutkimusta aiheesta ovat tehneet myös esim. Tsai ja Chang (2005), joilla samoilla oppilailla tehtyjen mittausten väli oli kahdeksan kuukautta. Kikasin samojen oppilailla tehtyjen mittausten aikaväli on peräti neljä vuotta. Olennainen kysymys tutkimuksessa oli, opitaanko opetettu asia osaksi arkielämän tietorakenteita vai muistetaanko se vain hetken. Kikas havaitsi, että ensimmäisellä testauskerralla kahden kuukauden opetuksen jälkeen asiat olivat vielä hyvin muistissa, mutta oppilaat eivät etsineet vastauksia omista kokemuksista, vaan vastaukset noudattelivat oppikirjojen ilmaisua. Neljän vuoden päästä tehdyssä loppumittauksessa tiedot olivat koulun asettamalla vaatimustasolla, vaikka tieteelliset määritelmät ovat unohtuneet. Oppilaat ilmeisesti yrittävät muistaa, mitä on opetettu, mutta sekoittavat arkihavainnot muistamiensa tieteellisten tiedonpalasten sekaan. Lopputuloksena Kikas toteaa selitysten taantuneen merkittävästi muistuttamaan pienten lasten vastaavia. Kikas epäilee tietojen unohtumisen syyksi perinteistä oppikirjoihin vahvasti tukeutuvaa opettajakeskeistä opetusta.

3.4.1 Perinteinen kirjaopetus ja ennakkokäsitykset huomioiva opetus

Perinteisen oppikirjaopetuksen korvaamiseksi tutkijat ovat kehitelleet opetusmenetelmiä, jotka perustuvat vahvasti konstruktivistiseen oppimiskäsitykseen.

Kehitetyt opetusmenetelmät ottavat huomioon oppilaiden aikaisemmat tietorakenteet ja pyrkivät auttamaan oppilaita rakentamaan ymmärrystä asiasta oman tekemisen kautta. Diakidoy ja Kendeau (2000) tutkivat vertailevalla asetelmalla kahta astronomian opetusmenetelmää: perinteistä oppikirjaopetusta ja ennakkokäsitykset huomioivaa opetusta. Tutkimus osoitti ennakkokäsitykset huomioivaa opetusta saaneiden oppilaiden tulosten parantuneen merkittävästi, kun taas perinteistä oppikirjaopetusta saaneiden oppilaiden oppimistulokset paranivat vain hieman. Perinteistä oppikirjaopetusta saaneiden ryhmässä oli lisäksi havaittavissa taantumista oppimistuloksissa. Kysymykseen maapallon muodosta alkutestissä vastasi oikein 80 % vastaajista, kun lopputestissä oikein vastanneiden osuus oli vain 22 %.

Taylor ym. (2003) kehittivät nelivaiheisen planetaaristen ilmiöiden opetusmenetelmän, jota he testasivat 7-8-vuotiaiden oppilaiden opetuksessa. Huomion arvoista tutkimuksessa oli oppilaiden mentaalimallien tiedostaminen, vaiheittainen kehittäminen ja ennen kaikkea projektin aikana oppilaille kehittyneiden mallien testaaminen. Omien ja muiden oppilaiden kehittämien mallien kriittinen tarkastelu oli olennaisena osana interventiota. Opettaja käytti opetuksessa apuvälineenä jonkinlaista telluuria, jonka kriittinen tarkastelu eri tilanteissa auttoi oppilaita ymmärtämään sekä ilmiöitä että mallien luonnetta. Mielenkiintoista on myös se, että Taylorin ym. kehittämä opetusinterventio piti sisällään 12 oppituntia, jotka pidettiin 16 vuorokauden aikana, kun taas meidän opetustuokiomme kesti ainoastaan noin 50 minuuttia. Tutkimuksemme tulokset ovat osittain vertailukelpoisia Taylorin ym. vastaavien kanssa, koska otokset olivat samaa kokoluokkaa ja muutamat kysymykset vastasivat melko tarkasti toisiaan. Vertailemme tutkimustuloksia pohdinta osiossa.

3.4.2 Virtuaaliset oppimisympäristöt

Tietokoneiden käyttö opetuksen apuna on lisääntynyt viimeisien vuosikymmenien aikana. Tutkimuksia tietokoneohjelmien käytöstä opetuksen apuvälineinä planetaaristen ilmiöiden havainnollistamisessa on tehty muutamia (esim. Barab, Hay, Barnett & Keating 2000; Bakas & Mikropoulos 2003; Hansen 2004). Tulokset ovat

olleet pääsääntöisesti positiivisia ja kannustavia, mutta varsinaista läpilyöntiä ei tietääksemme ole tällä alueella vielä tehty. Hansen (2003, 1573) toteaaakin teknologisten opetuksen apuvälineiden kehityksen olevan vasta alussa ja vaativan lisää tutkimista. Sekä Hansenin (2003) että Barabin ym. (2000) tutkimukset käsittelivät projektia, jossa yliopisto-opiskelijat rakensivat virtuaalisen tietokoneohjelman avulla oman mallin Maa-Aurinko-systeemistä.

Bakas ja Mikropoulos (2003) kehittivät tutkimuksessaan virtuaalisen kolmiulotteisen oppimisympäristön planetaaristen ilmiöiden opettamisen avuksi. Tutkijat saivat virtuaalisesta oppimisympäristöstä oppilailta myönteistä palautetta ja oppimistulokset olivat enimmäkseen positiivisia. Oppilailla näytti kuitenkin olevan ongelmia Maan kiertoradan muodon selvittämisessä. Hansen (2003, 1573) raportoi puolestaan tutkimuksessaan opiskelijoiden ongelmista hahmottaa syitä vuodenaikojen vaihtelun takana.

Bakas ja Mikropoulos (2003) kartoittivat, ennen virtuaalisen tietokoneohjelman kehittämistä, kyselyn avulla 11-13 -vuotiaitten oppilaiden virhekäsityksiä liittyen Auringon ja Maan liikkeisiin, yön ja päivän vaihtumiseen sekä vuodenaikojen vaihteluun. Käytimme oman kyselykaavakkeemme tekemisessä apuna Bakasin ja Mikropouloksen käyttämiä kysymyksiä, joten pystymme vertaamaan saamiamme tuloksia heidän tuloksiinsa.

3.4.3 Konfliktikartta (Conflict Map)

Käsittekartat ovat yleinen ja yksinkertainen tapa opettaa oppilaita ymmärtämään. Konfliktikartta on eräänlainen käsittekartta virhekäsitysten ja tieteellisen tiedon ristiriidasta. Planetaaristen ilmiöiden oppimisen välineenä konfliktikarttaa ovat käyttäneet Tsai ja Chang (2005). He vertailivat vuodenaikojen syitä perinteisen luokkaopetuksen ja konfliktikarttapohjaisen opetuksen välillä. Tutkimuksen viimeinen mittaushaastattelu suoritettiin kahdeksan kuukauden kuluttua opetuksesta. Siinä konfliktikarttatekniikkaa käyttänyt luokka pärjäsi paremmin kuin

verrokkiryhmä. Siitä huolimatta Tsai ja Chang (2005, 1089) raportoivat, että oppilaille normaalisti yleistä etäisyysvirhekäsitystä vuodenaikojen syyksi esiintyi opetuksen jälkeenkin. Erityistä huolta Tsai ja Chang kantavat oppilaista, jotka tyytyvät opettelemaan tieteelliset faktat ulkoa. Heidän havaintojensa perusteella nämä oppilaat taantuvat varmimmin tieteellisistä tiedoista virhekäsityksiin. Oppilaiden rohkaiseminen tarkkailemaan ja kyseenalaistamaan virhekäsityksiään esittämällä havainnollisia perusteita niiden virheellisyydestä ts. kognitiivisen konfliktin luominen on ollut myös meidän tutkimuksen keskeisiä lähtökohtia.

4 Tutkimusprosessi

4.1 Tutkimusongelmat

Tutkimuksemme tarkoituksena oli suunnitella ja valmistaa peruskoulun planetaaristen ilmiöiden opetukseen apuväline sekä tutkia sen toimivuutta käytännössä. Tutkimuksemme pääongelma muotoiltuna yhteen lauseeseen on: **Voiko konkreettisella, kolmiulotteisella Maa-Aurinko-suhdetta havainnollistavalla telluurilaitteella edistää planetaaristen ilmiöiden ymmärrystä ja oppimista?**

Vastausta pääongelmaan lähdimme selvittämään seuraavien alaongelmien kautta:

- Minkälainen on mahdollisimman toimiva, havainnollinen ja käytännöllinen opetusväline Auringon ja Maan suhteen esittämiseen?
- Millaisia asioita konkreettista mallia tai havaintovälinettä suunniteltaessa tulee ottaa huomioon?
- Mistä asioista voi/on pakko tinkiä ja mitä voi yksinkertaistaa mallia tehtäessä ilman, että syntyy vääriä mielikuvia? Mistä asioista ei voi tinkiä?
- Mitä asioita tulee huomioida mallin avulla opetettaessa? Mitä pitää kertoa mallin lisäksi?
- Mitä hyötyjä/haittoja on konkreettisesta 3-ulotteisesta laitteesta verrattuna muihin opetuksen apuvälineisiin?

4.2 Tutkimusmenetelmät

Aikaisemmista tutkimustuloksista saadun tietopohjan varaan rakentunut laitteen suunnitteluprosessi on merkittävä osa tutkimusmetodiikkaamme. Suunnittelusta olemme pitäneet prosessipäiväkirjaa. Siitä on poimittu työskentelyn eri vaiheisiin liittyviä lainauksia. Aineiston keruu tapahtui alkutesti-interventio-lopputesti –

menetelmällä. Opetuksellisen intervention toimivuuden mittaamiseksi olemme käyttäneet strukturoitua kysymyslomaketta (liite 1), jossa on lisäksi kaksi avointa kysymystä. Alkutesti ja lopputesti on toteutettu käyttäen samaa em. kysymyslomaketta. Tutkimushypoteesiksemme asetimme interventiotutkimukselle tyypillisen lähtökohdan, vaikuttaako suoritettu interventio jollakin tavalla oppilaiden osaamiseen. Sen kanssa vastakkainen nollahypoteesi siis toteaa, että intervention vaikutus on minimaalinen tai sattumanvarainen eikä planetaaristen ilmiöiden oppiminen ole tässä tapauksessa kehittynyt mihinkään suuntaan. Tutkimuskyselyn tuloksia on analysoitu tilastollisesti ja laadullisesti. Tarkemmat tiedot tutkimusjoukosta ja käytetyistä analyysimenetelmistä löytyvät kulloinkin käsiteltävän asian yhteydestä seuraavista luvuista.

5 Telluurin valmistusprosessi

Tässä osassa tekstiämme peilaamme telluurin valmistusprosessia tuotesuunnitteluun liittyvään teorian tietoon. Samalla tuotteen ja ajattelumme eri vaiheita kuvailemme käyttämällä lainauksia prosessipäiväkirjasta, jota pidimme työn edetessä. Taulukossa 1 on kuvaus suunnittelu- ja valmistusprosessin kulusta tiivistetyssä muodossa.

Taulukko 1. Telluurin suunnittelu ja valmistusprosessi.

Ajankohta	Prosessin eteneminen
alkukevät 2006	Planetaarisia ilmiöitä koskevan tiedon hankinta ja laitteen suunnittelu alkaa.
loppukevät 2006	Ensimmäinen prototyyppi valmistuu.
alkusyksy 2006	Hankitaan lisää tietoa ja kehitellään ideoita.
loppusyksy 2006	Varsinaisen telluurilaitteen valmistus alkaa osin kierrätysmateriaalein. Käytössä on vanha karttapallo ja pöytävalaisin sekä mekaniikkaosia.
alkukevät 2007	Teknisten harha-askelien jälkeen ensimmäinen versio maapallon alustana toimivasta ratkaisusta valmistuu. Tilaamme lisää materiaaleja ja osia mahdollistamaan suunnittelussa syntyneitä ajatuksia.
loppukevät 2007	Auringon valoa kuvaava varjostinosa valmistuu. Suoritamme ensimmäiset testit pyörimisliikkeiden sovittamiseksi yhteen. Kehitämme ratkaisun pyörittää maapalloa sisältäpäin.
alkusyksy 2007	Koko laitteen kaikkia osia testataan ensimmäistä kertaa yhdessä. Aikaisemmin tehtyjä laskelmia ja niiden virheitä korjataan.
loppusyksy 2007	Ratkaisut viimeistellään ja opettamisen kannalta merkityksetön osa ulkoasua muokataan mahdollisimman neutraaliksi. Laitteen käyttövarmuus hiotaan äärimilleen. Käyttämisen helpottamiseksi laitteelle rakennetaan kantolaatikko. Laitetta testataan keskeisenä osana oppilaiden kanssa toteutettavaa opetustuokiota.

Laitteen suunnittelu alkoi teknisen työn ja teknologiakasvatuksen sivuaineopintokurssilla Teknologiaa integroiva kokonaisuus- nimisellä opintojaksolla keväällä 2006. Saimme tuolloin tietää, että tämäntyyppiselle laitteelle voisi olla tarvetta. Keskeisenä ajatuksena oli opettaa planetaariset ilmiöt mahdollisimman oikein ja havainnollisesti. Ensimmäiseksi meidän tuli selvittää itsellemme ilmiön perusteet, joista lähteä liikkeelle. Oikeat ja virheelliset mielikuvat ilmiöstä risteilivät ajatuksissa vielä

yhtenä sekasotkuna. Asetimme vaatimustason korkealle: pyrimme eliminoimaan mahdollisimman paljon virhekäsityksiä luomatta uusia laitteen tekniikkaan liittyviä harhaanjohtavuuksia. Alusta alkaen oli selvää, että tavoitteen saavuttamiseksi tarvittaisiin designia. Tässä yhteydessä ei tarkoiteta mielikuvissa helposti designin liitettävää ulkoisen ilmeen suunnittelua. Sen sijaan paremmin sopii designin määrittely tuotesuunnitteluksi. Friedman (2003, 507–508) on yhdistellyt ja koonnut aikaisempia määritelmiä sanalle *design*. Määritelmät huomioivat Friedmanin mukaan kolme pääkohtaa 1) Sana design viittaa prosessiin. 2) Prosessi on tavoitteellinen. 3) Designin tai suomalaisittain suunnittelun päämäärä voi olla ongelmanratkaisu, tarpeiden kohtaaminen, tilanteen parantaminen tai jonkin uuden ja ehkä käytännöllisen luominen. Nämä designin määritelmät sopivat hyvin lähtökohtiimme.

5.1 Prototyypit osana laitteenrakennusta

Edellä mainitun teknisen työn sivuainekurssin puitteissa kevään 2006 aikana saimme suunniteltua alkuperäisiä ideoita eteenpäin ja pohdittua mahdollisia ongelmia. Oikeastaan ongelmia ei tarvinnut erikseen tässä vaiheessa vielä etsiä. Osa niistä paljastui saman tien idean tai ratkaisun keksimisen jälkeen. Osa ongelmista tuli ilmi kynän ja paperin kanssa suunnitellessamme ja ideoita synnyttäessämme. Kaikenlaiset suunnittelulliset ajatukset, jotka on tavalla tai toisella tuotettu ulos mielestä voidaan tulkita prototyypeiksi. Yang ja Epstein (2005, 650) määrittelee *prototyypin* suunnitteluajatuksen ruumiillistumaksi. Prototyyppi voi olla mitä tahansa luonnospiirroksen ja lähes valmiin kolmiulotteisen rakennelman välillä. Tärkeää on se, että prototyyppi esittää suunnittelullista ajattelua. Määritelmän mukaan prototyyppi ei saa olla tuotantovaiheen tuote.

Yang ja Epstein (2005, 651) esittelee Ullmanin prototyypiluokituksen vuodelta 2003. Sen mukaan prototyyppejä voi luokitella tarkoituksen ja vaiheen perusteella neljään luokkaan: 1) ”Proof-of-concept”, jolla tuotteen suunnittelun alkuvaiheessa ymmärretään paremmin mitä lähestymistapaa tulisi käyttää. Toisin sanoen tällaiset prototyypit ovat hyvin varhaisia ajattelun havainnollistamisia. 2) ”Proof-of-product” –prototyyppi selventää jo suunnitelman fyysistä ulkoasua ja toteutuskelpoisuutta.

Tämän luokan prototyyppi voi olla rakennettu eri materiaaleista kuin lopullinen tuote on tarkoitus rakentaa. 3) ”Proof-of-process” osoittaa, voiko tiettyjen tuotantotapojen ja materiaalien avulla saada aikaan halutun tuotteen. 4) ”Proof-of-production” on laitteiston lopullinen testiajo, joka demonstroi koko tuotantoprosessin tehokkuutta.

Kurssin lopulla saimme valmistettua lukuisten suunnitteluhetkien, kokeilujen ja ongelmanratkaisujen jälkeen ensimmäisen monia rakenneratkaisuja sisältäneen kokonaisen prototyypin. Yangin ja Epsteinin mukaan prototyypillä voidaan saavuttaa monia etuja. Prototyyppien valmistus voi vähentää suunnittelullisia riskejä ilman täydellisen tuotannon vaatimaa aika- ja rahasijoitusta. Prototyypeillä saa konkreettisia vastauksia suunnitelmasta. Prototyypeillä on mahdollista kommunikoida ideoita tai vertailla erilaisia ratkaisuja. (Yang & Epstein 2005, 649) Prototyypimme paljasti heti olemassa olonsa alkutaipaleella uuden ongelman, jolla tiesimme olevan suuren vaikutuksen kaikkiin myöhempisiin ratkaisuihin. Maapallon akselin nimittäin tulee koko ajan osoittaa samaan suuntaan, jotta vuodeaikojen vaihtelu olisi mahdollista havainnollistaa. Tämän vuoksi kehitimme ratkaisun, jossa vastapäiväisellä pyörimisliikkeellä kompensoidaan maapallon myötäpäivään pyöriminen Auringon ympäri. Ilman tätä korjausliikettä maapallon akselin suunta vaihtuisi maapallon liikkeessä Auringon ympäri.

Työskentelyyn palatessa olimme kumpikin haalineet vanhoja tavaroita, joista irrotettuja osia olisi mahdollista hyödyntää tuotteen ratkaisuissa. Luonnollisesti paljon oli unohtunut. Onneksi prototyypimme oli kuitenkin muistuttamassa jo tehdyistä ratkaisuista. Jo keksityistä ratkaisuista huolimatta ryhdyimme kehittämään uusia, ehkä parempia. Tämä johti moninaisiin harharetkiin esim. radio-ohjattavan teknologian, legojen ja vaihtoehtoisten virtalähteiden parissa. Syksyn 2006 muutaman työskentelykerran aikana mietimme Maan pyörittämisen tekniikan, vaihdeltavan akselikulman ja valonlähteen ratkaisuja. Ideoiden runsautta kuvaa hyvin prosessipäiväkirjan ote 13.12.2006:

Maapallon akselikulman kallistustoiminnon ja pyörimisliiketoiminnon yhteensovittamisen pätkäilyä. Kehittelimme mielissämme ja paperilla mallia, jossa akselikallistus tapahtuisi maapallon sisällä, näkymättömissä. Ajatuksen yhteensovittaminen maapallon pyörimisliikkeen kanssa

osoittautui kuitenkin mahdottomaksi toteuttaa käytännössä. Palasimme perusajatukseen, jossa akseli läpäisee maapallon ja kiinnittyy nivelellä pystysuoraan putkeen. Akselikulmaa voidaan siten vaihtaa pystyputken ja akselin välisestä kiinnityskohdasta. Lisäyksenä vanhaan malliin kehitelimme mallia, jossa maapallon sisällä, akseliin kiinnitettynä, olisi jonkinlainen vauhtipyörä, joka antaisi vauhtia akselistä irralliselle maapallon kuorelle.

Kevään 2007 aikana työskentelimme tiiviimmällä tahdilla. Kaksiosaisen laitteemme maapallo-osan kehittäminen ei alussa saanut oikein tuulta purjeisiin. Keskityimme sillä välin työstämään laitteen toista osaa eli Aurinkoa tai suuresta mittakaavasta johtuen pelkästään Auringon säteitä kuvaavaa laitetta. Asiantuntemusta alkoi kertyä ja se tarkoittaa ideoiden tasolla paluuta yksinkertaisimpiin ratkaisuihin, sillä ne ovat yleensä toimivimpia. Valonlähteemme kanssa oli tärkeää kyetä kohdistamaan se oikein. Emme halunneet hajavaloa häiritsemään. Työnteon eteenpäin viemiseksi ja uusien ratkaisujen mahdollistamiseksi oli myös tilattava lisää osia. Pikkuhiljaa kevään edetessä osaratkaisuja syntyi ja niiden mukana aina uusia ongelmia. Niitä kuvaa yhden ratkaisun aiheuttama kysymysten tulva prosessipäiväkirjan ote 13.2.2007:

Syntyi ajatus auringon pyörivän alustan toteuttamisesta polkupyörän kuulalaakeroidun keskiön avulla. Hankimme vanhan pyörän renkaan, josta otimme keskiön "parempaan käyttöön". Keksintö tuotti tai muistutti mieleen taas uusia ongelmia. Miten virtajohto tulee kulkemaan? Kestäkö putki, jonka sisään virtajohto voisi pujottaa? Tuleeko laitteen sijaita pöytien päällä, jotta sitä voitaisiin käyttää.

Alusta loppuun oli noudatettava työskentelyllistä ajatusta siitä, mitä pysyvämpi tai hankalammin korjattava vahinko jollakin ratkaisulla aiheutetaan, sen tarkemmin se tulee suunnitella kaikki näkökohdat huomioiden. Välillä koimme todellisia onnistumisen kokemuksia ja välillä suuriakin takapakkeja. Onnistumisen elämyksen tunteen välittävät prosessipäiväkirjan otteet 13.3.2007:

Aurinko alustoineen on teknisiltä ratkaisuiltaan nyt valmis. Työstettävänä on enää hienosäätöä ja ulkoasua. On se mukava saada jotain konkreettista aikaiseksi ja huomata todella edistyvänensä. Tänään keskityimme alustan ratkaisun luomiseen ja tekemiseen. Pyrimme tasapainaisuuden ja tukevuuden takia mahdollisimman matalaan ja sopivan painavaan ratkaisuun. Tasapaino on kuitenkin haasteellinen asia teknisesti hallita. Se toi tekemiseen monia haasteita ja ongelmia.-- Työskennellessä on ideoiden vaihdon lisäksi runsaasti hyötyä ylimääräisestä käsiparista. Monesti tuntuu,

ettei yksinään työskennellen saisi tehtyä puoliakaan niistä asioista, joita kahdestaan saa aikaiseksi.

Haasteiden ottaminen ja voittaminen on yksi hienoimmista asioista joita olemme kokeneet telluurin suunnittelu- ja valmistus prosessin yhteydessä. Ehkä tätä osaa on nyt koettu vähän ajan tarpeiksi. Haasteellisuutta voi löytää taas kuukauden verran edettyämme prosessipäiväkirjan otteesta 14.4.2007:

Pitkään kehitelty ja pohdittu ratkaisu maapallon pyörittämiseksi maapallon sisäpuolelta sai uutta vauhtia onnistuneen muovihammastangon lämmitys/jäähdytys oivalluksen kautta. Taivutimme loput tarvittavat hammastangot pallon sisäpinnan muotoon lähes tehdasmaisella tehokkuudella ja tarkkuudella. Kontaktiimasimme ne kiinni pallon sisäpintaan. Ratkaisun toimivuuden testaukseen pääsemme vasta seuraavalla kerralla. Toivoa sopii hammastankoradan olevan täsmälleen pyöreä. Muussa tapauksessa ongelmia on luvassa. -- Työskentelykerran loppupuolella oli sellainen tunnelma, että saimmeko taas näin vähän aikaiseksi. Työvaiheen tärkeys ja uskomus työskentelyn onnistumisesta kuitenkin palautti uskoa etenemiseen.

Syksyllä jälleen aloittaessamme olimme päättäneet saada laitteen valmiiksi. Molemmilla oli nyt enemmän aikaa panostaa ja se näkyi siinä, että vietimme laitteen parissa joinakin viikkoina useita tunteja useina päivinä. Olimme mielestämme tekemässä viimeisiä viilauksia laitteen mekaniikkaan, kun esteeksi löytyi uusia ongelmia, mistä ote prosessipäiväkirjasta 2.10.2007:

Ei todellakaan ollut viimeisiä viilauksia. Nämä "viimeiset viilaukset" ovat jotenkin aina seuraavan ongelman alku. Akselikulmaa liikuttava pyörimisliike on edelleen liian nopea suhteessa maapallon kiertonopeuteen Auringon ympäri. Rattaiden kokoja ja lukumääriä vaihtamalla yritimme saavuttaa optimaalisen pyörimisnopeuden.

Näinkin pitkän mallintamisprojektin läpikäymällä voi löytää myös uusia pedagogisia näkökohtia. Esimerkin pedagogisen ajattelun kehittymisestä tarjoaa prosessipäiväkirjan ote 4.10.2007:

Pitkällinen ja tiivis työ laitteen parissa auttaa näkemään myös uusia pedagogisia näkökantoja. Esimerkiksi laitteemme maapallon ei ehkä tarvitsekaan pyörähtää akselinsa ympäri 360 kertaa yhden aurinkokierroksen (vuosi) aikana. Liian nopea pyöriminen saattaa huonontaa havainnollistamista.

Välillä eriydimme kahden henkilön yksiköstä työskentelemään yksittäin aikataulujen pakottaessa tai työvaiheen salliessa. Se muutti myös työskentelyn luonnetta. Tätä toisenlaista työskentelymalli kuvaa toisen poissa ollessa toisen yhteiseen prosessipäiväkirjaan kirjoittama ote 30.10.2007:

Viimeistely jatkuu. Tällä kerralla tein viimeistelyjä yksin. Huomasin työskentelyn olevan erilaista, kun en voinut ilmaista ajatuksiani ääneen, enkä saanut niistä välitöntä palautetta keneltäkään. Päätökset oli tehtävä yksin, tosin viimeistelyyn liittyvät päätökset eivät ole kovinkaan olennaisia. Toisinaan huomasin työskennellessäni, että ylimääräisestä käsiparista ei olisi haittaa.

Lopulta laitteemme oli valmis ja riittävän varmatoiminen testattavaksi oppilaiden arvioivien silmien ja toivottavasti oppivaisten mielten edessä. Opetustilanteen ja sen annista täysin riippuvan tutkimuksemme hetki alkoi olla käsillä. Vielä viimeiset valmistelut, joista kertoo prosessipäiväkirjan ote 2.11.2007:

Laitteen käyttöön liittyvä luotettavuus on luonnollisesti vielä arvoitus. Pitää yrittää varautua monenlaiseen ongelmaan.

Oikeastaan lopullinen tuotteemme on Ullmanin vuonna 2003 esittelemän prototyypiluokituksen (Yang & Epstein 2005,651) mukaan vasta kolmannen vaiheen ”Proof-of-process prototyyppi. Tässä vaiheessa emme uskalla vielä unelmoida ”Proof-of-production”-vaiheesta. Se nimittäin tarkoittaisi sitä, että laitteemme olisi otettu sarjatuotantoon.

Prosessin jälkeen arvioiden voimme todeta, että olemme toteuttaneet osittain tietoisesti ja osittain tietämättämme Krugerin ja Crossin (2006) tuotteen suunnittelun asiantuntijamallia, josta enemmän seuraavassa luvussa.

5.2 Tuotteen suunnitteluprosessin asiantuntijamalli

Kruger on tutkimuksissaan havainnut, että tuotesuunnittelun asiantuntijat käyttävät sekä soveltavaa tietoa että ongelmanratkaisutietoa. Soveltava tieto koostuu tehtävätiedosta, sisäisestä tiedosta ja aihepiiritiedosta. Ongelmanratkaisutieto

koostuu ongelmanratkaisukeinoista ja strategisesta tiedosta. Asiantuntijamalli on 8-kohtainen lista tehtävistä tai toiminnoista, joita suunnittelun asiantuntijat tietoisesti tai tiedostamatta tekevät. 1. Tiedonhankinta. 2. Tiedon arvon ja validiuden arviointi. 3. Rajoitusten ja vaatimusten tunnistaminen. 4. Toimintaympäristön ja toiminnan mallintaminen. 5. Ongelman ja mahdollisuuksien määrittäminen. 6. Osaratkaisujen luominen. 7. Ratkaisujen arviointi. 8. Kokonaisratkaisun tekeminen. (Kruger & Cross, 2006) Vielä tarkentavasti toteamme, että tuotteensuunnitteluprosessi ei ole mikään suoraviivaisesti etenevä ajatuskulku. Sen aikana kokeillaan, kehitetään, luodaan uutta ja tarvittaessa palataan jopa aiemmin hylättyihin ratkaisuihin. Krugerin malli on esitelty tässä sen takia, että huomasimme suunnitteluprosessimme noudatelleen listan toimintoja. Eri vaiheissa laitteen suunnittelua ja valmistamista etsimme luontaisesti ratkaisuja ongelmiin listassa kuvatuin keinoin.

On myös perusteltua väittää, että meistä on tullut prosessin aikana asiantuntijoita ainakin tekemiemme ratkaisujen suhteen. Laitteenvalmistukseen käytimme yhteensä 140 henkilötyötuntia ajalla 11.12.06–2.11.07. Kaikkea sitä aikaa, joka on kulunut ratkaisuja etukäteen pohtiessa tai mielikuvia hioessa, emme rohkene edes laskea.

Telluurilaitteemme koostuu yksinkertaistettuna valonlähteestä, joka kuvaa Auringosta Maata kohti tulevia valonsäteitä sekä alustalla kulkevasta maapallosta, joka kulkee ympyränmuotoista rataa valonlähteen ympäri. Valonlähde pyörii siiman varassa osoittaen koko ajan kohti maapalloa. Maapallo on kallistettu 23,5 astetta ja se pyörii akselinsa ympäri. Sinisen pallon pintaan on kuvattu maapallon mantereiset osat ruskealla. Kaikki tekniset osat on pyritty peittämään tai värittämään neutraalisti mustaksi, jotta opetustilanteessa huomio kiinnittyisi mahdollisimman paljon olennaiseen eli tässä tapauksessa planetaaristen ilmiöiden oppimiseen. Kuvion 5 kuva näyttää laitteen viritettynä käyttöön ja kuvion 6 kuvassa laite on kantolaatikossaan.



Kuvio 5. Telluurilaite käytössä.



Kuvio 6. Telluurilaite kantolaatikossa.

Koko prosessipäiväkirja, lisää kuvia ja videoleike laitteesta osoitteessa:

<http://www.jyu.fi/edu/laitokset/okl/sivuaineet/teknologiakasvatus/opintoprojektit>

6 Opetusinterventio ja tulokset

Tässä osiossa selitetään opetusintervention suunnittelu, toteutus ja tulokset. Ensin perustelemme tutkimusjoukon valintaa, jonka jälkeen kuvailemme intervention toteutukseen liittyviä yksityiskohtia. Lopuksi käsittelemme opetusinterventiosta saamiamme tuloksia.

6.1 Tutkimusjoukko

Valitsimme tutkimusjoukoksi kuudesluokkalaiset monista syistä.

1. Kuudesluokkalaiset ovat opiskelleet planetaarisia ilmiöitä jo viidennellä luokalla. Näin heillä on kouluopetuksen tietoja ja mahdollisia kulttuurisia virhekäsityksiä. Planetaaristen ilmiöiden käsittely sijoittuu viidennen luokan ohella myös kuudennelle luokalle. Tutkimuksemme opetuskokeilu sopii helposti kuudennen luokan oppisisältöihin.
2. Kuudesluokkalaisen luetun ymmärtämisen taito on keskimäärin riittävällä tasolla ymmärtää kirjallisia kysymyksiä.
3. Kuudes luokka on alakoulun viimeinen luokka ja muodostaa eräänlaisen päätetason, jolle ymmärryksessä tulisi päästä ennen ylä-asteelle siirtymistä. Luokanopettajaopiskelijoina olemme nimenomaan kiinnostuneita kehittämään oppimista alakoulun puolella.
4. Tutkimuksemme tulokset ovat paremmin vertailtavissa Bakasin ja Mikropouloksen (2003) samanikäisillä tekemän tutkimuksen tulosten kanssa.

6.2 Toteutus

Tutkimuksen pilottiluonteen takia tyydyimme tutkimaan vain yhtä opetusryhmää. Tutkimus toteutettiin melko pienellä keski-suomalaisella koululla. Oppilaiden vanhemmilta kysyttiin kirjallisesti suostumus lapsen osallistumisesta tutkimukseemme. Kaikki tutkimuskohteeksi valitun luokan 21 oppilasta saivat vanhemmiltaan luvan osallistua. Tutkimuksen käytännön osa oppilaiden kanssa koostui suunnitelman mukaisesti kolmesta osasta: alkumittauksesta, opetustuokiosta ja loppumittauksesta. Alkumittaus toteutettiin perjantaina 2.11. Opetustuokio sijoittui keskiviikkoon 7.11. ja saman viikon perjantaina 9.11. suoritettiin loppumittaus.

Molemmat mittaukset toteutettiin kyselylomakkeella (liite 1), jossa oli 12 monivalintakysymystä ja kaksi lyhyttä avointa kysymystä. Samaa lomaketta käytettiin sekä alku- että loppumittauksessa. Oikeat vastaukset kysymyksiin on esitetty liitteessä 2.

Suunnittelimme opetustuokion (tarkempi kuvaus opetustuokiosta liite 3) rakentamamme laitteen ominaisuuksia hyödyntäväksi. Laitteen ja opetustuokion suunnittelussa on hyödynnetty aikaisempaa tutkimustietoa virhekäsityksistä ja pyritty eliminoimaan ainakin osa vallitsevista virhekäsityksistä.

6.3 Tutkimustulokset

Alkumittaukseen osallistui 21 oppilasta. He saavuttivat 12 monivalintakysymystä käsittäneestä testistä keskiarvon 7,43/12 oikeaa vastausta. Loppumittauksessa paikalla oli yhtä lukuun ottamatta kaikki alkumittaukseen osallistuneet eli 20 oppilasta. He selvittivät saman testin keskiarvolla 8,45/12 oikeaa vastausta. Alkutestin pienin tulos oli 3 oikeaa vastausta ja suurin 11 oikein. Loppumittauksessa pienin tulos oli 0 oikein ja suurin edelleen 11.

Taulukko 2 Monivalintakysymysten yhteispisteiden keskiarvot alkumittauksessa ja loppumittauksessa.

	N (oppilaiden määrä)	pisteiden keskiarvo	pisteiden keskihajonta
alkumittaus	21	7,43	2,399
loppumittaus	20	8,45	2,781

6.3.1 Wilcoxonin merkkitesti

Alkumittauksen ja loppumittauksen tulosten vertailemiseksi keskenään käytimme pienten aineistojen tilastolliseen analysointiin käytettävää Wilcoxonin merkkitestiä (Wilcoxon Signed Ranks Test). Wilcoxonin merkkitesti on pienten aineistojen analyysiin tarkoitettu parittaisen t-testin parametrin vastine. Testi soveltuu tilanteisiin, jossa on 1) kyseessä on parittainen tai kaltaistettu mittaus, 2) kustakin mittausparista pystytään sanomaan, kumpi arvoista on suurempi ja kumpi pienempi ja tämän lisäksi 3) havaintojen väliset erot pystytään laittamaan suuruusjärjestykseen. (Metsämuuronen 2005, 957.)

Wilcoxonin merkkitesti soveltuu hyvin tarkoitukseemme, koska meillä on ainoastaan pieni otos (21 oppilasta). Pystymme selvittämään testin avulla jokaisen oppilaan alkutestin pistemäärän ja lopputestin pistemäärän erotuksen ja erotuksen suunnan. Lisäksi pystymme testin avulla selvittämään onko muutos tilastollisesti merkitsevä ja minkä suuntainen. Testin avulla saamme siis tietoa interventiomme onnistumisesta. Testissä tutkimushypoteesin mukaiset (eli tässä tapauksessa muutokset kohti suurempia pistemääriä) arvot ovat positiivisia ja päinvastaiset arvot negatiivisia. Tasatulokset eli tässä tapauksessa samat pistemäärät alkumittauksessa ja loppumittauksessa ovat Wilcoxonin testin kannalta merkityksettömiä.

Taulukko 3 Wilcoxonin merkkitesti (Signed rank test).

		N	Järjestyslukujen keskiarvo	Järjestyslukujen summa
Lopputestin yhteispisteet – Alkutestin yhteispisteet	Negatiiviset arvot	3(a)	7,17	21,50
	Positiiviset arvot	13(b)	8,81	114,50
	Tasatulokset	4(c)		
	Yhteensä	20		

- a Yhteispisteetj < Yhteispisteet
 b Yhteispisteetj > Yhteispisteet
 c Yhteispisteetj = Yhteispisteet

Taulukko 4 Wilcoxonin testin Z ja p-arvot.

	Lopputestin yhteispisteet – Alkutestin yhteispisteet
Z	-2,436(a)
Asymptoottinen merkitsevyys	,015

a Perustuu negatiivisille järjestysluvuille.

Wilcoxonin merkkitesti käyttää normaaliaproksimaatiota eli testin tuloksia tarkastellaan suhteessa normaalijakaumaan. Testistä saatu Z-arvo merkitsee tiettyä pistettä standardoidulla normaalijakaumalla. Tutkimuksessamme $Z = -2,436$. Sen todennäköisyys normaalijakaumalla eli $p = 0,015 < 0,05$. Se tarkoittaa, että tutkimustuloksemme asymptoottinen eli raja-arvoa lähestyvä merkitsevyys on selvästi alle yleisesti käytetyn $p < 0,05$ merkitsevyytason. Tuloksemme jopa lähestyy $p < 0,01$ tasoa ja on näin ollen tilastollisesti merkitsevä. Testin Z-arvon $Z = -2,436$ perusteella nollahypoteesi siitä, ettei interventio vaikuta osaamiseen millään tavalla, voidaan hylätä todennäköisyydellä $p = 1 - 0,015 = 0,985$. Jos nollahypoteesi voidaan hylätä 98,5 % prosentien todennäköisyydellä, voidaan siis hyväksyä sille vastainen tutkimushypoteesi samalla todennäköisyydellä. Sen perusteella voimme todeta, että laitteen avulla toteutettu interventio paransi oppilaiden osaamista.

6.3.2 Oppilaiden vastausten luokittelu

Yhteispisteistä oli mahdollista tehdä pistemääriin ja avoimiin kysymyksiin perustuva luokittelu vastaajista. Alkutestin tulosten perusteella teimme seuraavan jaottelun: 0-5 pistettä = heikko tulos, 6-8 pistettä keskitasoinen tulos, 9-12 hyvä tulos.

Taulukko 5 Oppilaiden luokittelu yhteispisteiden perusteella.

	Heikko 0-5p	Keskitasoinen 6-8p	Hyvä 9-12 p
Oppilasmäärä (alkutesti)	4	9	8
Oppilasmäärä (lopputesti)	1	6	13

Jaottelu perustuu sille lähtöajatukselle, että puolet vastauksista tulisi olla oikein, jotta ei olisi kyse sattumanvaraisesta tuloksesta. Alkuteistissä heikon (0-5p) sai neljä vastaajaa. Heikkoa tulosta luonnehtii tyypillisesti täysin tieteellisestä käsityksestä eroava tai kokonaan puuttuva vastaus avoimiin kysymyksiin ”Kuinka montaa liikettä Maa tekee suhteessa Aurinkoon?” ja ” Mitä liikkeitä Maa tekee?” Esimerkiksi eräs heikon tuloksen vastaaja (nro 9) tulkitse liikkeitä olevan 400 ja totesi tarkentavaa kysymykseen yksinkertaisesti: ”kaikkea”. Tyypillistä heikolle tulokselle oli myös vastaaminen väärin kysymyksiin, joihin enemmistö oppilaista on vastannut oikein, mikä kertoo puutteista aivan peruskäsitteissäkin.

Keskitasoisen 6-8 pisteen tuloksen saavutti alkuteistissä yhdeksän vastaajaa. Keskitasoisten tulosten avoimia kysymyksiä koskeva kirjo on paljon heikkoa tasoa suurempi. Joukossa saattoi olla jo täysin tieteellistä käsitystä vastaavia vastauksia, mutta täysin keksittyjäkin. Monivalintakysymysten vastauksista löytyy paljon käsitteellistä tietoa ja ymmärrystäkin, mutta lähes yhtä paljon virheitä. Eräs kuusi pistettä saanut vastaaja (nro 18) vastasi alkuteistissä liikkeiden määräksi 2, mutta ei pystynyt tarkemmin yksilöimään maan liikkeitä. Hänen vastauksensa oli lyhyesti, mutta epätarkasti ilmaistu: ”Pyörii” Kuitenkin keskitasolle luokitelluista vastaajista eräs (nro 3) kahdeksan pistettä saanut vastasi hyväksyttävät tieteellisen tiedon mukaiset vastaukset avoimiin kysymyksiin. Hänen mukaansa liikkeitä on 2 ja hän vastasi tarkentavaan kysymykseen seuraavasti: ”Se liikkuu akselinsa ympäri ja auringon ympäri.” Toisaalta samaan joukkoon olemme pelkästään monivalintapisteiden perusteella sijoittaneet vastaajia, jotka eivät ole vastanneet ollenkaan avoimiin kysymyksiin. Keskitasolle sijoittuneet ovat pääosin tehneet yksittäisiä virheitä, mutta ymmärrys tai vähintään peruskäsitteiden osaaminen heijastelee kokonaistuloksesta.

Hyväksi määrittelemämme tulokseen eli 9-12 pisteen suoritukseen ylsi alkuteistissä kahdeksan vastaajaa. Tämän ryhmän vastaukset lähestyvät tieteellistä käsitystä ja ilmiön monipuolista ymmärrystä. Avoimet kysymykset olivat myös hyvän tuloksen saavuttaneille vaikeimmat. Perustiedot ovat tällä ryhmällä varmoja ja ymmärrystä ilmiöstä on jo valmiiksi paljon. Esimerkin tasosta antaa 9 pisteen suoritukseen

yltänyt vastaaja (nro 4). Hän oli ymmärtänyt kysymyksen liikkeiden määrästä todennäköisesti väärin ja vastasi liikkeiden määräksi 365, mutta eritteli liikkeet tieteellisen tarkasti: ”Se pyörii akselinsa ja auringon ympäri.” Toki hyvien tulosten joukossa oli tieteellisesti täydellisempiäkin vastauksia, mutta mainitun vastaajan tapaus osoittaa ymmärrystä ja toisaalta virhekäsitysten syntymisen helppouden.

6.3.3 Alkutesti vertailussa lopputestiin

Heikkojen suoritusten (0-5 pistettä) määrä väheni interventiomme jälkeen tehdyssä lopputestissä yhteen. Vastaaja (nro 13), joka oli alkutestissä saanut 3 pistettä, ei onnistunut saamaan lopputestissä yhtään oikeaa vastausta. Interventiomme tarkoituksena oli luoda kognitiivisia konflikteja tieteellisen tiedon ja oppilaiden omien käsitysten välille. Tämän oppilaan kohdalla on mahdollista, ettei interventiomme toiminut toivotulla tavalla. Voi myös olla, että oppilaalla oli ajatusten prosessointi vielä kesken tai hänen tuloksensa oli muista syistä tutkimuksen muusta linjasta selkeästi poikkeava. Kaikki muut alkutestissä heikon tuloksen saaneet nostivat lopputestinsä tuloksen keskitasolle.

Keskitasoisen tuloksen lopputestissä sai kuusi oppilasta, joista kolme oli saanut heikon tuloksen alkutestissä. Muut keskitason lopputestissä saavuttaneet pysyivät alkutestiin verrattuna samalla tasolla. Erään oppilaan (vastaaja nro 11) vastauksista alkutestissä ja lopputestissä on löydettävissä ymmärryksen kehittymistä, vaikka hänen tuloksensa keskitason sisällä heikkeni yhdellä pisteellä. Hän ei kummassakaan testissä vastannut liikkeiden määrää koskevaan kysymykseen, mutta vastasi tarkentavaan kysymykseen alkutestissä: ”Se pyörii paikallaan.” ja lopputestissä: ”Maa pyörii akselinsa ympäri ja kiertää myös aurinkoa.” Tuota parempaa ja täsmällisempää vastausta emme kuudesluokkalaisten kehitystason huomioon ottaen toivoneetkaan.

Hyvä tulos kirjattiin lopputestissä 13 oppilaalle, mikä on 5 enemmän kuin alkutestissä. Kaikki ne, jotka saivat hyvän tuloksen alkutestissä, saivat hyvän

tuloksen myös lopputestissä. Siinä mielessä interventiomme ei aiheuttanut jo asiat osaaville oppilaille taantumista. Hyvät monivalintatulokset ja ymmärrystä osoittavat vastaukset avoimiin kysymyksiin kulkevat tässä tapauksessa käsi kädessä. Usealta hyvän tuloksen saavuttaneelta saatiin myös tieteellisesti hyväksyttävä vastaus avoimiin kysymyksiin

6.3.4 Muita huomioita yhteispisteiden vertailusta

Se havainto, että suuri osa oppilaista osasi asiat melko hyvin jo alkutestissä kertoo siitä, että oppilaille oli jo valmiiksi melko tieteellinen käsitys ilmiöstä. Avoimet kysymykset tekivät varsin selkeän eron oppilaiden välille. Epävarmimmat oppilaat jättivät vastaamatta kokonaan ja osaavimmat tiesivät oikean vastauksen molemmissa testeissä. Yllättävästi peräti kolme oppilasta vastasi lopputestissä Maan liikkeiden määräksi 365, alkutestissä vain yksi. Tosin molemmat vastaajat, jotka ryhtyivät 365 liikkeen tukijoiksi lopputestissä, eivät olleet alkutestissä vastanneet kysymykseen ollenkaan. Opetustuokiossamme emme erityisesti painottaneet Maan tekevän kahta liikettä. Toisaalta laitteestamme oli mielestämme helppo havaita kaksi erillistä liikettä: Maan pyörimisen akselinsa ympäri ja Maan kiertoliikkeen Auringon ympäri.

Yksikään oppilas ei saanut alku- tai lopputestissä täyttä kahtatoista pistettä. Kysymys numero 13,

Missä seuraavista paikoista on kutakuinkin keskiyö, kun Suomessa on keskipäivä? a) Tukholmassa (Ruotsi, Eurooppa), b) Kapkaupungissa (Etelä-Afrikka), c) Moskovassa (Venäjä), d) Anchorageissa (Alaska, USA:n länsirannikko), e) New Yorkissa (USA:n itärannikko), f) Kalkutassa (Intia),

oli liian vaikea monelle asian muuten hyvin ymmärtäneelle. Ja koska asiaa ei tuotu esille opetustuokiossa, kysymys mittaa huonosti intervention onnistumista.

6.3.5 Poimintoja kysymys kysymykseltä

Taulukoita luetaan siten, että kohdassa ”Frekvenssi” on ilmoitettu eri vaihtoehtoja vastanneiden määrä ja kohdassa ”%” on ilmoitettu eri vaihtoehtoja vastanneiden

prosenttiosuus kyseiseen kysymykseen vastanneista. Jokaisen kysymyksen kohdalla oikea vastaus on taulukon tummennetuissa soluissa.

Kuvakysymys (kysymys 1)

Seuraavissa taulukoissa on esitetty kuvakysymyksen eri vastausvaihtoehtojen frekvenssit ja suhteelliset osuudet sekä alkutestissä että lopputestissä. Kolmetoista vastaajaa omasi jo alkutestissä tieteellisen käsityksen Auringon, Maan ja Kuun liikkeistä. Vaihtoehdot a, b, ja e perustuvat geosentriseen eli maakeskeiseen virhekäsitykseen. Heliosentriseksi eli aurinkokeskeiseksi luetaan vaihtoehdot c ja d, joista d on nykyisen tieteellisen käsityksen mukaan oikein. Loppumittauksessa havaittiin, kuten useat tutkijat aiemmin, että virhekäsitykset ovat sitkeässä oppilaiden mielissä. Iahduttavaa kuitenkin on, että oikeiden vastausten prosentti kasvoi loppumittauksessa yhden oppilaan ollessa poissa ja yhden muuttaessa vastaustaan oikeaksi 61,9:stä 66,7 prosenttiin. Myös geosentrisen kiertoratomallin (vaihtoehto e) poistumista vastauksista voi pitää opetustuokiomme kannalta onnistumisena.

Taulukko 6 Kuvakysymyksen vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	1	4,8	1	4,8
b	2	9,5	2	9,5
c	3	14,3	3	14,3
d	13	61,9	14	66,7
e	2	9,5	0	0
yhteensä	21		20	

Kuinka montaa liikettä Maa tekee suhteessa Aurinkoon? (kysymys 2)

Seuraavassa taulukossa voi havaita muutoksia alkutestin ja lopputestin välillä. Erilaisia ajatuksia Maan liikkeiden lukumääräksi oli alkutestissä useita, kaikkiaan seitsemän. Peräti kolmasosa eli 7 oppilasta jätti vastaamatta liikkeiden lukumääriä koskevaan kysymykseen alkutestissä. Lopputestissä vaihtoehtojen lukumäärä oli vähentynyt neljään ja jo yli puolet kysymykseen vastanneista oppilaista omasi laitteemme mallintaman, mutta erikseen korostamattoman käsityksen Maan

liikkeiden lukumääräksi eli 2. Kysymys 3 oli laadullinen ja siinä pyydettiin oppilaita nimeämään Maan suhteessa Aurinkoon tekemiä liikkeitä.

Taulukko 7 Maan liikkeiden määrän (kysymys 2) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
1	5	23,8	3	14,3
2	4	19,0	8	38,1
3	1	4,8	1	4,8
4	1	4,8	0	0
5	1	4,8	0	0
365	1	4,8	3	14,3
400	1	4,8	0	0
ei vastausta	7	33,3	6	28,6
yhteensä	21		20	

Vuorokausi ja vuodenajat (kysymykset 4-7)

4. Missä ajassa Maa kiertää Auringon ympäri?
5. Millä nimellä tätä ajanjaksoa kutsutaan?
6. Missä ajassa Maa pyörähtää kerran akselinsa ympäri?
7. Millä nimellä tätä ajanjaksoa kutsutaan?

Seuraavassa käsittelemme kysymyksiä 4-7 yhtenä ryhmänä, koska kysymyksillä testattiin peruskäsitteiden vuosi ja vuorokausi osaamista. Alkuteistissä vuoden käsite ja kesto oli epäselvä seitsemälle oppilaalle. Lisäksi yhdellä oppilaalla oli geosentrinen ajatus Maan liikkeistä. Tosin sama oppilas oli kyennyt poimimaan kuvakysymykseen oikean heliosentrisen vastauksen, mikä paljastaa hapuilua ymmärryksessä. Tämän tapaisia epäjohdonmukaisuuksia syntyy Vosniadoun (1994, 49) mukaan, kun oppilas yrittää liittää oman käsityksensä vastaisia tiedonpalasia jo olemassa olevaan tietorakenteeseensa. Muilla 13 oppilaalla vuoden käsite oli hyvin hallussa. Lopputestissä 15 oppilasta hallitsi vuoden käsitteen ja loput viisi olivat sekoittaneet vuoden vuorokauteen.

Taulukko 8 Maan kierto Auringon ympäri -kesto (kysymys 4) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	7	33,3	5	23,8
c	13	61,9	15	71,4
f	1	4,8	0	0
yhteensä	21		20	

Taulukko 9 Maan kierros Auringon ympäri -nimi (kysymys 5) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	7	33,3	5	23,8
d	14	66,7	15	71,4
yhteensä	21		20	

Alkuteistissä 17 vastaajaa 21:stä tiesi vuorokauden tarkoittavan sitä 24 tunnin ajanjaksoa, jossa Maa pyörähtää kerran akselinsa ympäri. Yhteensä neljä vastaajaa vastasi jotain muuta. Lopputestissä vuorokauden hallitsi 18 oppilasta 20:sta. Jo osaamalla vuorokauden ja vuoden peruskäsitteet saa testistä 4 pistettä. Näin ollen heikko tulos (0-5 pistettä) yhteispisteissä kertoo vakavista puutteista peruskäsitteiden hallinnassa.

Taulukko 10 Maan kierros akselinsa ympäri –kesto (kysymys 6) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	17	81,0	18	85,7
b	2	9,5	1	4,8
c	2	9,5	1	4,8
yhteensä	21		20	

Taulukko 11 Maan kierros akselinsa ympäri -nimi (kysymys 7) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	17	81,0	18	85,7
b	1	4,8	1	4,8
c	1	4,8	0	0
d	2	9,5	1	4,8
yhteensä	21		20	

Mikä seuraavista väitteistä kuvaa parhaiten Auringon ja Maan kokosuhdetta? (kysymys 8)

Auringon koko verrattuna Maahan osoittautui alkutestissä asiaksi, joka oli oppilailla todella hyvin tiedossa. Yllätykseksemme kaikki vastaajat vastasivat oikein, että Aurinko on valtavan paljon suurempi kuin Maa. Aikaisempien tutkimusten valossa juuri Auringon suuruus Maahan verrattuna on ollut yksi keskeisimpiä virhekäsitysten aiheuttajia. Voihan tietysti olla, että kyseisen luokan opettaja on ollut tietoinen virhekäsityksistä ja opettanut asian aiemmilla luokilla virhekäsitykset huomioiden. Loppumittauksessa taso säilyi kaikilla lukuun ottamatta yhtä oppilasta, joka vastasi lopputestissä kaikkiin kysymyksiin väärin.

Taulukko 12 Auringon ja maan kokosuhde (kysymys 8) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
b	0	0	1	4,8
d	21	100	19	90,5
yhteensä	21		20	

Kuinka monta kertaa Suomen pituinen matka (n. 1000 kilometriä) mahtuisi Maan ja Auringon välille? (kysymys 9)

Etäisyyttä kuvaavassa kysymyksessä käytettiin oppilaille tuntematonta analogiaa Suomen mittaisesta matkasta 1000 km ja kuinka monta kertaa se mahtuisi Maan ja Auringon välille. Alkutestissä suosituin vaihtoehto oli e) 1500 kertaa oikean vastauksen ollessa f) 150 000 kertaa. Näilläkin vastauksilla oppilaat olisivat osanneet

sanoa, että Aurinko on valtavan kaukana. Koska etäisyys on niin abstrakti ja mittakaavaltaan niin käsittämätön, sen kuvaaminen pelkästään numeroilla on vaikeaa. Myös ilmiötä kuvaavan laitteemme toiminnan kannalta etäisyys on ongelmallisen suuri. Tämän tiedostaen kehitelimme opetustuokioomme analogian, joka täsmäisi mittakaavassa käyttämäämme palloon. Laitteessamme maapalloa kuvaavan pallon halkaisija on noin 25 cm. Samassa mittakaavassa Aurinko olisi halkaisijaltaan yli 25 metrisen puun kokoinen jättipallo kolmen kilometrin päässä. Oikein käytetyn analogian merkitys asioiden konkretisoimisessa on suuri. Tässäkin tapauksessa lopputestissä oikein vastasi kahdeksan oppilasta, mikä on neljä enemmän kuin alkutestissä. Käytännölliseltä kannalta ei ole paljon eroa tietäkö oppilas Auringon olevan 1500 vai 150 000 kertaa Suomen mittaisen matkan päässä, kunhan oppilaalla on ymmärrys siitä, että se on kaukana. Virhekäsityksiä kuitenkin oppilaille jäi, sillä peräti seitsemän oppilasta vastasi lopputestissä, että Aurinko sijaitsee 1-15 kertaa Suomen mittaisen matkan päässä.

Taulukko 13 Maan ja Auringon välinen etäisyys (kysymys 9) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	0	0	1	4,8
b	2	9,5	1	4,8
c	4	19,0	2	9,5
d	1	4,8	3	14,3
e	9	42,9	5	23,8
f	4	19,0	8	38,1
yhteensä	21		20	

Mikä aiheuttaa sen, että yöllä on pimeää ja päivällä valoisaa? (kysymys 10)

Kysymys 10 käsitteli yön ja päivän vaihtumisen syytä. Perinteinen perspektiivistä ja arkikielen ilmaisuista johtuva virhekäsitys on löydettävissä alkutestin vastauksista. Vaihtoehto e kuvaa ilmiötä niin kuin siitä arkikielessä puhutaan: puhutaan Auringon nousemisesta ja laskemisesta. Vaihtoehdon e alkutestissä valitsi neljä vastaajaa, lopputestissä ei enää yksikään. Tästä voinee vetää sen johtopäätöksen, että tuokirossamme kykenimme laitteen avulla asettamaan vastakkain arkikielen ja

tieteellisen tiedon. Toisaalta toisenlainen virhekäsitys yleistyi hieman laitteemme käytön jälkeen. Alkuteistissä vain yksi oppilas uskoi maan kiertämisellä Auringon ympäri olevan jotain tekemistä vuorokauden vaihtumisen kanssa, kun lopputestissä samaan päätyi neljä oppilasta. Enemmistö (60 %) oppilaista on osannut sanoa yön ja päivän vaihtelun syyksi maan pyörimisen akselinsa ympäri jo alkuteistissä eivätkä ole muuttaneet vastaustaan lopputestiin. Lopputestissä 65 % vastanneista tiesi oikean vastauksen.

Taulukko 14 Yön ja päivän vaihtelun syy (kysymys 10) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	1	4,8	4	19,0
b	12	57,1	13	61,9
d	3	14,3	3	14,3
e	4	19,0	0	0
yhteensä	21		20	

Mikä on mielestäsi tärkein syy sille, että Suomessa kesällä on lämpimämpää kuin talvella? (kysymys 11)

Alkuteistissä oikeaan vastaukseen ylsi viisitoista vastaajaa. Tiedot vuodenaikojen syistä olivat siten monella ainakin faktatasolla hyvin hallinnassa. Hyvin asian osanneiden tilanne ei oikeastaan muuttunut lopputestissä. Prosenttilukeman pieneneminen johtuu yhden oppilaan poissaolosta loppumittauksesta. Merivirtojen osuus vuodenaikoihin vastauksista hävisi tuokiomme myötä varmastikin sen takia, ettei niihin viitattu mitenkään. Sen sijaan voimakkaat virhekäsitykset kiertoradan muodosta ja arkikielen ilmaisu Auringon olemisesta korkealla kesäisin säilyivät lopputestissä kuuden oppilaan mielessä. Vaihtoehto a sai lopputestissä kaksi kannattajaa lisää, mikä saattaa johtua laitteemme toiminnasta. Kun pohjoisella pallonpuoliskolla on kesä, maapallo on laitteessamme hieman lähempänä kiertoradan keskikohtaa. Se, että Auringon säteet tulevat kesällä enemmän kohtisuoraan on oikea syy sille, miksi kesällä on lämpimämpää kuin talvella. Sen voi arkielämässä havaita varjojen pituudesta päiväsaikaan eri vuodenaikoina. Kun aurinko lämmittää eniten, se näyttää olevan korkealla suhteessa horisonttiin. Tietenkään Aurinko ei tässä mielessä liiku, vaan Maan akselikulma suhteessa kiertorataan aiheuttaa ilmiön.

Taulukko 15 Vuodenaikojen vaihtelun syy (kysymys 11) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	1	4,8	3	14,3
b	3	14,3	3	14,3
c	2	9,5	0	0
d	15	71,4	14	66,7
yhteensä	21		20	

Miksi Pohjoisnavalla ja Etelänavalla on kylmempää kuin muualla? (kysymys 12)

Ymmärrystä maapallon lämpötilaeroista mitattiin kysymällä: ”Miksi Pohjoisnavalla ja Etelänavalla on kylmempää kuin muualla?” Kahdeksan vastaajaa piti oikeana vastauksena yleistä virhekäsitystä, jonka mukaan napa-alueille on pidempi matka Auringosta. Pari oppilasta kompastui virheelliseen syy-seuraussuhteeseen. He ajattelivat, että napa-alueet ovat ilmastoltaan kylmempiä koska alueilla on niin paljon jäätä. Tieteellisesti ja loogisesti ajatellen alueella on niin paljon jäätä, koska siellä on niin kylmä. Kymmenen oppilasta omasi tieteellisen käsityksen alkutestissä. Tässä kysymyksessä odotimme parempia oppimistuloksia tuokiomme perusteella. Telluurillamme piti olla merkittävä havainnollistamista tehostava vaikutus. Kuitenkin puolet etäisyysvirhekäsityksistä poistui ja lopulta yli puolet omasi tavoittelemamme tieteellisen käsityksen.

Taulukko 16 Maapallon lämpötilaerot (kysymys 12) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	8	38,1	4	19,0
b	2	9,5	2	9,5
d	10	47,6	12	57,1
e	1	4,8	1	4,8
yhteensä	21		20	

Missä on kutakuinkin keskiyö kun Suomessa on keskipäivä? (kysymys 13)

Aikavyöhykkeiden tuntemusta ja samalla laajaa maapallon kartan kokonaisuymmärrystä vaatinut kysymys osoittautui testimme vaikeimmaksi. Alkutestissä oikean vastauksen vastasi vain kaksi oppilasta. Joista toinen vastasi samoin myös lopputestissä. Vain hänen voi olettaa tienneen oikean vastauksen ja muiden voi päätellä arvailleen. Mielenkiintoisen selkeä suuntaus vastauksissa kertoo että käsite aikavyöhyke ei välttämättä ole kovinkaan hyvin omaksuttu. Monen oppilaan vastaus, Kapkaupunki, sijaitsee Suomen kanssa samalla aikavyöhykkeellä. Vastaajat lienevät joko ymmärtäneet kysymyksen asetelman väärin tai ajatelleet esimerkiksi aikavyöhykkeiden rajojen olevan pohjois-eteläsuunnan sijaan itä-länsisuuntaisia. Tuokion vaikutusta on mahdollisesti se, että Tukholma ja Moskova poistuivat vastauksista. Arvelemme, että oppilaat pystyivät vanhoilla tiedoillaan Euroopan alueesta paikantamaan Tukholman ja Moskovan Maapallomme pintaan taiteilijan vapaudella maalaamastamme kartasta. Ja sen tiedon perusteella he kenties kykenivät havaitsemaan, ettei näissä kaupungeissa voi olla keskiyö silloin, kun Suomessa on keskipäivä. Toisaalta tuokiassa ei tuotu erikseen esille paikkoja tai paikannimiä Suomen lisäksi.

Aikavyöhykkeet ovat yhteisesti sovittuja käytäntöjä eikä niille ole varsinaisesti aukotonta tieteellistä selitystä. Päivämäärärajakin on vedetty alueelle, jolla asuisi mahdollisimman vähän ihmisiä eli Tyynelle merelle. Kysymykseen oikein vastatakseen oli ainakin kaksi vaihtoehtoista ajattelutapaa, joilla sopivan vastauksen olisi voinut päätellä. Tapa 1: Vaaditaan aikavyöhykkeiden jonkinasteista tuntemusta ja mielikuva aikavyöhykkeitä esittävästä tasokartasta. Suomi sijaitsee sopimuksenvaraisesta Greenwichin nolla-ajasta itään eli on kaksi tuntia sitä edellä. Näin ollen päivämääräraja tulee idässä vastaan ennen keskiyötä. Vastaus ei siten voisi olla Atlantti-keskeisellä tasokartalla, jolla useimmiten aikavyöhykkeitä kuvataan, Suomesta itään oleva paikka. Suomesta länteen vaihtoehdoissa oli kolme paikkaa: Tukholma tunnin päässä, New York seitsemän tunnin päässä ja Anchorage 12 tunnin päässä. Tapa 2: Ei tarvitse välttämättä tuntea aikavyöhykkeitä ollenkaan. Pitää vain hahmottaa, mikä kyseisistä kaupungeista sijaitsee toisella puolella maapalloa. Oppilaiden vastauksia tulkiten toteamme, että yleisessä kartan ja

maantiedon tuntemuksessa on puutteita jotka vaikuttivat ratkaisevasti heikkoihin vastauksiin tässä kysymyksessä.

Taulukko 17 Aikavyöhykkeet (kysymys 13) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	1	4,8	0	0
b	8	38,1	10	47,6
c	1	4,8	0	0
d	2	9,5	3	14,3
e	4	19,0	3	14,3
f	5	23,8	4	19,0
yhteensä	21		20	

Eteläinen pallonpuolisko vs. pohjoinen pallonpuolisko (kysymys 14)

Oppilaat vaikuttivat ymmärtävän, että pohjoisen pallonpuoliskon kesän aikaan eteläisellä puoliskolla vallitsee talvi. Lähes kaikki oppilaat tiesivät valita kolmesta vaihtoehdosta lämpimimmän esimerkkipaikaksi valitun Australian joulukuisseksi lämpötilaksi, kun kysymyksessä saman ajan keskilämpötilaksi Jyväskylässä kerrottiin -6 celsiusastetta. Suuri enemmistö oppilaista tiesi oikean vastauksen läpi alkutestin ja lopputestin. Ehkä hieman enemmän hajontaa olisi saatu antamalla enemmän vaihtoehtoja, mutta näinkin toteutettuna vastaukset kertovat perusymmärryksen olemassaolosta.

Taulukko 18 Pohjoisen ja eteläisen pallonpuoliskon erot (kysymys 14) vastausfrekvenssit alku- ja lopputestissä.

	Alku		Loppu	
	Frekvenssi	%	Frekvenssi	%
a	1	4,8	1	4,8
b	2	9,5	1	4,8
c	18	85,7	18	85,7
yhteensä	21		20	

6.3.6 Tulosten vertailua

Bakas ja Mikropoulos (2003) toteuttivat tutkimuksensa kaksi viikkoa sen jälkeen, kun oppilaat olivat opiskelleet samoja asioita opettajansa kanssa ”perinteisellä tavalla”. Tutkimuksessamme aikaväli on pidempi, sillä oppilaat olivat opiskelleet planetaarisia ilmiöitä edellisenä vuonna. Tutkimuksemme otos on myös heidän otostaan pienempi. Tästä huolimatta heidän tuloksensa ovat mielestämme vertailukelpoisia alkutestimme tuloksiin. Kuvien avulla Auringon, Maan ja Kuun liikkeiden ymmärrystä mitanneessa kysymyksessä heliosentrisen mallin oli Bakasin ja Mikropouloksen (2003, 953-954) tutkimuksessa omaksunut 85 % oppilaista. Tutkimuksessamme vastaavassa tehtävässä heliosentrisen näkemyksen omasi 76 % oppilaista. Tosin on hieman tulkinnanvaraista, vastaako yksikään Bakasin ja Mikropouloksen tutkimuksessa kaavakuvina esitetyistä malleista tieteellistä käsitystä.

Tutkimuksessamme sen, että Maa kiertää Auringon ympäri kerran 365 päivässä, tiesi 62 % vastaajista. Bakasilla ja Mikropouloksella (2003, 954) vastaava luku oli 79 %. Tutkimuksessamme loput arvelivat Maan kiertävän Auringon kerran 24 tunnissa. Bakasin ja Mikropouloksen tutkimuksessa 14 % ajatteli samoin. Sitä ei tutkimusraportissa kerrota, minkälaiseen virhekäsitykseen loput uskoivat. Tutkimuksessamme 81 % vastasi, että Maan pyöriminen akselinsa ympäri kestää 24 tuntia, Bakasilla ja Mikropouloksella prosenttiluku oli lähestulkoon sama. Bakasin ja Mikropouloksen aineistossa 19 % väitti Maata Aurinkoa suuremmaksi. Me emme samaa virhekäsitystä havainneet, sillä kaikki vastaajat totesivat Auringon olevan valtavan paljon suurempi kuin Maa. Auringon etäisyyden ymmärryksen mittaamiseksi molemmat tutkimustiimit turvautuivat analogiaan. Bakasilla ja Mikropouloksella Aurinkoa oli verrattu appelsiniin, meidän analogiamme perustui Suomen mittaiseen matkaan (n. 1000 km). Bakasin ja Mikropouloksen tutkimuksen vastaajista ainoastaan 16 % vastasi oikean suuruusluokan mukaisen vastauksen. Suomalaiset pärjäsivät tässä hieman kreikkalaisia paremmin, sillä 20 % vastaajistamme poimi vaihtoehtojen joukosta oikean vastauksen. Arvelemme

kuitenkin, että Bakasin ja Mikropouloksen käyttämä analogia on lapsille vaikeampi ymmärtää kuin omamme.

Yön ja päivän vaihtelun syyksi Maan pyörimisen akselinsa ympäri osasi Bakasin ja Mikropouloksen tutkimuksessa valita 52 % oppilaista. Aineistossamme vastaava luku oli 60 %. Samassa kysymyksessä eroja löytyi virhekäsityksistä. Bakasin ja Mikropouloksen tutkimuksessa peräti 35 % vastaajista väitti ilmiön johtuvan siitä, että Maa kiertää Aurinkoa. Meillä vain 5% (1 vastaaja) oli tätä mieltä. Tämän virhekäsitystyyppin sijaan meillä 35 % vastaajista esitti kahta muuta virhekäsitystä selitykseksi ilmiölle. Kolme vastaajaa väitti Maan olevan välillä Auringon valoisalla puolella (päivä) ja välillä pimeällä puolella (yö). Neljä vastaajaa väitti arkikielen perusteella Auringon nousevan päiväksi ja laskevan yöksi ja Kuun tekevän päinvastoin.

Kesän lämpimyyden suhteessa talveen selitti tieteellisesti Bakasin ja Mikropouloksen tutkimuksessa 59 % vastaajista. Bakasin ja Mikropouloksen raportissa tulkitaan otos edistyneeksi joukoksi verrattuna väestöön keskimäärin. Siinä tapauksessa suomalaisia oppilaita ohuesti edustava otoksemme on vielä edistyneempää joukkoa, sillä 71 % oppilaista vastasi tieteellisen tiedon mukaan oikein. Napa-alueiden kylmyyden verrattuna muihin seutuihin selitti tieteellisesti Bakasin ja Mikropouloksen tutkimuksissa 79 % vastaajista. Meillä vastaava luku oli 48 %. Melko moni vastaajamme osoitti ymmärryksensä hataruuden tätä ja edellistä kysymystä verratessa, sillä periaatteessa kysymykset liittyvät samaan asiaan: Maan pallonmuotoisuuteen ja akselikulmaan.

7 Pohdinta

Otoksemme koko on pieni, eikä sen edustavuutta voi pitää mitenkään hyvänä. Se ei mielestämme ollut intervention luonteesta johtuen tarpeenkaan. Tarkoituksemme oli saada suoritettua pienimuotoinen testaus laitteellamme, jota olimme suunnitelleet ja rakentaneet suuren osan pro gradu -työhön käyttämästämme ajasta. Käyttämällä jonkinlaista vertailuryhmää, joka olisi saanut koeryhmästä eroavaa opetusta, olisimme voineet saada luotettavampia tuloksia laitteemme ja sitä hyödyntävän menetelmämme vaikutuksista ilmiön oppimiseen.

Koska olemme tutkineet kasvatustieteellisessä tutkimuskentässä harvinaislaatuista aihetta, konkreettisen laitteen rakentamista opetuksen tueksi, ei tutkimuksellemme löydy suoraa vertailukohtaa aiemmista tutkimuksista. Tutkimusasetelmamme sen sijaan on kasvatustieteen kentältä varsin tuttu: Testasimme, parantaako käytetty interventio oppimistuloksia. Tutkimuksemme luotettavuutta lisää kysymyslomakkeen suuri yhteneväisyys Bakasin ja Mikropouloksen (2003) tutkimuksessa käyttämän lomakkeen kanssa. Tutkimuksemme tuloksia olemme myös vertailleet heidän tutkimukseensa.

Mietimme intervention toteuttamista siten, että opetuksen olisi suorittanut luokan oma opettaja. Hänen oppilastuntemuksensa olisi näin tullut paremmin hyödynnetyksi, eikä projektin aikana hankkimamme keskiverto-opettajasta poikkeava asiantuntemus olisi vaikuttanut tuloksiin. Ongelmana ideassa oli kuitenkin se, että opettaja olisi pitänyt valmistella opetustuokion pitoon. Emme kuitenkaan halunneet häiritä opettajan muutenkin kuluttavaa työtä ylimääräisellä urakalla. Toinen ongelma ilmeni vasta laitteen valmistuttua. Laitteesta tuli sen verran monimutkainen käyttää ja toisaalta viriheherkkä, että oli selkeämpää yrittää itse hallita opetustuokion kulku. Opetustuokio toteutettiin siten, että toinen tutkijoista opetti toisen havainnoidessa tilannetta. Näin lisättiin tutkimustilanteen aitoutta

opetustilanteena, sillä samanaikaisopetus ei mielestämme ole koulumaailman arkea Suomessa.

Opetustuokiomme kesto oli vain noin 50 minuutta. Opetuksen keston suhteutettuna saimme mielestämme opetettua ilmiön perusasiat tehokkaasti. Joitakin aikaisempia tutkimuksia on toteutettu kokonaisilla kursseilla useiden viikkojen ajan (esim. Taylor ym. 2003) tai vanhemmille oppilaille, eivätkä tulokset ole olleet tuokiotamme ihmeellisempiä. Uskomme myös, että tavallisesta luokassa liikkumatta istumisesta poikkeava tuokiomme toi lisää motivaatiota oppilaille. Se oli todettavissa tarkasta tuokion seuraamisesta ja innosta esittää hypoteeseja, kun niitä pyydettiin.

Oppilaiden joukossa saattoi olla oppilaita, jotka jo aiemmin osasivat keskeiset asiat ulkoa ilman todellista ymmärrystä. Tällaiset oppilaat saattoivat saada hyvän tuloksen alkutestissä sekä lopputestissä. Heidän ymmärryksensä kehittymistä emme tutkimuksellamme saaneet mitattua, mutta silti olemme sitä mieltä, että tällaisten oppilaiden kokonaiskuva ilmiöstä saattoi hyvinkin selkeytyä. Laitteemme teho lienee suurimmillaan mielikuvien muokkaajana, koska eri suunnista tarkastellen pystyy näkemään aina eri asioita ja siten saamaan joko vahvistusta omalle mielikuvalleen tai luotua oman mielikuvan kanssa ristiriitaisen tilanteen. Uuttakin tietoa tai ainakin ajateltavaa tarjosimme esimerkiksi vaihdeltavan akselikulman ratkaisullamme.

Todellisuudessa Auringon etäisyys maasta on valtava, eikä sen mallintaminen mekaanisesti toimivassa laitteessa ole mahdollista. Siitä seurasi se, että jouduimme pohtimaan miten tuoda esille mallimme puutteellisuus tässä suhteessa. Korvasimme konkreettisen havainnollistamisen analogialla. Havaitimme, että analogialla on suuri voima parantaa ymmärtävää oppimista. Väärä analogia voi toisaalta tuottaa vakaviakin virhekäsityksiä. Opettajan tulee kehittää tuoreita analogioita kuvaamaan abstrakteja käsitteitä ja ilmiöitä, mutta samalla hyödyntää kriittisesti suhteutuen jo olemassa oleviin.

Läpikäymämme prosessin perusteella jaamme kokemuksiamme, ettei muiden tarvitsisi tehdä asioita niin paljon kantapään kautta kuin meidän. Konkreettisen mallin suunnittelussa ja käytössä tulee huomioida monia asioita. On mietittävä mallin soveltuvuutta tietyille ryhmälle ja tietyn asian opettamiseen. Alusta alkaen tulee ajatella sekä pedagogisesti, että käytännöllisesti. Havainnollisuus ja käytettävyys liittyvät elimellisesti yhteen. Tällä viittaamme siihen, että hyvin suunniteltu opetustilannekin voi mennä pieleen, jos malli lakkaa toimimasta kesken kaiken. Konkreettisen mallin käyttäjän tulee olla tietoinen sen puutteista.

Kokemuksellisen oppimisen ja Deweyläisen tekemällä oppimisen näkökulmasta voi kritisoida opetustuokiossamme oppilaiden vähäistä omaa tekemistä. Ajattelemaan he varmasti joutuivat kyselevän opetuksen lomassa kokiessaan Maa-Aurinko-suhdetta eri perspektiiveistä ja kolmiulotteisena. Käsillä tekemiseen he eivät kuitenkaan tuokiossamme päässeet. Koska laitteestamme tuli kaiken ajattelutyön, kokeilemisen ja yksinkertaistamisen jälkeenkin monimutkainen, ei oppilaiden kanssa voi missään nimessä yrittää vastaavanlaisen mallin rakentamisprojektia. Seuraavia aiheesta kiinnostuneita rohkaisisimme kehittelemään yksinkertaisia ja kestäviä malleja, joita oppilaat voisivat itsekin rakentaa ja käyttää. Me emme tinkineet todellisuuden kanssa kuin vain siellä missä oli pakko. Ratkaisemalla joitakin asioita eri tavalla kuin me, saattaisi olla mahdollista säilyttää havainnollisuutta, mutta saavuttaa enemmän oppilaan aktiivista osuutta.

Lähteet:

- Atwood, R.K., & Atwood, V.A. 1995. Preservice elementary teachers' conceptions of what causes night and day. *School science and mathematics*, 95, 290-294.
- Atwood, R.K., & Atwood, V.A. 1996. Preservice elementary teachers' conceptions of the causes of seasons. *Journal of research in science teaching*, 33(5), 553-563.
- Bakas, C., & Mikropoulos, T.A. 2003. Design of virtual environments for the comprehension of planetary phenomena based on students' ideas. *International Journal of Science Education*, 25(8), 949-967.
- Barab, S.A., Hay, K.E., Barnett, M., & Keating, T. 2000. Virtual Solar System Project: Building Understanding through Model Building. *Journal of Research in Science Teaching*, 37(7), 719-756.
- Bryce, T.G.K., & Blown, E.J. 2006. Cultural Mediation of Children's Cosmologies: A longitudinal study of the astronomy concepts on Chinese and New Zealand children. *International Journal of Science Education*, 28(10), 1113-1160.
- Diakidoy, I.N. & Kendeou, P. 2001. Facilitating conceptual change in astronomy: a comparison of the effectiveness of two instructional approaches. *Learning and Instruction*, 11, 1-20.
- Dove, J. 2002. Does the man in the moon ever sleep? An analysis of student answers about simple astronomical events: a case study. *International Journal of Science Education*, 24(8), 823-834.
- Friedman, K. 2003. Theory construction in design research: criteria: approaches and methods. *Design studies*, 24, 507-522.
- Giere, R.N. 2004. How models are used to represent reality. *Philosophy of Science*, 71, 742-752.
- Greca, I.M., & Moreira, M.A. 2000. Mental models, conceptual models, and modelling. *International Journal of Science Education*, 22(1), 1-11.
- Hansen, J.A. 2004. The impact of three-dimensional computational modeling on student understanding of astronomy concepts: a qualitative analysis. *International Journal of Science Education*, 26(13), 1555-1575.
- Harrison, A.G., & Treagust, D.F. 2000. A Typology of School Science Models. *International Journal of Science Education*, 22(9), 1011-1026.

- Karttunen, H., & Sarimaa, M. 2003. Tähtitiede. Tiedettä kaikille. Tähtitieteellinen yhdistys Ursa. Gummeruksen kirjapaino Oy: Jyväskylä.
- Kikas, E. 1998. The impact of teaching on students' definitions and explanations of astronomical phenomena. *Learning and Instruction*, 8(5), 439-454.
- Kikas, E. 2004. Teachers' Conceptions and Misconceptions Concerning Three Natural Phenomena. *Journal of Research in Science Teaching*, 41(5), 432-448.
- Kruger, C., & Cross, N. 2006. Solution driven versus problem driven design: strategies and outcomes. *Design studies*, 27, 527-548.
- Mathewson, J.H. 2005. The visual core of science: definition and applications to education. *International Journal of Science Education*, 27(5), 529-548.
- Metsämuuronen, J. 2005. Tutkimuksen tekemisen perusteet ihmistieteissä. Gummeruksen kirjapaino Oy: Jyväskylä.
- Ojala, J. 1992. The third planet. *International Journal of Science Education*, 14(2), 191-200.
- Ojala, J. 1993. Pallo hukassa? Tulevien luokanopettajien planetaarisia ilmiöitä koskevia käsityksiä. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Opetuksen perusteita ja käytänteitä 4.
- Ojala, J. 1997. Kirjoittamaton kirja, kirjoitettu kirja ja luonnonkirja. Planetaariset ilmiöt teksteinä ja kuvina peruskoulun ja lukion oppikirjoissa. Jyväskylän yliopisto. Opettajankoulutuslaitos. Tutkimuksia 63.
- Peruskoulun opetussuunnitelman perusteet 2004. Opetushallitus. Vammala: Vammalan kirjapaino Oy. (Löytyy myös elektronisena aineistona osoitteesta: http://www.oph.fi/info/ops/pops_web.pdf)
- Roald, I., & Mikalsen O. 2001. Configuration and dynamics of the Earth-Sun-Moon system: an investigation into conceptions of deaf and hearing pupils. *International Journal of Science Education*, 23(4), 423-440.
- Schoultz, J., Säljö, R., & Wyndhamn, J. 2001. Heavenly Talk: Discourse, Artifacts, and Children's Understanding of Elementary Astronomy. *Human Development*, 44, 103-118.
- Taylor, I., Barker, M., & Jones, A. 2003. Promoting mental model building in astronomy education. *International Journal of Science Education*, 25(10), 1205-1225.

- Trumper, R. 2001. A Cross-College Age Study of Science and Nonscience Students' Conceptions of Basic Astronomy Concepts in Preservice Training for High-School Teachers. *Journal of Science Education and Technology*, 10(2), 189-195.
- Tsai, C., & Chang, C. 2005. Lasting Effects of Instruction Guided by the Conflict Map: Experimental Study of Learning About the Causes of the Seasons. *Journal of Research in Science Teaching*, 42(10), 1089-1111.
- Yang M.C., & Epstein, D.J. 2005. A study of prototypes, design activity and design outcome. *Design studies*, 26, 649-669.
- Vosniadou, S., & Brewer, W.F. 1992. Mental Models of the Earth: A Study of Conceptual Change in Childhood. *Cognitive Psychology*, 24, 535-585.
- Vosniadou, S. 1994. Capturing and Modeling the Process of Conceptual Change. *Learning and Instruction*, 4, 45-69.
- Vosniadou, S. 2002. *Mental Models in Conceptual Development*. Teoksessa L. Magnani & N. Nersessian *Model-Based Reasoning: Science, Technology, Values*. New York: Kluwer Academic Press.

Aineslähteet:

- Arjanne, S., Kenno, P., Leinonen, M., Nyberg, T., Palosaari, M., Vehmas, P. & Vestelin, O. 2004. *Koulun Ympäristötieto 6*. Helsinki. Otava.
- Honkanen, J., Raekunnas, M., Riikonen, J. & Saarivuori, M. 2005. *Luonnonkirja 5*. Helsinki. WSOY
- Honkanen, J., Raekunnas, M., Riikonen, J. & Saarivuori, M. 2006. *Luonnonkirja 5. Tehtävävihko*. Helsinki. WSOY

Liitteet

Liite 1: Kysymyksiä Auringosta ja Maasta

Nimi: _____

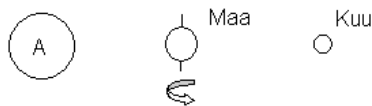
Lue kysymykset huolella. Vastaa monivalintakysymyksiin rastilla, vain yksi vastaus on oikea kuhunkin kysymykseen.

1. Mikä seuraavista kuvista esittää Auringon (A), Maan ja Kuun liikkeitä oikeimmin? Merkitse rasti ruutuun.

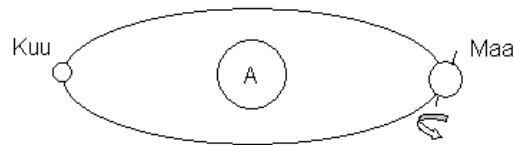
a)



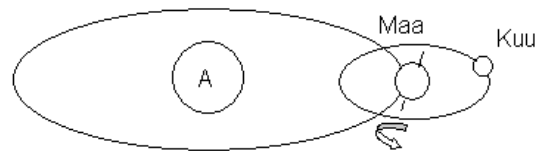
b)



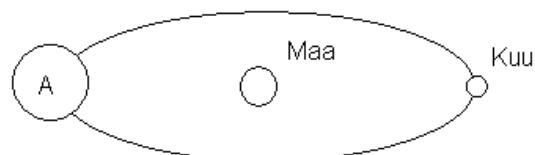
c)



d)



e)



2. Kuinka montaa liikettä Maa tekee suhteessa Aurinkoon? _____

3. Mitä liikkeitä Maa tekee? _____

4. Missä ajassa Maa kiertää kerran Auringon ympäri?

a)	24 tunnissa
b)	30 päivässä
c)	n. 365 päivässä
d)	n. 2 ½ vuodessa
e)	n. sadassa vuodessa.
f)	Maa ei kierrä Aurinkoa, vaan Aurinko kiertää Maata.

5. Millä nimellä tätä ajanjaksoa kutsutaan?

a)	vuorokausi
b)	viikko
c)	kuukausi
d)	vuosi
e)	vuosisata

6. Missä ajassa Maa pyörähtää kerran akselinsa ympäri?

a)	24 tunnissa
b)	30 päivässä
c)	n. 365 päivässä
d)	n. 2 ½ vuodessa
e)	n. sadassa vuodessa
f)	Maa ei pyörähdä itsensä ympäri.

7. Millä nimellä tätä ajanjaksoa kutsutaan?

a)	vuorokausi
b)	viikko
c)	kuukausi
d)	vuosi
e)	vuosisata

8. Mikä seuraavista väitteistä kuvaa parhaiten Auringon ja Maan kokosuhdetta?

a)	Maa on vähän suurempi kuin Aurinko.
b)	Maa on valtavan paljon suurempi kuin Aurinko.
c)	Aurinko on vähän suurempi kuin Maa.
d)	Aurinko on valtavan paljon suurempi kuin Maa.
e)	Aurinko ja Maa ovat suunnilleen samankokoiset.

9. Kuinka monta kertaa Suomen pituinen matka (n. 1 000 kilometriä) mahtuisi Maan ja Auringon välille?

a)	yhden kerran
b)	kaksi kertaa
c)	15 kertaa
d)	150 kertaa
e)	1 500 kertaa
f)	150 000 kertaa

10. Mikä aiheuttaa sen, että yöllä on pimeää ja päivällä valoisaa?

a)	Maan kiertäminen Auringon ympäri
b)	Maan pyöriminen akselinsa ympäri
c)	Pilvet estävät valon tulon yöllä
d)	Maa on välillä auringon valoisalla puolella ja välillä pimeällä puolella
e)	Aurinko nousee päiväksi ja laskee yöksi ja Kuu tekee päinvastoin

11. Mikä on mielestäsi tärkein syy sille, että Suomessa kesällä on lämpimämpää kuin talvella?

a)	Maa on lähempänä Aurinkoa kesällä.
b)	Aurinko on korkealla kesällä.
c)	Ilmavirtaukset ja merivirrat aiheuttavat lämpötilaerot.
d)	Auringon säteet tulevat kesällä enemmän kohtisuoraan.
e)	Kesällä päivä on yötä pidempi.

12. Miksi Pohjoisnavalla ja Etelänavalla on kylmempää kuin muualla?

a)	Navoilta on pisin matka Aurinkoon.
b)	Napa-alueilla on niin paljon jäätä jääkauden jäljiltä.
c)	Alueiden maaperä on erilainen kuin muualla.
d)	Auringon säteet kohtaavat napa-alueet loivassa kulmassa
e)	Napa-alueilla yö on päivää paljon pidempi

13. Missä seuraavista paikoista on kutakuinkin keskiyö, kun Suomessa on keskipäivä?

a)	Tukholmassa (Ruotsi, Eurooppa)
b)	Kapkaupungissa (Etelä-Afrikka)
c)	Moskovassa (Venäjä)
d)	Anchorageissa (Alaska, USA:n länsirannikko)
e)	New Yorkissa (USA:n itärannikko)
f)	Kalkutassa (Intia)

14. Mikä on todennäköisin keskilämpötila Sydneyssä Australiassa joulukuussa, kun se esimerkiksi Jyväskylässä on n. $-6\text{ }^{\circ}\text{C}$?

a)	n. $-12\text{ }^{\circ}\text{C}$
b)	n. $0\text{ }^{\circ}\text{C}$
c)	n. $+20\text{ }^{\circ}\text{C}$

Liite 2: Oikeat vastaukset kysymyksiin

1) D

2) 2 (3 hyväksytään, mikäli osannut yksilöidä akselin kallistuskulman muutoksen)

3) Maa pyörii akselinsa ympäri ja kiertää Aurinkoa.

4) C

5) D

6) A

7) D

9) F

10) B

11) D

12) D

13) D

14) C

Liite 3: Laitetta hyödyntävän opetustuokion kulku (5.11.2007)

I Alkutesti ohjeistuksineen

- kesto: n.30 min
- ajankohta: perjantaina 2.11.

II Laitetuokio

- kesto: 45-90 min
- ajankohta: keskiviikkona 7.11. klo 10-12

Ennen varsinaista opetustuokiota kerrotaan tuokion ehdottomat säännöt:

- 1) Kiertoradan sisään ei mennä. (rajattu teipillä lattiaan)
- 2) Laitteisiin ei kosketa.

a) Etsitään yhdessä Suomi kartalta ja vapaata ihmettelyä (päiväntasaaja, maapallon kalteva asento yms.)

Kysymyksiä: Miksi maapallo on vinossa? Minkä kokoinen maapallo oikeasti on? Kuka on käynyt Espanjassa/ Kanarian saarilla? Kuinka kauan lento sinne kestää? (4-5h) Entä Thaimaassa? Kuinka kauan lento sinne kestää?

Faktoja: Tämänkokoiseen Maapalloon suhteutettuna Aurinko olisi puun korkuinen (yli 25 metriä korkea pallo kolmen kilometrin päässä. Mihin tästä on 3 kilometriä? Valonlähde kuvaa Auringon säteitä.

b) Pelkkä Maa pyörimään → vuorokausi päivän ja yön vaihtelu (otetaan kiinnekohta pallosta ja seurataan sitä). Painotetaan, että yksi pyörähdys kestää todellisuudessa yhden vuorokauden.

Hypoteesikysymys: Kumpaan suuntaan Maan kuuluu pyöriä? (ennen laitteen käynnistämistä)

Faktoja: Vuorokausi kestää todellisuudessa 24 tuntia

c) Koko vuoden kierto kerran (aloitetaan kesästä) → Maa kiertää Aurinkoa ja kiertoa sanotaan vuodeksi (tarkkaillaan akselikulmaa → osoittaa aina samaan suuntaan!)

Kysymyksiä: Tarkkaile mihin päin pohjoisnapa osoittaa. (ennen käynnistämistä) Mitä muuta havaitsit? (käynnistämisen jälkeen)

Faktoja: Vuodenaikoihin vaikuttaa eniten Maapallon akselikulma, joka on koko ajan vinossa samaan suuntaan. Vuosi kestää 365 vuorokautta eli maapallo pyörähtää akselinsa ympäri

vuoden aikana 365 kertaa. Mallissamme maan pyörimistä on havainnollisuuden takia hidastettu.

d) Koko vuoden kierto pysäyttäen neljässä kohtaa pelkkä pallo jää pyörimään (teipit lattiassa).

Kysymyksiä: Onko Suomessa valoisa vai pimeä vuodenaika? Mikä vuodenaika Suomessa on lähtötilanteessa? Miksi? (ennen)

- pyöräytetään neljänneskiertos (pysäytys) Ihmettelyä
- pyöräytetään taas neljänneskiertos
- pyöräytetään alkupisteeseen

Faktoja: Suomen kesällä pohjoinen pallonpuolisko on kääntyneenä enemmän Aurinkoa kohti. Vastaavasti eteläinen pallonpuolisko on kääntyneenä enemmän päinvastaiseen suuntaan. Esimerkiksi Australiassa juhlietaan joulua helteisissä keleissä.

e) Akselikulma 23,5 astetta konkretisointi: taululla 90 asteen kulma suunnilleen puolittaa se = 45 astetta puolitetaan kulma edelleen saadaan lähestulkoon maan akselikulma 23,5 astetta; 0 astetta pallo pyörimään mitä vaikutuksia Suomeen; ala-asento (=akselikulman merkityksen selvittäminen)

Kysymyksiä: Mitä Suomen lämpötiloille tapahtuisi jos akselikulma olisikin 0 astetta? Kuinka kävisi vuodenaikojen?

f) Säteilyn jakautuminen eri alueille (lisälaite) (=pallonmuotoisuuden merkityksen selvittäminen)

Kysymyksiä: Mitä merkitystä Maan pallonmuotoisuudella on lämpötiloille eri puolilla Maapalloa?

Faktoja: Sama määrä säteilyä jakautuu napoja kohti mentäessä suuremmalle alueelle kuin päiväntasaajan seudulla.

III. Lopputesti

- kesto: n. 15-20min
- ajankohta: perjantai 9.11.