

Kaarle Kurki-Suonio

## 1. Suuri tehtävä

*"Kuulkaa! Mies lähti kylvämään ..." (Mk. 4:3)*

Matemaattisten aineiden suosio romahti 1970-luvun jälkipuoliskolla. Laajan matematiikan ja fysiikan lukijoiden osuus lukiossa pieneni kuudessa vuodessa noin 60 %:sta lähelle 20 %:a. Lukion vuoden 1981 opetussuunnitelma sinetöi tilanteen erityisesti fysiikan osalta tekemällä laajan fysiikan valitsemisen lähes mahdottomaksi. Korkeakouluilta loppuivat opiskelijat, joilla olisi riittävät matemaattis-luonnontieteelliset valmiudet. Vuosien 1984 ja 1985 ratkaisut vähensivät peruskoulun yläasteen fysiikkaa kolmanneksella ja poistivat luonnonopilliset aiheet ala-asteelta. Tavoitetasoa oli laskettava ja pulan jatkuminen tuli taatuksi.

Opetusministeri on nyt ottanut ohjat käsiinsä esittämällä 23.4.1996 kutsun kansallisiin talkoisiin suomalaisten matemaattis-luonnontieteellisen osaamisen nostamiseksi kansainväliselle tasolle. Talkoo-ohjelma kattaa oppijan koko elämänkaaren ja kutsuu yhteiskunnan kaikki osapuolet yhteiseen suureen harppaukseen, jonka maalina on vuosi 2002. Ponnistus lähtee pohjalta mutta on sitä rajumpi.

Tavoitteet asetetaan määrällisinä. Myös osaamisen ongelmia, joihin ratkaisua etsitään, katsotaan määrällisten indikaattoreiden läpi: fysiikan, kemian ja laajan matematiikan kursseja valitaan *liian vähän*, fysiikan ja kemian aineenopettajia valmistuu *liian vähän*, fysiikassa ja teknologia-aloilla opiskelee *vähän* naisia. Varsinaisesta osaamisesta todetaan vain puutteelliset oppimistulokset kokeellisessa työskentelyssä ja soveltamistaidoissa. Tavoiteltua osaamista luonnehtii maininta "hyvät ja monipuoliset tiedot ja taidot".

Kun pahenevaan tilanteeseen alettiin kiinnittää huomiota 1980-luvun loppupuolella, ongelman ytimeksi nähtiin matemaattisten aineiden opetuksen opettajakeskeisyys ja kokeellisuuden puute. Niistä aiheutuvat sekä huonot tulokset että matemaattisia aineita kohtaan tunnettu vastenmielisyys, joka heijastuu myös hallinnollisissa ratkaisuisissa. Vuoden 1994 peruskoulun ja lukion opetussuunnitelmien perusteet viitoittavat uuden suunnan asettamalla oppilaan oman, havaintoihin ja kokeellisuuteen nojautuvan oppimisprosessin kehittämisen opetuksen perustehtäväksi. Ne ohjaavat opetuksen tavoitteiden, lähestymistapojen ja menetelmien uudistamiseen tavalla, jonka perustellusti voidaan odottaa vaikuttavan oppimisen laatuun ja herättävän oppilaiden kiinnostusta. Uudistus ei kuitenkaan ole edennyt toivotulla tavalla. Se on liian syvälinen, jotta se voisi toteutua pelkkien ohjeiden varassa. Oppimistuloksia koskeva toteamus kytkee talkookutsun tähän uudistukseen. Toimenpidesuunnitelma vahvistaa tämän kytkennän. Valtiovalta pitää uudistusta tärkeänä ja on valmis panostamaan sen toteuttamiseksi.

## 2. Kokeellisuuden ongelma

*"... osa siemenistä putosi tien oheen, ja linnut tulivat ja söivät jyvät." (Mk. 4:4)*

Kokeellisuus on helppo iskusana, mutta opetuksen aidon kokeellisuuden toteuttaminen on vaikeampaa kuin yleisesti tiedostetaan. Kysely, jossa kartoitettiin kokeellisuuden käyttöä ja opettajien käsityksiä sen merkityksestä peruskoulun ja lukion fysiikan opetuksessa, toi esiin monenlaisia ristiriitaisia ajatuksia ja ongelmia.

Opetusmenetelmien uudistamisen kynnyks on korkea. Kokeellisuuden hyväksikäyttöön on saatu liian

vähän koulutusta. Välineitä ei ole, tai niiden käyttöä ei ole aikaa harjoitella. Luontoon ei luoteta tiedon lähteenä. Kokeiden epäonnistumista pelätään. Kokeellisuutta harjoitetaan, kun sitä vaaditaan, mutta sen merkitykseen oppimisen perustana ei uskota. Teoria osoittaa asiat paljon täsmällisemmin ja selvemmin. Ajatellaan, ettei kokeellisuutta tarvita. "Olen aina opettanut liidulla, ja tulokset ovat olleet hyvät." "Hyvät oppilaat oppivat ilman kokeita, huonot eivät opi kuitenkaan."

Hyvä tahto ja yrityskään eivät riitä, jos teoria hallitsee myös käsitystä itse kokeellisuudesta. Havaintojen ja kokeiden suunnitelmallinen käyttö tiedon rakentamisessa on harvinaista. Se on myös vaikeata, jos on tottunut ajattelemaan kaiken valmiiden kaavojen kautta. Tutkitut ilmiöt nähdään tällöin luonnon huonoina yrityksinä toteuttaa täsmällistä teoriaa. Kokeita tehdään ja teetetään pelkän kokeen tekemisen vuoksi ilman yhteyttä opittavaan asiaan. Niillä ei tueta oppimista. Kokeet jäävät yksipuolisiksi ja suppeiksi. Niiden tulokset todetaan, mutta niiden merkitys jää pohtimatta. Räväköillä demonstraatioilla voidaan herättää oppilaat, joskus myös mielenkiinto, mutta sitten taas keskitytään laskemiseen. Oppilastöitä tehdään mekaanisesti tarkkaa työohjetta seuraten. Huomio kiinnitetään vain tulosten laskennalliseen käsittelyyn ja "oikean tuloksen" tavoitteluun.

Kokeellinen toiminta sinänsä ei riitä toteuttamaan opetuksen kokeellista lähestymistapaa. Ilman kokeellisuuteen kytkettyä oppilaan omaa ennakoivaa ja tulkitsevaa pohdintaa se on oppimisen kannalta merkityksetöntä mekaanista näennäiskokeellisuutta. Kokeellisuus voi olla aitoa vain, kun se on oppilaan omaa tutkimusta. Siihen kuuluvat tieteen kaikki prosessuaaliset peruselementit, suunnittelun ja tulkinnan *merkityksiä hahmottava tieteellinen prosessi*, laitteiston suunnittelun ja rakentamisen sekä kokeen suorituksen *keksivä ja soveltava teknologinen prosessi* sekä yhteisen pohdiskelun, keskustelun ja raportoinnin *merkityksistä neuvottelun sosiaalinen prosessi*.

Toisaalta, kokeellisen lähestymistavan pitäisi leimata kaikkea opetusta. Teoria ja laskennalliset harjoitukset tulisi aina kytkeä ilmiöiden todellisuuteen. Teoreettinen tieto perustuu kokeellisuuteen, vaikka peruskokeita ei voidakaan itse tehdä. Fysiikassa kerrottu empiria on usein ainoa mahdollisuus, mutta sen merkitystä ei voi oppia ymmärtämään ilman, että on itse saanut harjoitella kokeellista tutkimusta.

### 3. Atomit ja kaavat

*"Osa putosi kallioiseen paikkaan ... Ne nousivat kohta oraalle, ... auringon noustua oraat helteessä kuivettuivat, koska niillä ei ollut juurta." (Mk. 4:5,6)*

Matemaattisten aineiden koko kulttuuri on sitoutunut teorialähtöisyyteen, ei ainoastaan Suomessa vaan koko maailmassa. Uskotaan, ettei fysiikka ole mitään ilman atomeja, elektroneja ja että kaikki ymmärrys perustuu niihin. Niistä on alettava.

Pikainenkin vilkaisu oppikirjoihin vahvistaa tämän. Tarkastelu alkaa määrittelemällä ilmiöt alkeellisina atomaarisina malleina: "Sähkövirta on elektronien liikettä". Kvantitatiivinen käsittely alkaa ilmoitetulla kaavalla, "sulattele sitä", sijoita siihen lukuarvoja ja laske. Fysiikka tarjoaa kärjistetyin mallin oppikirjoille ominaisesta tekstityypistä, joka ensimmäisellä lauseella sulkee oppilaan suun ja kieltää ajattelun. [Pirjo Karvonen: Oppikirjateksti toimintana. Suomalaisen kirjallisuuden seura. Helsinki 1995].

Kysyntä määrää menekin. Siksi oppikirjojen uudistaminen on hidasta. Fysiikan sarjoja mainostetaan sillä, ettei niiden käyttö edellytä opetuksen uudistamista. Kilpailu vaatii kompromisseja teoreettisten opetustottumusten kanssa.

Talkoo-ohjelmassa esitetään ylioppilastutkinnon matematiikan kokeen ja reaalikokeen luonnontieteellisten osien uudistamista. Valmistumassa olevassa pro gradu -tutkimuksessa verrataan

TKK:n valintakokeen ja ylioppilastutkinnon fysiikan tehtäviä. Jälkimmäisissä näkyy johdonmukainen kehittämisen linja. Ne testaavat asteittain yhä selkeämmin ilmiöiden ja niiden käsitteellisten esitysten välisen yhteyden ymmärtämistä. TKK:n valintakokeiden luonne on säilynyt pitkään samanlaisena. Vilkaisu TKK:n valintakokeisiin valmentavien kurssien tehtäviin ja malliratkaisuihin osoittaa, mistä on kysymys.

Lukion fysiikan opetus on sitoutunut Teknillisen korkeakoulun ja lääketieteellisten tiedekuntien valintakokeisiin paljon lujemmin kuin ylioppilastutkintoon. Pääsyä "polille" pitävät niin opettajat, oppilaat kuin oppilaiden vanhemmatkin yleisesti tärkeimpänä fysiikan opetuksen mittarina. Niinpä opetus onkin usein "polipeliä", jossa harjoitellaan yksinkertaisten pelisääntöjen mukaista kaavojen valitsemista taulukoista perustyyppeihin laskutehtäviin. Kaavoihin rajoittuminen on "saavutettu etu", josta halutaan pitää kiinni. Koetaan suureksi vääryudeksi, kun ylioppilastutkinnon tehtävien käsittely pelkin perustelemattomin kaavoin ei tuota täysiä pisteitä, vaikka sillä pääsee polille.

Ala-asteen opetuksen perustumista lapsen omaan ympäristöön, kokemuksiin ja havaintoihin pidetään itsestään selvänä. Luokanopettajat ovat tällaisen opetuksen mestareita - aina luonnonopillisiin aiheisiin saakka. Tärkeää aihetta *vesi* voidaan lähestyä jakamalla oppilaat happi- ja vetyatomeihin. Sitten kaksi vetyatomia tarttuu aina yhtä happiatomia käsistä ja tanssi alkaa.

Juuri valmistunut pro gradu -tutkimus (Marjatta Saarinen: Ala-asteen luonnonopillinen oppiaines. Opetussuunnitelmat ja niiden toteutuminen. HY. Fysiikan laitos. 1996) on hämmäntävää luettavaa. Atomeja pidetään luonnontiedon perustana. Kun ne osoittautuvat lapsille liian vaikeiksi, oppiainesta vain siirretään myöhemmäksi tinkimättä tästä periaatteesta. Kun opetussuunnitelmissa aletaan vaatia opetuksen perustamista lapsen havaintomaailmaan, opettajan oppaat ja oppikirjat asettuvat vastarintaan. Havainnolliset kokeet leimataan naiiveiksi, varotetaan aliarvioimasta lasten oppimiskykyä ja syötetään toinen toistaan uskomattomampia selityksiä atomien osuudesta ympäristön ilmiöihin. Vielä viime vuonna ilmestyneessä ympäristötiedon oppikirjassakin atomit ja elektronit ovat vastassa ensimmäisenä luonnonopillisenä asiana.

Atomeja ja kaavoja syötetään lapsille hyvää tarkoittaen. Nehän ovat fysiikassa parasta ja tärkeintä. Surullinen tositarina kertoo isovanhemmista, jotka halusivat auttaa vauvan varttumista syöttämällä sille kermaa ja makkaraa. Lapsi kuoli.

#### 4. Osaansa vangittu

*"Osa taas putosi ohdakkeiden sekaan, ja ohdakkeet kasvoivat ja tukahduttivat oraan ..." (Mk. 4:7)*

Fysiikka on atomien ja kaavojen mystinen valtakunta, jonne vain neroilla on pääsy. Muiden, erityisesti tyttöjen, ei pidä yrittääkään ymmärtää sitä. Matemaattisten aineiden opetuksen perinne on epäilemättä itse syypää näiden kliseiden syntyyn. Kaikissa fysiikkaa koskevissa kyselyissä, haastatteluisissa ja mielenilmaisuuksissa on yhteisenä tekijänä mielikuva fysiikasta käsittämättöminä ja merkityksettöminä kaavoina. Äskettäin erään eteläsuomalaisen koulun ympäristöpäivän ohjelmassa oli hyödyttömimmän kulutustavaran valinta oppilaiden äänestyksellä. Kilpailun voitti ylivoimaisesti fysiikan oppikirja. Sille hävisi kirikkaasti mm. ehdolla ollut pedikyyrinen apulaite, varpaiden levitin. Insinöörikin kehuu suurimman päivälehdessä mielipidesivulla lukeneensa laajan fysiikan mutta ei koskaan tarvinneensa siitä mitään.

Kaavoihin keskittyy myös kirjallisuuden, taiteen ja julkisen sanan käsitys fysiikasta. Jo lasten sarjakuvalehdissä fysiikka on mystinen  $E = mc^2$ . Tieteen popularisointikin hekumoi fysiikan käsittämättömyydellä. Uudistusmielisen URSA:n julkaisema tähtitieteen opetuksen opas ohjaa tekemään omia havaintoja ja kokeita, mutta senkin kruunaa kissankokoisin kirjaimin painettu ja kehystetty, perustelematon laskukaava. Luonnontieteiden harrastuksen pyhätössä, HEUREKASSA, ei

voi olla törmäämättä kokeiden ja laitteiden esitteissä ilmoitettuun kaavaan, joka vartioi fysiikan papistolle pyhitettyä ymmärtämisen aluetta.

Yhteiskunta yksimielisenä pitää fysiikkaa sen itse luomien kliseiden vankina. Fysiikka tuomitaan niiden perusteella hyödyttömäksi, jopa vahingolliseksi. Samalla vaaditaan, että fysiikan kuuluu olla juuri sellaista, jotta sen torjuminen oppiaineiden ja kulttuurin alojen ikuisessa reviiritaistelussa olisi oikeutettua ja jotta nerokkaat pojat pääsisivät "lääkikseen ja polille".

Kliseitä ylläpitää oppilaan koko ympäristö, vanhemmat, toverit, opettajat - fysiikan siinä kuin muidenkin aineiden, opintojen ohjaajat jne. Virallisesti sanotaan yhtä, todellisia asenteita ja käsityksiä heijastava jokapäiväinen kielenkäyttö ja toiminta todistavat toista. Yliopistossa fysiikkaa opiskelevien tyttöjen värikkäistä keskustelukertomuksista välittyy kuva, jonka mukaan tyttöjen väheksyntä ja torjunta ovat yhä jokapäiväistä elämää koulun fysiikan ja matematiikan tunneilla. Kaikki tuntevat humanistiopiskelijoiden kauhistuneet huudahdukset: Fysiikkaa, hirveää, et voi olla tosissasi?! Opiskelija selittää harjoitustunnillaan jatkuvasti oppilaille kuinka vaikeaa tämä on.

Opettajien fysiikan opintoihin on pitkään kuulunut harjoitus, jossa haastatellaan jonkin epämatemaattisen alan opettajaa tai opetusharjoittelijaa hänen alansa ja fysiikan mahdollisista yhteyksistä ja yhteistyömahdollisuuksista. Myönteiset kokemukset ovat vuosien mittaan lisääntyneet, mutta monille haastattelu on ollut shokkihoitoa valmennuksena tulevaan työympäristöön. Reviiritaistelu näyttää olevan tärkeämpää kuin yhteinen kasvatustehtävä.

## **5. Rauta on kuumaa, on aika takoa**

*"Mutta muut jyvät putosivat hyvään maahan. Ne nousivat oraalle, kasvoivat ja antoivat sadon ..." (Mk. 4:8)*

Matemaattisilla aineilla on nyt historiallinen tilaisuutensa. Talkoo-ohjelman hankkeet tarjoavat mahdollisuuden perusteelliseen uudistumiseen. Kutsu koskee erotuksetta kaikkia, kuten oikein onkin. Samalla on tiedostettava, että kaikki tällöin myös toimivat oman opettajanvakaumuksensa ja parhaan ymmärryksensä mukaan. Matemaattisten aineiden opettajat ovat ammattitaidostaan ylpeän tietoista joukkoa. Edellä esitetyt ongelmat ovat osa heidän parhaiden ymmärrystensä välisiä ristiriitoja, jotka on osattava viisaasti kohdata ja käsitellä ohjelman arvioinneissa ja koulutuksen toteutuksessa.

Suunniteltu uudistus ei synny mahtikäskyllä maasta polkaisten. Alalla on kuitenkin paljon sisäistä uudistusvoimaa, ja takana on jo parin vuosikymmenen uurastus niiden laadullisten tavoitteiden hyväksi, jotka nyt on asetettu suuntaviivoiksi. Silti olisin vielä viisi vuotta sitten pitänyt ohjelman tavoitteita saavuttamattomana utopiana. Aivan viime vuosien kehityksessä on kuitenkin ollut rohkaisevia viitteitä siitä, että työ on alkanut kantaa hedelmää.

Nimitys "matemaattiset aineet" antaa ulkopuoliselle kuvan yhtenäisestä alasta. Mutta erilaiset sisäiset vastakkainasettelut, kuten matematiikka  $\diamond$  luonnontieteet, teoria  $\diamond$  kokeellisuus, fysiikka  $\diamond$  tekniikka, tiede  $\diamond$  kasvatus, paloittelevat alan. Ja joka palasessa ovat vastakkain uudistajat ja säilyttäjät. Kestävän uudistuksen ehdoton edellytys on kaikkien näiden osapuolten saaminen yhteisten tavoitteiden taakse.

Viime vuonna perustettu opettajien matematiikan, fysiikan ja kemian tutkijakoulu on pitkä askel tähän suuntaan. Olen ylpeä minulle uskotusta tehtävästä koulun vastuullisena johtajana. Ensimmäisen kerran ainelaitokset ja opettajankoulutuslaitokset ovat sopineet yhteisistä työskentelyn periaatteista. Kunnia aloitteesta ja pohjatyöstä koulun perustamiseksi on dos. Maija Ahteen (OKL/HY). Koulu perustettiin "kovan tieteen" tutkijakoulujen rinnalle mutta on luonteeltaan erilainen. Sen synnytti sama matemaattisten aineiden opetuksen kehittämisen tarve ja halu, joka on talkookutsun takana. Tämä on

myös sen ensisijaisena tavoitteena. Opettajien jatkokouluttaminen oman työnsä tutkijoiksi nähtiin mahdollisuudeksi luoda kouluihin uudistuksen keskuksia.

Tutkijakoulu on koonnut yhteen matemaattisten aineiden opetuksen tutkimuksen ja kehittämisen parhaat voimat. Se olisi sen tähden mitä luonnollisin työkalu talkootavoitteiden toteuttamisessa. Siihen on liittynyt tähän mennessä jo noin 80 jatko-opiskelijaa, jotka työskentelevät pääasiassa oman toimen ohella. Heidän omiin opintosuorituksiinsa voitaisiin sisällyttää kouluttautuminen opettajien täydennyskouluttajiksi. Samalla tästä avautuisi paljon koulun tavoitteiden mukaisia tutkimusongelmia. Oikeastaan talkoiden hankeluuttelon jokainen kohta on tutkijakoulun potentiaalinen tutkimusongelma.

Matemaattisten aineiden uudistamisen perusvaikeudet, joihin olen voinut tässä vain pinnallisesti viitata, ovat kuitenkin suurelta osin sekä matemaattisten tieteiden että kasvatustieteen ulkopuolella. Ellemme opi ymmärtämään niitä psykologisia, sosiologisia ja kielellisiä sidonnaisuuksia, jotka niiden takana vaikuttavat, mikään uudistus ei voi muodostua pysyväksi. Esimerkiksi oppikirjojen arvioinnissa ja sitäkin tärkeämmässä opetuksen dynamiikan seuranta tutkimuksessa sosiologiset ja lingvistiset näkökulmat ovat välttämättömät ainelähtöisen lähestymistavan analyysin ja didaktisen analyysin rinnalla. Tutkijakoulun pitäisi sen tähden pystyä kokoamaan paljon laajemmin monitieteisiä tutkimusryhmiä, joiden työhön voisivat osallistua sekä tutkijakoulun jatko-opiskelijat että koulun jäsenlaitosten perustutkinto-opiskelijat.

Tällainen toiminta sopii huonosti ainelaitosten tieteelliseen profiiliin. "Kova tiede" on niiden arvoasetelmissa aina etusijalla. "Kasvatustieteellisen hömpötyksen" (suora sitaatti kollegan puheenvuorosta) tieteellisyys ei ole samalla tavalla triviaalin ongelmatonta kuin matemaattisten tieteiden oma tieteellisyys, eikä tilan raivaaminen sitä harrastavalle ryhmälle ole tähän asti ollut mahdollista. Tutkijakoulun toimenkuvan laajentaminen voisi vahvistaa myös ainelaitoksissa annettavaa opettajankoulutusta ja siihen liittyvää tutkimustoimintaa.

*"Jolla on korvat kuulla, se kuulkoon!" (Mk. 4:9)*