



OPETUSHALLITUS

## LUMA–Suomen menestystekijä nyt ja tulevaisuudessa

Matematiikan ja luonnontieteiden  
neuvottelukunnan muistio 2009

## Saate

**M**atematiikan ja luonnontieteiden opetuksen kehittämisen tueksi Opetushallitus asetti vuoden 2007 lopulla neuvottelukunnan, jonka tehtävänä oli laatia suuntaviivoja matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen kehittämiseksi. Neuvottelukunta tarkensi tehtävänsä kuvaa siten, että se päätti ensi vaiheessa laatia muistion ehdotuksista matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen kehittämiseksi yleissivistävässä ja ammattikoulutuksessa sekä opettajankoulutuksessa.

Neuvottelukunnan puheenjohtajaksi kutsuttiin koulutusjohtaja Markku Koponen *Elinkeinoelämän keskusliitosta* ja jäseniksi

- ylijohtaja Sakari Karjalainen *opetusministeriöstä*
- kehitysjohtaja Markku Rimpelä (18.8.2008 saakka) ja kehitysjohtaja Jorma Kauppinen (18.8.2008 alkaen) *Opetushallituksesta*
- professori Aatos Lahtinen *Helsingin yliopistosta*
- professori Kielo Haahtela *Helsingin yliopistosta*
- professori Heimo Saarikko *Helsingin yliopistosta*
- professori Risto Kalliola *Turun yliopistosta*
- professori Pekka Koskela *Jyväskylän yliopistosta*
- professori Reija Jokela *Teknillisestä korkeakoulusta*
- Lektor Lisen Häggblom *Åbo Akademista*
- johtaja Juha Ylä-Jääski *Teknolomiteollisuudesta*
- diplomi insinööri Ossi Kokkonen, *Facten entinen toiminnan johtaja*
- professori Jouni Välijärvi *Koulutuksen tutkimuslaitoksesta*
- apulaisjohtaja Riitta Juvonen *Kemianteollisuus ry:stä*.

Neuvottelukunnan sihteeriksi kutsuttiin opetusneuvos Leo Pahkin *Opetushallituksesta*.

Neuvottelukunta valitsi varapuheenjohtajaksi Markku Rimpelän (18.8.2008 saakka) ja kehitysjohtaja Jorma Kauppinen (18.8.2008 alkaen).

Neuvottelukunta on kuullut asiantuntijoina

- opetusneuvos Eero K. Niemeä *Opetushallituksesta*
- opetusneuvos Kaija Salmiota *Opetushallituksesta*
- yliopettaja Pertti Toivosta *ammattikorkeakoulu Stadiasta*
- opiskelija Mikko Kiviluomaa *Suomen lukiolaisten liitosta*
- yliopistonlehtori Tuuli Toivosta *Helsingin yliopistosta*
- opetusneuvos Lea Houtsosta *Opetushallituksesta*
- lehtori Irma Ihoa *Matemaattisten aineiden opettajien liitosta (MAOL)*.

Neuvottelukunta on kokoontunut 10 kertaa.

Tässä muistiossa on tarkasteltu matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen tilaa ja kehittämistarpeita. Neuvottelukunta ei käytettävissä olevan ajan puitteissa ole käsitellyt matemaattis-luonnontieteellisten oppiaineiden sisältöä, eikä tee esityksiä tältä osin. Neuvottelukunta ei ole myöskään puuttunut eri oppiaineiden tuntimääriin, vaan on tehnyt ehdotuksensa lähtien siitä, että tuntimäärät näiden oppiaineiden osalta säilyvät vähintään nykyisellä tasolla.

Muistio sisältää sekä oppiainekohtaisia ehdotuksia että matematiikan ja luonnontieteiden oppiaineita koskevia yhteisiä ehdotuksia ja neuvottelukunta esittää, että ne otettaisiin huomioon näitä oppiaineita koskevassa kehittämistyössä.

Saatuana muistionsa valmiiksi neuvottelukunta luovuttaa sen kunnioittavasti Opetushallitukselle.


Helsingissä 2. p:nä kesäkuuta 2009



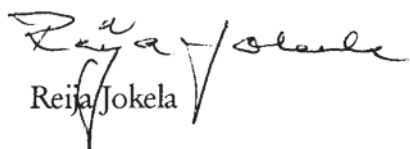
Markku Koponen  
Puheenjohtaja



Kielo Haahtela



Lisen Häggblom



Reija Jokela



Riitta Juvonen



Risto Kalliola



Sakari Karjalainen



Jorma Kauppinen



Ossi Kokkonen



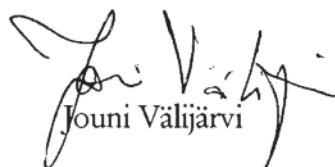
Pekka Koskela



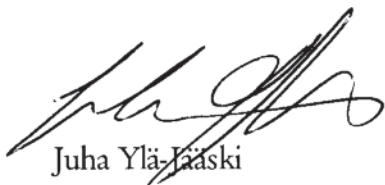
Aatos Lahtinen



Heimo Saarikko



Jouni Välijärvi



Juha Ylä-Jääski



Leo Pahkin  
Sihteeri

## Sisältö

1	Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen lähtökohtia	5
2	Yleiset kaikkia oppiaineita koskevat kehittämissuositukset	7
2.1	Matemaattisen ja luonnontieteellisen koulutuksen ja sivistyksen saatavuuden turvaaminen	7
2.2	Matematiikan ja luonnontieteiden merkityksen ymmärtäminen ja yleisen kiinnostuksen herättäminen	8
2.3	Opetussuunnitelmien ja koulutusrakenteiden kehittäminen	8
2.4	Matemaattis-luonnontieteellisen opetuksen innovatiivinen kehittäminen	9
2.4.1	Opetuksen kehittämisen tuki paikalliselle tasolle	9
2.4.2	Kehittäjien verkottaminen	10
2.4.3	Opetuksen kehittäminen osana opettajien perus- ja täydennyskoulutusta	10
2.4.4	LUMA-keskukset	11
2.4.5	Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan	14
3	Oppiainekohtaiset kehittämissuositukset yleissivistävässä koulutuksessa	15
3.1	Matematiikka	15
3.1.1	Esiopetus	15
3.1.2	Perusopetus	16
3.1.3	Lukio	17
3.2	Fysiikka ja kemia perusopetuksessa	18
3.2.1	Lukion kemia	20
3.2.2	Lukion fysiikka	21
3.3	Biologia	22
3.3.1	Perusopetus	22
3.3.2	Lukio	24
3.4	Maantiede	25
3.4.1	Perusopetus	26
3.4.2	Lukio	27
3.5	Teknologiaopetus	28
4	Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen kehittäminen ammattikoulutuksessa	30
5	Yhteenveto neuvottelukunnan kehittämissuosituksista	32
5.1	Yleiset kehittämissuositukset	32
5.2	Oppiainekohtaiset kehittämissuositukset	33

© Opetushallitus ja kirjoittajat

Taitto Pirjo Nylund

ISBN 978–952–13–4132–8

Helsinki. 2009

## 1 Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen lähtökohtia

**E**uroopan unionin maissa on noussut viime vuosina suuri huoli luonnontieteilijöiden ja matematiikan osaajien määrästä sekä heikentyvästä osaamisesta. Vaikka koulutuspolitiikka on jokaisen jäsenmaan omissa käsissä, pyrkii unioni antamaan suosituksia opetuksen kehittämiseksi. Työvoiman ja tavaroiden vapaan liikkuvuuden on havaittu olevan riippuvainen myös koulutuksen laadusta ja määrästä. Samaan aikaan myös keskustelu koko Euroopan laajuisen talousalueen kilpailukyvyistä globaaleilla markkinoilla on kiihtynyt.

Matematiikan ja luonnontieteiden kasvavalle osaamisen tarpeelle on useita syitä. Matematiikka ja luonnontieteet eivät ole tarpeellisia vain heille, jotka tarvitsevat niitä suoraan ammatissaan, vaan ne ovat tärkeitä kaikille ihmisille muun muassa ymmärtääksemme yhteiskunnassa ja luonnossa tapahtuvia muutoksia. Teknologian, muun muassa informaatio- ja kommunikaatioteknologian kasvava merkitys koskettaa jokaista kansalaista. Matematiikka ja luonnontieteet muodostavat perustan myöskin muiden oppiaineiden ja ammattien menestykselle opiskelulle.

Yritystoiminnan kasvu perustuu korkeaan osaamiseen ja lisäksi Suomen kilpailukyvyyn ja työvoimatarpeen turvaaminen pakottavat entisestään tehostamaan ja parantamaan osaamista sekä hyödyntämään osaamista nykyistä tehokkaammin. Huoli ilmastonmuutoksesta ja luonnonvarojen loppumisesta sekä kestävä kehityksen turvaavan teknologian kehittämisestä asettavat luonnontieteellisen osaamisen entistäkin tärkeämmäksi vaatimukseksi. Globalisaation erilaisten ilmenemismuotojen ymmärtäminen edellyttää kykyä hahmottaa maapallo kokonaisuutena. Poliittis-taloudellista päätöksentekoa varten tarvitaan vahvaa matematiikan ja luonnontieteiden osaamista ja ymmärtämistä.

*Neuvottelukunnan näkemyksen mukaan* suurimpia haasteita ja puutteita matematiikan ja luonnontieteiden opettamisessa, oppimisessa ja osaamisessa ovat muun muassa seuraavat:

- Monet oppilaat ja opiskelijat opiskelevat edelleen näitä oppiaineita ulkoa ymmärtämättä niiden sisältöä, loogista kieltä tai rakennetta sekä yhteyttä käytänteisiin.
- Luokanopettajien koulutus ja täydennyskoulutus eivät takaa kaikille tasavertaisia mahdollisuuksia oppia luonnontieteiden opettamisessa tarvittavia tietoja ja taitoja. Täydennyskoulutus ei ole pystynyt riittävästi korjaamaan tilannetta. Esiopetusta antavien lastentarhanopettajien koulutuksessa ei ole riittävästi esillä matematiikan ja luonnontieteiden elementtejä.
- Kokeellisuuteen ja tutkivaan oppimiseen perustuvien opetusmenetelmien käyttö ja opetuksen systemaattisuus kaipaavat parantamista 1. ja 2. asteen opetuksessa. Matematiikan ja luonnontieteiden yhteys käytänteisiin on jäänyt vieraaksi.

- Ponnisteluista huolimatta opetusteknologian käyttö ei ole laajentunut 1. ja 2. asteen oppilaitoksiin, kouluihin ja luokkiin.
- Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksessa yritysten ja työelämän kanssa tehtävän yhteistyön mahdollisuuksia hyödynnetään vielä liian vähän. Vuorovai-  
kutuksen yritysten ja muiden koulun ulkopuolisten tahojen kanssa vaatisi koulu-  
tuksen järjestäjiltä nykyistä enemmän resursointia ja suunnitelmallisuutta.
- Teknologian opetuksen kaltaiset aihekokonaisuudet on sisällytetty opetussuun-  
nitelmien perusteisiin, mutta ne eivät ole vielä juurtuneet osaksi kaikkien kou-  
lujen matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen käytänteitä.
- Lukiossa pitkää matematiikkaa sekä fysiikan ja kemian syventäviä kursseja opis-  
kelevien määrä ja usein osaamisen laatukaan eivät riitä yliopistojen ja ammatti-  
korkeakoulujen tekniikan ja luonnontieteiden koulutuksen tarpeisiin.
- Biologian ja maantieteen lukio-opetuksessa ei saavuteta sellaista osaamisen tasoa,  
jota tieteenalojen nopea kehittyminen edellyttäisi. Ongelma aiheutuu erityisesti  
opetusta tukevien teknologisten resurssien puutteesta ja siten suurista koulujen  
välisistä eroista ja toisaalta opettajien täydennyskoulutuksen vähäisyydestä.
- Tietokoneiden käyttömahdollisuuden puute ylioppilastutkinnossa on esteenä  
mielekkäiden prosessikeskeisten tehtävien asettamiselle luonnontieteiden ko-  
keissa.
- Matematiikan ja luonnontieteiden opettajien määrä ei riitä täyttämään muun  
muassa eläköitymisestä ja uran vaihdoista vapautuvia opettajien virkoja.
- Kiinnostus matematiikan, luonnontieteiden ja tekniikan opiskeluun ei ole riittä-  
vän suurta, etenkin tyttöjen ja naisten osaamispotentiaali pitäisi hyödyntää pa-  
remmin. Luonnontieteet ja matematiikka mielletään usein humanistisen ja yh-  
teiskunnallisen kiinnostuksen vastakohtiksi, mikä johtaa niiden välttämiseen  
tarpeettomasti.
- Matematiikan, luonnontieteiden ja teknologian merkityksestä kertominen (kriit-  
tinen ajattelu, hyvinvointi, tulevaisuuden ammatit, jatko-opinnot ja uramahdol-  
lisuudet, jne.) ovat liiaksi ja usein pelkästään oppilaan- ja ammatinvalinnan oh-  
jaajien vastuulla. Tutkimusten mukaan nuoret haluavat opettajilta enemmän oi-  
keaa ja monipuolista tietoa eri oppiaineiden merkityksestä jatko-opintoja ja am-  
matinvalintaa koskevan päätöksenteon tueksi. Opettajien perus- ja täydennys-  
koulutuksen tulee vastata tulevaisuudessa myös näihin haasteisiin.

## 2 Yleiset kaikkia oppiaineita koskevat kehittämisehdotukset

**M**atematiikan ja luonnontieteiden opetuksen kehittämisessä tulisi *neuvottelukunnan mielestä* keskittyä erityisesti seuraaviin kokonaisuuksiin.

- 1 Matemaattisen ja luonnontieteellisen koulutuksen ja sivistyksen saatavuuden turvaaminen
- 2 Luonnontieteiden ja matematiikan merkityksen ymmärtäminen ja yleisen kiinnostuksen herättäminen
- 3 Opetussuunnitelmien ja koulutusrakenteiden kehittäminen
- 4 Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen innovatiivinen kehittäminen

### 2.1 Matemaattisen ja luonnontieteellisen koulutuksen ja sivistyksen saatavuuden turvaaminen

Suomalainen koulutusjärjestelmä on tasa-arvoinen oppilaan taustoihin nähden. Opettajankoulutus pitää huolen siitä, että opettajien ammattitaito on hyvin homogeeninen, kun he jättävät yliopiston. Opettajien täydennyskoulutuksella pyritään huolehtimaan siitä, että opettajilla olisi aina ajantasainen tieto uusista opetusmenetelmistä ja sisällöistä.

Kaikille oppilaille ja opiskelijoille tulee taata yhtäläiset mahdollisuudet oppia ja opiskella luonnontieteitä ja matematiikkaa sekä perehtyä teknologiaan. On vaikuttava nuorten itselleen luomaan kuvaan matematiikasta ja luonnontieteistä sekä matemaatikoista ja luonnontieteilijöistä. Lisäksi on edesautettava kaikkia oppilaita ja opiskelijoita käyttämään koko oppimispotentiaalinsa sukupuoleen katsomatta tai ilman pelkoa leimautumisesta. Erityisesti tyttöjen ja naisten osallistumista on tuettava ja heitä on kannustettava, jotta heille syntyisi vahva itseluottamus luonnontieteissä ja matematiikassa.

Koulutusjärjestelmää ja yliopistojen opiskelijavalintaa on edelleen kehitettävä. On löydettävä keinoja kanavoida opiskelijavirtoja nykyistä tehokkaammin. Luonnontieteiden aloilla on mahdollistettava eri tieteiden välillä hakijoiden ohjaamista suosituilta aloilta toisen luonnontieteen ja teknologian vajaan jättäviin opiskelijajapaikoihin. On myös rakennettava tehokkaita menetelmiä opintojen tueksi, niiden nopeuttamiseksi ja keskeyttämisen vähentämiseksi.

Matematiikan ja luonnontieteiden opettajan ammattikuvaa tulee kehittää nuoria kiinnostavaksi. Opettajia on tuettava työssä jaksamisessa.

### 2.2 Matematiikan ja luonnontieteiden merkityksen ymmärtäminen ja yleisen kiinnostuksen herättäminen

Suomessa ja muualla Euroopassa on huomattu nuorten voimakkaasti vähentynyt kiinnostus luonnontieteitä, matematiikkaa ja teknologiaa kohtaan. Tällainen kehitys

heikentää heidän edellytyksiään hahmottaa monia ympäristöön, teknologiaan ja yhteiskuntaan liittyviä aiheita ja on ristiriidassa innovaatiostrategian ja teknologian kehittymisen edellyttämän korkean osaamisen tavoitteiden kanssa. Kiinnostuksen lisäämiseksi Suomessa on ryhdyttävä voimakkaammin tuomaan esiin uusia opetusmenetelmiä esi- ja perusopetukseen sekä lukiokoulutukseen. Toiminnalliset työtavat (mm. tutkiva oppiminen, kokeellisuus jne.) on yksi avain herättää pysyvämpi kiinnostus luonnontieteisiin ja teknologiaan.

Kouluissa on otettava käyttöön myös lahjakkaille oppilaille ja opiskelijoille suunnattuja menetelmiä ja sen tueksi on kehitettävä lahjakkaiden opetukseen valtakunnallinen verkosto.

Oppilaille ja opiskelijoille on luotava positiivinen asenne matematiikkaa ja luonnontieteitä sekä teknologiaa kohtaan muun muassa tuomalla vahvemmin näkyväksi matematiikan ja luonnontieteen tutkimusta ja ammatteja, joihin näistä koulutus suunnista valmistutaan. Yritysten ja koulujen välistä yhteistyötä tulee tiivistää. Opettajien perus- ja täydennyskoulutusta tulee kehittää siten, että he saavat perustiedot elinkeinoelämästä ja siellä tarvittavasta osaamisesta.

## 2.3 Opetussuunnitelmien ja koulutusrakenteiden kehittäminen

Opetussuunnitelmien perusteita on edelleen kehitettävä päämääränä toiminnallisten työtapojen vahvistaminen. On rakennettava koulujen luonnontieteiden opetusta tukevia valtakunnallisia digitaalisia oppimisympäristöjä, jotka sisältävät sekä opiskelua tukevat työkalut että tarvittavat digitaaliset aineistot. Myös koulutusrakenteita tulee tarkastella kriittisesti. On luotava menetelmiä, joissa oppilas voi siirtyä joustavasti esimerkiksi perusopetuksesta toiselle asteelle jo viimeisen perusopetusvuoden aikana tai jopa ennen sitä.

Opetuksessa on painotettava ymmärrykseen perustuvaa osaamista ja tukea oppilaiden ja opiskelijoiden valmiuksia hakea, arvioida ja käsitellä eri lähteistä saatavaa tietoa; samalla suurien muistinvaraisten tietomäärien taakkaa voidaan keventää. Eri oppiaineiden välistä vuorovaikutusta tulee myös lisätä.

Yliopistojen, ammattikorkeakoulujen ja lukioiden välistä työnjakoa tulee selkeyttää. Lukio-opetuksen tulee antaa vahva perusosaaminen, jonka varaan jatko-opinnot voidaan rakentaa. Lukio-opintojen laajuutta matematiikassa ja luonnontieteissä on tarkasteltava kriittisesti myös tästä näkökulmasta. Perusosaamisen rakentuminen ei tarkoita opetettavien asioiden runsautta vaan riittävän syventymisen kautta syntyvää osaamisperustaa ja asioiden ymmärtämistä.

## 2.4 Matemaattis-luonnontieteellisen opetuksen innovatiivinen kehittäminen

Matematiikan, luonnontieteiden ja teknologian tutkimus luovat perustan nykyiselle elämänmuodolle ja muuttavat ihmisten arkipäivää kiihtyvällä vauhdilla. Koulupetuksen haasteena on luoda oppilaille ja opiskelijoille edellytykset havaita ja ym-

märtää, miten uusi tieto käytännön sovelluksineen parantaa elämäämme ja edistää hyvinvointia, mutta toisaalta tuottaa myös uhkia elämänmuodollemme. Oppimistutkimus puolestaan auttaa ymmärtämään aiempaa paremmin, miten oppilaat ja opiskelijat rakentavat omaa tietämystään muun muassa luonnon perusilmiöistä ja matematiikan ydinkäsitteistä. Tutkimukseen pohjautuva kehittämistyö tuottaa myös uusia keinoja, joilla tehokkaimmin edistetään tavoitteena pidettyä oppimista muun muassa uusinta teknologiaa soveltaen. Tutkimustiedon tuominen opetuksen kehittämisen innoittajaksi ja suuntaajaksi sekä tutkimuksellisten menettelytapojen vahvistaminen kouluopetuksessa edellyttävät tuekseen pedagogista innovaatiojärjestelmää. Innovaatioita tarvitaan yhtä lailla luokkahuoneissa, oppilaitosten kanssakäymisessä kuin kansallisella tasolla.

*Neuvottelukunta esittää, että matematiikan, luonnontieteiden ja teknologian opetuksen kehittämistä on tuettava selkeisiin tavoitteisiin tähdäten. Kehittämistyö tulee resursoida pitkäjänteisesti ja sitä tulee arvioida systemaattisesti. Kehittämistyön pohjaksi tarvitaan tutkimus- ja kehittämisohjelma, joka kytkeytyy vahvasti opettajien perus- ja täydennyskoulutuksen kehittämiseen. Ohjelman resursointi voidaan toteuttaa huomattavilta osin suuntaamalla nykyiset melko hajallaan olevat kehittämis- ja täydennyskoulutusvarat pitkäkestoisten ja vaikuttavuudeltaan merkittävien hankkeiden rahoitukseen.*

Kehittämisohjelman ja siihen sisältyvien hankkeiden valmistelussa tulee *neuvottelukunnan näkemyksen mukaan* painottaa seuraavia tekijöitä.

#### 2.4.1 Opetuksen kehittämisen tuki paikalliselle tasolle

Opettajia rohkaistaan ja tuetaan nostamaan esiin työstämiään innovatiivisia ideoita ja esittelemään niistä saamiaan kokemuksia esimerkiksi koulutustilaisuuksissa tai verkkokeskusteluissa. Innovatiivisille opettajille tulee varata aikaa ja resursseja keskittyä tietyksi ajaksi kehittämistyöhön. Hankkeille tulee varmistaa oppilaitoksen ja paikallisten opetusviranomaisten tuki. Kansallisesti on huolehdittava toteutuneiden hankkeiden tulosten tehokkaasta dokumentoinnista ja levittämisestä muiden käyttöön. Hanketyötä ei pidä pirstaloida resursseiltaan liian pieniin sekä tavoitteiltaan ja toteutustavaltaan selkiintymättömiin hankkeisiin.

*Neuvottelukunta korostaa, että oppilaitoksissa tuettavien hankkeiden tulee olla huolellisesti valmisteltuja. Erityisen suositeltavana pidetään uusinta tutkimustietoa hyödyntäviä ja tutkijoiden kanssa yhdessä rakennettuja hankkeita. Näin hankkeisiin saadaan alusta lähtien mukaan systemaattisuutta, kriittisyyttä ja arviointia painottava näkökulma, jota tulisi toteuttaa myös hankkeisiin sisältyvässä uuden tiedon tuottamisessa, dokumentoinnissa ja levittämisessä.*

#### 2.4.2 Kehittäjien verkottaminen

Sekä opetuksen monipuolistuminen että sen saavutettavuuden edistäminen edellyttävät tietoteknologian hyödyntämiseen perustuvien verkkopedagogisten ratkaisujen voimaperäistä kehittämistä.

*Neuvottelukunnan näkemyksen mukaan* tulee ensisijaisesti tukea laajoja, oppilaitosten yhteistyössä toteuttamia verkostohankkeita. Kehittämisverkostojen tulee edistää myös eri oppilaitosmuotojen vuorovaikutusta. *Neuvottelukunta pitää tärkeänä* verkkoympäristön hyödyntämistä nykyistä laajemmin kouluopetuksen ja korkeakoulujen välisen yhteistyön lisäämisessä. Esimerkiksi yliopisto-opintojen tuominen verkon kautta lukion- ja ammattikoulun opiskelijoiden ulottuville lisää ja tasa-arvoistaa nuorten mahdollisuuksia suuntautua matematiikan, luonnontieteiden ja tekniikan opintoihin ennen varsinaiseksi yliopiston opiskelijaksi hakeutumista. *Neuvottelukunta haluaa painottaa* myös kansainvälisen vuorovaikutuksen sekä opettajien, oppilaiden ja opiskelijoiden liikkuvuuden merkitystä uusien pedagogisia ratkaisuja työstettäessä. Teknologialla on keskeinen merkitys kansainvälisen verkottumisen tehostajana ja monipuolistajana.

*Neuvottelukunta painottaa* erityisen tärkeinä sellaisia tietoteknologiaa hyödyntäviä verkostoratkaisuja, joihin sisältyy oppilaitosten ja yritysten välistä yhteistyötä. Oppilaitoksia rohkaistaan myös avarakatseisuuteen varsinaisen koulutusjärjestelmän ulkopuolella tapahtuneen oppimisen hyväksymiseksi osaksi virallisia opintosuorituksia ja tutkintoja. Yrityksissä kokemuksen kautta tapahtuva oppiminen on omiaan tehokkaasti motivoimaan nuorta alan korkeakouluopintoihin.

On rakennettava koulujen matematiikan ja luonnontieteiden opetusta tukevia valtakunnallisia digitaalisia oppimisympäristöjä, jotka sisältävät sekä opiskelua tukevia työkaluja että tarvittavia digitaalisia aineistoja. Niiden avulla voidaan osaltaan varmistaa, että esimerkiksi kuntien talouteen liittyvät rajoitteet eivät liiaksi rajoita mahdollisuuksia uusien opetusmuotojen käyttöönotolle ja siten eriarvoista koululaisten mahdollisuuksia saada ajantasaista opetusta.

### 2.4.3 Opetuksen kehittäminen osana opettajien perus- ja täydennyskoulutusta

Opettajat ovat edelleen avainasemassa kehitettäessä matematiikan ja luonnontieteiden opetusta. Kaikkien matematiikan ja luonnontieteiden opettajien on saatava tutustua peruskoulutuksensa aikana kokeelliseen ja tutkivaan lähestymistapaan opetuksessa sekä erilaisiin oppimisympäristöihin.

Opettajien henkilöstökoulutuksesta vastaa viimekädessä koulutuksen järjestäjä. Taloudelliset syyt ja mahdollisesti erilaiset taloudelliset valinnat ja painotukset voivat asettaa opettajat eriarvoiseen asemaan. Lisäksi opettajien oma halu osallistua täydennyskoulutukseen vaihtelee hyvin voimakkaasti.

Opettajakoulutuksen ja työelämän vuorovaikutusta tulee lisätä ja työelämäyhteistyötaitojen tulee sisältyä jo opettajien peruskoulutukseen. Samalla tavalla myös kaikille luokanopettajille on taattava riittävät tiedot ja taidot matemaattis-luonnontieteellisten oppiaineiden sisällöistä ja opetusmenetelmistä.

Opettajiksi opiskeleville on esiteltävä kattavasti erilaisia havainnollistavia opetusvälineitä unohtamatta tieto- ja viestintätekniikan mukanaan tuomia mahdollisuuksia. Tällä tavoin voidaan varmistaa, että opettajat osaavat hyödyntää perinteisiä opetusvälineitä ja että he osaltaan uudistavat koulujensa opetusvälineistöä. Aineenopettajien koulutuksen tulee antaa enemmän eväitä vastata opettajuuden haas-

teisiin. Luokanopettajien ja aineenopettajien yhteistyömalleja on opiskeltava jo opettajaopintojen aikana. Tämä voitaisiin toteuttaa muun muassa yhteisillä opetuksen suunnittelu- tai opetusvälineiden käytön kursseilla.

Opettajien täydennyskoulutuksessa tulee lisätä pitkäkestoisia koulutusohjelmia, joihin sisältyy aktiivinen tutkimuksen hyödyntäminen ja oma opetuksen kehittämishanke. Tällainen ohjelma voi toteutua myös usean opettajan tai koulun yhteisenä koulutus- ja kehittämishankkeena. *Neuvottelukunta painottaa* yliopistojen opettajankouluttajien asiantuntemuksen keskeistä merkitystä pitkäkestoisten ohjelmien valmistelussa ja toteutuksessa. Tutkimushavainnot osoittavat, että sekä opettajankouluttajat että kentän opettajat kokevat perus- ja täydennyskoulutuksen vuorovaikutuksen vahvistamisen ensiarvoisen tärkeäksi. Tämä olisi myös luonteva ja yliopiston näkökulmasta tehokas tapa tarjota väyliä edetä tieteellisiin jatko-opintoihin niistä kiinnostuneille opettajille.

Helsingin yliopiston LUMA-keskuksen kaltaisia yksiköitä tulee perustaa myös muiden korkeakoulujen yhteyteen ja niiden roolia opettajien täydennyskoulutuksessa pitää vahvistaa. Tällaisilla keskuksilla on parhaat edellytykset yhdistää opettajakoulutuksen eri toimijat ja erilaiset intressit opettajien ammattitaitoa tehokkaimmin kehittäväksi kokonaisuudeksi.

#### Pedagogisen tutkimuksen edistäminen

*Neuvottelukunta pitää tärkeänä*, että matemaattis-luonnontieteellisen alan pedagoginen kehittäminen nojaa entistä vahvemmin tutkimusperustaan. Erillisen tutkimusohjelman käynnistämiseksi ja tutkijakoulutuksen vahvistamiselle on nykyisessä tilanteessa vahvat perustelut. Opetettävien aineiden tietoperusta muuttuu yhä nopeammin ja toisaalta pedagogiikan ajantasaisuudesta ja kilpailukyvystä huolehtiminen edellyttävät entistä moninaisempaa kansainvälistä yhteistyötä. *Neuvottelukunta painottaa*, että pedagogiikan tutkimus on lähtökohtaisesti monitieteistä. Parhaimmillaan siinä yhdistyvät sisältöasiantuntemus sekä opetusta ja oppimista koskeva asiantuntemus vuorovaikutteisesti kehittyväksi ymmärrykseksi matemaattis-luonnontieteellisen alueen perusilmiöiden oppimisesta.

#### 2.4.4 LUMA-keskukset

Päätös valtakunnallisen LUMA-keskuksen perustamisesta tehtiin Helsingin yliopiston fysiikan laitoksella 9.12.2003 pidetyssä yhteistyökumppanien ”*perustavassa kokouksessa*”. LUMA-keskus (ks. [www.helsinki.fi/luma](http://www.helsinki.fi/luma)) on Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan koordinoima sateenvarjo-organisaatio koulujen, yliopistojen ja elinkeinoelämän yhteistyölle. Keskuksen perustamisen myötä perustajatahojen perinteisiä toimintoja alettiin koordinoida ja toteuttaa keskitetysti, ja toimintaa monipuolistettiin ja tehostettiin.

Valtakunnallisen LUMA-keskuksen missiona on yhteistyössä eri tahojen kanssa tukea ja edistää luonnontieteiden, matematiikan ja teknologian opetusta ja elinikäistä oppimista kaikilla asteilla varhaiskasvatuksesta yliopistoon sekä lasten ja nuorten luonnontieteellistä, matemaattista ja teknologista harrastuneisuutta ja tiedekasvatusta. LUMA-keskus toteuttaa missiotaan vuorovaikutuksessa esimerkiksi koulujen, luokan- ja aineenopettajien sekä muiden yhteistyökumppaniensa kanssa.

LUMA-keskuksen perustajia ja toimijoita ovat seuraavat yhteistyötahot:

- opetusministeriö
- Opetushallitus
- Helsingin yliopiston
  - biotieteellinen tiedekunta
  - käyttäytymistieteellinen tiedekunta
  - matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta
- Helsingin kaupungin opetusvirasto kuntien edustajana
- Kemianteollisuus ry
- Metsäteollisuus ry
- Taloudellinen tiedotustoimisto
- Teknologiateollisuus ry.

Teknillinen korkeakoulu liittyi keskuksen 1.1.2007 alkaen.

Opettajankoulutus on LUMA-keskuksen keskeinen toimija. Yhteistyötä tehdään erityisesti Helsingin yliopiston kolmen tiedekunnan, biotieteellisen, matemaattis-luonnontieteellisen ja käyttäytymistieteellisen kanssa. Yhteistyötä tehdään lisäksi esimerkiksi

- koulutus- ja kehittämiskeskus Palmenian
- virastojen
- järjestöjen
- seurojen
- tiedekeskusten
- yhdistysten
- oppimateriaalikustantajien

kanssa sekä

- kansainvälisten toimijoiden kanssa.

Keskuksen selkärangan muodostavat resurssikeskukset, joita ovat

- biologian BioPop
- maantieteen GeoPiste
- kemian Kemma
- fysiikan Kondensaattori
- matematiikan Summamutikka

sekä

- luonnontieteiden ja matematiikan opetuksen ja oppimisen keskus LumO.

Lasten ja nuorten aktivointiin on verkkolehdet Jippo ja Luova. Toiminnassa painottuvat myös kesäkoulujen, täydennyskoulutuskurssien ja työpajojen järjestäminen opettajille, kerhojen ja tiedeleirien järjestäminen lapsille sekä erilaiset vuoden teemaan sidotut valtakunnalliset tapahtumat.

Vuorovaikutus opettajien kanssa on LUMA-keskuksen toiminnassa keskeistä. Opettajien ideoita ja toivomuksia kuunnellaan jatkuvasti. LUMA-keskus on perustamisestaan lähtien tehnyt sekä kansallista että kansainvälistä yhteistyötä eri yhteistyökumppanien kanssa. Verkostoituminen laajasti on keskuksen yksi tärkeä tavoite. Esimerkki kansallisesta yhteistyöstä on yhteistoiminta Oulun yliopiston yhteydessä olevan alueellisen LUMA-keskuksen (avattiin keväällä 2007) kanssa. Joensuun yli-

opiston yhteyteen avattiin LUMA-keskus keväällä 2009. Esillä on ollut ajatus keskusten perustamisesta Kuopion, Tampereen ja Turun yliopistojen yhteyteen.

Ruotsinkielistä toimintaa on vahvistettu yhteistyössä ”*Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan*” -projektin kanssa. Yhteistyösopimus allekirjoitettiin 15.11.2007. Helsingin yliopiston Humanistisen tiedekunnan Aino-keskuksen kanssa on tehty yhteistyötä sen perustamisesta lähtien. LUMA-keskus tekee myös kansainvälistä yhteistyötä eri toimijoiden kanssa, esimerkiksi Terrific Science, USA ja KRC, Ruotsi.

LUMA-keskuksen toiminta tukee oppilaiden, opiskelijoiden ja opettajien elinikäistä oppimista monin eri tavoin. Vuorovaikutus oppilaiden, opettajien, tutkijoiden sekä eri yhteistyötahojen kanssa antaa myös uusia lähestymistapoja opettajankoulutukseen ja sen kehittämiseen. Tutkimuksen integroiminen toimintaan on olennaista. Elinikäisen oppimisen tukemisessa uusimman tutkimustiedon levittäminen ja siihen liittyvä koulutus on erityisen tärkeää.

LUMA-keskuksen toimintamalli on uusi kansainvälisestäkin katsottuna. Siinä yhdistyy uudella tavalla eri oppiaineiden, yhteistyötahojen ja kouluasteiden yhteistyö. Poikkitieteellinen yhteistyö on myös mahdollista. Muissa maissa yliopistojen yhteistyökeskukset ovat rakentuneet yleensä yhden oppiaineen ympärille. LUMA-keskuksen toimintamalli on herättänyt kiinnostusta kansainvälisestäkin. Kansainvälistä vuorovaikutusta on vahvistettu muun muassa englanninkielisillä verkkosivuilla, jotka avattiin 1.1.2008.

LUMA-keskus sai merkittävän kansainvälisen tunnustuksen vuoden 2008 Global Best Awards -kilpailussa 3.9.2008. Keskusta kiiteltiin kyvystä lisätä oppilaiden kiinnostusta luonnontieteisiin, matematiikkaan ja teknologiaan. Myös LUMA-keskuksen yhteistyö elinkeinoelämän kanssa todettiin aktiiviseksi ja monipuoliseksi.

Valtakunnallisen LUMA-keskuksen toiminta on perustunut osin Helsingin yliopiston ja yhteistyökumppanien taloudelliseen tukeen. Lisäksi tukea on saatu

- Suomen Kulttuurirahaston
- Magnus Ehrnroothin säätiön
- Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiön
- Tieteen tiedotus ry:n
- Alfred Kordelinin säätiön

myöntäminä apurahoina. Rahoituksen saamiseen ja jatkumiseen liittyvä epävarmuus sekä pirstaleisuus ovat haitanneet keskuksen toiminnan suunnittelua ja toteutusta sen koko olemassaolon ajan. Tilanne lienee sama muidenkin LUMA-keskusten, samoin kuin ruotsinkielisen ”*Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan*” -projektin osalta.

*Neuvottelukunta esittää*, että LUMA-keskusten toiminta vakiinnutetaan ja rahoitus turvataan.

#### 2.4.5 Resurscenter för matematik, naturvetenskap och teknik i skolan

Teknologian, matematiikan ja luonnontieteiden opiskelun lisäämiseksi ja innostuksen herättämiseksi Svenska tekniska vetenskapsakademien (STV) i Finland teki aloit-

teen yhteistyön tekemisestä Åbo Akademin ja Arcada ja Novia ammattikorkeakoulujen kanssa perustamalla resurssikeskuksen tukemaan tekniikan ja luonnontieteiden opetusta. Yhteistyö alkoi vuonna 2007 ja sen tavoitteena on:

- Lisätä innostusta opiskella matematiikkaa, luonnontieteitä ja teknologiaa, jotta oppilaiden ja opiskelijoiden valinnan mahdollisuudet jatko-opinnoissa paranevat.
- Tiivistää yhteistyötä koulujen, elinkeinoelämän ja ylemmän jatko-koulutuksen kesken, jotta oppilaat ja opiskelijat ymmärtävät luonnontieteiden ja teknologian merkityksen yhteiskunnan kehittämisessä.
- Parantaa opettajien aineenhallintaa ja lisätä mahdollisuuksia innovatiiviseen opetukseen.

Resurssikeskukset (RC) ovat organisoituneet siten, että kolmivuotisen projektin toiminnasta huolehtivat koko ruotsinkielisellä alueella Helsinki, Vaasa ja Turku. Projektin toteutetaan yhteistyössä

- Åbo Akademin
- Arcada ja Novia ammattikorkeakoulujen
- Helsingin yliopiston LUMA-keskuksen
- ruotsinkielisten matematiikan opettajien järjestön
- NaturVis och Diagonalen -projektin

sekä

- vastaavien resurssikeskusten kanssa Ruotsissa.

Taloudellista tukea projekti saa muun muassa Ruotsinkieliseltä kulttuurirahastolta, Teknologiateollisuuden 100-vuotissäätiöltä, Magnus Ehrnrooths säätiöltä, opetusministeriöltä, Opetushallitukselta ja STV:ltä.

Kahden toimintavuotensa aikana resurssikeskukset ovat pyrkineet parantamaan opettajien aineenosaamista ja kouluttaneet opettajia käyttämään verkkomateriaaleja, lisänneet luokanopettajien luonnontieteellistä osaamista, järjestäneet välineiden käyttökoulutusta ja opintovierailuja yliopistoille sekä kehittäneet verkkomateriaaleja verkkosivuille [www.skolresurs.fi](http://www.skolresurs.fi). Keskus on järjestänyt kiertueen koko ruotsinkieliselle alueelle tukeakseen aineenopettajia heidän työssään. Uhkaavan luonnontieteiden opettajakoulutuksen vuoksi keskus satsaavat vahvasti opettajakoulutukseen. Keväällä 2009 toteutetun arvioinnin mukaan resurssikeskusten tulokset ylittävät kirkkaasti asetetut tavoitteet. Kiinnostus luonnontieteiden opiskeluun on kasvanut voimakkaasti vuonna 2009.

Jotta saatuja tuloksia voitaisiin hyödyntää ja levittää, on resurssikeskusten toiminta vakiinnutettava budjettivaroin, kuten on tehty muun muassa Ruotsissa ja Norjassa.

## 3 Oppiainekohtaiset kehittämissuositukset yleissivistävässä koulutuksessa

### 3.1 Matematiikka

Matematiikka on itsenäinen tieteenala. Merkitykselliseksi matematiikan tekee sen ainutlaatuinen käyttökelpoisuus lähes kaiken inhimillisen toiminnan korvaamattomana apuvälineenä. Opetuksessa olisi voitava tuoda esille paitsi matematiikkaa oppirakennelmana myös sen laajoja käyttömahdollisuuksia muilla tieteenaloilla, elinkeinoelämässä ja yhteiskunnassa.

Matematiikan oppimistulokset perusopetuksessa ovat kehittyneet myönteisellä tavalla 1990- ja 2000-luvuilla. Erot osaamisessa ovat tasoittuneet ja osaamisen taso on noussut tai pysynyt vähintäänkin tyydyttävällä tasolla.

Lukio-opintojen antama matematiikan osaamisen perusta ei aina ole riittävä laadullisesti eikä määrällisesti korkeakouluopintoihin siirtymisessä. Edelleen on myös tarvetta lisätä lukion pitkän matematiikan osajien määrää. Opetusta on kytkettävä työelämään tai muihin ilmiöihin vahvemmin.

#### 3.1.1 Esiopetus

Esi- ja alkuopetuksessa (vuosiluokilla 1–2) luodaan ja vahvistetaan pohja matematiikan ja luonnontieteiden oppimiselle. Tästä syystä näiden ainealueiden opetuksen on syytä kiinnittää erityistä huomiota. Esiopetusta antavien päiväkotien tai koulujen opetussuunnitelmia ei ole varsinaisesti analysoitu ainekohtaisesti. Luokkien 1–2 matematiikan oppimistulosten arviointi (2006) osoitti, että osaamisen taso oli tyydyttävää osin jopa hyvää ja eikä osaamisessa ollut sukupuolten välillä merkittäviä eroja. Kuitenkin erot oppilaiden välillä ovat hyvinkin suuria. Tämän johdosta opetuksesta on tuettava heikkojen oppilaiden kohdalla edelleen voimakkaasti, koska myöhemmin oppimisen ongelmat tulevat vain vaikeammiksi hoitaa kuntoon. Esiopetuksen käyttöä joustavasti koulun aloittamisen puskurina tulisi tutkia tarkemmin. Jatketun oppivelvollisuuden käyttäminen on liian monimutkaista ja se antaa varsin helposti lapselle leiman koko myöhemmälle koulupolulle.

Opetussuunnitelman perusteet ovat kehittyneet, mutta tarkentamisen tarvetta saattaisi olla keskeisissä sisällöissä sekä lastentarhanopettajien aineenhallinnan parantamisessa, jotta muun muassa leikkien ja pelien kautta tapahtuva oppiminen olisi optimaalista.

#### *Tavoitteet*

- Lastentarhan- ja luokanopettajilla on riittävä aineenhallinta matematiikassa ja luonnontieteissä.
- Opetussuunnitelman tavoitteet ja sisällöt mahdollistavat kestävä pohjan rakentamisen matematiikan ja luonnontieteiden oppimiselle.

### *Toimenpide-ehdotukset*

- Esiopetuksesta vastaaville opettajille tarjotaan koulutusta pienille lapsille tarkoitetuista matematiikan opetusmenetelmistä ja aineenhallinnasta.
- Otetaan käyttöön matematiikan oppimisvaikeuksia mittaavia testejä. Testien perusteella oppimisvaikeuksia omaaville lapsille kehitetään yksilöllisiä kuntoutusohjelmia.
- Esiopetuksen matematiikan ja luonnontiedon ainealueen opetussuunnitelman perusteita kehitetään määrittelemällä tavoitteet ja sisällöt yksityiskohtaisemmin.

### 3.1.2 Perusopetus

Suomalaisten oppimistulokset kansainvälisissä vertailuissa ovat perusopetuksessa kehittyneet myönteisellä tavalla. Osaaminen on varsin tasaista ja alueelliset ja koulujen väliset erot kansainvälisessä mittapuussa vertailuun osallistuneista maista ovat Suomessa pienimpiä. Osaamiserot tyttöjen ja poikien välillä eivät ole tilastollisesti merkitseviä, vaikkakin ero uskossa omaan osaamiseen matematiikassa (matematiikka-minä) on tyttöjen ja poikien välillä suuri.

Suomalaiset nuoret ovat erityisen hyviä PISA- ja TIMMS-R tutkimuksien mukaan luvuissa ja laskutoimituksissa sekä tilastojen käsittelyssä. Algebran ja geometrian osaaminen sitä vastoin on edelleen varsin heikkoa. Samaan tulokseen on tultu myös kansallisissa päättövaiheen oppimistulosvertailuissa.

Toisena merkille pantavana asiana on, että joitakin matematiikan osa-alueita aletaan opettaa monissa Euroopan maissa Suomea paljon varhaisemmin. Myös käytettävien oppituntien määrät ovat useimmissa maissa suuremmat kuin Suomessa. (Vuonna 2005 Suomessa käytettiin 7–14-vuotiaiden opetukseen kaikissa oppiaineissa 5 523 tuntia OECD maiden keskiarvon ollessa 6 852 tuntia. Matematiikkaa opetettiin Suomessa 2,6 tuntia viikossa, Euroopassa keskiarvo oli 4,3 tuntia.)

Opetushallituksen tekemien oppimistulosvertailujen mukaan koulunsa päättävien osaaminen on tyypilliseen tapaan lähes normaalijakautunutta. Molemmissa ääripäissä yliedustettuina ovat olleet pojat, vaikka kokonaisuudessaan poikien ja tyttöjen osaamisessa ei ole näkyvää eroa. Alueellisesti tarkasteltuna Pohjois-Suomen oppilaiden osaaminen on ollut heikompaa kuin muun maan.

Esiopetus on tuonut oppilaiden oppimisvalmiuksiin parannuksia, mutta se on myös lisännyt oppilaiden osaamisen eroja. Luku- ja kirjoitustaidossa nämä erot usein tasaantuvat ensimmäisten oppivelvollisuusvuosien aikana. Matematiikassa käy pikemminkin päinvastoin. Jos oppilaat etenevät yksilöllisten taitotasojen mukaan, niin erot kasvavat perusopetuksessa. Toisaalta kun oppiminen ei ole lapsen kannalta optimaalista, voi se johtaa turhautumiseen tai pelkoon matematiikkaa kohtaan. Perusopetuksen alkuvuosina suhde matematiikkaan kehittyy joko myönteiseksi tai vastenmieliseksi. Tähän oppimisen ja opettamisen ongelmaan olisi löydettävä ratkaisu.

### *Tavoitteet*

- Oppilaiden matematiikka-minä on vahva ja he saavat positiivisia oppimiskokemuksia sekä mahdollisimman monipuolisen kuvan siitä, mihin matematiikkaa tarvitaan.

- Matematiikan opetus antaa riittävät tiedot ja taidot täysipainoiseen osallistumiseen yhteiskunnan toimintoihin sekä riittävän pohjan jatko-opintoihin.
- Oppimisvaikeudet pystytään tunnistamaan ajoissa ja niitä pystytään hoitamaan.
- Lahjakkuudet tunnistetaan ja heille tarjotaan hyviä oppimismahdollisuuksia.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Opettajien täydennyskoulutuksessa haetaan painopistealueet eniten oppimistuloksiin vaikuttavista tekijöistä muun muassa matematiikka-minän vahvistaminen ja nuorten matematiikkaa koskeviin mielikuviin ja asenteisiin vaikuttaminen.
- Luokanopettajaksi opiskelevia kannustetaan erikoistumaan matematiikkaan. yös opintojen sisältöjä painotetaan tulevan työn mukaisesti (Valtioneuvoston vahvistama tuntijako).
- Kootaan hyvien opetuskäytänteiden pankki.
- Opintojen ja ammatinvalinnan ohjausta kehitetään tukemaan oppilaiden käsitystä matematiikan keskeisestä merkityksestä elinkeinoelämässä, yhteiskunnassa ja jatko-opinnoissa.

### 3.1.3 Lukio

Keväällä 2006 tehdyn lukion opetussuunnitelma-analyysin pohjalta uudistuksessa tavoitellut kurssien sisältöjen keventäminen ja tarkentaminen näyttäisivät onnistuneen. Myönteistä oli myös se, että valtakunnallisten syventävien kurssien täsmällinen määrittely ja ennen kaikkea ylioppilastutkinnon matematiikan kokeen keskittyminen entistä tarkemmin vain pakollisten ja valtakunnallisten syventävien kurssien sisältöihin ei ole juurikaan kaventanut koulukohtaisten syventävien ja soveltavien kurssien tarjontaa.

Lukioiden opetussuunnitelmissa oli edelleen puutteita etenkin opiskelijan arvioinnissa ja aihekokonaisuuksien toteuttamisessa. Monet lukiot olivat määritelleet varsin tarkasti eri oppimäärien vaihdon, joka ilmentää omalla tavallaan tämän hyväksi lukemisen ongelman olemassaoloa. Arvosanan määräytymisen ja mahdollisten vaadittavien lisänäyttöjen osalta lukiot poikkesivat toisistaan varsin paljon. Aihekokonaisuudet eivät vielä ole lyöneet itseään läpi kaikkien koulujen opetussuunnitelmatasolla matematiikassa, vaikka uudistuksessa niiden tuli olla yksi opintoja eheyttävä tekijä. Teknologian kaltaiset aihekokonaisuudet tarjoavat mahdollisuuden integroida matematiikan ja muiden oppiaineiden oppimistavoitteet sekä toteuttaa opetus nuoria kiinnostavina projekteina.

Ylioppilastutkinnon matematiikan kokeen tehtävät laaditaan siten, että ne perustuvat opetussuunnitelman perusteissa määriteltyihin keskeisiin sisältöihin ja tavoitteisiin. Lisäksi kokeen tulee mitata opiskelijan kypsyttä matemaattisen tiedon käsittelyyn. Matematiikassa laaditaan vaativuudeltaan kaksi erilaista koetta. Matematiikan kokeen voi kirjoittaa pakollisena, ylimääräisenä tai sen voi jättää kokonaan kirjoittamatta. Ylioppilastutkinnon rakenteen muutos kasvatti pakollisena kirjoittavien opiskelijoiden määrää molemmissa oppimäärässä.

Matematiikan kokeen laatimisen haasteena on, että siitä saadaan riittävän erotteleva sekä hyvälle osaajille, että heikommin osaaville opiskelijoille. LUMA-hank-

keessa asetettiin matematiikan pitkän oppimäärän tavoitteeksi 17 000 varsinaista kirjoittajaa vuodessa. Tavoite ei koskaan täyttynyt, vaan kirjoittajien määrä on pysynyt varsin vakaana 12 500 opiskelijassa vuodessa.

Kurssimuotoinen luokaton lukio näyttää toimivan kohtalaisen hyvin. Matematiikan osalta haasteellista on, että se ei ole niin selkeästi jaettavissa saman laajuisiin kursseihin kuten monet muut oppiaineet. Tämä näkyy muun muassa siinä, että opiskelijoille ei synny hyvää kokonaiskuvaa matematiikasta.

#### *Tavoitteet*

- Yli puolet lukiolaisista valitsee matematiikan pitkän oppimäärän.
- Lukion matematiikan lyhyt oppimäärä antaa riittävät valmiudet useimpiin jatko-opintoihin.
- Lukion toiminta on järjestetty niin, että se tukee mahdollisimman hyvin matematiikan opintoja.
- Opiskelijat ymmärtävät, mitä matematiikan osaaminen tarkoittaa ja että heille yntyy kuva matematiikasta kokonaisuutena sekä monipuolinen kuva siitä, mihin matematiikkaa tarvitaan.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Jo perusopetuksessa pyritään luomaan todenmukainen kuva lukion matematiikan opinnoista lisäämällä lukion ja perusopetuksen matematiikan opettajien yhteistyötä. Kehitetään toimintamalleja lukion matematiikan opintojen suorittamiselle jo perusopetuksen aikana.
- Lukion matematiikan (pitkä ja lyhyt) oppimäärän tavoitteita, sisältöjä ja ennen kaikkea menetelmiä kehitetään kiinnostavammiksi ja vastaamaan paremmin elinkeinoelämässä ja yhteiskunnassa tarvittavia tietoja ja taitoja sekä jatko-opintojen tarpeita.
- Vahvistetaan tavoitteiden huolellisella asettelulla oppimisessa ymmärtämisen merkitystä.
- Seurataan kurssimuotoisuuden vaikutuksia matematiikan opintoihin ja oppimistuloksiin.
- Opettajien perus- ja täydennyskoulutusta kehittämällä varmistetaan, että opettajat saavat perustiedot siitä, mihin matematiikkaa tarvitaan työelämässä, ja valmiudet hyödyntää elinkeinoelämän kanssa tehtävää yhteistyötä osana opetusta.

## 3.2 Fysiikka ja kemia perusopetuksessa

Uudistetuissa opetussuunnitelman perusteissa ei sisällöllisesti, eikä myöskään tavoitteiden osalta ole suurta eroa entisiin verrattuna, mutta koulu- tai kuntakohtaisten opetussuunnitelmien on nyt sisällettävä fysiikan ja kemian ilmiöalueen tarkastelu. Toiminnallisten työtapojen toteuttaminen on haaste varsinkin kouluissa, joissa resursointi on vähäistä.

Fysiikan ja kemian opetuksen ainepedagogiikka ja asiaan kuuluvat sisällöt tulee sisältyä riittävässä laajuudessa kaikkien luokanopettajien opinto-ohjelmaan. Luokanopettajien peruskoulutuksessa opetussuunnitelmaan sisältyy fysiikan ja kemian

aineenhallintaa ja didaktiikkaa kovin vaihtelevasti riippuen opettajankoulutusta järjestävän laitoksen perinteestä tai resurssien jaosta tiedekunnan sisällä.

Fysiikan ja kemian opetussuunnitelman perusteissa korostuu kokeellinen ja tutkiva lähestymistapa, joka edellyttää toiminnallisia työtapoja ja niihin liittyviä sopivia tiloja ja opetusvälineitä. Perusopetuksen luokilla 1–6 opetus voidaan järjestää kohtuullisen kokoisissa opetusryhmissä myös tavallisessa luokkahuoneessa käyttäen yksinkertaisia välineitä. Monessa koulussa suuri ryhmäkoko tai välineiden puute ovat edelleen esteenä tavoitteiden mukaisen opetuksen järjestämiselle.

Vuosiluokilla 7–9 aineenopettajien aineenhallintaa ja didaktista osaamista voidaan pitää useimmissa tapauksissa riittävänä, mutta koulutuksen järjestäjän resursointi on monessa koulussa niin niukkaa, että ryhmäkoot, oppimateriaalin puute tai vanhentunut välineistö haittaavat kohtuuttomasti kokeellisen lähestymistavan toteuttamista. Opetussuunnitelman perusteiden mukaiseen opetukseen ja niihin sisältyvien aihekokonaisuuksien käsittelyyn myös aineenopettajille tulisi taata mahdollisuus täydennyskoulutukseen erityisesti teknologian ja kestäväen kehityksen eri osa-alueilla. Fysiikan ja kemian aineenhallinnan ja didaktiikan tulisi edelleen sisältyä peruskoulun aineenopettajien täydennyskoulutusohjelmiin.

Perusopetuksen luokkien 7–9 tuntijaossa fysiikan ja kemian yhteinen tuntimäärä on lisätty seitsemään. Tällä haluttiin taata kiireetön tutkivaan lähestymistapaan tukeutuva oppiminen. Koulutuksen järjestäjän päätäntävallassa on se, miten tunnit oppiaineiden ja vuosiluokkien välillä jaetaan. Kaikille tulee kuitenkin taata tasapuoliset mahdollisuudet päättöarvioinnin kriteerien saavuttamiseen molemmissa oppiaineissa.

#### *Tavoitteet*

- Opettajilla on käytössään riittävä fysiikan ja kemian opetuksen välineistö ja asianmukaiset opetustilat.
- Luokanopettajilla on hyvä fysiikan ja kemian aineenhallinta ja he käyttävät monipuolisia opetusmenetelmiä.
- Opettajat tuntevat tutkivan ja kokeellisen lähestymistavan sekä käyttävät sitä opetuksessaan.
- Opettajilla on riittävät taidot teknologian opetuksen integroimiseen eri oppiaineisiin.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Lisätään luokanopettajakoulutuksessa aine- ja ainepedagogisia opintoja fysiikassa ja kemiassa.
- Suunnataan opettajien täydennyskoulutusta luonnontieteiden pedagogisten taitojen kehittämiseen sekä tutkivan ja kokeelliseen työskentelyn ohjaamiseen.
- Kehitetään fysiikan ja kemian opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä.
- Lisätään opettajien valmiuksia teknologian ja yhteiskunnan vuorovaikutuksen opettamiseen nuoria kiinnostavalla tavalla.
- Tehostetaan ohjaustoimia fysiikan ja kemian opiskelun merkityksestä jatko-opintoja varten.

### 3.2.1 Lukion kemia

Lukion tuntijaossa kemiaan sisältyy yksi kurssi kaikille pakollisena. Tämän kurssin opiskelun tavoitteena on paitsi luoda pohjaa lukion muiden oppiaineiden opiskelulle, myös lisätä opiskelijoiden kiinnostusta kemian syventäviä opintoja kohtaan. Kaikille yhteisen kurssin opetuksen merkitystä ei kaikilta osin ole tiedostettu ja pakollisen kurssin menetelmällinen kehittäminen on ollut vähäistä. Syventävien kemian kurssien toteuttamisessa käytetään varsinkin pienissä lukioissa jonkin verran verkkokursseja sekä yhteistä opintotarjontaa.

Lukion opetussuunnitelman perusteissa tavoitteena jokaisessa kurssissa on kemian kokeellisuus. Lukioden valmiudet kokeellisen opetuksen järjestämiseen kuitenkin vaihtelevat suuresti ja opetus voi jäädä tältä osin puutteelliseksi.

LUMA-projektin aikana (1996–2002) kemian arvosanaopintoja (20 ov) suoritti yhteensä 360 toimessa ollutta kemian opettajaa. Lisäksi 60 opettajaa suoritti laudatur-opinnot. Vuodesta 2002 lähtien valtion tukemaa kemian aineenopettajien täydennyskoulusta on ollut niukasti tarjolla viime vuosina. Kemian opettajat kuitenkin tarvitsevat tietojen päivitystä nopeasti kehittyvillä kemian sovellusaloilla, jotka sisältyvät myös uudistuneisiin oppimääriin. Tällaisia alueita ovat muun muassa vihreä kemia, nanokemia ja kemian teknologia. Koulutusta on järjestänyt Helsingin yliopiston valtakunnallinen LUMA-keskus sekä Kemianteollisuus ry, joka Opetushallituksen kanssa yhteistyössä on järjestänyt vuosittain Kemia tänään -tapahtumia eri puolella Suomea. Opettajain täydennyskoulutus ei kuitenkaan pysyvästi voi olla elinkeinoelämän järjestöjen varassa, vaan rahoituksen tulisi tulla opetusministeriöltä.

Laajan kemian oppimäärän on kaikista lukion päättäneistä suorittanut vain 16,4 prosenttia (2005). Tämä osuus on vuosittain vaihdellut, mutta ollut viime vuosina lievästi laskussa. Yliopistoissa ja korkeakouluissa edellytetään tai ainakin on paljon hyötyä laajemmista kemian lukio-opinnoista noin 40 prosentissa jatko-opiskelupaikoista.

Ylioppilastutkinnon uusi kemian koe on suoritettu neljä kertaa. Kokeen hajauttamisesta johtuen ei vastaajamääristä voi tehdä kovin tarkkoja päätelmiä, mutta kemian varsinaisten kokelaiden määrä vuoden 2007 syksyn ja kevään kokeessa oli yhteensä 4 500, mikä osoittaa usean prosenttiyksikön kasvua vanhaan reaalikokeeseen nähden.

Kemian laajan oppimäärän valintoja voidaan lisätä työtapoja ja oppimisympäristöjä monipuolistamalla, lukion kemian opettajien täydennyskoulutuksen saatu vuutta parantamalla sekä tiedotusta ja ohjausta lisäämällä.

#### *Tavoitteet*

- Lukioilla on hyvät valmiudet kokeellisen opetuksen järjestämiseen.
- Riittävä määrä opiskelijoita valitsee kemian laajan oppimäärän.
- Tieto- ja viestintätekniikkaa sovelletaan kemian opetukseen ja kouluilla on ajanmukaiset laitteistot.

- Opettajilla on hyvät valmiudet käyttää kokeellista lähestymistapaa ja hyödyntää monipuolisesti oppimisympäristöjä.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Järjestetään täydennyskoulusta opettajille tieto- ja viestintätekniikan käytössä sekä kokeellisen lähestymistavan käytöstä kemian opetuksessa ja uusista kemian tutkimuksen sovelluksista.
- Tuetaan yhteistyötä kemian opetuksen, elinkeinoelämän ja korkeakoululaitoksen välillä.
- Kehitetään kemian opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä.
- Kemian opetuksen tavoitteita ja sisältöjä kehitetään sellaisiksi, että opiskelijalle syntyy kokonaiskuva kemian merkityksestä elämän eri alueilla.

### 3.2.2 Lukion fysiikka

Lukion fysiikan oppimäärään kuuluu yksi pakollinen ja seitsemän valtakunnallista syventävää kurssia. Näyttää siltä, että oppimäärä on niin laaja ja sen suorittaminen niin vaativaa, että opiskelijat pyrkivät valitsemaan suppeampia oppimääriä. Yliopistojen ja korkeakoulujen pääsyvaatimukset suosivat kaikkien kurssien hallintaa, joten fysiikan alan yliopisto-opintojen houkuttelevuus vaikuttaa suoraan lukion fysiikan opetuksen kiinnostavuuteen.

Fysiikan laajan oppimäärän valinneiden opiskelijoiden määrät ovat pysyneet varsin vakaina, mutta pelättävissä on laskeva trendi. Päästötodistuksen saaneista opiskelijoista 19,3 prosenttia (2005) on suorittanut vähintään 7 fysiikan kurssia. Näistä vain 27,4 prosenttia on naisopiskelijoita. Kokonaismäärä on riittämätön niihin jatko-opiskelupaikkoihin nähden, missä tarvitaan hyvät fysiikan perustiedot. Oppikirjojen laatu, opettajien täydennyskoulutus, fysiikan opetusympäristöjen laatu, ylioppilastutkinnon fysiikan koe ja ammattikorkeakoulu- ja yliopisto-opintojen houkuttelevuus fysiikan alueella ovat merkittäviä vaikuttajia fysiikan opintojen houkuttelevuuteen.

Ylioppilastutkinnon fysiikan kokeeseen osallistuneiden määrä näyttää kevään tutkinnossa vakiintuneen 5 000 kokelaan paikkeille. Syksyllä fysiikan kokeeseen osallistuu varsin vähän kokeilaita (629 kokeilasta syksyllä 2007).

Fysiikan opetus edellyttää mallintamisen ja kokeellisuuden painottamista opetuksessa asettaen samalla vaatimuksen fysiikan opetusympäristöjen kehittämistä ja varustamisesta samaan suuntaan. Tieto- ja viestintätekniikan soveltaminen fysiikan opetukseen on välttämätöntä ja on tarpeellista huolehtia laitekannan ajanmukaisuudesta.

Lukioiden fysiikan opetuksessa mahdollisuudet ja valmiudet laborointiin vaihtelevat suuresti. Tietotekniikan tulo fysiikan luokkiin on helpottanut tätä ongelmaa, mutta kouluja rakennettaessa ja varustettaessa on huolehdittava kokeellisen opetuksen toteuttamismahdollisuuksista. Ylioppilastutkinto nykymuodossaan tukee Opetushallituksen tavoitetta kokeellisuuden lisäämisestä.

Fysiikan laajan oppimäärän valintoja voidaan lisätä työtapoja ja oppimisympäristöjä monipuolistamalla, lukion fysiikan opettajien täydennyskoulutuksen saatuutta parantamalla sekä tiedotusta ja ohjausta lisäämällä.

#### *Tavoitteet*

- Lukioilla on hyvät valmiudet kokeellisen opetuksen järjestämiseen.
- Nykyistä useampi opiskelija valitsee fysiikan laajan oppimäärän.
- Tieto- ja viestintäteknikkaa sovelletaan fysiikan opetukseen ja kouluilla on ajanmukaiset laitteistot.
- Opettajilla on hyvät valmiudet käyttää kokeellista lähestymistapaa ja hyödyntää monipuolisesti oppimisympäristöjä mukaan lukien elinkeinoelämänyhteistyön tarjoamat mahdollisuudet.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Opettajien peruskoulutusta kehitetään niin, että opettajat saavat valmiudet elinkeinoelämän kanssa tehtävän yhteistyön hyödyntämiseen ja teknologian opetuksen kaltaisten aihekokonaisuuksien toteuttamiseen osana opetusta.
- Järjestetään täydennyskoulusta opettajille tieto- ja viestintäteknikan käytössä fysiikan opetuksessa, kokeellisen lähestymistavan käytöstä ja fysiikan tutkimuksen uusista tuloksista.
- Tuetaan yhteistyötä fysiikan opetuksen, elinkeinoelämän ja korkeakoululaitoksen välillä.
- Kehitetään fysiikan opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä.
- Fysiikan opetuksen tavoitteita ja sisältöjä kehitetään siten, että opinnoissa korostetaan fysiikan osaamista teknologian kehittymisen perustana, ja että opiskelijalle syntyy kokonaiskuva fysiikan merkityksestä elämän eri alueilla.

### 3.3 Biologia

Biologia on nopeasti kehittyvä tieteenala, jonka saavutusten tulee näkyä myös biologian kouluopetuksen kehittämisessä.

#### 3.3.1 Perusopetus

Tutkimustulosten mukaan suomalaisten oppilaiden luonnontuntemus on heikentynyt viime vuosikymmenien aikana. Varsinkin oppilaiden lajintuntemuksen on havaittu heikenneen. Tutkijat ovat olleet asiasta huolestuneita, sillä ilman lajintuntemusta kyky hahmottaa luontoa sekä ekosysteemien rakennetta ja toimintaa on vaikein. Tällöin oppilaiden suhde luontoon jää pinnalliseksi, ympäristöherkkyys ei kehity ja halu suojella luontoa ja sen monimuotoisuutta voi jäädä syntymättä. Heikko lajintuntemus ja siihen liittyvien kognitiivisten perustaitojen, kuten havaitsemisen, hahmottamisen ja luokittelun puutteet vaikeuttavat monien biologisten ja luonnontieteellisten ilmiöiden ja asioiden oppimista ja syvällistä ymmärtämistä.

Lajintuntemuksen tärkeyden on kiinnitetty huomiota myös Suomen EU-puheenjohtajakaudella syksyllä 2006 järjestetyssä biodiversiteetin säilyttämiseen liitty-

vässä elektronisessa konferenssissa ”*Actions for the 2010 biodiversity target in Europe – how does research contribute to halting the biodiversity loss?*”

Perusopetuksen opetussuunnitelman perusteet 2004 uudistuksessa on luonnon-tuntemusta pyritty lisäämään ottamalla ohjattu kasvien keruu mukaan biologian opetuksen keskeisiin sisältöihin. Ongelmana on perusopetuksen vuosiluokkien 5–6 vähäinen biologian opetukselle varattu tuntimäärä, joka käytännössä on pienentynyt valtioneuvoston vuonna 2001 antaman tuntijakopäätöksen jälkeen. Tämä on käynyt ilmi kuntatasolla tehdyissä auditoinneissa.

Ongelmana biologian opetuksen kehittämisessä ovat luokanopettajien liian vähäiset biologian aineopinnot ja ainepedagogiset opinnot opettajankoulutuksessa. Luokanopettajien oma lajintuntemustaito on liian heikko. Haasteena onkin luokanopettajien perus- ja täydennyskoulutuksen kehittäminen koskien lajintuntemusta ja biologian laborointi- ja kenttäopetusmenetelmiä. Myös aineenopettajat tarvitsevat täydennyskoulutusta opetussuunnitelman perusteissa painotettuun tutkivaan lähestymistapaan opetuksessa. Myös tietoteknologian mahdollisuudet biologian opetuksessa tulisi sisällyttää sekä luokan- että aineenopettajien täydennyskoulutukseen.

Perusopetuksen biologian opetuksen kehittämistä koulutasolla haittaavat myös liian suuret oppilaiden ryhmäkoot. Suuret opetusryhmät ovat olleet esteenä erityisesti biologian laborointitöiden ja kenttäopetuksen järjestämiselle. Liian suuret ryhmät opetuksessa on todettu ongelmallisiksi monissa Suomen peruskouluissa ja kunnissa. Biologian opetuksesta eniten Opetushallitukseen ollaan yhteydessä juuri biologian suurten ryhmäkokojen takia.

Erilaiset laboroinnit ovat tyypillisiä kokeellisia työtapoja biologian opetuksessa. Perusopetuksen päättyessä oppilaalta edellytetään, että hän osaa käyttää mikroskooppia näytteitä tutkiessaan. Biologian opetusvälineistössä on tällä hetkellä huomattavia kunta- ja koulukohtaisia eroja.

Eräillä paikkakunnilla paikalliset biologian opetuksen erinomaisina resurssikeskuksina toimivat luontokoulut ovat kehittäneet innovatiivisia opetusmenetelmiä ja tutkivaan lähestymistapaan perustuvaa työskentelyä. Monet luontokoulut ovat kuntatalouden kiristyessä olleet kuitenkin lopettamisuhan alla. Tärkeää on myös se, että yliopistojen ainelaitosten yhteyteen on perustettu biologian kouluopetusta tukevia resurssikeskuksia, esimerkiksi BIOPOP Helsingin yliopistossa. Niiden riittävästä resursoinnista tulee huolehtia. Merkittävä tuki koulujen biologian opetukselle on ollut valtakunnallinen Metsän oppimispolku -verkosto, johon on kuulunut metsäalan eri toimijoita.

#### *Tavoitteet*

- Oppilailla on hyvät biologisten ilmiöiden tutkimisen taidot sekä hyvä luonnon-tuntemus.
- Kouluissa on riittävä biologian opetusta tukeva välineistö.
- Valtakunnantasolla tuotetut digitaaliset oppimisympäristöt tukevat biologian opiskelua.
- Biologian opetuksen ryhmä koko mahdollistaa oppilaiden tutkivan työskente-lyn.

- Luokka- ja aineenopettajien aineenhallinta sekä pedagogiset taidot ovat hyvät.
- Opettajat tuntevat tutkivan ja kokeellisen lähestymistavan sekä käyttävät sitä opetuksessaan.
- Biologian opetus kehittää oppilaiden ympäristötietoisuutta ja kestäväen kehityksen edellyttämiä tietoja ja taitoja.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Lisätään luokanopettajakoulutuksessa aine- ja ainepedagogisia opintoja biologiasa.
- Suunnataan luokanopettajien täydennyskoulutusta luonnon tutkimisen pedagogisten taitojen kehittämiseen sekä biologian aineenopettajien täydennyskoulutusta tutkivaan ja kokeelliseen työskentelyyn.
- Kehitetään valtakunnallisia biologian opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä.

### 3.3.2 Lukio

Lukiossa biologian opetuksen tavoitteena on kehittää opiskelijan luonnontieteellistä ajattelua, herättää kiinnostusta biotieteisiin sekä edistää opiskelijan luonnon monimuotoisuutta säilyttävää ja ympäristövastuullista käyttäytymistä. Lukion tuntijaossa biologiaa on kaksi pakollista kurssia ja kolme syventävää kurssia. Opettajat pitävät ongelmana pakollisten kurssien vähäistä määrää suhteessa siihen tietosisältöön, joka jokaisen lukion käyneen yleissivistykseen kuuluu hallita biologian alalta.

Ylioppilastutkinnossa biologian kokeen suorittaneiden osuus kaikista reaaliaineiden kokeiden suorittaneista on jonkin verran laskenut viime tutkintokerroilla.

Lukion biologian opetuksessa on huomattavia koulukohtaisia eroja opetusmenetelmien käytössä. Erityisesti tämä ilmenee kokeellisuuden kehittämisessä. Lukion opetussuunnitelman perusteet 2003 painottavat sitä, että biologia on kokeellinen tiede ja sen vuoksi lukion biologian opetuksen tavoitteissa korostetaan biologian tutkimusmenetelmiin tutustumista ja erityisesti havainnointiin ja kokeellisuuteen perustuvaa tiedonhankintaa. Lukion opetussuunnitelmien analyysin (kesä 2006) mukaan paikallisissa opetussuunnitelmissa oli huomattavia eroja siinä, miten kokeellisuus tuodaan esille biologian opetuksessa. Lukion biologian opetuksen työtapojen ja oppimisympäristöjen kehittämiseen tulisi tulevaisuudessa kiinnittää aiempaa enemmän huomiota. Kokeellisuuden kehittämisessä tulee kiinnittää huomiota ryhmäkoisiin.

Huomattavassa osassa Suomen lukioita ei ole biologian opetuksen kokeellisuuden edellyttämiä työskentelyvälineitä. Tämä on johtanut paperilaborointien yleistymiseen. Paperilaborointien etu on nopeus, mutta puutteena voidaan pitää aidon luonnontieteellisen kokeellisuuden puuttumista. Lukion biologian sisällöt edellyttävät tutkivaa ja kokemusperäistä oppimista, johon liitetään kiinteästi erilaiset laboroinnit ja mikroskopiointi. Lukion biologian opetukseen kuuluvat esimerkiksi erilaisten solujen tunnistaminen, solun rakenne ja se, miten soluja tutkitaan. Opiskelijoiden pitäisi oppia tulkitsemaan elektronimikroskoopilla otettuja kuvia eikä vain piirroskuvia solun hienorakenteesta. Lukioista valmistuu edelleen paljon sellaisia

opiskelijoita, joilla ei koko koulunkäynnin aikana ole kertaakaan ollut mahdollisuutta käyttää mikroskooppia.

Lukion biologian opettajat tarvitsevat täydennyskoulutusta erityisesti nopeasti kehittyvällä bioteknologian alalla sekä lukion biologian opetuksen kokeellisuuden kehittämisessä. Haasteena on myös tietoteknologian tehokkaampi käyttöön otto lukion biologian opetuksessa.

#### *Tavoitteet*

- Biologian pakolliset kurssit antavat riittävän yleissivistävän tietosisällön.
- Opiskelijat ymmärtävät luonnon monimuotoisuuden merkityksen.
- Biologian opettajat hallitsevat hyvin biologian lukio-opetuksen uudet sisällöt, kuten bioteknologian, ja osaavat hyödyntää tietoteknologiaa opetuksessa.
- Opetuksessa käytetään kokeellisia opetusmenetelmiä sekä hyödynnetään monipuolisesti oppimisympäristöjä.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Biologian opettajat saavat täydennyskoulutusta erityisesti bioteknologiassa, kokeellisissa työtavoissa ja tietoteknologian hyödyntämisessä biologian opetuksessa.
- Tuetaan kouluja toimimaan biologian opetuksessa yhteistyössä muiden asiantuntijatahojen kanssa, kuten yliopistotutkijoiden, elinkeinoelämän edustajien ja alueellisten ympäristökeskusten asiantuntijoiden kanssa.
- Kehitetään lukion biologian opetusta tukevia valtakunnallisia oppimisympäristöjä.

### 3.4 Maantiede

Maantiede integroi monien eri tieteenalojen aiheita käsitellessään kokonaisvaltaisesti maapalloon, alueellisuuteen, ympäristöön ja yhteiskuntiin liittyviä prosesseja sekä ilmiöitä. Maantieteellinen ajattelu luo osaltaan perustaa tieteellisen maailmankuvan muodostukselle ja se tukee erilaisten globaalien ja paikallisten kysymysten käsittelyä. Tämä on tarpeen arvioitaessa muun muassa eri alueiden kehitysmahdollisuuksia, kehityksen kestävyyttä ja elinkeinoelämän toimintaympäristöön vaikuttavia tekijöitä.

Maantieteen kursseihin voidaan luontevasti liittää biologian, kemian, fysiikan tai historian aiheita ja siten edistää oppiaineiden välistä vuorovaikutusta kouluissa. Maantiede tarjoaa kosketuspinnan moniin luonnontieteellistä osaamista soveltaviin ammattialoihin kuten maa- ja metsätalous, geologia ja geofysiikka, meteorologia sekä ympäristötiede, ja toisaalta lukuisiin yhteiskunnallisiin ammattialoihin.

Paikkatietojen käsittely ja paikkatietopalvelujen hyödyntäminen muodostavat ajankohtaisen kehitystarpeen kaikilla opetuksen asteilla ja se muodostaa maantieteen opetuksen luontevan yhteyden teknologiaopetukseen. Se kytkeytyy myös opetussuunnitelmien yleisten aihekokonaisuuksien toteuttamiseen, esimerkkeinä aktiivinen kansalaisuus ja yrittäjyys, kestävä kehitys, teknologia ja yhteiskunta, turvallisuus ja liikenne sekä viestintä- ja mediaosaaminen.

### 3.4.1 Perusopetus

Perusopetuksen maantiedossa tuetaan oppilaan maailmankuvan muodostusta omasta lähiympäristöstä kotimaahan, Eurooppaan ja muualle maailmaan. Perusopetuksen tulee tarjota oppilaille monipuolinen ja luotettava tietoperusta maapallon eri osista ja alueellisuuden merkityksestä. Omaa lähiympäristöä tulisi havainnoida ja tutkia myös maastossa. Kenttäopetusta toteutetaan peruskoulun maantiedon opetuksessa nykyisin liian vähän, vaikka opetussuunnitelman perusteet sitä edellyttävät. Myös maantieteen oppimisympäristöjen kehittämiseen tulisi kiinnittää huomiota.

Tietoteknologian hyödyntämistä maantiedon opetuksessa tulisi kehittää. Edelleenkin kaikilla maantiedon opettajilla ei ole luokassa omaa tietokonetta, verkko-yhteyttä ja dataprojektori. Jo perusopetuksessa olevat oppilaat tulisi tutustuttaa erilaisiin maantieteellistä tietoa välittäviin verkkoresursseihin ja paikkatietoihin, sillä maantieteellisten hakujen sekä erilaisten kartta- ja navigointipalvelujen käyttö kuuluu tietoyhteiskunnassa kansalaisen perustaitoihin.

Ongelmana maantiedon opetuksen kehittämisessä ovat luokanopettajien liian vähäiset maantieteen aineopinnot ja ainepedagogiset opinnot opettajankoulutuksessa. Aineenopettajille tulisi järjestää täydennyskoulutusta oppimistavoitteiden ja opetusmenetelmien säilyttämiseksi ajanmukaisina.

#### *Tavoitteet*

- Oppilaille on vahva perusymmärrys maapallosta monipuolisia vuorovaikutussuhteita sisältävänä dynaamisesti toimivana kokonaisuutena alueellisine erityispiirteineen.
- Luokanopettajilla on hyvä aineenhallinta ja he käyttävät monipuolisesti erilaisia maantieteen opetusmenetelmiä sekä karttaopetuksen keinoja karttapalloista digitaalisiin paikkatietoihin.
- Aineenopettajilla on hyvät valmiudet maasto-opetuksen antamiseen.
- Maantieteen opetus antaa riittävät tiedot ja taidot täysipainoiseen osallistumiseen yhteiskunnan toimintoihin ja vastuullisiin ratkaisuihin elinkeinoelämässä ja muualla yhteiskunnassa.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Vahvistetaan luokanopettajakoulutuksessa aine- ja ainepedagogisia opintoja maantieteessä.
- Järjestetään opettajille täydennyskoulutusta maantiedon laboratorio- ja kenttätyöskentelyn pedagogiikassa sekä paikkatieto-opetuksessa.
- Luodaan valtakunnallinen kouluja palveleva paikkatiedon oppimisympäristö, joka sisältää helpokäyttöisiä karttatyökaluja ja aineistoja.

### 3.4.2 Lukio

Lukion opinnoissa paneudutaan luonnon- ja kulttuuriympäristöön, luonnonvaroihin ja niiden kestävään käyttöön, riskien maantieteeseen sekä moniin yhteiskuntarakenteen ja globalisoituneen maailman perusasioihin. Tavoitteena on auttaa opiske-

lijaa ymmärtämään sekä analysoimaan maailmanlaajuisia, alueellisia ja paikallisia ilmiöitä ja ongelmia sekä niiden ratkaisumahdollisuuksia. Tässä painottuu luonnontieteellisen osaamisen lisäksi tarve kulttuurien, väestön, talouden ja geopolitiikan aiheiden hallintaan. Opiskelijan tulee oppia käyttämään maantieteellisen tiedon lähteitä ja niiden avulla havaitsemaan muuttuvaan maailmaan vaikuttavia tekijöitä. Hänen tulee kyetä ottamaan kantaa asiatieloihin perustuen lähialueilla ja koko maailmassa tapahtuviin muutoksiin sekä toimimaan aktiivisesti ympäristön ja ihmisen hyvinvoinnin edistämiseksi. Maantieteen opinnot tukevat myös työelämässä toimimista niin kansallisesti kuin kansainvälisesti.

Lukion tuntijaossa maantiedettä on kaksi pakollista ja kaksi syventävää kurssia, joihin voi luontevasti integroida myös muissa oppiaineissa saatuja tietoja ja taitoja. Esimerkiksi erilaiset ympäristökysymykset edellyttävät hyvää biologian, kemian ja fysiikan tietojen hallintaa.

Erytisen ajankohtaisen haasteen muodostaa paikkatietoa hyödyntävän opetuksen kehittäminen, sillä paikkatietoteknologioiden ja -palvelujen käyttö lisääntyy paitsi vapaa-ajalla myös erilaisissa työtehtävissä. Aihetta käsitellään aluetutkimuksen kurssilla, mutta paikkatietojen tulisi sisältyä luontevana osana myös muiden maantieteen kurssien yhteyteen. Maantieteen tulisi tukea paikkatietojen käyttöä myös muiden lukion oppiaineiden kurseilla. Oppilaiden tulisi osata käyttää tarjolla olevia paikkatietopalveluja luovasti ja kriittisesti ymmärtäen myös tietosuojan sekä yksityisyyteen liittyviä kysymyksiä.

On tarve kehittää uudentyypisiä pedagogisia ratkaisuja ja tarjota sille valtakunnallisia ratkaisuja. Muuten koulujen mahdollisuudet hyödyntää opetuksessa paikkatietoja muodostuisivat hyvin erilaisiksi, jolloin opetuksen saamisen edellytykset eivät toteudu tasavertaisina maan eri osissa. Kuntakohtaiset ratkaisut johtaisivat myös yhteisarvoltaan kalliisiin investointeihin. Opetushallitus on aloittanut pilottiluonteisesti verkossa toimivan paikkatietopalvelun suunnittelun ja rakentamisen osana oppimisympäristöjen kehittämishanketta.

Maantieteen opettajien täydennyskoulutusta tarvitaan laajamittaisesti muun muassa globalisaatioon ja riskien maantieteeseen liittyvissä kysymyksissä sekä paikkatieto-opetuksessa.

#### *Tavoitteet*

- Opiskelijat osaavat toimia ympäröivän maailman kysymyksiin kantaaottavina ja kestävä kehityksen puolesta toimivina aktiivisina maailmankansalaisina.
- Maantieteen opetukseen integroidaan muissa oppiaineissa saatuja tietoja ja taitoja; myös maantieteen ja muiden oppiaineiden yhteiset tunnit voivat joskus olla perusteltuja.
- Maantieteen opettajien tietotaito on ajantasaista kattaen myös globalisoitumiseen ja riskien maantieteeseen liittyvät ajankohtaiset aiheet sekä paikkatieto-opetuksen ja sen pedagogiikan tarpeet.
- Käytössä on monipuolinen paikkatietopohjainen oppimisympäristö, joka antaa tasavertaiset mahdollisuudet kaikille kouluille käyttää opiskelussa oikeita ja ajantasaisia tietoja ilman erillisiä laite-, ohjelmisto- tai aineistohankintoja.

### *Toimenpide-ehdotukset*

- Yliopistoissa annettavan maantieteen ainedidaktiikan perusteita ja toteutusta tulisi arvioida huomioiden tieteenalan, yhteiskunnallisten tarpeiden ja uusien pedagogisten haasteiden vaatimukset.
- Järjestetään opettajille laajamittaisesti täydennyskoulutusta paikkatiedossa sekä luonnonympäristöjä, globalisaatiota, luonnonvaroja, talousmaantiedettä, geopolitiikkaa, siirtolaisuutta ja riskien maantiedettä käsittelevissä aiheissa.
- Maantieteen opetuksen tueksi kehitetään valtakunnallinen paikkatiedon oppimisympäristö, jonka jatkuva kehittyminen ja ylläpito ratkaistaan pitkäkestoisesti. Selvitetään palvelun liitettävyyttä esimerkiksi valtakunnallisen LUMA-keskuksen GEOPISTEen yhteyteen.

## 3.5 Teknologiaopetus

Teknologia on hallitseva voima 2000-luvun yhteiskunnassa. Kaikkien tulee yhä paremmin kyetä toimimaan erilaisia teknologioita hyödyntäen. Teknologian ja sen merkityksen ymmärtäminen syventää monien oppiaineiden opiskelua ja antaa niille käytännön mielekkyyttä, mikä edellyttää aiheeseen liittyvän opetuksen mahdollistamista. Mitä varhaisemmin keskustelut ja opetus eri oppimisympäristöissä alkavat, sitä syvällisemmin nuoret pystyvät aiheesta keskustelemaan.

Teknologia on matemaattisia ja luonnontieteellisiä aineita yhdistävä sovellutusala. Teknologian hyödyllisyyden ymmärtämiselle ja viehätökselle voidaan luoda kestävä pohja vain matemaattisten ja luonnontieteellisten aineiden perusasioiden hyvällä osaamisella.

Teknologian opetuksessa on saatu ikään kuin pää auki 2000-luvulle siirryttäessä. Koulujen opetussuunnitelmat käsittävät nyt myös tekniikan ja laajemmin teknologian aihekokonaisuuksia. Puutteena on vielä opettajien riittämätön valmennus teknologia-aiheeseen ja sen sisältämään käsitteistöön. Tämä voi synnyttää helposti myöhemmän teknologiaopiskelun kannalta jopa vähemmän sopivia ainevalintasuosituksia.

Lasten ja nuorten luontainen kiinnostus nykyteknologiaan ja tekniikkaan tulee hyödyntää ja yhdistää se sopivalla tavalla matemaattis-luonnontieteellisten aineiden opettamiseen läpi kouluvuosien esi- ja perusopetuksesta lukioon saakka. Tästä syystä teknologia-aineen opiskelun tulee olla mahdollista sekä perusopetuksessa että lukiossa myös tietoja syventävinä valinnaisina kursseina.

Teknologia-oppiaineen oppisisältöjen ja oppimisympäristöjen tulee sisältää muitakin jokapäiväisten teknologioiden alueilta kuin pelkästään nykyaikaisen viestinnän ja tiedonsiirron mahdollistavan informaatioteknologian. Näitä ovat

- energia- ja ympäristöteknologia
- terveydenhoito- ja bioteknologia
- prosessiteknologia
- materiaali- ja rakennusteknologia
- logistiikkateknologia.

Teknologian opettamiseen sulautuva eli monimuoto-opetus vaikuttaa tehokkaalta, jolloin eri ikäkausille voidaan suunnitella lapsen ja nuoren mielenkiinnon taipumuksia ja niiden voimistamisen mahdollistavat teknologian ymmärtämisen ja sen lukutaidon parantamista tukevat oppimisympäristöt.

Tekniikkaa pidetään liian usein kaukaisena, vaikeana sekä kone- ja laitekeskeisenä. Tällä on vaikutusta nuorten asenteisiin, teknologian imagoon ja edellä viitattuun teknologia-alan rekrytointipohjaan – muun muassa liian vähäiseen naisten osuuteen alan opiskelijoista.

#### *Toimenpide-ehdotukset*

- Teknologiaopetukseen tarkoitettuja oppimateriaaleja tulee lisätä, uudistaa ja niiden käyttöä tehostaa, koska niiden avulla saadaan konkreettisesti havainnollistettua elinympäristön ja teknologian kehityksessä tapahtuvia muutoksia.
- Mahdollistetaan teknologia-oppiaineen opiskelu myös tietoja syventävinä valinnaisina kursseina sekä perusopetuksessa että lukiossa.

Teknologiaopetuksen tavoitteet ja käytännön toimenpiteet sekä perusopetuksen että lukion osalta. *Neuvottelukunta jättää* yksityiskohdissaan Opetushallituksen suunniteltavaksi siten, että niiden laadinnassa kuullaan asiantuntijoina myös elinkeinoelämää sekä ihmisläheisen teknologian kehittämistä ja innovatiivisuutta edistäviä yhteisöjä.

## 4 Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen kehittäminen ammattikoulutuksessa

Ammattikoulutuksen suurimpia haasteita matematiikan ja luonnontieteiden opetuksessa ovat yhtäältä opiskelijoiden jatko-opintomahdollisuuksien parantaminen, toisaalta oppimisvaikeuksista kärsivien opiskelijoiden tukeminen. Perustutkinnon jälkeiset jatko-opinnot muun muassa ammattikorkeakouluissa ovat asettaneet perustutkintojen yhteisille aineille uusia vaatimuksia. Jatko-opiskelijoilta odotetaan vahvaa perustietojen ja -taitojen hallintaa muun muassa matematiikassa ja luonnontieteissä.

Noin 10–15 prosentilla ikäluokassaan tiedetään olevan jonkin asteisia oppimisvaikeuksia. Pääosa niistä on lukemiseen ja kirjoittamiseen liittyviä mutta oppimisvaikeuksia esiintyy myös matematiikassa. Valtaosa näistä oppimisvaikeuksien kanssa kamppailevista perusopetuksen päättäneistä opiskelijoista valitsee ammattikoulutuksen jatko-opintopaikakseen. Osalle heistä on diagnosoitu oppimisvaikeus ja heille on myös tehty kuntoutusohjelma mutta on myös niitä joiden oppimisvaikeus on jäänyt huomaamatta ja siten he ovat jääneet ilman tukitoimia.

Koulutuksen ja tutkimuksen kehittämissuunnitelmassa koulutuspolitiikan yleiseksi tavoitteeksi on asetettu koko ikäluokan kouluttaminen eli koko nuorisoikäluokan tulisi saada vähintään ammatilliset perusvalmiudet työelämään. Koko ikäluokan kouluttamistavoite on suuri haaste erityisesti ammattikoulutukselle. Tällä hetkellä edelleen osa perusopetuksen päättäneistä ei jatka lainkaan koulutuksessa ja huomattava osa ammattikoulutuksen aloittaneista keskeyttää opintonsa usein jo opintojen alkuvaiheessa, johon usein sisällytetään runsaasti yleisiä oppiaineita kuten matematiikkaa.

Ammatillisten perustutkintojen uudistaminen on parhaillaan menossa ja vuoteen 2010 mennessä uudistetaan kaikki 52 ammatillista perustutkintoa. Keskeisenä tavoitteena on vahvistaa tutkintojen työelämälähtöisyyttä. Tutkintorakenne muuttuu modulaarisiksi, mikä antaa mahdollisuuden tutkinnon suorittamiseen myös osissa, vuorotellen opiskelua ja työtä.

Ammatillisten tutkintojen uudistaminen modulaarisiksi antaa hyvät mahdollisuudet sopeuttaa myös matematiikan ja luonnontieteiden opetus vastaamaan tilanteen mukaisia oppimisedellytyksiä ja työelämän tarpeita. Matematiikan ja luonnontieteiden eritasoisilla moduuleilla, joita suoritetaan koko ammattikoulutuksen aikana, eikä vain opintojen alussa, voidaan parhaiten varmistaa, että opiskelijalla on kulloinkin tarvittavat valmiudet hänen siirtyessään työelämään opintojen aikana tai niiden päätyttyä tai myöhemmin jatko-opintoihin. Näin myös opiskelijan kiinnostus matematiikkaa ja luonnontieteisiin voisi säilyä suurempana kuin vain alkuvaiheeseen kohdistuvissa opinnoissa.

Matemaattis-luonnontieteellistä osaamista tulee voida kasvattaa myös myöhemmin aikuiskoulutuksena erityisesti kun tarvitaan lisävalmiuksia jatko-opintoihin kuten ammattikorkeakouluun hakeutumiseksi.

### *Tavoitteet*

- Ammattikoulutuksen matematiikan ja luonnontieteiden opinnot antavat hyvät pohjatiedot ja -taidot opiskeltavan alan työtehtävien tarpeisiin ja jatko-opintoihin.
- Opiskelijoille syntyy kuva matematiikasta kokonaisuutena.
- Oppimisvaikeudet pystytään tunnistamaan ja opiskelijoille tarjotaan riittäviä tukitoimia.

### *Toimenpide-ehdotukset*

- Matematiikan ja luonnontieteiden opintojen tavoitteita ja sisältöjä kehitetään modulaarisiksi vastaamaan paremmin oppimisedellytyksiä, opiskeltavan alan työtehtäviä sekä jatko-opintojen tarpeita. Matematiikan ja luonnontieteiden osamista on voitava kasvattaa moduulien avulla koko koulutuksen ajan ja myös aikuiskoulutuksena sen jälkeen.
- Matematiikan opettajille järjestetään koulutusta uusista opetusmenetelmistä ja -välineistä.
- Lisätään opettajien ja työelämän vuorovaikutusta.
- Kehitetään ja otetaan käyttöön tukitoimia oppimisvaikeuksien kanssa kamppaileville opiskelijoille.

## 5 Yhteenveto neuvottelukunnan kehittämisehdotuksista

### 5.1 Yleiset kehittämisehdotukset

- 1 Matematiikan, luonnontieteiden ja teknologian opetuksen kehittämistyön perustaksi valmistellaan pitkäjänteinen tutkimus- ja kehittämisohjelma, joka kytkeytyy opettajien perus- ja täydennyskoulutuksen kehittämiseen.
- 2 Matematiikan ja luonnontieteiden- sekä luokanopettajien ammattitaitoa kehitetään järjestämällä täydennyskoulutusta oppimisesta, uusista opetusmenetelmistä, oppimisympäristöistä ja välineistä sekä aineenhallinnasta. Työelämäyhteistyö sisällytetään perus- ja täydennyskoulutukseen.
- 3 Matematiikkaan ja luonnontieteisiin tutustumista ja innostuksen heräämistä edistetään muun muassa toiminnallisilla opetusmenetelmillä esiopetuksesta lähtien. Koulujen opetusvälineistö ja tilat matematiikassa ja luonnontieteissä tulee korottaa ja laatia suositukset tarvittavista opetusvälineistä.
- 4 Yhteistyötä ja vuorovaikutusta koulujen ja ympäröivän yhteiskunnan välillä edistetään kaikin tavoin matematiikan ja luonnontieteiden opetuksessa. Teknologian opetuksen ja muiden aihekokonaisuuksien tarjoamia mahdollisuuksia hyödynnetään yhteistyössä monipuolisesti. Valtakunnallisten LUMA- ja resurssikeskusten toiminta vakiinnutetaan ja rahoitus turvataan.
- 5 Kehitetään valtakunnallisia koulujen luonnontieteiden opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä, jotka sisältävät sekä opiskelua tukevat työkalut että tarvittavat digitaaliset aineistot.
- 6 Opintojen taitekohtiin rakennetaan menetelmiä, joiden avulla opintojen ja uran suunnittelua tuetaan ja hyödynnetään paremmin yhteistyötä työelämän kanssa. Korkeakoulujen ja toisen asteen oppilaitosten yhteistyötä lisätään muun muassa tarjoamalla ylemmän tason opintoja jo toisella asteella.
- 7 Lukiossa eri oppiaineiden (matematiikka, eri luonnontieteet) kurssijärjestys on suunniteltava niin, että se tukee mahdollisimman hyvin eri oppiaineiden opintojen edistymistä ja opiskelijoille syntyvien oppiaineiden kokonaiskuvien muodostumista.
- 8 Ylioppilastutkinnon matematiikan ja luonnontieteiden kokeita kehitetään kiinnostavammiksi ja vastaamaan entistä paremmin jatko-opinnoissa tarvittavia tietoja ja taitoja. Selvitetään tietokoneiden käytön mahdollisuus ylioppilastutkinnoissa.
- 9 Ammattikoulutuksen matematiikan ja luonnontieteiden opintojen tavoitteita ja sisältöjä kehitetään modulaarisiksi vastaamaan paremmin oppimisedellytyksiä, opiskeltavan alan työtehtäviä sekä jatko-opintojen tarpeita. Matematiikan ja luonnontieteiden osaamista on voitava kasvattaa moduulien avulla koko koulutuksen ajan ja myös aikuiskoulutuksena sen jälkeen.

- 10 Kouluissa otetaan käyttöön lahjakkaille oppilaille ja opiskelijoille suunnattuja menetelmiä ja lisäksi kehitetään lahjakkaiden opetukseen valtakunnallinen verkosto. Matematiikan ja luonnontieteiden kerhotoimintaa kehitetään (mm. mentorointi) ja vakiinnutetaan kansalliseksi toiminnaksi.
- 11 Kansainvälisiin tiede- ja taitokilpailuihin osallistuminen turvataan ja valmistautumista kilpailuihin kehitetään.
- 12 Aloitetaan valtakunnallinen kampanja asenteiden muokkaamiseksi myönteisiksi matematiikan, luonnontieteiden ja teknologian opiskelua kohtaan.

## 5.2 Oppiainekohtaiset kehittämissuositukset

### Esiopetus

- Esiopetuksesta vastaaville opettajille ja lastentarhanopettajille tarjotaan koulutusta pienille lapsille tarkoitettuista matematiikan ja luonnontieteiden opetusmenetelmistä ja aineenhallinnasta.
- Otetaan käyttöön matematiikan oppimisvaikeuksia mittaavia testejä. Testien perusteella oppimisvaikeuksia omaaville lapsille kehitetään yksilöllisiä kuntoutusohjelmia.
- Esiopetuksen matematiikan ja luonnontiedon ainealueen opetussuunnitelman perusteita kehitetään määrittelemällä tavoitteet ja sisällöt yksityiskohtaisemmin.

### Perusopetus

#### *Matematiikka*

- Opettajien täydennyskoulutuksessa haetaan painopistealueet eniten oppimistuloksiin vaikuttavista tekijöistä muun muassa matematiikka-minän vahvistaminen ja nuorten matematiikkaa koskeviin mielikuviin ja asenteisiin vaikuttaminen
- Luokanopettajaksi opiskelijoita kannustetaan erikoistumaan matematiikkaan. Myös opintojen sisältöjä painotetaan tulevan työn mukaisesti (Valtioneuvoston vahvistama tuntijako).
- Kootaan hyvien opetuskäytänteiden pankki.
- Opintojen ja ammatinvalinnan ohjausta kehitetään tukemaan oppilaiden käsiystä matematiikan keskeisestä merkityksestä elinkeinoelämässä, yhteiskunnassa ja jatko-opinnoissa.

#### *Fysiikka ja kemia*

- Lisätään luokanopettajakoulutuksessa aine- ja ainepedagogisia opintoja fysiikassa ja kemiassa.
- Suunnataan opettajien täydennyskoulutusta luonnontieteiden pedagogisten taitojen kehittämiseen sekä tutkivan ja kokeelliseen työskentelyn ohjaamiseen.
- Kehitetään fysiikan ja kemian opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä.
- Lisätään opettajien valmiuksia teknologian ja yhteiskunnan vuorovaikutuksen opettamiseen nuoria kiinnostavalla tavalla.
- Tehostetaan ohjaustoimia fysiikan ja kemian opiskelun merkityksestä jatko-opintoja varten.

### *Biologia*

- Lisätään luokanopettajakoulutuksessa aine- ja ainepedagogisia opintoja biologis-  
ssa.
- Suunnataan luokanopettajien täydennyskoulutusta luonnon tutkimisen pedago-  
gisten taitojen kehittämiseen sekä biologian aineenopettajien täydennyskoulu-  
tusta tutkivaan ja kokeelliseen työskentelyyn.
- Kehitetään valtakunnallisia biologian opetusta tukevia digitaalisia oppimisympä-  
ristöjä.

### *Maantiede*

- Vahvistetaan luokanopettajakoulutuksessa aine- ja ainepedagogisia opintoja  
maantieteessä.
- Järjestetään opettajille täydennyskoulutusta maantiedon laboratorio- ja kenttä-  
työskentelyn pedagogiikassa sekä paikkatieto-opetuksessa.
- Luodaan valtakunnallinen kouluja palveleva paikkatiedon oppimisympäristö,  
joka sisältää helppokäyttöisiä karttatyökaluja ja aineistoja.

### *Lukio*

#### *Matematiikka*

- Jo perusopetuksessa pyritään luomaan todenmukainen kuva lukion matematiikan  
opinnoista lisäämällä lukion ja perusopetuksen matematiikan opettajien yhtey-  
teistyötä. Kehitetään toimintamalleja lukion matematiikan opintojen suorittami-  
selle jo perusopetuksen aikana.
- Lukion matematiikan sekä pitkän että lyhyen oppimäärän tavoitteita, sisältöjä ja  
ennen kaikkea menetelmiä kehitetään kiinnostavammiksi ja vastaamaan parem-  
min elinkeinoelämässä ja yhteiskunnassa tarvittavia tietoja ja taitoja sekä jatko-  
opintojen tarpeita.
- Vahvistetaan tavoitteiden huolellisella asettelulla ymmärtämisen merkitystä op-  
imisessa.
- Seurataan kurssimuotoisuuden vaikutuksia matematiikan opintoihin ja oppi-  
mistuloksiin.
- Opettajien perus- ja täydennyskoulutusta kehittämällä varmistetaan, että opet-  
tajat saavat perustiedot siitä, mihin matematiikkaa tarvitaan työelämässä, ja val-  
miudet hyödyntää elinkeinoelämän kanssa tehtävää yhteistyötä osana opetusta.

#### *Kemia*

- Järjestetään täydennyskoulusta opettajille tieto- ja viestintätekniikan käytössä  
sekä kokeellisen lähestymistavan käytöstä kemian opetuksessa ja uusista kemi-  
an tutkimuksen sovelluksista.
- Tuetaan yhteistyötä kemian opetuksen, elinkeinoelämän ja korkeakoululaitoksen  
välillä.
- Kehitetään kemian opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä.

### *Fysiikka*

- Opettajien peruskoulutusta kehitetään niin, että opettajat saavat valmiudet elinkeinoelämän kanssa tehtävän yhteistyön hyödyntämiseen ja teknologian opetuksen kaltaisten aihekokonaisuuksien toteuttamiseen osana opetusta.
- Järjestetään täydennyskoulutusta opettajille tieto- ja viestintätekniiikan käytössä fysiikan opetuksessa, kokeellisen lähestymistavan käytöstä ja fysiikan tutkimuksen uusista tuloksista.
- Tuetaan yhteistyötä fysiikan opetuksen, elinkeinoelämän ja korkeakoululaitoksen välillä.
- Kehitetään fysiikan opetusta tukevia digitaalisia oppimisympäristöjä.
- Fysiikan opetuksen tavoitteita ja sisältöjä kehitetään siten, että opinnoissa korostetaan fysiikan osaamista teknologian kehittymisen perustana.

### *Biologia*

- Biologian opettajat saavat täydennyskoulutusta erityisesti bioteknologiassa, kokeellisissa työtavoissa ja tietoteknologian hyödyntämisessä biologian opetuksessa.
- Tuetaan kouluja toimimaan biologian opetuksessa yhteistyössä muiden asiantuntijatahojen kanssa, kuten yliopistotutkijoiden, elinkeinoelämän edustajien ja alueellisten ympäristökeskusten asiantuntijoiden kanssa.
- Kehitetään lukion biologian opetusta tukevia valtakunnallisia oppimisympäristöjä

### *Maantiede*

- Yliopistoissa annettavan maantieteen ainedidaktiikan perusteita ja toteutusta tulisi arvioida huomioiden tieteenalan, yhteiskunnallisten tarpeiden ja uusien pedagogisten haasteiden vaatimukset.
- Järjestetään opettajille laajamittaisesti täydennyskoulutusta paikkatiedossa sekä luonnonympäristöjä, globalisaatiota, luonnonvaroja, talousmaantiedettä, geopolitiikkaa, siirtolaisuutta ja riskien maantiedettä käsittelevissä aiheissa.
- Maantieteen opetuksen tueksi kehitetään valtakunnallinen paikkatiedon oppimisympäristö, jonka jatkuva kehittyminen ja ylläpito ratkaistaan pitkäkestoisesti. Palvelun liitettävyyys esimerkiksi valtakunnallisen LUMA-keskuksen GEOPIS-TEen yhteyteen selvitetään.

### *Teknologiaopetus*

- Teknologiaopetukseen tarkoitettuja oppimateriaaleja tulee lisätä, uudistaa ja niiden käyttöä tehostaa, koska niiden avulla saadaan konkreettisesti havainnollistettua elinympäristön ja teknologian kehityksessä tapahtuvia muutoksia.
- Mahdollistetaan teknologia-oppiaineen opiskelu myös tietoja syventävinä valinnaisina kursseina sekä perusopetuksessa että lukiossa.
- Teknologiaopetuksen tavoitteet ja käytännön toimenpiteet sekä perusopetuksen että lukion osalta *neuvottelukunta jättää* yksityiskohdissaan Opetushallituksen suunniteltavaksi siten, että niiden laadinnassa kuullaan asiantuntijoina myös elinkeinoelämää sekä ihmisläheisen teknologian kehittämistä ja innovatiivisuutta edistäviä yhteisöjä.

### Ammattikoulutus

- Matematiikan opettajille järjestetään koulutusta uusista opetusmenetelmistä ja -välineistä.
- Lisätään opettajien ja työelämän vuorovaikutusta.
- Kehitetään ja otetaan käyttöön tukitoimia oppimisvaikeuksien kanssa kamppaileville opiskelijoille.