

MAIJA AKSELA, JOHANNES PERNAÄ, PIPSA BLOMGREN & IISA RAUTIAINEN



## YHTEISÖLLISTÄ TIEDEKASVATUSTA HELSINGIN YLIOPISTOSSA

KEMIANLUOKKA GADOLIN  
-TIEDELUOKKA INNOSTAVANA  
OPPIMIS-, KEHITTÄMIS- JA  
TUTKIMUSYMPÄRISTÖNÄ  
VUODESTA 2008 LÄHTIEN



# **YHTEISÖLLISTÄ TIEDEKASVATUSTA HELSINGIN YLIOPISTOSSA**

**KEMIANLUOKKA GADOLIN -TIEDELUOKKA  
INNOSTAVANA OPPIMIS-, KEHITTÄMIS- JA  
TUTKIMUSYMPÄRISTÖNÄ VUODESTA  
2008 LÄHTIEN**

**Maija Aksela, Johannes Pernaa,  
Pipsa Blomgren & Iisa Rautiainen**

**Kannen kuvat:**  
**Elisa Lautala**  
**Sonja Martikainen**  
**Veikko Somerpuro**  
**Sakari Tolppanen**

**Taitto: Johannes Pernaa**

**ISBN 978-951-51-4470-6 (nid.)**  
**ISBN 978-951-51-4471-3 (PDF)**

**Unigrafia Oy**  
**Helsinki 2018**

# SISÄLLYS

<b>Alkusanat</b> .....	<b>5</b>
<b>1 Kemianluokka Gadolin edelläkävijänä ja yhteisöllisenä toimijana</b> .....	<b>10</b>
1.1 Taustaa .....	10
1.2 Yhteisöllinen toimintamalli.....	13
1.3 Toiminnan painopistealueet .....	15
1.4 Kehittämistutkimuksella uusia ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita.....	16
<b>2 Kemianluokka Gadolin osana kansallista ja kansainvälistä yhteistyötä</b> .....	<b>18</b>
2.1 Taustaa .....	19
2.2 Kansallista yhteistyötä LUMA-keskus Suomi -verkoston kanssa.....	20
2.3 Kansainvälisiä yhteistyöhankkeita.....	21
<b>3 Kemianluokka Gadolin lasten ja nuorten innostavana oppimisympäristönä</b> .....	<b>23</b>
3.1 Tavoitteet ja toiminnan merkitys.....	23
3.2 Kohderyhmät .....	24
3.3 Toimintamuodot.....	26
3.3.1 Yleistä.....	26
3.3.2 Kokeellista opiskelua.....	31
3.3.3 Molekyylimallinnusta ja muuta digitaalista oppimista .....	33
3.3.4 Kemian tutkimukseen ja tutkijoihin tutustumista.....	34
3.3.5 Tiedekerhoja, tiedeleirejä ja tiedesynttäreitä.....	35
3.3.6 Muita tiedekasvatustapahtumia .....	37
<b>4 Kemianluokka Gadolin opettajankoulutuksessa ja sen tutkimuksessa</b> .....	<b>38</b>
4.1 Yleistä.....	39
4.2 Yhteistyömallit opettajankoulutuksessa .....	41
4.3 Yhteistyömallit opettajien täydennyskoulutuksissa.....	43
4.4 Toiminta tutkimus- ja kehittämiskeskuksena .....	45
4.4.1 Tutkimusta Kemianluokka Gadolinista oppimisympäristönä.....	46
4.4.2 Tutkimusta ilmiöistä ja työtavoista .....	48
4.4.3 Kehittämistutkimus työvälineenä: uusien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden kehittäminen .....	49
<b>5 Kemianluokka Gadolinin yritys yhteistyömallit</b> .....	<b>50</b>
5.1 Yleistä.....	50
5.2 Yritys yhteistyömallit.....	50
<b>Loppusanat</b> .....	<b>55</b>
<b>Lähteet</b> .....	<b>56</b>
<b>Liitteet</b> .....	<b>59</b>
Liite 1. Yhteisöllinen Gadolin -tiimi .....	59
Liite 2. Yhteistyötahot ja rahoittajat .....	65

# ALKUSANAT

*Kemianluokka Gadolin -tiedeluokka on nimetty kansainvälisesti kuuluisan suomalaisen kemian professori Johan Gadolin (1760–1852) – Suomen kemian tutkimuksen isän – mukaan.<sup>1</sup> Hän korosti, että kemian opetuksessa kokeellisuudella on keskeinen merkitys, mikä on Gadolininkin toiminnan perusta. Johan Gadolin oli yksi kokeellisuuden edistämisen edelläkävijöistä, myös kansainvälisesti. Professori Gadolin vaikutti vahvasti suomalaiseen teollisuuteen Suomen Talousseuran jäsenenä. Myös Gadolinin toiminnassa on tärkeänä tavoitteena tiivis yhteistyö elinkeinoelämän<sup>2</sup> kanssa ja uusien innostavien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden kehittäminen yhdessä kemian tiedekasvatukseen varhaiskasvatuksesta korkeakouluihin.*

Kemian ja Suomen hyvä tulevaisuus on osaavissa ja innostuneissa tulevaisuuden tekijöissä – lapsissa ja nuorissa – sekä heidän taitavissa opettajissaan ja ohjaajissaan. Yhteisöllisellä ja uusimpaan tutkimukseen pohjautuvalla kemian tiedekasvatuksella on siinä keskeinen rooli.

**Kemian tiedekasvatustoiminnan päätavoitteena on edistää kemian tiedeosaamista varhaiskasvatuksesta korkeakouluihin.** Tämä juhlakirja esittelee vuodesta 2008 lähtien Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen (osa LUMA-keskus Suomea) toimintaan kuuluvan Kemianluokka Gadolin -tiedeluokan yhteisöllistä kemian tiedekasvatusta ja siihen kiinteästi liittyvää opettajankoulutusta sekä sen tutkimusta varhaiskasvatuksesta korkeakouluihin. Tiedeluokka<sup>3</sup> sijaitsee Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan kemian osastolla Kemian opettajankoulutusyksikön läheisyydessä. Juhlakirja syventää kemian tiedekasvatuksesta vuoden 2018 alussa julkaistua kuvausta Tiedekasvatuskeskuksen 15-vuotisjuhlakirjassa (Aksela, Oikkonen, & Halonen, 2018). Kirjan kokoaminen on tapahtunut vuosittaisten toimintakertomusten ja toimintaan liittyvien tutkimusten ja opinnäytetöiden kautta.

10-vuotistaivaltaan vuonna 2018 juhliva Kemianluokka Gadolin on **edelläkävijä** Suomen korkeakoulujen tiedeluokkaverkostossa: se perustettiin ensimmäisenä tiedeluokkana kansallisen LUMA-keskus Suomi -verkoston 14 tiedeluokasta<sup>4</sup>. Gadolinin toiminta on hyvä esimerkki yhteisöllisestä toimintamallista, jossa yliopiston tutkijat, opettajankouluttajat sekä yliopiston ulkopuoliset tahot toimivat yhdessä lasten ja nuorten kemian osaamisen ja innostuksen vahvistamiseksi. Toimintamallissa erityisen ainutlaatuista on tiivis yhteistyö elinkeinoelämän kanssa, ja se on

<sup>1</sup> [kemianhistoria.luma.fi/johan-gadolin](http://kemianhistoria.luma.fi/johan-gadolin)

<sup>2</sup> Liite 2: Yhteistyötahot

<sup>3</sup> [kemianluokka.fi](http://kemianluokka.fi)

<sup>4</sup> [luma.fi/opettajille/luma-keskusten-tiede-ja-teknologialuokat](http://luma.fi/opettajille/luma-keskusten-tiede-ja-teknologialuokat)

mahdollistanut uusia relevantteja toimintamalleja tulevaisuuden tekijöiden innostamiseksi kemian opiskelun pariin (ks. luku 5). Tunnustuksena toiminnastaan Kemi-anluokka Gadolin -tiedeluokka on saanut **kansainvälisen Global Best Awards** -tunnustuksen vuonna 2014.<sup>5</sup>

Kemianluokka Gadolinin toiminta pyrkii osallistamaan ja mielekkääseen kemian tiedekasvatukseen, joka tuottaa **oivaltamisen ja onnistumisen iloa** innostavien uusien avausten ja ratkaisujen kautta. Se pyrkii tukemaan kemian opetussuunnitelman perusteiden suunnittelua ja toteutusta eri kouluasteilla. Suositun toimintaan on tutustunut 10 vuoden aikana **yli 50 000 lasta, nuorta, opettajaa ja muita vierailijoita**, ja saatu palaute on ollut kannustavaa. Se on myös **kansainvälisesti kiinnostava toimintamalli**: siihen on tutustunut tähän mennessä parisen tuhatta vierasta. Vuonna 2017 Gadolinissa kävi noin 200 vierailijaa muuan muassa Kiinasta, Indonesiasta, Australiasta, Singaporesta, Etelä-Afrikasta, Etelä-Koreasta, Saksasta, Liettuaasta, Marokosta, Ranskasta, Sloveniasta ja Tunisiasta.



**Kuva 1.** Kemianluokka Gadolin -tiedeluokkatoimintamalli kiinnostaa sekä kansallisesti että kansainvälisesti – mm. **Suomen opetusministeri** Sanni Grahn-Laasonen ja **Etelä-Afrikan opetusministeri** Angela Motshekga ovat tutustuneet lapsia ja nuoria innostavaan toimintaan. Tiedeluokassa käy kansainvälisiä vieraita viikoittain lukuvuoden aikana.

Kemianluokka Gadolin pyrkii omalta osaltaan edistämään opetusministeriön asettamaa päämäärää: **Suomi yhdeksi tiedekasvatuksen kärkimaaksi maailmassa** vuoteen 2020 mennessä. (Opetus- ja kulttuuriministeriö, 2014) Tiedekasvatuksella on tärkeä tehtävä yhteiskunnan tulevaisuudessa (Ahonen, 2017; Aksela, 2012). Lasten ja nuorten tieteestä innostuminen vahvistaa Suomen hyvää tulevaisuutta, ja se on keskeinen osa yliopistojen yhteiskunnallista tehtävää. (Aksela, 2017b) Helsingin yliopistossa on tehty systemaattisesti yhteisöllistä kemian tiedekasvatusta (osana kansallista LUMA-keskus Suomea) vuodesta 2003 lähtien. (Aksela ym., 2018) Kemian tiedekasvatusta edistävä Kemianluokka Gadolin on osa Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen toimintaa (osa LUMA-keskus Suomea; ks.

<sup>5</sup> [sttinfo.fi/tiedote/kemianluokka-gadolinille-kansainvalinen-tunnustus-innovatiivisesta-koulu-yrittisyhteistyosta?publisherId=3747&releaseId=17421493](http://sttinfo.fi/tiedote/kemianluokka-gadolinille-kansainvalinen-tunnustus-innovatiivisesta-koulu-yrittisyhteistyosta?publisherId=3747&releaseId=17421493)

tarkemmin [luku 1](#)) ja toteuttaa sen johtoryhmän<sup>6</sup> hyväksymää toimintasuunnitelmaa.

Kemian tiedekasvatuksessa pyritään globaaliin vaikuttamiseen Helsingin yliopiston strategiaan pohjautuvan tiedekasvatustoiminnan ja kansallisen LUMA-keskus Suomen linjausten mukaisesti. Kemianluokka Gadolinin toiminta on yhtenä suunnannäyttäjänä ja uusien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden tuottajana sekä pyrkii tukemaan myös uusien ja tulevien kemian **opetussuunnitelmien** suunnittelua ja toimeenpanoa. Gadolinin tiedekasvatuksen yhtenä tärkeänä päämääränä strategiakaudella 2017–2020 on erityisesti uusien relevanttien avausten kehittäminen **arkipäivän kemian, kestävän kemian ja kehityksen ja moderniin teknologian** opetukseen ja opettajankoulutukseen<sup>7</sup> (ks. tarkemmin [luku 1](#)).

Kemian tutkimuksen ja tutkijoiden sekä eri kemian ammattien tunnetuksi tekeminen lapsille ja nuorille sekä opettajille on toiminnan yhtenä tavoitteena. Uudet kemian tutkimuksen innovaatiot pyritään saamaan mielekkäästi esille Gadolinin toiminnassa sekä edistämään yhteyttä tutkijoiden – lapsille ja nuorille hyvien esikuvien – ja opettajien kanssa. Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatustoiminta on kiinteässä yhteydessä Helsingin yliopiston kemian osaston<sup>8</sup> tutkijoiden ja opettajien sekä elinkeinoelämän asiantuntijoiden kanssa. Lähitulevaisuudessa toiminnassa vahvistetaan entisestään erityisesti nuorten tutkijoiden mukanaoloa esikuvina nk. kemian lähettiläinä. Esimerkiksi lukiolaisten mielekkään opiskelun tueksi on kehitetty uusia yhteistyömuotoja lukioiden kanssa (ks. [luku 3](#)).

**Kuva 2.** Suomalaista kemian osaamista ja sen tärkeyttä merkitystä tuodaan toiminnassa eri tavoin esille. Kemianluokka Gadolin on tiiviissä yhteistyössä kemian tutkimuksen kanssa. Tutkijat sekä yliopistosta että elinkeinoelämästä toimivat **esikuvina** lapsille ja nuorille, ja he tukevat opettajia tärkeässä työssään. Kemian osaston johtaja, professori **Heikki Tenhu** on kuvassa innostamassa kemian opiskeluun *Kemiaa ja taidetta* -tiedekerhon osallistujia – tulevaisuuden tekijöitä.



<sup>6</sup> [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/johtaminen-ja-paatoksenteke](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/johtaminen-ja-paatoksenteke)

<sup>7</sup> Teemanumero: Tutkimuksellinen kemian opettajankoulutus – Kemian opetusta yhteisöllisesti kehittäen. *LUMAT, I(2)* (2016). [lumat.fi/index.php/lumat-b/issue/view/20](https://lumat.fi/index.php/lumat-b/issue/view/20)

<sup>8</sup> Kemian osasto, Helsingin yliopisto. [helsinki.fi/kemia](https://helsinki.fi/kemia)

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksessa sekä **tulevaisuuden opettajat että eri asteilla toimivat opettajat** pääsevät tutustumaan uusiin ratkaisuihin ja pedagogisiin innovaatioihin kemian opetuksessa ja niiden kautta innostamaan tulevaisuuden tekijöitä kemian opiskeluun. Yhteistyö erityisesti Helsingin yliopiston maattis-luonnontieteellisen tiedekunnan kemian osastolla toimivan Kemian opettajankoulutusyksikön<sup>9</sup> henkilökunnan, tutkijoiden ja opiskelijoiden – tulevien opettajien – kanssa on tiivistä (ks. [luku 4](#)). Yhteistyön myötä kansainvälisen ja kansallisen kemian opetuksen tutkimuksen uusimmat tiedot ja verkostot ovat Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatustoiminnan käytössä. Kemian opettajankoulutuksen vahvaa yhteyttä Gadolinin toimintaan on kiitelty kansainvälisesti, ja siitä on otettu mallia muualla. Gadolinin järjestämän opettajankoulutuksen merkitys on suuri, kun tiedetään opettajan työn pitkäaikainen vaikuttavuus:

*“Jokainen opettaja vaikuttaa noin sata vuotta:  
ensin oman työaikansa ja sitten omien oppilaidensa kautta.”*

Suomalainen LUMA-tiedekasvatus on vahvasti **tutkimuspohjaista**. Kemianluokka Gadolin toimii kemian tiedekasvatuksen ja opettajankoulutuksen keskeisenä tutkimus- ja kehittämissympäristönä (ks. [luku 4](#)). Se tuo uutta tutkimustietoa eri tavoin opetukseen varhaiskasvatuksesta korkeakouluihin ja tekee tutkimuspohjaisesti uusia avauksia. Tutkimusmenetelmänä käytetään pääosin yhteisöllistä ja osallistavaa kehittämistutkimusta (ks. [luku 1](#) ja [luku 4.4.3](#)). Tutkimuksessa on mukana muun muassa kemian ja sen opetuksen tutkijoita, elinkeinoelämän asiantuntijoita, opettajia eri asteilta sekä tulevia opettajia. Käytetty kehittämistutkimusmalli on myös uudenlainen opettajien koulutusmalli, jossa kaikki osallistujat oppivat toisiltaan. Asiantuntijat oppivat myös opettajilta – pedagogisen osaamisen asiantuntijoilta. Lukuisia opinnäytetöitä ja tutkimuksia tieteellisine artikkeleineen tuotetaan kemian tiedeosaamisen vahvistamiseksi. Yksi väitöskirja (Ikävalko, 2017) ja pro gradu -työ (Blomgren, 2018) on valmistunut erityisesti Kemianluokka Gadolinin toimintamallin relevanttiuteen liittyen (ks. [luku 3.1](#)). Tavoitteena on saada kaikki uudet avaukset laajasti käyttöön eri foorumeilla – oppikirjoista eri asteiden opetukseen ja oppimisympäristöihin sekä opettajien perus- että täydennysopettajankoulutuksen kautta.

Kemian tiedekasvatustoiminta kytkeytyy tutkimuksen lisäksi myös **kemian yliopisto-opetuksen kehittämiseen** (ks. [luku 4](#)). Tulevien ja nykyisten kemiaa opettavien opettajien koulutuksessa eri tiedekasvatuksen muodot (esim. tiedeluokkaohjaus, kerhot, tiedeseikkailut, leirit, tiedesynttärarit ja lukioyhteistyö) toimivat innostavina koulutuksen toteutustapoina. Hyvä esimerkki yliopiston kemian perusopetukseen liittyvistä tiedekasvatuksen uusista avauksista on *Kemia tieteenä* -kurssi, josta osa toteutetaan yhteistyössä lukiolaisille tarkoitetun kurssin *Hyvinvoinnin ja terveyden kemiaa* kanssa. Lukiolaiset, tulevat opettajat ja nuoret tutkijat toimivat kurssilla yhdessä ja oppivat toinen toisiltaan. Uusiin ratkaisuihin ja

<sup>9</sup> Kemian opettajankoulutusyksikkö, Helsingin yliopisto. [blogs.helsinki.fi/kem-ope](https://blogs.helsinki.fi/kem-ope)



pedagogisiin innovaatioihin koulutetaan opettajia myös kehittämiskohteina olevien virtuaalisten ja vuorovaikutteisten **MOOC**-kurssien kautta (ks. [luku 4](#)). Ne toimivat samalla tulevien opettajien, eri asteiden opettajien ja tiedekasvatusohjaajien koulutus- ja vuorovaikutusfoorumeina.

Tänä juhluvuonna **lämpimästi kiitämme erinomaisesta yhteistyöstä** Helsingin yliopiston, matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan ja kemian osaston johtoa sekä muuta hallintoa, jotka ovat edistäneet ja tukeneet Kemianluokka Gadolinin toimintaa ja kehittymistä vuosien varrella.

**Suuret kiitokset** Kemianluokka Gadolinin aktiivisille ohjausryhmien jäsenille (ks. [liite 1](#)), tärkeille toiminnan rahoittajille (ks. [liite 2](#)), koordinaattoreille (toiminnan “sydämille”) (ks. [liite 1](#)), lukuisille taitaville ohjaajille (ks. [liite 1](#)), aktiivisille kemian tutkijoille ja asiantuntijoille, yhteisölliselle Kemian opettajankoulutusyksikön tiimille ja opiskelijoille, aktiivisille opettajille eri asteilla, Tiedekasvatuskeskuksen tiimille sekä hyvälle kansallisille ja kansainvälisille yhteistyötahoillemme. Mottomme mukaisesti **yhdessä olemme enemmän!**

Haluamme kiittää tässä yhteydessä myös Gadolinin suurlähettiläs -tunnustuksella palkittuja **Timo Leppää, Ilkka Pollaria, Mikko Ritalaa, Markku Räsästä, Heikki Tenhua** ja **Hannu Vornamo**a esimerkillisestä yhteistyöstä Kemianluokka Gadolin -tiedeluokan toiminnan rakentamisessa ja edistämässä Kemianluokka Gadolinin johtajan, professori Maija Akselan tukena.

Kemianluokka Gadolin toimii pääosin ulkopuolisen rahoituksen varassa, joten kehittyäkseen se tarvitsee lisäresursseja. Yhteistyömahdollisuuksissa voi olla yhteydessä Gadolinin johtoon (ks. [liite 1](#)). Otamme vastaan myös lahjoituksia Tiedekasvatusrahastoon<sup>10</sup> sekä Suomesta että ulkomailta uusien avauksien ja yhteistyön mahdollistamiseksi.

## **Yhdessä hyvään kemian tulevaisuuteen!**

Helsingissä Kemianluokka Gadolinin 10-vuotisjuhlapäivänä 19.9.2018

Professori Maija Aksela  
Johtaja

Yliopistonlehtori Johannes Pernaa  
Varajohtaja

Pipsa Blomgren  
Koordinaattori

Iisa Rautiainen  
Varakoordinaattori

---

<sup>10</sup> [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/lahjoita-tiedekasvatusrahastoon](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/lahjoita-tiedekasvatusrahastoon)

# 1 KEMIANLUOKKA GADOLIN EDELLÄKÄVIJÄNÄ JA YHTEISÖLLISENÄ TOIMIJANA

Tässä luvussa kuvataan vuonna 2018 kymmenen vuotta täyttävän Kemianluokka Gadolinin syntyhistoriaa ja yhteisöllistä toimintamallia. Tiedeluokka on **edelläkävijä tiedeluokkaverkostossa** Suomen korkeakoulujen LUMA-toiminnassa: se perustettiin ensimmäisenä tiedeluokkana kansallisen LUMA-keskus Suomi -verkoston 14 tiedeluokista.<sup>11</sup>



**Kuva 3.** Kemianluokka Gadolin -tiedeluokka Helsingin yliopiston kemian osastolla. Moderni kemian laboratorio tutkimusvälineineen mahdollistaa tutustumisen kemian tieteen luonteeseen ja kemian kiehtoviin mahdollisuuksiin ja kannustaa lapsia ja nuoria kemian opiskeluun.

## 1.1 Taustaa

Kemian opetuksen nykytilaa, mahdollisuuksia ja haasteita eri asteilla on kartoitettu kerran 10 vuodessa vuodesta 1998 lähtien professori Maija Akselan johdolla (Aksela & Juvonen, 1999; Aksela & Karjalainen, 2008; Aksela, Pernaa, & Hopea-Manner, julkaisu valmistumassa). Kyselytutkimusten pohjalta on rakennettu erilaisia tukimuotoja kemian opetukseen. Vuonna 1998 toteutetussa tutkimuksessa todettiin suuri tarve kemian opettajien elinikäisen oppimisen tukemiseen muun muassa mielekkään kokeellisuuden ja tieto- ja viestintätekniikan ja kouluyritys yhteistyön osalta

<sup>11</sup> [luma.fi/opettajille/luma-keskusten-tiede-ja-teknologiauokat](http://luma.fi/opettajille/luma-keskusten-tiede-ja-teknologiauokat)

sekä vuorovaikutuksen lisäämisen tarve yliopistojen, koulujen ja elinkeinoelämän kanssa.

Tutkimuksesta nousseiden haasteiden ratkaisemiseksi perustettiin kemian tiedekasvatusta edistävä Kemian opetuksen keskus, Kemma Valtakunnallisen LUMA-keskuksen ja **Kemian opettajankoulutusyksikön** toiminnan yhteyteen Helsingin yliopiston kemian laitokselle vuonna 2004. Valtakunnallinen LUMA-keskus (nykyisen LUMA-keskus Suomen edeltäjä) Helsingin yliopistolla oli perustettu sateenvarjo-organisaatioksi koulujen, yliopistojen ja elinkeinoelämän yhteistyölle.<sup>12</sup> Tavoitteena oli, että hyvässä vuorovaikutuksessa kaikki osapuolet oppivat toisiltaan.

Vahvistaakseen mielekästä kemian kokeellista kouluopetusta ja innostaakseen lapsia ja nuoria lisää kemian opiskeluun kemian laitoksen silloinen johtaja, professori **Markku Räsänen** ja professori **Maija Aksela** Kemian opettajankoulutusyksiköstä kemian laitokselta aloittivat professori Akselan ehdotuksesta uuden tiedeluokkatoiminnan, tulevan Kemianluokka Gadolinin valmistelun. Heti alusta asti oli päämääränä rakentaa moderni oppimisympäristö tukemaan koulujen kemian opetusta ja opettajankoulutusta yhteistyössä eri yhteistyötahojen – erityisesti kemian alan yritysten – kanssa. Tulevan toiminnan tavoitteena oli myös vahvistaa koko kemian laitoksen koulu yhteistyötä. Laitoksella oli ollut pitkät ja hyvät perinteet koulu yhteistyöstä 1980-luvulta alkaen tutkimuslaboratorioiden ja lukuisten koulujen välillä. **Nykyisin Kemianluokka Gadolinin toiminnassa on mukana 13 yritystä Kemianteollisuus ry:n lisäksi** (ks. [liite 2](#)).

Merkittävän sysäyksen tiedeluokan edistämiseen ja valmisteluun toi **Kemira Oyj:n** päätös luopua suositusta **Kemian luokka** -toiminnastaan Kemiran tutkimuskeskuksen yhteydessä ja aloittaa yhteistyö kanssamme. Kemira Oyj:n suosittu Kemian luokka oli toiminut 1990-luvulta lähtien Espoon tutkimuskeskuksessa Suomenojalla. Se oli osana Kemiran konserniviestintää, ja sen päätavoitteena oli kemian opetuksen tukeminen, kemian alan tunnetuksi tekeminen koulujen ja nuorten parissa sekä yrityskuvan rakentaminen. Toiminta tavoitti parhaimmillaan 1 500 oppilasta ja kemian opettajaa vuosittain (vrt. nykyinen Kemianluokka Gadolinin tavoittaa noin 4 000 oppilasta ja kemian opettajaa vuosittain). Kemian luokka oli tarjonnut peruskoulujen ja lukioiden kemian opettajille sekä heidän oppilailleen mahdollisuuden työskentelyyn ja oppimiseen aidossa yrityksen laboratorioympäristössä. Vierailleva opettaja oli valinnut luokalleen sopivat työt tarjolla olleista laboratoriotöistä. Työt oli tehty oppilasryhmän oman opettajan johdolla Kemiran yhteyshenkilön toimiessa tukena (vrt. Kemianluokka Gadolinissa oppilasryhmiä ohjaavat tulevat kemian opettajat tai kemistit, jotka ovat saaneet koulutuksen tehtävään). Lisäksi vierailuihin kuului Kemira Oyj:n esittely ja tutustuminen tutkimuskeskukseen.

Yhteistyön myötä Kemira Oyj:stä tuli myös yksi Kemianluokka Gadolinin pääsponsoreista ja sen ohjausryhmään kuuluu yrityksen edustaja. Yhteistyön jatkumista kemian laitoksessa edesauttoi se, että Kemianluokka Gadolinin “äiti”, professori **Maija Aksela** tunsi Kemian luokan ansiokkaan toiminnan hyvin. Hän oli toiminut

---

<sup>12</sup> [luma.fi/keskus/historia](http://luma.fi/keskus/historia)

yhteistyössä Kemiran Oyj:n Kemian luokan kanssa melkein koko sen toiminta-ajan sekä kehittänyt sinne suurimman osan käytetyistä kokeellisista työohjeista ja koulut-  
tanut opettajia oman päätyönsä ohessa. Yhteistyön jatkuessa kemian laitoksessa ke-  
hitetyt kokeelliset työohjeet ja Kemian luokan resursseja (välineitä ja kemikaaleja)  
siirtyi Kemianluokka Gadolinin käyttöön.

Merkittävän tuen Kemianluokka Gadolinin rakentamiseen antoivat elinkeinoelä-  
män puolelta Kemira Oyj:n johto, erityisesti silloinen viestintäjohtaja **Timo Leppä**  
(myöh. Kemianteollisuus ry:n toimitusjohtaja) ja tutkimuskeskuksen johtaja **Ilkka**  
**Pollari** Kemiran tutkimuskeskuksesta sekä Kemianteollisuus ry:n toimitusjohtaja  
**Hannu Vornamo**. Heidän arvokkaiden neuvojen tukemana Maija Aksela aloitti  
yhteisöllisen toimintamallin rakentamisen Kemianluokka Gadolinin edistämiseksi ja  
**kolmivuotisten yhteistyösopimusten** rakentamisen yritysten ja yhteistyötaho-  
jen kanssa (ks. liite 1 ja 2) sekä ohjausryhmän kokoamisen (ks. liite 1). Jokaisen yhe-  
teistyötahon kanssa sovittiin yhteistyömallit ja resurssit siihen ja allekirjoitettiin yhe-  
teistyösopimukset. Taloudellisten resurssien lisäksi arvokas yhteistyömuoto on yri-  
tysten asiantuntijoiden osallistuminen toiminnan sisällön kehittämiseen. Yhteistyö  
toteutettiin aluksi kolme vuotta kestävästä pilottihankkeena, ja sen jälkeen sitä on  
jatkettu uusimalla sopimukset kolmen vuoden välein. **Ilman elinkeinoelämän**  
**merkittävää tukea ja resursseja Kemianluokka Gadolinin toiminta ei**  
**olisi saavuttanut luvussa 3 kuvattua laajuutta.** Luvussa 5 kuvataan tarkem-  
min erilaisia yhteistyömuotoja elinkeinoelämän kanssa.

Helsingin yliopiston valtakunnallisen LUMA-keskuksen toiminnan osana toi-  
miva Kemianluokka Gadolin -tiedeluokka **avattiin juhlavissa merkeissä 19.**  
**syyskuuta 2008** Helsingin yliopiston kemian laitoksella *Kemia tänään* -koulutus-  
tapahtuman yhteydessä. Innostavan avajaispuheen piti *Gadolin suurlähettiläs* -tun-  
nustuksella merkittävästä yhteistyöstä vuonna 2018 palkittu tutkimuskeskuksen  
johtaja **Ilkka Pollari** Kemira Oyj:stä.<sup>13</sup>

Kemianluokka Gadolin on nykyisin hallinnollisesti osa **Helsingin yliopiston**  
**tiedekasvatuskeskuksen** (ent. nimi Helsingin yliopiston LUMA-keskus) toimin-  
taa. Yhteistyö vahvistaa Kemianluokka Gadolinin toiminnan näkyvyyttä kansallisesti  
ja kansainvälisesti ja myös mahdollistaa hyvän yhteistyön yli tiederajojen. Tiedekas-  
vatuskeskus edustaa Helsingin yliopistoa kansallisessa LUMA-keskus Suomi -ver-  
kostossa<sup>14</sup>, jonka hallinnosta Helsingin yliopisto on vastannut sen perustamisesta  
lähtien (vuodesta 2013). LUMA-keskus Suomella on **valtakunnallinen tehtävä**,  
ja Tiedekasvatuskeskus osallistuu siihen yhteisöllisenä toimijana.

<sup>13</sup> Kemianluokka Gadolinin avajaiset 19.9.2008: [youtube.com/watch?v=G2cRyQJ7U7I](https://www.youtube.com/watch?v=G2cRyQJ7U7I)

<sup>14</sup> [luma.fi](http://luma.fi)



**Kuva 4.** Taiteilija, suosittu ”äänilaborantti” Miro Mantere esiintyi Kemianluokka Gadolinin avajaisissa vuonna 2008 ja myös sen 10-vuotisjuhlissa vuonna 2018. (Kuvaaja: Sakari Tolppanen)

## 1.2 Yhteisöllinen toimintamalli

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatusta varhaiskasvatuksesta korkeakouluhin edistetään yhteisöllisesti yliopiston, elinkeinoelämän ja muiden yhteistyötahojen (esim. opetushallinto, opettajajärjestöt ja eri asteiden koulut) kanssa hyvässä vuorovaikutuksessa (ks. kuva 5).

**Kuva 5.** Kemianluokka Gadolinin yhteisöllisessä toimintamallissa hyvä vuorovaikutus eri yhteistyötahojen kanssa on keskiössä. Gadolinin toiminnassa on mukana 13 yritystä.

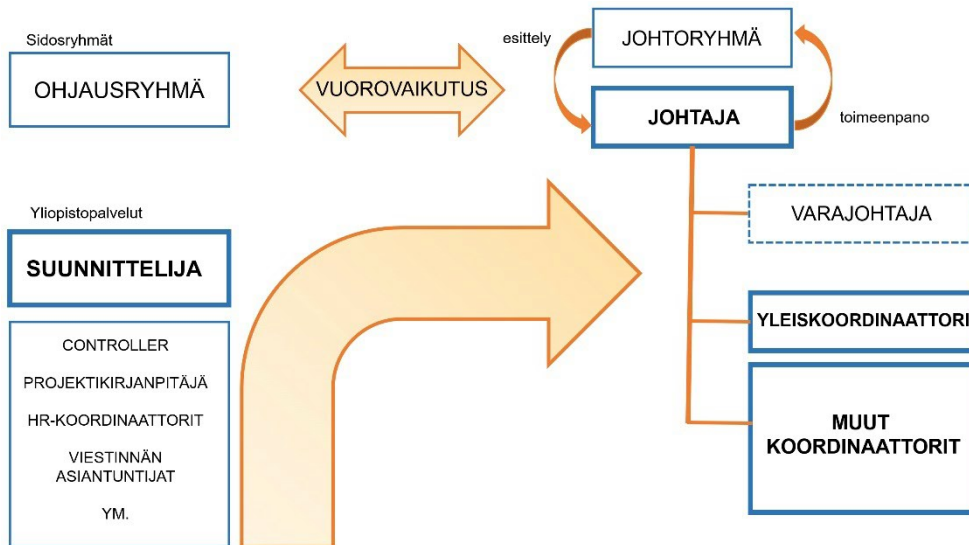


Kemianluokka Gadolinin toimintaa toteutetaan Tiedekasvatuskeskuksen (osa LUMA-keskus Suomi -verkostoa) johtoryhmän hyväksymän vuosittaisen toimintasuunnitelman mukaisesti. Keskuksen **johtoryhmää** johtaa matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan dekaani, ja johtoryhmään<sup>15</sup> kuuluu edustajat kaikista keskuksen toiminnassa mukana olevista tiedekunnista. Keskuksen ohjausryhmässä<sup>16</sup>

<sup>15</sup> [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/johtaminen-ja-paatoksenteko#section-38919](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/johtaminen-ja-paatoksenteko#section-38919)

<sup>16</sup> [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/johtaminen-ja-paatoksenteko#section-34439](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/johtaminen-ja-paatoksenteko#section-34439)

toimii yliopiston edustajien lisäksi lukuisia yhteistyötahoja opetushallinnosta ja elinkeinoelämästä. Tiedekasvatuskeskuksen nykyinen hallintorakenne on esitetty kuvassa 6.



**Kuva 6.** Kemianluokka Gadolin on osa Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen hallintoa ja tiedekasvatustoimintaa. **Johtoryhmään kuuluu Helsingin yliopiston eri tiedekuntien johtoa.** Kemianluokka Gadolinin koordinaattori ja varakoordinaattori toteuttavat keskuksen toimintasuunnitelmaa yhteistyössä muiden eri tieteiden tiedekasvatuksen koordinaattorien kanssa keskuksen johtajan alaisuudessa. Tiedekasvatuskeskuksen johtaja toimii Kemianluokka Gadolinin ja toistaiseksi myös LUMA-keskus Suomen johtajana (toiminut perustamisesta lähtien, vuodesta 2013).

Kemianluokka Gadolinin **toiminnan resurssit** muodostuvat pääosin täydentävästä rahoituksesta yhteistyötahoilta (ks. liite 2) Tiedekasvatuskeskuksen (osa LUMA-keskus Suomea) ja matemaattis-luonnontieteellisen tiedekunnan kemian osaston antaman tuen lisäksi. Lisäksi yhteistyötahot tukevat toimintaa välineillä ja materiaaleilla sekä muulla asiantuntemuksellaan. Yhteistyön muodot on määritelty jokaisen yhteistyötahon kanssa yhteistyösopimuksessa, joka tehdään kolmeksi vuodeksi kerrallaan.

Kemianluokka Gadolinin toiminnan suunnitteluun ja toteutukseen osallistuvat nk. **yhteisöllinen Gadolinin tiimi**: johtaja, varajohtaja, ohjausryhmä/kehittämisyöryhmä, koordinaattori, varakoordinaattori ja ohjaajat (ks. tarkemmin nimet liitteistä 1 ja 2). Lisäksi Kemian opettajankoulutusyksikön tohtorikoulutettavat ovat mukana useissa sen kehittämis- ja tutkimushankkeissa.

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksen **koordinaattori ja varakoordinaattori** toimivat oman alansa asiantuntijoina ja toiminnan toteutuksen ohjaajina Kemianluokka Gadolinin johtajan ja varajohtajan ohjauksessa (ks. nimet liite 1). He ovat yleensä Kemian opettajankoulutusyksikössä opiskelevia maisterivaiheen opiskelijoita tai jatko-opiskelijoita ja tekevät yleensä Gadolinin toimintaan liittyvää

opinnäytetyötään. Toiminnallisten **opintokäyntien ohjaajina** toimii sekä kemian tutkijoiksi että kemian opettajaksi opiskelevia (ks. nimet [liite 1](#)), jotka ovat saaneet koulutuksen tehtävään. Gadolinin ohjaajilla on säännöllisesti yhteisiä, koordinaattorin vetämiä tiimikokouksia. Niissä he yhdessä käyvät läpi käytännön toimintaa sekä arvioivat ja kehittävät sitä.

Kemianluokka Gadolinin **ohjausryhmä** on toiminut aktiivisesti alkuvuosista lähtien (ks. nimet [liite 1](#)). Siihen on osallistunut sekä yliopiston että yliopiston ulkopuolisten yhteistyötahojen edustajia. Ohjausryhmä on osallistunut toiminnan ideointiin ja arviointiin. Vuoden 2018 syksystä lähtien se jatkaa nimellä **kehittämistyöryhmä** (nimimuutos johtuu Tiedekasvatuskeskuksen ohjausryhmä -nimen päällekkäisyydestä), ja siinä on mukana elinkeinoelämän edustajia (ks. nimet [liite 1](#)). Asiantuntijoiksi pyydetään kehittämiskohteiden mukaan myös kemian tutkijoita ja muiden organisaatioiden asiantuntijoita. Ohjausryhmän lisäksi 10 viime vuoden aikana jokaisen yhteistyöyrityksen yhteyshenkilö on aktiivisesti osallistunut käytännön toimintamuotoihin yhteistyössä koordinaattorin kanssa.

### 1.3 Toiminnan painopistealueet

Vuodesta 2017 lähtien Kemianluokka Gadolinin toimintaa ovat ohjanneet Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen johtoryhmän hyväksymät **painopistealueet**.<sup>17</sup> Ne on muodostettu yliopiston ja tiedekuntien strategiakauden 2017–20 painoaloista sekä kansallisen StarT-toiminnan teemoista.<sup>18</sup>

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatustoiminnassa ja sen tutkimuspohjaisessa kehittämisessä on **vuosina 2017–20 kolme pääpainopistealuetta**:

- arkipäivän kemia
- kestävä kemia ja kehitys
- moderni teknologia.

Em. painopistealueet suuntaavat opintokäyntien sisältöjä, käytännön toimintaa ja kehittämistyötä uusien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden kehittämiseksi (ks. tarkemmin [luku 3](#)). Toteutuksessa huomioidaan uusin kemian ja sen opetuksen tutkimus sekä suomalaisen kemian innovaatiot. Lisäksi pyritään tukemaan kemian **opetussuunnitelmien** perusteiden suunnittelua ja toteuttamista eri kouluasteilla.

<sup>17</sup> [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus)

<sup>18</sup> [start.luma.fi](https://start.luma.fi)

Kemian tiedekasvatuksen toiminnassa kehitetään esimerkiksi seuraavia toteutustapoja strategiakaudella 2017–20:

- kemian tieteellisen prosessin luonteesta juontuva tutkimuksellinen ja toiminnallinen kemian kokeellinen opiskelu ja digioppiminen (mm. mittausautomaatiolaitteet, molekyyli mallinnus ja 3D-tulostus)
- kemian uusimpien innovaatioiden huomiointi ja elinkeinoelämän uudet innovaatiot
- ilmiöitä kokonaisuuksina tarkasteleva, tieteen eri aloja (ja myös teknologioita ja taiteenaloja) eheyttävä kemian opiskelu
- malleja kemian nuorten tutkijoiden mukanaolosta tiedekasvatuksessa (esim. videot)
- erilaiset kemian ammatit opetuksessa (yritysgalleria).

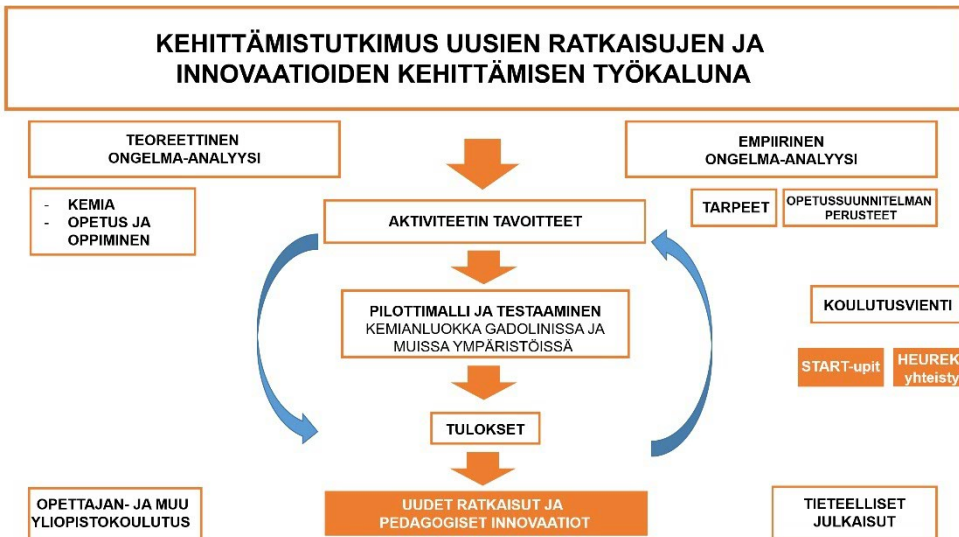
#### 1.4 Kehittämistutkimuksella uusia ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksessa uusien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden kehittämisessä (ks. [kuva 7](#)) käytetään useita tutkimusmenetelmiä – erityisesti yhteisöllisen ja osallistavan **kehittämistutkimuksen** (eng. *design-based research*, DBR) iteratiivista menetelmää (ks. [kuva 8](#)). Se tuottaa paitsi uutta teoreettista tietoa kemian tiedekasvatukseen ja tieteellisiä julkaisuja, myös toimintaa palvelevia uusia käyttökelpoisia ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita, kuten uusia oppimisympäristöjä, työtapoja tai opetusmateriaalia opetukseen. Saadun teoreettisen tutkimustiedon pohjalta voidaan edelleen kehittää nykyisiä ja uusia toimintamutuja. Kemian tiedekasvatuksessa jaetaan kehitettyjä tuotoksia kaikkien toimijoiden käyttöön ja pyritään näin vahvistamaan kemian tiedeosaamista.



**Kuva 7.** Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksessa tuotetaan tutkimuspohjaisesti uusia ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita (esimerkiksi uusia mielekkäitä kursseja, kokeellisia työohjeita ja materiaalia digioppimiseen) kemian tiedekasvatuksen tueksi eri asteilla, myös globaalisesti.





**Kuva 8.** Kehittämistutkimusta (engl. *design-based research*) käytetään Kemianluokka Gadolinissa kemian tiedekasvatuksen yhtenä tutkimusmenetelmänä tuottamaan perustutkimustietoa ilmiöstä sekä uusia ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita kemiaan opetukseen. Lukuisia tutkimuksia tehdään Kemian opettajankoulutusyksikön opinnäytetöinä, ja tuloksia julkaistaan kansainvälisesti (ks. [luku 4](#)).

Osallistava ja yhteisöllinen kehittämissuunnitelma toimii myös **uudenlaisena kemian opettajien koulutusmallina** (ks. [luku 4](#)) uusiin ratkaisuihin ja pedagogisiin innovaatioihin. Siinä opettajat ja muut yhteistyötahot oppivat toisiltaan reflektoiden oppimaansa vuorovaikutuksessa.



**Kuva 9.** Kemian tiedekasvatuksen tavoitteena on tutkimus- ja kehittämistoiminnan kautta tuottaa oivaltamisen ja onnistumisen iloa kaikille kemian parissa, ja tukea opettajia eri asteilla heidän tärkeässä työssään. (Kuvaaja: Veikko Somerpuro)

## 2 KEMIANLUOKKA GADOLIN OSANA KANSALLISTA JA KANSAINVÄLISTÄ YHTEISTYÖTÄ

Tiedekasvatuskeskus (osa LUMA-keskus Suomea) ja sen Kemianluokka Gadolin tekevät yhteistyötä kansallisten ja kansainvälisten toimijoiden kanssa ja pyrkivät asettuihin tavoitteisiin yhdessä tekemällä (ks. tarkemmin tiedekasvatuskirja Aksela ym., 2018). Kemianluokka Gadolin -tiedeluokka on saanut yhteisöllisestä toiminnastaan **kansainvälisen Global Best Awards** -tunnustuksen vuonna 2014.<sup>19</sup> Siinä hyvässä vuorovaikutuksessa opitaan toisilta ja saadaan yhdessä vahvempi toiminnan vaikuttavuus.

Tässä luvussa kuvataan esimerkkejä muutamista merkittävistä kansallisista ja kansainvälisistä hankkeista, joissa kemian tiedekasvatuksessa on oltu mukana tai jotka ovat parhaillaan menossa. Kemian opettajankoulutusyksikön henkilökunta ja tohtorikoulutettavat ovat osallistuneet useimpien hankkeiden toteutukseen. Lähteenä tekstissä on käytetty osittain Tiedekasvatuksen 15-vuotisjulkakirjaa.<sup>20</sup>



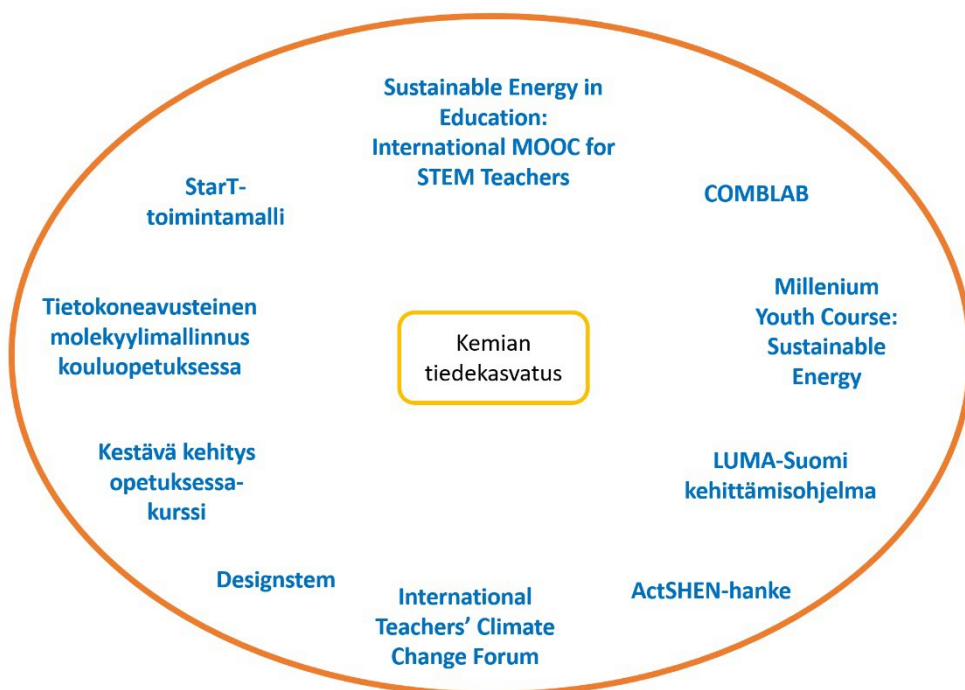
**Kuva 10.** Kemianluokka Gadoliniin ja sen tiedekasvatukseen käy tutustumassa joka vuosi satoja kansainvälisiä vieraita. Kuvassa olevat vieraat ovat Etelä-Koreasta. Keskellä kuvassa on Kemianluokka Gadolinin johtaja, professori **Maija Aksela** sekä koordinaattorina vuosina 2012–16 toiminut ja Kemianluokka Gadolinista oppimisympäristönä väitellyt FT **Veli-Matti Ikävalko**.

<sup>19</sup> [sttinfo.fi/tiedote/kemianluokka-gadolinille-kansainvalinen-tunnustus-innovatiivisesta-koulu-yritysyhteistyosta?publisherId=3747&releaseId=17421493](http://sttinfo.fi/tiedote/kemianluokka-gadolinille-kansainvalinen-tunnustus-innovatiivisesta-koulu-yritysyhteistyosta?publisherId=3747&releaseId=17421493)

<sup>20</sup> Tiedekasvatuskirja: [helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/isbn-978-951-51-4087-6.pdf](https://helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/isbn-978-951-51-4087-6.pdf)

## 2.1 Taustaa

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatustoiminta on aktiivisesti mukana sekä kansallisessa että kansainvälisessä yhteistyössä. [Kuvaan 11](#) on koottu erilaisia tiedekasvatuksen hankkeita ja yhteistyömuotoja, joissa on oltu tai ollaan mukana joko yhtenä päätoimijana tai osatoimijana. Kemian opettajankoulutusyksikön tohtorikoulutettavat ovat osallistuneet hankkeiden käytännön koordinointiin ja ohjaukseen. Hankkeita kuvataan lyhyesti luvuissa [2.1](#) ja [2.2](#).



**Kuva 11.** Kemianluokka Gadolinin toiminta on mukana lukuisissa tiedekasvatuksen kansallisissa ja kansainvälisissä hankkeissa, ja siten uudet ratkaisut ja pedagogiset innovaatiot saadaan laajaan käyttöön. Kemian opettajankoulutusyksikön henkilökunta ja tohtorikoulutettavat toimivat hankkeiden keskeisinä toimijoina. Esimerkiksi EU-hankkeessa **CombLab** tuotettiin uusia kokeellisia töitä arkielämän kemian kontekstissa. Tarkemmat kuvaukset hankkeista on esitetty luvuissa [2.2](#) ja [2.3](#).

## 2.2 Kansallista yhteistyötä LUMA-keskus Suomi -verkoston kanssa

Tiedekasvatukseen ja sen Kemianluokka Gadolinin kansallinen yhteistyö toteutuu pääosin 12 suomalaisen yliopiston yhteiseen **LUMA-keskus Suomi** -verkostoon<sup>21</sup> kuuluvien 13 LUMA-keskusten kautta. Toiminnassa on mukana myös ammattikorkeakouluja. Vuosina 2017–20 toteutetaan yhdessä opetus- ja kulttuuriministeriön asettamaa **valtakunnallista tehtävää**, jossa on kuusi osa-aluetta, ja yhtenä osa-alueena on tiedeluokkatoiminnan kehittäminen eri puolilla Suomea. (ks. tarkemmin tiedekasvatuskirja Aksela ym., 2018)

Kemian tiedekasvatusta edistetään yhteisöllisesti monien kansallisten hankkeiden kautta. Esimerkiksi kansallisen **LUMA SUOMI -kehittämishjelman**<sup>22</sup> kautta opettajia koulutetaan ohjelmassa kehitettyihin uusiin avauksiin yhdessä Kemian opettajankoulutusyksikön tohtorikoulutettavien kanssa. Hankkeet tukevat uusien opetussuunnitelman perusteiden mielekästä toteuttamista. Kemian tiedekasvatusta edistetään erityisesti neljässä hankkeessa (niistä on myös verkkokoulutusta saatavilla):

- Arkielämän ilmiöitä
- Hyvä kysymys!
- Matematiikka ja luonnontieteet yhteiskunnassa: yhteisöllistä opiskelua työelämän kanssa
- Tutki ja tuumaa: esikoululaisten tutkimisen taidot

Kansallisessa **Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus kouluopetuksessa** -kehittämishankkeessa (2008–11) saatiin levitettyä kemian tieteessä keskeinen molekyylihallinnus osaksi Suomen kouluopetusta ja opettajankoulutusta. Tietokoneavusteinen molekyylihallinnus kouluopetuksessa -hankkeessa

- kehitettiin tutkimustiedon pohjalta kansallisesti ja kansainvälisesti uusia pedagogisia ratkaisuja ja työtapoja kemian opetukseen yhteistyössä innovatiivisten koulujen opettajien kanssa uusimman tutkimustiedon pohjalta
- koulutettiin molekyylihallinnuksen mentoreita eri puolelle Suomea. He toimivat oman alueensa kouluttajina ja tukihenkilöinä.
- tuotettiin opettajille molekyylihallinnuksen käyttöä tukevaa avointa oppimateriaalia verkkoon
- tehtiin tutkimusta työtavan mahdollisuuksista ja vaikuttavuudesta kemian oppimiseen ja opetukseen.

<sup>21</sup> [luma.fi/keskus](http://luma.fi/keskus)

<sup>22</sup> [suomi.luma.fi](http://suomi.luma.fi)

Hankkeen tutkimuksista laadittiin useita julkaisuja, ja siitä syntyi yksi väitöskirja (Aksela & Lundell, 2008; Aksela, Lundell, & Pernaa, 2008; Pernaa, 2011; Pernaa, Aksela, & Lundell, 2009). Tuotoksia on otettu käyttöön laajasti useissa oppilaitoksissa, opettajankoulutuksessa ja Kemianluokka Gadolinissa<sup>23</sup>. Vuonna 2017 osamista levitettiin kansainvälisesti englanninkielisen tietokirjan muodossa (Pernaa, Aksela, & Ghulam, 2017).

## 2.3 Kansainvälisiä yhteistyöhankkeita

Kemian tiedekasvatuksessa osallistutaan aktiivisesti myös kansainväliseen yhteistyöhön. Tähän mennessä on oltu mukana seuraavissa kansainvälisissä hankkeissa (aakkosjärjestyksessä): pohjoismainen **ActSHEN**-hanke sekä EU-hankkeet **COMBLAB** ja **Designstem** kansainvälisen StarTin (ks. luku 2.2) lisäksi.

*Action for Sustainability in Higher Education in the Nordic region* (ActSHEN)<sup>24</sup> on vuosina 2013–17 käynnissä ollut pohjoismainen yhteistyö- ja tutkimushanke, jossa kehitettiin malli korkeakouluopetukseen kestävästä kehityksen tukemiseksi (Heiskanen, Käyhkö, & Virtanen, 2017; Tolvanen, 2016; Tolvanen & Aksela, 2013). Hankkeessa on luotu kestävästä kehityksen opetukseen uusia työtapoja, joita on sovellettu eri tavoin mukana olleissa instituutioissa ja Helsingin yliopistossa tulevien opettajien uudella **Kestävä kehitys opetuksessa** -kurssilla.

EU-rahoitteisessa Espanjan, Itävallan, Slovakian, Tšekin ja Suomen asiantuntijoiden yhteistyössä toteuttamassa **COMBLAB-yhteishankkeessa** (2012–14) kehitettiin yhteisöllisesti yliopistojen tutkijoiden ja opettajien kanssa lukuisia tieto- ja viestintäteknikkaa hyödyntävään mittausautomaatioon perustuvia kokeellisia töitä yläkouluikäisille oppilaille muun muassa kemian opetukseen. Lisäksi hankkeessa koulutettiin opettajia niiden käyttöön sekä tehtiin tutkimusta hankkeen vaikuttavuudesta (Tolvanen, Aksela, Guitart, & Urban-Woldron, 2014). Siinä hyödynnettiin Helsingin yliopistossa tehtyä tutkimusta vuodelta 2011 (Aksela, 2011). Useimpia hankkeessa kehitettyjä töitä voi tehdä edelleen Kemianluokka Gadolinissa ja niitä käytetään myös opettajien peruskoulutuksessa.

Yksi tiedekasvatuksen meneillään olevista hankkeista on EU-hanke **Designstem**<sup>25</sup> (2016–19), jonka tavoitteena on kehittää muotoilua ja luonnontieteitä yhdistäviä sähköisiä oppimisvälineitä, kuten pelejä, mobiilisovelluksia tai kiinnostavia sähköisiä oppimismateriaaleja.

**Kestävä kehityksen kasvatuksen edistäminen** on yksi keskeisiä kemian tiedekasvatuksen painopistealueita. Aiheesta tehdään tutkimusta ja valmistuu opinäytetöitä, esimerkiksi väitöskirjoja (Juntunen, 2015; Tolppanen, 2015). Virtuaalisessa tiedekasvatushankkeessa on tutkittu ja kehitetty uusia virtuaalisia

<sup>23</sup> [kemianluokka.fi](http://kemianluokka.fi)

<sup>24</sup> [blogs.helsinki.fi/action-for-sustainability](http://blogs.helsinki.fi/action-for-sustainability)

<sup>25</sup> [bit.ly/2DdLOfe](http://bit.ly/2DdLOfe)

toimintamalleja kestävään kehitykseen ja sen edistämiseen sekä nuorille että opettajille. Siinä on tähän mennessä toteutettu kolme kansainvälistä osahanketta: (i) nuorille suunnattu *Millennium Youth Course: Sustainable Energy*<sup>26</sup> (Aksela, Wu, & Halonen, 2016), (ii) opettajille suunnattu *Sustainable Energy in Education: International MOOC for STEM teachers* (Kaul, Aksela, & Wu, 2018) ja (iii) opettajille suunnattu *International Teachers' Climate Change Forum*<sup>27</sup>. Hankkeiden suunnittelussa ja toteuttamisessa on hyödynnetty tiedekasvatuksesta Kemian opettajankoulutusyksikössä väitelleiden tohtoreiden osaamista ja väitöskirjatutkimuksia.



**Kuva 12.** Mielekkäitä arkipäivän kemian kokeellisia työohjeita on kehitetty sekä lapsille että nuorille eri asteille muun muassa EU-hankkeessa **Comblab**. (Kuvaajat: Pipsa Blomgren (ylempi), Sonja Martikainen (alempi))

<sup>26</sup> [luma.fi/en/news/2015/10/28/millennium-youth-course-sustainable-energy](http://luma.fi/en/news/2015/10/28/millennium-youth-course-sustainable-energy)

<sup>27</sup> [luma.fi/en/event/international-teachers-climate-change-forum](http://luma.fi/en/event/international-teachers-climate-change-forum)

## 3 KEMIANLUOKKA GADOLIN LASTEN JA NUORTEN INNOSTAVANA OPPIMISYMPÄRISTÖNÄ

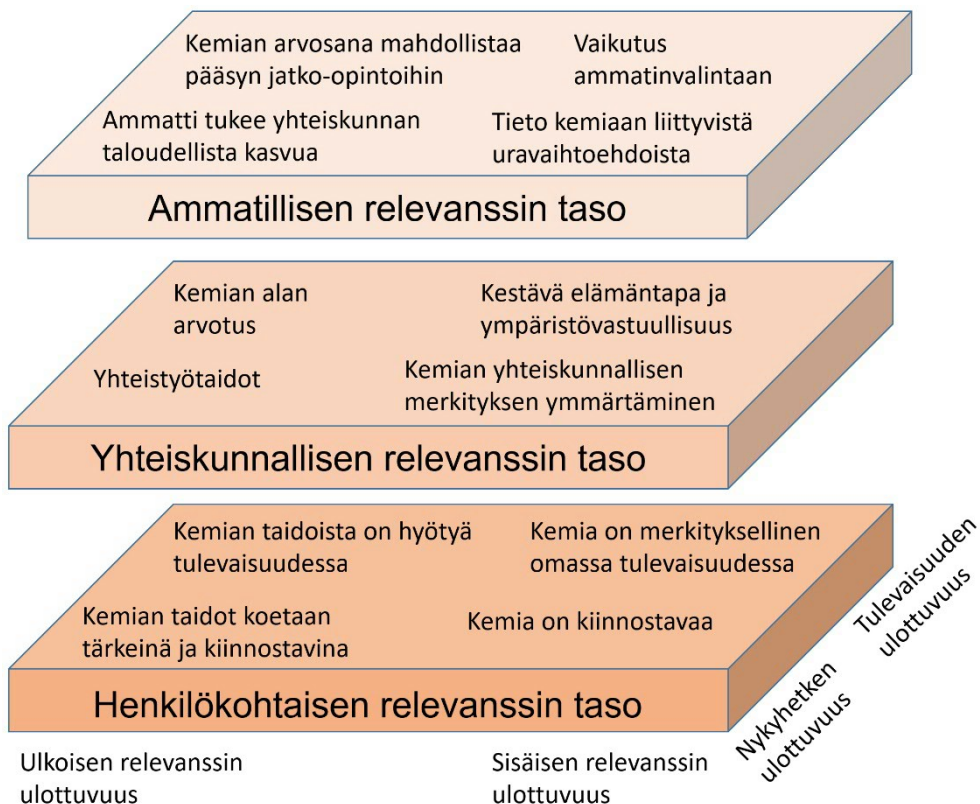
Tässä luvussa kuvataan suositun Kemianluokka Gadolinin kemian tiedekasvatuksen tavoitteita, toiminnan merkitystä tehdyn tutkimuksen kautta ja päätoimintamuotoja esimerkkeineen. Suositussa Kemianluokka Gadolin -tiedeluokassa on käynyt 10 vuoden aikana **yli 50 000 vierailijaa** (enintään 4 000 lasta ja nuorta/vuosi).

### 3.1 Tavoitteet ja toiminnan merkitys

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksen päätavoitteena on edistää ja tukea kemian opetusta ja opetussuunnitelmia kolmella relevanssin tasolla (ks. [kuva 13](#)): (i) **henkilökohtainen relevanssi**, (ii) **yhteiskunnallinen relevanssi** ja (iii) **ammattillinen relevanssi**. Se pyrkii innostamaan lapsia ja nuoria kemian opiskeluun ja alalle sekä lisäämään kemian harrastuneisuutta muun muassa uusien innostavien kokeellisten töiden, tietokonemallinnusten, tutkijatapaamisten ja kemian ammattikuvien avulla sekä tukemaan opettajia ja tulevia opettajia mielekkään kemian opetuksen toteuttamisessa ja elinikäisessä oppimisessa.

**Arkipäivän kemia, kestävä kemia ja kehitys** sekä **moderni teknologia** ovat toiminnan ja sen tutkimuspohjaisen kehittämisen pääaiheina strategiakaudella 2017–20. Tiivis yhteistyö Kemian opettajankoulutusyksikön kanssa tukee toimintaa uusimman opetuksen ja oppimisen sekä opettajankoulutuksen tutkimuksen ja opin- näytetöiden kautta (ks. tarkemmin [luku 4](#)).

**Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatus on todettu tärkeäksi sekä palautekyselyiden että siihen liittyvän tutkimuksen osalta.** Modernissa Kemianluokka Gadolinissa tapahtuvien toiminnallisen opintokäyntien suosio (enintään 4 000 lasta ja nuorta vuosittain) ja vierailusta vuosittain saatu kannustava palaute tehtyjen kyselyjen pohjalta sekä opettajille että oppilaille osoittaa sen vastaavan hyvin sille asetettuihin tavoitteisiin sekä kemian opetuksessa todettuihin haasteisiin (ks. [luku 1.1](#)). Myös Kemianluokka Gadolinin ohjausryhmältä (ks. [liite 1](#)) on saatu kannustavaa palautetta. Tarkemmin Kemianluokka Gadolinin vaikutuksia on tutkittu useissa tutkimuksissa ja oppinäytetöissä (ks. tarkemmin [luku 4.4.1](#)). Gadolinin toiminnalla on myös keskeinen rooli opettajien kemian perus- ja täydennyskoulutuksessa ja sen kemian opetuksen tutkimuksessa.



**Kuva 13.** Relevanssiteorian eri tasot ja ulottuvuudet (Stuckey, Hofstein, Mamlok-Naaman, & Eilks, 2013).

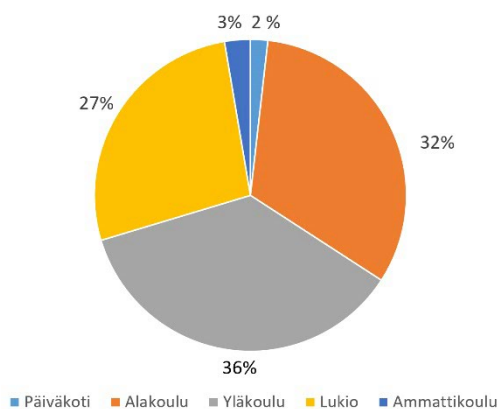
### 3.2 Kohderyhmät

Kemianluokka Gadolin -tiedeluokka ja sen tiedekasvatuksen eri toimintamuodot palvelevat eri asteiden kemian opetusta varhaiskasvatuksesta toiselle asteelle (ks. [kuva 14](#)). **Kohderyhmänä on 3–19-vuotiaat lapset ja nuoret sekä heidän opettajansa eri asteilta.** Myös perhetiedekasvatuksen erilaisia toimintamalleja ollaan kehittämässä entisestään tulevana vuosina. Esimerkiksi kesällä 2018 testattiin ensimmäisen kerran perhetiedeirejä, joihin lapset, huoltajat tai isovanhemmat pystyivät osallistumaan yhdessä lapsen kanssa.

10 vuoden aikana kouluasteista suurin käyttäjäryhmä on ollut peruskoulu (68 %), jossa luodaan tärkeä pohja kemian hyvälle tulevaisuudelle. Vuodesta 2015 lähtien on vahvistettu myös varhaiskasvatuksen mahdollisuuksia kehittää lasten tutkimustaitoja arkielämän ilmiöiden kontekstissa. Pienille lapsille on toteutettu fyysisesti ja virtuaalisesti suosittuja *Pikku-Jipot*-tiedekerhoja tutkimuspohjaisesti (ks. tarkemmin tiedekasvatuskirja Aksela ym., 2018).



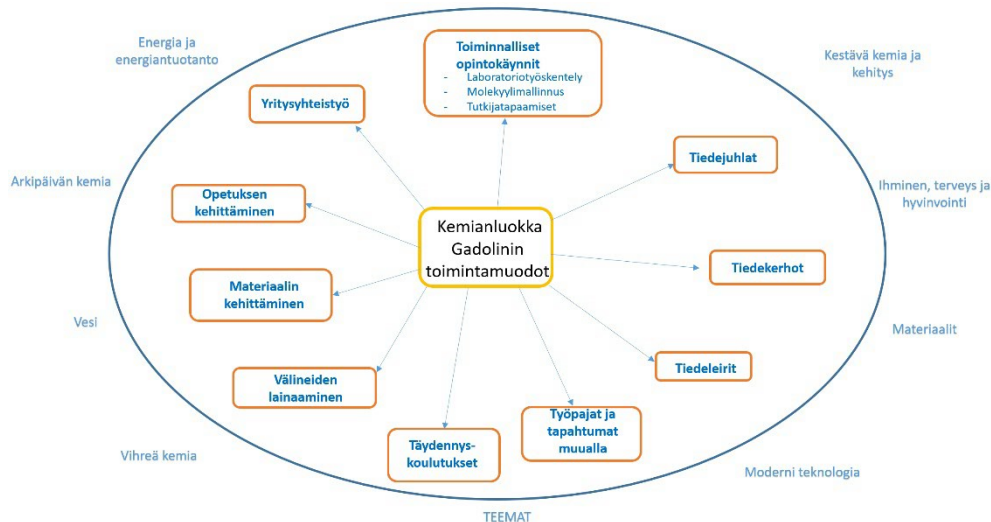
**Kuva 14.** Kohderyhmät ja osallistujamääriä (%). 10 vuoden aikana lapsia ja nuoria on osallistunut enintään 4 000 vierailijaa vuosittain. Päiväkoti-ryhmiä on otettu vierailuille vuodesta 2015 alkaen.



**Kuva 15.** Kemianluokka Gadolinin toiminta tukee erityisesti 3–19-vuotiaiden lasten ja nuorten sekä heidän perheidensä kemian tiedekasvatusta sekä opettajien elinikäistä oppimista. Myös tiedekasvatusmuotoja, jossa lapset ja heidän isovanhempiensa toimivat yhdessä, ollaan kehittämässä tutkimuspohjaisesti. Pyritään myös edistämään monikulttuurista tiedekasvatusta. (Kuvaajat: 3. ja 6. Veikko Somerpuro, 4. Sakari Tolppanen, 2. Elisa Lautala)

### 3.3 Toimintamuodot

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksessa käytetään monipuolisia toimintamuotoja, myös virtuaalisia (ks. [kuva 16](#)). Seuraavissa luvuissa 3.3.1–3.3.6 on kuvattu päätoimintamuodot tarkemmin ja annettu esimerkkejä hyväksi havaituista käytänteistä.



**Kuva 16.** Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksen toimintamuotoja toteutetaan vahvassa vuorovaikutuksessa Kemian opettajankoulutusyksikön peruskoulutuksen, jatko-opintojen ja tutkimuksen kanssa sekä kemian osaston että elinkeinoelämän kanssa. (ks. tarkemmin [luku 4](#)). Toiminnan painopistealueet (teemat) määrittellään yliopiston strategiakaussittain.

#### 3.3.1 Yleistä

Kemianluokka Gadolinin toimintaa ohjaavat Tiedekasvatuskeskuksen toiminnan tavoitteet (ks. [luku 1.3](#)). Toiminnan painopistealueet (teemat) määrittellään yliopiston strategiakaussittain.

**Vuosina 2018–2020 painopistealueina ovat erityisesti arkipäivän kemia, kestävä kemia ja kehitys sekä moderni teknologia.** Kemian ja opetuksen uusin tutkimustieto sekä innovaatiot huomioidaan niiden käytännön toteuttamisessa. Kansainvälisenä kemian vuonna 2011 pääteemana toiminnassa oli vesi. Vuosina 2008–2017 teemoissa keskityttiin esimerkiksi arkipäivän kemiaan, erilaisiin materiaaleihin ja niiden kemiaan, energiaan ja energiantuotantoon, vihreään kemiaan, ihmisen, terveyden ja hyvinvoinnin kemiaan sekä veden kemiaan.

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksen päätoimintamuoto on **toiminnalliset opintokäynnit** (ks. [taulukko 1](#)), joiden aikana eri asteiden opetusryhmillä päiväkodeista korkeakouluihin on mahdollisuus tutustua kemian tiedekasvatuksen uusiin avauksiin itse tekemällä.

**Taulukko 1.** Kemianluokka Gadolinin kemian tiedekasvatuksen päätoimintamuodot ja kohderyhmät.

Toimintamuodot	Kohderyhmä (kenelle toiminta on tarkoitettu)
Toiminnalliset opintokäynnit	Kokeellinen laboratoriotyöskentely
	Tietokonepohjainen visualisointi
	Tutkijatapaamiset ja vierailut
Gadolin-klubi	Nuoret
Tiedesynttäröt (vuodesta 2012 lähtien)	Lapset ja nuoret Perheet
Tiedekerhot	Lapset Perheet
Tiedeleirit	Lapset ja nuoret Perheet
Lainattavat tiedesalkut	Lapset ja nuoret Opettajat ja ohjaajat
Yritysyhteistyö	Lapset ja nuoret Opettajat ja ohjaajat
Yhteistyökurssit	Nuoret Opettajat ja ohjaajat
Opettajien täydennyskoulutus	Opettajat ja ohjaajat
Toiminnallisten opintokäyntien ja niiden aktiviteettien kehittäminen	Lapset ja nuoret Opettajat ja ohjaajat
Työpajat muualla	Lapset ja nuoret

Opintokäynnin aikana lapset ja nuoret tekevät kokeellista, vuoden teemoihin liittyvää työskentelyä aidossa laboratoriossa tai tutustuvat kemian tutkimuksessa tärkeän molekyylihallinnuksen mahdollisuuksiin tietokoneluokassa. Lisäksi vierailijoilla on mahdollisuus tavata tutkijoita ja vierailla heidän tutkimuslaboratorioissaan sekä saada tietoa kemian alasta ja opiskelusta. Vierailuryhmiä ohjaavat tehtävään koulutetut tulevat opettajat tai kemistit ([kuva 17](#)).



**Kuva 17.** Gadolinissa vieraita ohjaavat tehtävään koulutetut tulevat opettajat tai kemistit. Kuvassa ohjaajia vuodelta 2016. Oikealla vuodesta 2017 lähtien koordinaattorina toiminut Pipsa Blomgren.

**Toiminnalliset opintokäynnit** rakennetaan tukemaan vierailevan kemian opettajan opetuksen tavoitteita ja koulun kemian opetussuunnitelmaa. Yleensä **vierailu sisältää kolme vaihetta:**

- (i) aiheeseen ja vierailuun virittäytyminen koulussa
- (ii) toiminnallinen opintokäynti Kemianluokka Gadolinissa (yleensä 2–4 tuntia)
- (iii) koonti ja arviointi koulussa (esim. osana kurssiarviointia).

Opettaja ottaa yhteyttä verkkosivuilla olevan<sup>28</sup> sähköisen lomakkeen kautta koordinaattoriin, minkä jälkeen alkaa vierailun yhteissuunnittelu. Vierailun ohjaavat siihen koulutetut ohjaajat, jotka voivat olla tulevia kemian opettajia tai tulevia kemistejä. Kemianluokka Gadolinin **vierailukalenteri** ja **työohjepankki** löytyvät sen verkkosivuilta.<sup>29</sup>

<sup>28</sup> [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/opettajille/opetusryhmien-vierailut-tiedeluokkiin/kemianluokka-gadolin#section-22202](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/opettajille/opetusryhmien-vierailut-tiedeluokkiin/kemianluokka-gadolin#section-22202)

<sup>29</sup> [kemianluokka.fi](https://kemianluokka.fi)

**Taulukko 2.** Esimerkkejä toiminnallisten opintokäyntien toteuttamisesta Kemianluokka Gadolinissa kemian opetussuunnitelman tukena.

	<b>Vaihe 1 Aiheeseen ja vierailuun virittäytyminen koulussa</b>	<b>Vaihe 2 Toiminnallinen opintokäynti Kemianluokka Gadolinissa (yleensä 2-4 tuntia)</b>	<b>Vaihe 3 Koonti ja arviointi koulussa</b>
<b>Ala- koulu</b>	Opettaja varaa opintokäynnin etukäteen ja toivoo opetussuunnitelman mukaisesti ryhmänsä aiheisiin ja taitotasoon soveltuvia sisältöjä sekä tapoamisen kemian alan tutkijan kanssa. Opettaja käy ryhmän kanssa koulussa läpi esim. kokeellisiin töihin liittyviä ennakkotehtäviä ja pohtii yhdessä ryhmän kanssa kysymyksiä esitettäväksi tutkijalle.	Gadolin-ohjaajat ottavat ryhmän vastaan ja käyvät ryhmän kanssa keskustellen läpi ennakkotehtävien sisältöjä ja ohjeistavat tulevan kokeellisen työn. Työn suorittamisen jälkeen puretaan työssä esiintyneitä aiheita yhdessä ryhmän kanssa. Laboratoriosuuden jälkeen ryhmä tapaa tutkijan, joka kertoo koululaisille omasta työstään ja vastaa oppilaiden esittämiin kysymyksiin.	Opintokäynnin jälkeen opettaja voi palata omassa opetuksessaan käynnin aiheisiin ja hyödyntää oppilaiden sieltä saamia elämyksiä ja kokemuksia palattaessa aiheeseen myöhemmin, tulevina kouluvuosina.
<b>Ylä- koulu</b>	Opettaja varaa opintokäynnin kurssin viimeisille oppitunneille, kokeen pitämisen jälkeen, juuri ennen alkavaa lomaa. Koska kaikki opetussuunnitelman sisällöt on kurssilla jo käyty ja arviointi tehty, antaa opettaja opintokäynnin sisällön suhteen vapaat kädet Gadolin-ohjaajille. Vierailun tavoitteena on innostaa oppilaita, tarjota mieleenpainuvia elämyksiä kemian parissa sekä kertailua opittuja sisältöjä hausalla tavalla.	Gadolin-ohjaajat ovat suunnitelleet ryhmälle ikimuis-toisen vierailun, joka koostuu toiminnallisista ja hauskoista, ikäryhmälle soveltuvista kokeellista töistä sekä demoista. Tehtävien aktiviteettien aiheet sivuavat ryhmän jo aiemmin oppimia asioita sekä tarjoavat uusia näkökulmia aiemmin opittuun. Aktiviteeteissa käytetään aineita ja välineitä, joita kouluympäristössä harvemmin pääsee näkemään, esimerkiksi nestettypeä tai kuivajäätä.	Opintokäynti jää oppilaiden mieliin innostavana ja hauskana esimerkkinä kemiasta oppiaineena. Opettaja voi palata näihin mielikuviin ja tukea oppilaiden innostusta koulussa loman jälkeen.
<b>Lukio ja toinen aste</b>	Opettaja varaa opintokäynnin osana opetus- ja kurssisuunnitelmaa ja valitsee kurssin sisältöjä tukevat Gadolinin kokeelliset työt, joita ei pystyisi koulussa toteuttamaan. Esimerkiksi orgaanisen kemian kurssilla syntetisoidaan aiemmalla tunnilla näytteet aspiriinia, jotka nyt otetaan mukaan analysoitavaksi IR-spektrometrillä Gadoliniin. Lisäksi opettaja toivoo osaksi opintokäynnin ohjelmaa molekyylihallinnusta tietokoneluokassa, sekä tapoamisen kemian alan tutkijan kanssa.	Ryhmän tullessa Gadoliniin ohjaaja käy läpi tulevaan kokeelliseen työhön liittyvää teoriaa sekä ohjeistaa työn kulkua. Opiskelijat työskentelevät avoimen tehtävänannon kanssa itsenäisesti, jonka aikana opettaja sekä Gadolin-ohjaaja kiertää auttamassa. Esimerkiksi ohjaaja pohjustaa ensin IR-spektrometrin toimintaa ja avaa siihen liittyviä teoreettisia käsitteitä ja auttaa sen jälkeen spektrin tulkinnassa. Tietokoneluokassa ryhmä pääsee mallintamaan kokeellisesta työstä tuttua molekyyliä, aspiriinia mallinnusohjelmisto Spartanilla. Opintokäynnin lopuksi ryhmä tapaa tutkijan, joka kertoo tutkimusaiheestaan ja koulutushistoriastaan.	Koulussa opettaja vielä täydentää opintokäynnin aikana käytyä teoriaosuutta parhaaksi katsomallaan tavalla. Oppilaat saavat tehtäväkseen kirjoittaa Gadolinissa tehdyn kokeellisen työn pohjalta työselostuksen, joka arvostellaan osana kurssisuoritusta.

Toiminnallisissa opintovierailuissa Kemianluokka Gadoliniin korostetaan tutkimuksellista lähestymistapaa ja motivoidaan vierailijoita kemian tutkimiseen ja oppimiseen. Tietokonepohjaisilla visualisoinneilla, kuten **molekyylimallintamisella**, animaatioilla ja simulaatioilla, tuetaan kokeellisessa työskentelyssä havaittujen ilmiöiden ymmärtämistä. Tutkijatapaamiset ja vierailut kemian laitoksen tutkimuslaboratorioihin osana opintokäyntiä tukevat kemian tutkimuksen luonteen ja merkityksen kehittymistä sekä tarjoavat positiivisia kokemuksia aidossa tutkijaympäristössä. Lapset ja nuoret saavat mahdollisesti myös tärkeitä esikuvia, jotka innostavat kemian opiskeluun.

Toiminnallisilla opintokäynneillä on mahdollisuus saavuttaa kaikki Stuckeyn et al. (2013) relevanssiteorian mukaiset relevanssin tasot (ks. luku 3.1). Kokeellisen työskentelyn avulla voidaan saavuttaa erityisesti henkilökohtaisen relevanssin taso, sillä oppilaat kokevat kokeellisen työskentelyn yleisesti kiinnostavana. Kokeellisten töiden työohjeissa esitellään usein myös todellinen kemian alan ongelma, joka on mahdollista ratkaista kemian osaamisella ja taidoilla. Tällöin opintokäynneillä saavutetaan henkilökohtaisen relevanssin lisäksi myös ammatillisen ja yhteiskunnallisen relevanssin tasoja. Opintokäynneillä pidettävät kemian alan yleisesittelyt, opiskelusta kuuleminen sekä tutkijoiden tapaamiset lisäävät myös **Kemianluokka Gadolinin relevanttiutta oppimisympäristönä kaikilla relevanssin tasoilla**.

Kemianluokka Gadolin toimii myös kemian alan koulutustarjonnan ja **ammattinvalinnan** tukena ja tarjoaa vierailijoilleen tukea ja lisämateriaalia opintojen suunnitteluun. Vierailujen yhteydessä pidetyissä yleisesityksissä esitellään kemian alaa ja koulutustarjontaa laajasti ja kerrotaan kemian mahdollisuuksista. Yhteistyössä yhteistyöyrittysten kanssa on rakennettu nk. yritysgalleriaa, joka sisältää videoita eri kemian ammateista yrityksissä.<sup>30</sup>

Ikävalko (2017) kehitti väitöskirjassaan toimintamalleja opintokäyntien yhteyteen. Ikävalkon yritysyrityksissä kehittämät työohjeet muodostettiin vastaamaan kehitettyjä toimintamalleja, ja esimerkiksi Oy Aga Ab:n kanssa kehitetty Veden kovuus -työohje koostuu kolmesta vaiheesta: 1) työn tekemiseen virittävä vaihe, joka koostuu pohtimiskysymyksistä, jotka opettaja voi antaa esimerkiksi kotitehtäviksi ennen toiminnallista opintokäyntiä, 2) toiminnallisella opintokäynnillä tehtävän työn ohjeet vaiheittain sekä kysymyksiä, joiden avulla työn tekemisen jälkeen kootaan asioita yhteen ja 3) työohjeen loppuun on kerätty neljä tehtävää kotona tehtäviksi.

---

<sup>30</sup> [youtube.com/results?search\\_query=kemian+osaajia](https://www.youtube.com/results?search_query=kemian+osaajia)

### 3.3.2 Kokeellista opiskelua

Kemianluokka Gadolinin tavoitteena on erityisesti **edistää kemian mielekästä kokeellista opiskelua**. Toiminnassa pyritään kehittämään uusia avauksia teemojen (ks. [luku 3.3.1](#)) puitteissa eri yhteistyötahojen kanssa (ks. [taulukko 3](#)).

**Taulukko 3.** Muutamia esimerkkejä niistä kehitteillä olevista kokeellisista työohjeista lukuvuonna 2018–19, joita vierailijat toiminnallisen opintokäynnin aikana pääsevät itse tekemään. Useimpiin töihin liittyy opinnäytetyötutkimusta.

Teema	Kokeellinen työ	Kohderyhmä
Arkipäivän kemia	Taidetta kemian keinoin	Päiväkoti ja alakoulu
	Likaa saartava sampoo	Yläkoulu
	Pulmallinen päivä apteekin lääkevalmistajana	Yläkoulu ja lukio
Kestävä kemia ja kehitys	Vesitutkimuksia	Päiväkoti ja alakoulu
	Alumiinista alunaa	Yläkoulu ja lukio
	Veden laadun tutkiminen	Yläkoulu ja lukio
	Vihreä laboratorio	Lukio
Moderni teknologia	Molekyylimallinnus MarvinSketchillä	Yläkoulu ja lukio
	Taidetta kemian keinoin	Lukio

Vierailijat pääsevät tutustumaan niihin itse tekemällä sekä samalla palautteen antamisen kautta edistävät niiden kehittämistä. Useimmat uudet avaukset ovat osa opinnäytetöitä. Esimerkiksi kehittämistutkimuksen kautta on kehitetty suosittu vetyauttoaktiiviteetti. (esim. Aksela & Boström, 2012)

Lapsia ja nuoria ohjaavat kokeellisen työskentelyn aikana koulutetut tulevat opettajat tai kemistit. Pääosin kokeellisten töiden ohjaus tapahtuu yliopiston tiloissa. Vuonna 2015 Gadolinin ollessa remontissa ohjaajat kiersivät kouluissa ja päiväkodeissa ohjaamassa kokeellisia töitä. Vierailevan ryhmän opettaja saa keskittyä seuraamaan ja refleктоimaan oppilaiden opiskelua ja samalla myös itse oppimaan heidän opiskelustaan sekä uudesta teemasta. Tavallaan mahdollisuus on uudenlainen opettajankoulutuksen täydennyskoulutusmalli (ks. lisää [luku 4](#)).



**Kuva 18.** Kemianluokka Gadolin tarjoaa uusiin avauksiin tutustumista toiminnallisen opintokäynnin aikana. Töiden kehittämiseen ja toteuttamiseen osallistuu tulevia kemian opettajia ja tutkijoita yliopistolta tai elinkeinoelämästä.



**Kuva 19.** Suosituin lainattavista opetuspaketeista on vesianalysisalkku. Sitä käytetään veden kemiallisten ominaisuuksien opiskeluun myös luonnossa.



### 3.3.3 Molekyylimallinnusta ja muuta digitaalista oppimista

Kemian tiedekasvatuksessa on edistetty tieto -ja viestintäteknikan monipuolista hyödyntämistä kemian opetuksessa vuodesta 2002 lähtien yhteistyössä Kemian opettajankoulutusyksikön kanssa.<sup>31</sup> Erityisesti molekyylimallinnuksen (Pernaa, 2011) ja mittausautomaation (Aksela, 2005) kehittäminen ja edistäminen kemian opetuksessa on ollut sekä kansallisesti että kansainvälisesti edistyskellistä.



Kuva 20. Opettajien täydennyskoulutusta molekyylimallinnuksesta. (Kuvaaja: Sakari Tolppanen)

Osa Kemianluokka Gadolinin molekyylimallinnustehtävistä on kehitetty yhdessä Gadolinin yhteistyöyritysten kanssa. Se luo uusia mahdollisuuksia kemian tiedeosaamisen vahvistamiseen. Esimerkiksi *Polymeerien rakennuspalikat* -aktiiviteetti on kehitetty Borealixen ja Superabsorbentit BASF Oy:n asiantuntijoiden kanssa. **Näin oppilaitokset pääsevät työskentelemään aitojen mallinnustehtävien parissa.** Gadolin tarjoaa kaikille kouluasteille soveltuvia molekyylimallinnusteemoja: peruskoululaiset voivat tutustua atomeihin, molekyyliin, poolisuuteen ja pintajännitykseen ja lukiolaisryhmät valitsevat usein molekyyliorbitaalien mallintamista ja IR-spektroskopian molekyylivärähtelyjen simuloimista. Lukuvuoden 2018–2019 aikana on opettajille kehitteillä MOOC-kurssit sekä molekyylimallinnuksen että mittausautomaation käytöstä kemian opetuksessa. Ne kehitetään

<sup>31</sup> Teemanumero: Tutkimuksellinen kemian opettajankoulutus – Kemian opetusta yhteisöllisesti kehittämällä. *LUMAT*, 1(2) (2016). <https://www.lumat.fi/index.php/lumat-b/issue/view/20>

osana Helsingin yliopiston Digiloikka-hanketta. Kurssit julkaistaan Helsingin yliopiston MOOC-alustalla.<sup>32</sup>

Seuraava uusi modernin teknologian kehityskohde on **3D-tulostus** kemian opetuksessa. Tutkimusaihe on kemian opetuksen tutkimuksessa täysin uusi, sillä sitä ei juurikaan ole aikaisemmin tutkittu. Aiheesta on tekeillä pro gradu -tutkielma, jossa 3D-tulostuksen hyödyntämiseen soveltuvia opetusmalleja kehitetään tutkimuspohjaisesti. Kehittämistutkimus toteutetaan yhteistyössä Kemianluokka Gadolinin kanssa siten, että Gadolinissa vierailevat oppilasryhmät ja opettajat testaavat kehitettyjä töitä. Tutkimusprosessin avulla kehitetään kentän tarpeisiin soveltuvia 3D-tulostuksen opetusmalleja, jotka siirtyvät aidosti opettajien käyttöön globaalisti.

### 3.3.4 Kemian tutkimukseen ja tutkijoihin tutustumista

Kemian uusimpaan tutkimukseen ja tutkijoihin tutustuminen on mahdollista toiminnallisen opintokäynnin muotona tai osana opintokäyntiä. Opintokäynnin suunnittelun yhteydessä se pyritään järjestämään opettajan toiveiden mukaisesti. Vierailun toivotaan tukevan kemian opetuksen tavoitteiden toteuttamista koulun opetussuunnitelmassa. Yleensä aiheeseen tutustuvat oppilaat perehtyvät aiheeseen koulussa etukäteen. He voivat esimerkiksi lähettää tutkijalle etukäteen kysymyksiä, joita toivovat tutkijan käsittelevän tapaamisen yhteydessä.

Tutkijoiden tapaamiset suunnitellaan opettajan kanssa niin, että tutkijan erikoisosaamisala vastaa koulussa opetettavaa aihealuetta tai ryhmää erityisesti kiinnostavaa aihetta, mikä mahdollistaa erilaisten kontekstien syvemmän käsittelyn ja ymmärtämisen. **Tutkijoiden tapaamiset koostuvat yleensä tutkimusaiheen yleisesittelystä, tutkimuslaboratorioon tutustumisesta sekä heidän oman tutkimuksensa yksityiskohtaisemmasta avaamisesta vierailevalle ryhmälle ja kysymyksiin vastaamisesta.** Mahdollisesti tutkijoiden tapaamiset voivat olla myös pidempikestoisia ja luentomuotoisia katselmuksia heidän tutkimukseensa ja sen tekemisessä käytettäviin menetelmiin.

Syksyllä 2017 ja 2018 Kemianluokka Gadolin on järjestänyt esimerkiksi Ressun lukion kanssa yhteistyössä *Hyvinvoinnin ja terveyden kemiaa* -kurssin, jonka tarkoituksena on esitellä käynnissä olevaa kemian alan tutkimusta hyvinvoinnin ja terveyden kontekstissa. Kurssi koostuu kemian alan nuorten tutkijoiden ja muiden asiantuntijoiden luennoista, joiden kautta lukiolaiset saavat kattavan ja ajankohtaisen kuvan kemian tutkimuksesta ja erilaisista uramahdollisuuksista.

**Tutkijat toimivat esikuvina tulevaisuuden tekijöille.** Uuteen tutkimustietoon tutustuminen auttaa myös opettajaa päivittämään kemian osaamistaan ja huomioimaan uuden tiedon tulevassa opetuksessaan. Kemian osastolla on ollut mahdollista tutkimukseen tutustuminen 1980-luvulta lähtien. Tulevaisuudessa tullaan entistä enemmän kehittämään yhteistyömuotoja, joissa nuoret kemian tutkijat ovat mukana kemian tiedekasvatustoiminnassa.

<sup>32</sup> [blogs.helsinki.fi/mathedgroup/projects-hankkeet/aineenopettajakoulutuksen-digiloikka](https://blogs.helsinki.fi/mathedgroup/projects-hankkeet/aineenopettajakoulutuksen-digiloikka)



Kuva 21. Nuori tutkija innostamassa lukiolaisia kemian opiskeluun. (Kuvaaja: Veikko Somerpuro)

### 3.3.5 Tiedekerhoja, tiedeleirejä ja tiedesyntäreitä

Kemian tiedekasvatusta edistetään myös tiedekerhojen, tiedeleirien ja tiedesyntärien muodoissa. Niissä pyritään kehittämään uusia mielekkäitä avauksia kemian opetukseen ja innostamaan osallistujia kemian opiskeluun.

Alakoululaisille suunnatut tiedekerhot, nuorille suunnatut Gadolin-klubit sekä molempia kohderyhmiä palvelevat tiedeleirit tukevat kiinnostusta kemiaan ja mahdollistavat innostavia kokemuksia kemian laboratoriossa työskentelystä. Gadolin-klubit tarjoavat kohtauspaikan, jossa nuoret tutustuvat tutkijoihin ja ajankohtaiseen luonnontieteelliseen tutkimukseen. Klubeissa nuoret tapaavat tiedemiehiä ja -naisia sekä kuulevat alan tutkimuksesta, teollisuudesta, opiskelusta ja tieteen kansainvälisestä toiminnasta.

Tiedekerhot, -leirit ja -syntymäpäivät ovat osa Kemianluokka Gadolinin jatkuvaa toimintaa. Kaikkia toimintamuotoja järjestetään vaihtuvilla teemoilla. Ne ovat olleet muun muassa mysteerit, kemia ja taide, maistuvat molekyylit sekä materiaalit. Katso tarkemmin kemian tiedekerhoista ja leireistä Tiedekasvatuksen juhla kirjasta. (Aksela ym., 2018)<sup>33</sup>

Kemianluokka Gadolinissa järjestettävissä **tiedejuhlissa** lapset ja nuoret pääsevät ystäviensä kanssa pukeutumaan valkoiseen tutkijan takkiin ja työskentelemään aidossa laboratoriossa. Tarjolla on erilaisia valmiita tiedejuhlapaketteja eri teemoilla (ks. taulukko 4). Juhlat on myös mahdollista räätälöidä vieraiden iän, toiveiden ja kiinnostusten kohteiden mukaan. Koulutettujen ohjaajien johdolla tutkiminen ja tutkimushaasteiden ratkominen on sekä hauskaa että turvallista.

<sup>33</sup> <https://www.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/isbn-978-951-51-4087-6.pdf>



**Kuva 22.** Pikku-Jipot -tiedekerhoissa 3–6-vuotiaat lapset ovat tutustuneet kemian ilmiöihin ja tutkimisen taitoihin tarinallisten tutkimustehtävien kautta.

**Taulukko 4.** Tiedesynttärät innostavat lapsia ja nuoria perheineen kiehtovaan kemiaan. Niitä tarjotaan myös aikuisille. Teemoihin liittyy kehittämis- ja tutkimustoimintaa.<sup>34</sup>

Kokeellinen työ	Kohderyhmä
Hyytävää kemiaa	Tutustutaan nestetyypen ja kuivajään maailmaan.
Salapoliisi	Toimitaan salapoliiseina ja ratkaistaan tiimityön ja luonnontieteiden avulla mysteeri.
Tunteita ja tuoksua	Valmistetaan esimerkiksi hyväntuoksuisia kylpypommeja.
Maistuvat molekyylit	Tutustutaan molekyyli-gastronomian saloihin valmistamalla itse esimerkiksi jäätelöä tai sorbettia.
Värikästä kemiaa	Tehdään erilaisia kokeita ja demonstraatioita, joissa värit ovat keskeisessä roolissa.
Pomppivat molekyylit	Pääsee valmistamaan oman superpallon sekä tekemään löllölimaa.
Pakuhuone	Tie ulos mysteerisestä pakuhuoneesta selviää ratkaisemalla yhdessä erilaisia tehtäviä.

<sup>34</sup> Tiedesynttäreiden varaamisohjeet: [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/lapsille-ja-nuorille/tiedejuhlat#section-28004](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/lapsille-ja-nuorille/tiedejuhlat#section-28004)

### 3.3.6 Muita tiedekasvatustapahtumia

Kemian tiedekasvatuksen tapahtumissa ja seminaareissa järjestetään työpajoja ja demonstraatioesityksiä eri kohderyhmille pienistä lapsista opettajiin ja suuresta yleisöstä kemian alan ammattilaisiin. Työpajoissa kemian ilmiöitä selitetään ja opetetaan tavalla, jossa osallistujat otetaan aktiivisesti mukaan oppimistilanteeseen. Demoshow't hämmästyttävät ja tekevät kemiasta kiehtovaa, sillä osa tiedosta jätetään kiinnostuneen katsojan selvitettäväksi.

Kemianluokka Gadolinin ohjaajat ovat olleet esimerkiksi pitämässä työpajaa **Tieteiden yössä** useina vuosina yhteistyössä Suomalaisten Kemistien Seuran kanssa ja Helsingin yliopiston Observatoriossa järjestettävässä Tutkijoiden yössä. Lisäksi toimitaan hyvässä yhteistyössä myös erilaisissa **Tiedekeskus Heureka**n järjestämissä opettajien täydennyskoulutuspäivissä, muun muassa *Kiertotaloutta opettajille* -koulutuksessa.

Yksi Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksen kohokohtia on ollut Kansainvälisen kemian vuoden 2011 kunniaksi yhdessä Kemian opettajankoulutusyksikön kanssa toteutettu Ilkka Pollarin käsikirjoittama **pienoisnäytelmä A.I. Virtasen elämäntyöstä**.<sup>35</sup> Näytelmässä näytteli muun muassa kemian tulevia opettajia. Video näytelmästä on saatavilla verkossa kouluopetuksen tueksi.<sup>36</sup>



**Kuva 23.** Kemian tiedekasvatusta draaman keinoin. Kansainvälisenä kemian vuonna 2011 toteutettiin näytelmä kemian nobelisti A.I. Virtasesta. Se esitettiin suurelle yleisölle kolme kertaa, ja tallenne on saatavilla verkossa. Kuvassa nobelistia näytellyt kemian opettajaksi opiskellut Jan Janssson.

<sup>35</sup> [luma.fi/sanommat/2011/05/23/naytelma-nobelisti-a-i-virtasesta-kantaesitetaan-marraskuussa](http://luma.fi/sanommat/2011/05/23/naytelma-nobelisti-a-i-virtasesta-kantaesitetaan-marraskuussa)

<sup>36</sup> [youtube.com/watch?v=Gv3GZ1Vn8d8](https://www.youtube.com/watch?v=Gv3GZ1Vn8d8)

## 4 KEMIANLUOKKA GADOLIN OPETTAJANKOULUTUKSESSA JA SEN TUTKIMUKSESSA

Tässä luvussa kuvataan, miten kemian tiedekasvatuksen edistämistä tehdään yhteistyössä kemian osastolla toimivan Kemian opettajankoulutusyksikön kanssa. Esimerkiksi kemian opetuksen tutkimus on tärkeä yhteistyön kohde. Myös kansainvälisen ja kansallisen kemian opetuksen tutkimuksen uusimmat tiedot ja yhteistyöverkostot ovat Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatustoiminnan käytössä.

**Kemian opetuksen kursseilla** tulevat kemian aineenopettajat pääsevät suunnittelemaan, ohjaamaan ja kehittämään toiminnallisia opintokäyntejä Kemianluokka Gadolinissa osana omia opintojaan. Lisäksi tiedeluokka tarjoaa mahdollisuuden tutkimuksen tekemiseen ja laajankin tutkimusaineiston keräämiseen ja analysoimiseen. Tämä yhteistyö tukee Kemianluokka Gadolinin jatkuvaa kehitystä kemian tiedekasvatuksen tukena. Opinnäyteprojekteja on mahdollisuus tehdä myös yhteistyössä yritysten, laitevalmistajien ja muiden yhteistyötahojen kanssa. Näin tutkimuksia ja kehittämistutkimuksia saadaan kohdennettua paremmin uusimpiin kemian alan innovaatioihin sekä levitettyä kouluopetukseen.



## 4.1 Yleistä

**Kemianluokka Gadolinia hyödynnetään monipuolisesti kemian opetuksen kehittämisen, tutkimuksen ja koulutuksen tukena** (ks. [kuva 25](#)) (Aksela, 2010, 2016). Tiedeluokka on innostava oppimisympäristö tuleville kemian aineenopettajille, jotka saavat siellä työskentelyn kautta opetuskokemusta ja oppivat kemiasta sekä sen aktiviteeteista ohjatussa opintovierailuja osana kemian opetuksen kurssien harjoitustehtäviä (ks. tarkemmin [luku 4.2](#)).

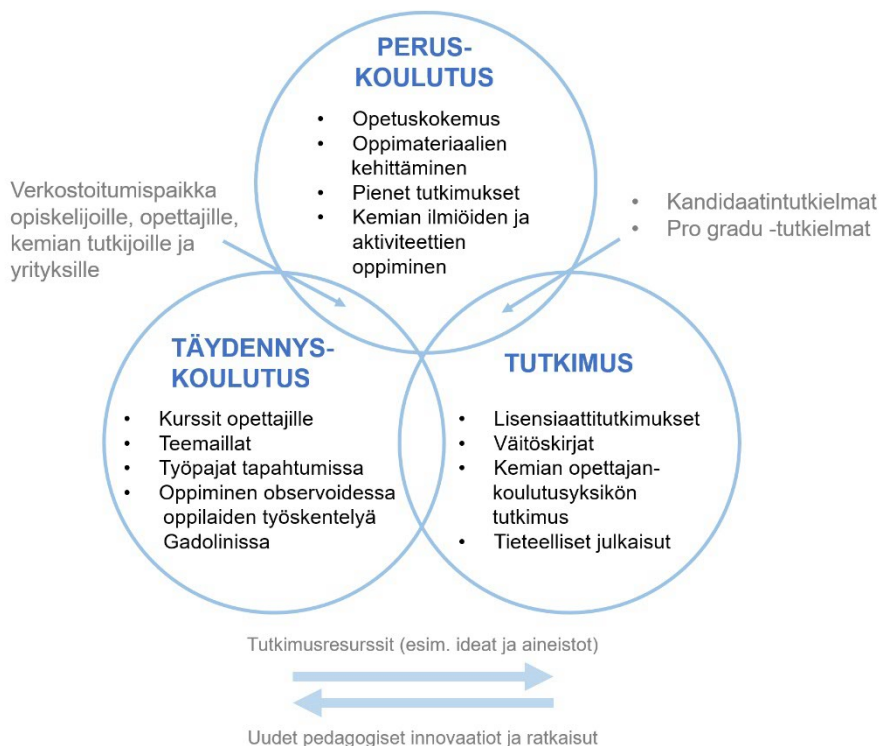
Kentällä toimiville kemian opettajille vierailun seuraaminen Gadolinissa tulevien opettajien ohjatussa on **uudenlainen kemian opetuksen täydennyskoulutusmalli**: opettaja oppii seuratussa ja reflektoidessaan oppilaiden työskentelyä ja tutustuu uuteen aiheeseen. Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksen kautta tarjotaan uusiin avauksiin ja pedagogisiin innovaatioihin myös täydennyskoulutuksia, joissa kemian aineenopettajaopiskelijat toimivat usein ohjaajina. Samalla koulutuksessa molemmat oppivat toisiltaan vuorovaikutuksessa. Täydennyskoulutukset ovat erinomainen verkostoitumispaikka, jossa kemian opettajat ja opettajaopiskelijat tapaavat toisiaan sekä kemian alan yritysten asiantuntijoita ja kemian tutkijoita Helsingin yliopistosta (ks. tarkemmin [luku 4.3](#)).

Koulustoiminnan lisäksi Gadolin on tärkeä kemian opetuksen tutkimuksen edistämisen näkökulmasta. Tulevat kemian opetuksen tutkijat ja tutkivat opettajat **harjoittelevat tutkimuksen tekemistä** kemian opetuksen kursseilla suorittamalla pienimuotoisia tutkimuksia Gadolin-opintokäyntien yhteydessä. Kurssista riippuen opiskelijat tutkivat kemian opetuksen ilmiöitä jonkin teorian näkökulmasta (esim. kemian kiinnostavuus, motivaatio, asenne tai relevanssi). Pienten tutkimusten kautta opiskelijat saavat työkaluja ja rohkeutta opintojen loppuvaiheiden opinnäytetöihin. Lisäksi he saavat useita mahdollisuuksia tutustua kemian opetuksen tutkimuksen tekemiseen, mikä valmistaa heitä tulevaisuuden tutkivan opettajan tai tutkijan uralle. Heistä kasvaa nk. tutkivia kemian opettajia elinikäiseen oppimiseen (Aksela, 2010).

Kemianluokka Gadolin tukee kemian opetuksen kehittämistä tuomalla mahdollisuuksia opinnäytetöiden tekemiseen. Gadolinissa vuosittain vierailevat tuhannet oppilaat ja opettajat mahdollistavat laajojen tutkimusaineistojen keräämisen ja siten myös korkealaatuisen tutkimuksen tekemisen Helsingin yliopiston Kemian opettajankoulutusyksikön jatko-opiskelijoille ja tutkijoille (ks. tarkemmin [luku 4.4](#)). Gadolin on tärkeä yhteys kentällä toimiviin opettajiin, sillä vierailevat opettajat kertovat jatkuvasti kentällä vallitsevista kemian kouluopetuksen tutkimus- ja kehittämistarpeista. (Affeldt, Tolppanen, Aksela, & Eilks, 2017; Aksela & Ikävalko, 2016; Aksela, Vartiainen, ym., 2016)

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatustoiminnassa vahvistetaan tulevana vuosina entisestään kemian opettajien **alumnitoimintaa**. Alumneille lähetetään esim. ajankohtaista tietoa alan tutkimuksesta, koulutuksista ja tapahtumista alumnikirjeiden kautta. Lisäksi toiminnalliset opintokäyntimahdollisuudet avataan ensin mahdollisuudeksi yksiköstä valmistuneille kemian opettajille ja sen jälkeen muille.

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatus on myös mukana opettajille suunnattujen MOOC-kurssien kehittämisessä yhteistyössä Kemian opettajankoulutusyksikön tohtorikoulutettavien ja tutkijoiden kanssa. Tähän mennessä on kehitetty kurssit *Sustainable Energy in Education*, *Arjen ilmiöitä ja monialaisia projekteja LUMA-aineiden opetuksessa*, *Kysymysten ja argumentoinnin hyödyntäminen luonnontieteiden kouluopetuksessa*, *Tiede- ja teknologiakasvatus* ja *Molekyylimallinnus kemian opetuksessa*. Seuraavaksi kursseja on valmistumassa kestävästä kemiasta. Gadolinin toiminta tukee kurssien kehittämistä erityisesti kokeellisuuden ja molekyylimallinnuksen asiantuntemuksen osalta.

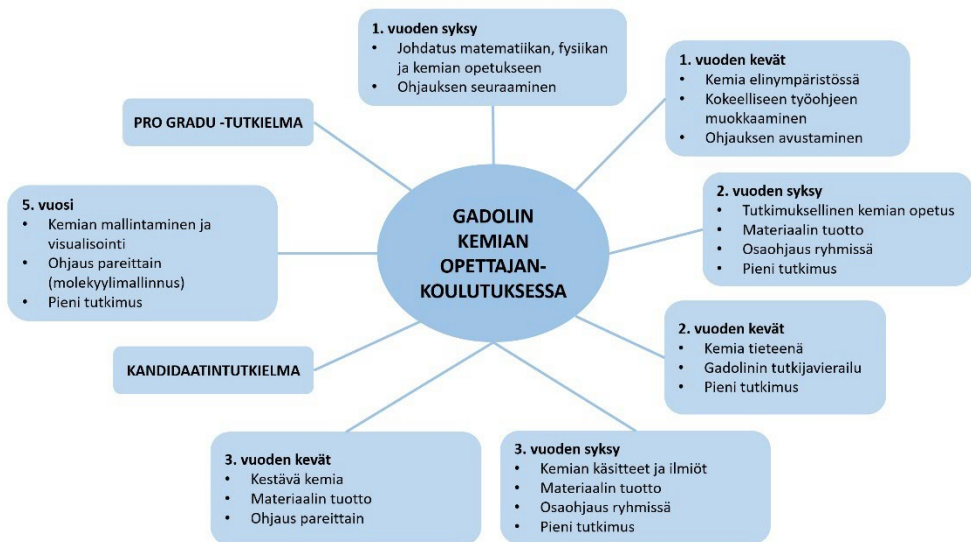


**Kuva 25.** Kemianluokka Gadolin toimii kemian tiedekasvatuksen koulutus- ja tutkimusympäristönä, josta saadaan uusia ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita kemian tiedeosaamisen vahvistamiseen.



## 4.2 Yhteistyömallit opettajankoulutuksessa

Kemianluokka Gadolin on toiminut tiiviisti Helsingin yliopiston kemian opettajankoulutuksen oppimisympäristönä perustamisvuodesta 2008 lähtien. Useilla kemian opetuksen kursseilla suunnitellaan ja toteutetaan oma kokeellisen kemian opetuskokonaisuus osana Kemianluokka Gadoliniin tehtäviä oppimisvierailuja (ks. [kuva 26](#)). Se liittyy kurssilla opiskeltavaan aiheeseen, ja niistä raportoidaan tehtävän ohjeiden mukaisesti. Opetuskokonaisuudet suunnitellaan yhteistyössä vierailevan ryhmän opettajan kanssa, jotta kokonaisuus on linjassa ryhmän oppimistavoitteiden ja sisältöjen kanssa. Yhteistyömalli mahdollistaa sen, että opettaja voi hyödyntää opintokäyntiä myös osana kurssin arviointia.



**Kuva 26.** Kemianluokka Gadolin tulevien kemian opettajien kemian opetuksen kursseilla Helsingin yliopiston kemian osastolla.<sup>37</sup>

Kemian opetuksen kursseille Kemianluokka Gadolin mahdollistaa monipuolisesti erilaisten tehtävien toteuttamisen. Tehtävät voivat olla esimerkiksi

- **reflektointitehtäviä**, joissa havainnoidaan jotain kemian opetuksen teoriaan liittyvää ilmiötä ja pohditaan sen näkökulmia käytännön toteutuksessa
- **tutkimustehtäviä**, joissa tehdään pieni tapaustutkimus (eng. *case study*) jonkin teorian näkökulmasta
- **avustustehtäviä**, joissa tehdään kokeellisuudessa tarvittavia liuoksia tai avustetaan modernin teknologian valmistelussa

<sup>37</sup> Kemian opetuksen kurssit: [blogs.helsinki.fi/kem-ope/opiskelu/kurssit](https://blogs.helsinki.fi/kem-ope/opiskelu/kurssit)

- **ohjaustehtäviä**, joissa ohjataan osa tai hoidetaan päävastuu koko toiminnallisesta opintokäynnistä.

Gadolinin käyttäminen opettajankoulutuksessa mahdollistaa asteittaisen tutkivaksi opettajaksi kasvamisen tukemisen. Ensimmäisenä opiskeluvuotena tulevat kemian opettajat tutustuvat Gadolinin toimintaa seuraamalla ohjauksia ja avustamalla. Toisena opiskeluvuotena ohjataan aluksi pieni osa vierailua ja vähitellen pystytään ottamaan vastuu koko vierailusta. Ohjatessaan Gadolinissa vierailevia lapsia ja nuoria sekä keskustellessaan opetusryhmien opettajien kanssa tuleva opettaja oppii kemiaa, saa monenlaisia taitoja ja innostuu opettajaksi opiskeluun ja tulevaan tehtävään. Gadolin-ohjaukset ovat yleensä kemian opetuksen kurssien pidetyimpiä harjoituksia.

Tulevien kemian opettajien kommentteja Kemianluokka Gadolinin merkityksestä kursseilla:

*“Gadolin-ohjauksen yhteydessä näki, miten suunnitellut kokeelliset työt toimivat käytännössä, jolloin virheet jäivät mieleen ja niistä oppi tulevia tilanteita varten. Opettajan antama palaute ja vertaispalaute antoivat vinkkejä eteenpäin.”*

*“Gadolin-vierailuun liittyvien tehtävien avulla saatu pieni tapaustutkimus valaisi hyvin opetuksen onnistumista ja viestin perillemeno. Tarjosi paljon kehitettävää ja muutosehdotuksia.”*

*“Gadolin-ohjaus on hyvä tapa päästä kiinni kokeellisuuden opettamiseen.”*

Hyvä esimerkki yliopiston perusopetukseen liittyvistä tiedekasvatuksen uusista avauksista on kemian opettajien peruskoulutukseen liittyvä *Kemia tieteenä* -kurssi, josta osa on yhdistetty kemian tiedekasvatuksen kurssin, *Hyvinvoinnin ja terveyden kemiaa*, kanssa. Lukiolaiset, tulevat opettajat ja nuoret tutkijat toimivat siinä yhteistyössä ja oppivat toinen toisiltaan.



**Kuva 27.** Tuleva aineenopettaja ohjaamassa oppilaita Kemianluokka Gadolinissa. Opettamalla myös oppii kemiaa ja mielekkäitä pedagogisia toteutuksia. (Kuvaaja: Veikko Somerpuro)

### 4.3 Yhteistyömallit opettajien täydennyskoulutuksissa

Kemianluokka Gadolin yhteistyössä Kemian opettajankoulutusyksikön henkilökunnan ja tohtorikoulutettavien kanssa on järjestänyt opettajille täydennyskoulutuksia aktiivisesti koko toimintansa ajan (ks. [taulukko 5](#)). Ne ovat olleet esim. eri asteiden opettajille suunnattuja iltapäiviä tai koko päivän koulutuksia, työpajoja valtakunnallisissa täydennyskoulutustapahtumissa (esim. EDUCA-messut) tai osallistumista LUMA-keskuksen hanketoimintaan (esim. COMBLAB<sup>38</sup> (Tolvanen, [2016](#)) tai LINKS<sup>39</sup>). **Koulutusaiheet** ovat pääosin liittyneet kokeellisuuden hyödyntämiseen kemian opetuksessa. Suosittuja aiheita ovat olleet TVT kokeellisuuden tukena, kosmetiikan kemia ja molekyyli gastronomia. Vuoden 2015 opetussuunnitelmauudistuksen myötä opettajat toivoivat koulutusta IR-spektroskopian käytöstä, sillä lukion 2. kurssin sisältöihin lisättiin maininta analyysimenetelmistä.

Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät vuosina 2009–2015, vuosittaiset LUMA-päivät ja MAOL ry:n päivät sekä Kemian opetuksen seminaarit Kemian päivillä ovat olleet tärkeimpiä jatkuvia tapahtumia, joihin Kemianluokka Gadolin on osallistunut. 10 vuotta järjestetyillä **Kemian opetuksen päivillä** Kemianluokka Gadolin yhteistyössä Kemian opettajankoulutusyksikön henkilökunnan ja tohtorikoulutettavien kanssa on osallistunut työpajojen lisäksi myös tapahtuman suunnitteluun ja organisointiin sekä kirjan tekemiseen päivistä. Gadolinin toiminnasta ja tiedeluokassa tehdystä tutkimuksesta on pyritty myös kirjoittamaan artikkeleita päivien yhteydessä julkaistuihin kokoomateoksiin.<sup>40</sup>

**Myös itse opintokäynti on vierailevalle opettajalle täydennyskoulutusta.** Se on täysin uudenlainen täydennyskoulutusmalli, jossa opettaja saa rauhassa seurata ja reflektoida lasten ja nuorten opiskelua uusien innovatiivisten aktiviteettien kautta tulevien opettajien ohjatessa. Vieraileva opettaja oppii myös keskustellessaan tulevien opettajien kanssa ja tuleva opettaja oppii opettajalta.

Täydennyskoulutus järjestetään usein yhteisöllistä oppimisen periaatteiden mukaisesti. Tästä hyvä esimerkki on *Kokeellisuus ja eheyttäminen* -kurssi vuosilta 2016–2017. Kurssin tavoitteena oli tukea ja innostaa tulevia, mutta myös jo kentällä työskenteleviä kemiaa opettavia opettajia kouluopetuksen kokeellisuuden mielekkääseen toteuttamiseen. Kemian aineenopettajaopiskelijat toimivat kurssin opettajina. Osallistujat olivat kentällä toimivia lastentarhan-, luokan- ja aineenopettajia. Kurssin aikana opiskelijat ja opettajat suunnittelivat ja toteuttivat uusia kokeellisia töitä mielenkiintoisista teemoista, kuten sähkökemia, kolorimetria, kestävä kemia, maukas kemia ja kaunis kemia.

<sup>38</sup> [suomi.luma.fi](http://suomi.luma.fi)

<sup>39</sup> [luma.fi/keskus/hankeet/links](http://luma.fi/keskus/hankeet/links)

<sup>40</sup> Kemian opetuksen päivien kirjat/verkkojulkaisut: [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/kemian-opetuksen-paivien-kirjatverkkojulkaisut](http://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/kemian-opetuksen-paivien-kirjatverkkojulkaisut)

**Taulukko 5.** Muutamia esimerkkejä Kemianluokka Gadolinin ja Kemian opettajankoulutusyksikön yhteistyössä järjestämästä täydennyskoulutustoiminnasta vuosilta 2008–2017.

Toiminta	Kuvaus
Uusia toiminnallisia ja kokeellisia töitä opetukseen	Koulutuksessa kehitettiin uusia harjoitustöitä opettajien tarpeen ja palautteen pohjalta opettajien ja tiedeluokkien käyttöön. Mukana olevat opettajat osallistuvat harjoitusten ideointiin.
Kokeellisuus ja ehyttäminen -kurssi	Yhteisöllinen kurssi kentän opettajille tuleville kemian opettajille. Aineenopettajaopiskelijat toimivat kurssin ohjaajina.
Formatiivinen arviointi luonnontieteiden opetuksessa	Kemian opettajankoulutusyksikön järjestämä täydennyskoulutus, jossa kokoonnutaan oppimaan uutta teoretietoa ja käsitellään erilaisia formatiivisen arvioinnin menetelmiä. Tapaamiskerroilla valitaan menetelmä, jota kokeillaan omassa koulussa, raportoidaan aiemmin testattujen tuloksista ja kehitetään arviointimenetelmiä eteenpäin.
LINKS-EU-hanke	LINKS-hankkeessa (Learning from Innovation and Networking in STEM – science, technology, engineering and mathematics) edistetään tutkimuksellista LUMA-aineiden opetusta kehittämällä LUMA-aineita perusopetuksessa ja toisella asteella opettavien opettajien sekä LUMA-aineiden opettajankouluttajien elinikäistä oppimista.
Osallistuminen LUMA SUOMI -ohjelmaan	Opetus- ja kulttuuriministeriön rahoittama hanke, jonka koordinoi LUMA-keskus Suomi -verkosto. Vahvistaa LUMA-aineiden osaamista ja oppimista esi- ja perusopetuksessa. Kemianluokka Gadolin on mukana neljässä kemian hankkeessa: Arkielämän ilmiötä, Hyvä kysymys!, Matematiikka ja luonnontieteet yhteiskunnassa: yhteisöllistä opiskelua työelämän kanssa ja Tutki ja tuumaa: esikoululaisten tutkimisen taidot.
10 koulutusta hankkeessa: Teknologian mielekäs pedagoginen käyttö LUMA-aineiden toiminnallisessa opetuksessa	LUMA-keskuksen täydennyskoulutushanke OPH-rahoitus
COMBLAB-EU-hanke	EU-rahoitteinen yhteistyöhanke tieto- ja viestintätekniikan käytön kehittämiseen luonnontieteiden kokeellisessa opetuksessa, jossa kehitettiin uusia kokeellisia töitä.
Työpajoja opettajille	Esim. teemoista arkipäivän kemia, IR-spektroskopia, molekyyliastro nomia, molekyylihallinnus ja kosmetiikan kemia
Kemia 2011 -päätapahtuma Narinkkatorilla	Työpajoja
Luma tiede ja teknologia -seminaari	Työpajoja
ChemBio-messut	Yhteistyössä Kemian laitoksen kanssa
World Water Day Heurekassa	Työpajoja
Moderni teknologia kemian opetuksen tukena -kurssi	OPH:n täydennyskoulutusrahoitus
Kokeellisuusklinikka opettajille	Keväällä kerran kuukaudessa
Tutkiva kemian opettaja -kurssi	Täydennyskoulutuskurssi, laajuus 5 op, OPH:n täydennyskoulutusrahoitus
EDUCA-messut MAOL ry:n päivät LUMA-päivät Kemia tänään -tapautuma	Jatkuva edustus joko itsenäisesti tai yhteistyökumppanin kanssa. Osallistuminen on voinut olla esim. luentoja, tietoisuuksia, työpajoja tai osasto.
Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät	Vuosittaiset työpajat, järjestelytoimikunnan aktiivinen jäsenyys ja useita artikkeleita päivien kokoomateoksessa

## 4.4 Toiminta tutkimus- ja kehittämiskeskuksena

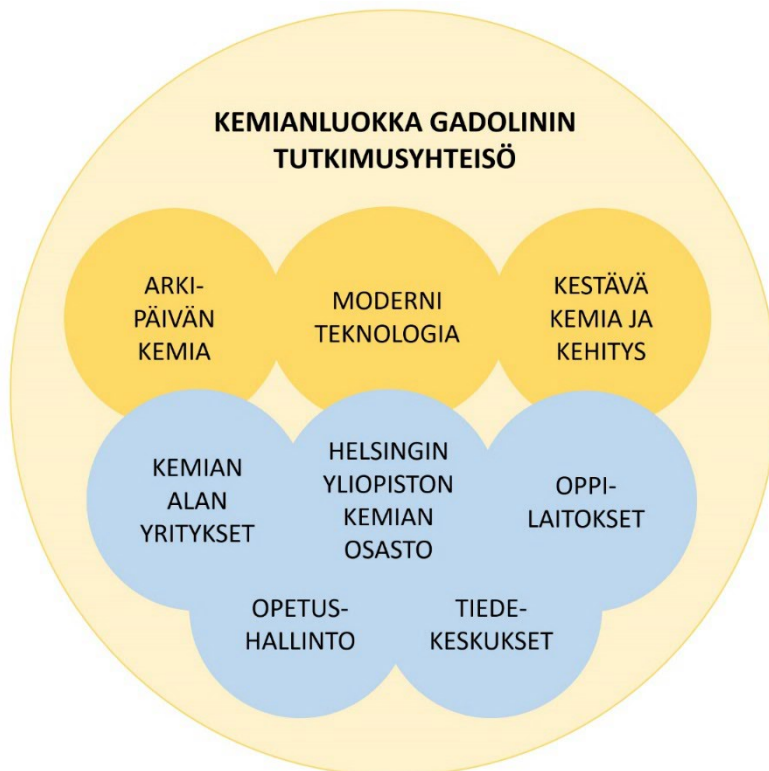
Kemianluokka Gadolinin yhteydessä Kemian opettajankoulutusyksikön kanssa tehtävä kemian opetuksen tutkimus voidaan jakaa kolmeen pääkategoriaan:

1. **Tutkimusta Kemianluokka Gadolinista ja siihen liittyvistä prosesseista ja vuorovaikutusrajoista.** Tämän tutkimusalueen tavoitteena on saada lisää tietoa non-formaalien oppimisympäristöjen mahdollisuuksista ja haasteista, minkä pohjalta voidaan kehittää aineenopettajakoulutusta, Gadolinia itseään ja vastaavia oppimisympäristöjä (ks. tarkemmin [luku 4.4.1](#)).
2. **Tutkimusta kemian opetuksen ilmiöstä ja työtavoista erilaisien teorioiden ja kontekstien näkökulmasta.** Tutkittavia työtapoja ovat esim. kokeellinen työskentely, molekyylihallinnus ja projektioppiminen ja ilmiöitä esim. kemian asenteet, kiinnostavuus, oppimismotivaatio ja kemian opetuksen työtapojen relevanssi (ks. tarkemmin [luku 4.4.2](#)).
3. **Pedagogisten innovaatioiden ja niihin liittyvien oppimateriaalien tutkimuspohjainen kehittäminen.** Kemianluokka Gadolinin tekee vuosittain uusia avauksia esim. kokeellisen työskentelyn teemojen parissa. Uusia kokeellista työskentelyä tukevia oppimateriaaleja kehitetään tutkimuspohjaisesti kehittämistutkimuksella. Kehitettyjen aineistojen vaikuttavuutta eri teorioiden valossa tutkitaan Kemianluokka Gadolinin opintokäyntien yhteydessä. Kehitetyt materiaalit julkaistaan opettajien vapaaseen opetuskäyttöön. Uusien oppimateriaalien kehittämistutkimusprojektit ovat usein pro gradu -tutkimuksia, joita Gadolinin yhteydessä on tehty kymmenittäin. Uusia teema-avauksia viime vuosilta ovat esim. polttokennot, nanokemia tai lääkevoidetyöt (ks. tarkemmin [luku 4.4.3](#)).

**Syksystä 2018 lähtien** Kemianluokka Gadolinin roolia kemian opetuksen tutkimuskeskuksena vahvistetaan entisestään. Kaikki opintokäynnit toteutetaan Gadolinin uusien painopistealueiden mukaisesti, ja nämä painopistealueet on johdettu Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen temaattisista painopistealueista. Kaikkiin vierailuihin kytketään tutkimusaineiston keräämistä. Aineistoa hyödynnetään opinäytetöissä ja Helsingin yliopiston Kemian opettajankoulutusyksikön tutkimuksessa. Gadolinin uudistetut painopistealueet ovat arkipäivän kemia, moderni teknologia sekä kestävä kemia ja kehitys.

Toiminnallisten opintokäyntien ohjaajat rekrytoidaan sen mukaan, ovatko he tekemässä kandidaatintutkielmaa vai pro gradua. Ohjaajista ja Kemian opettajankoulutusyksikön tutkijoista muodostetaan **tutkimusryhmät** painopistealueiden mukaisesti. Tutkimusryhmien toimintaa koordinoivat Kemian opettajankoulutusyksikön jatko-opiskelijat, ja sitä johtavat Kemianluokka Gadolinin johtaja professori

Maija Aksela ja yliopistonlehtori Johannes Pernaa yhteistyössä. Tutkimusta tehdään vahvassa yhteistyössä Gadolinin sponsoriyritysten, Helsingin yliopiston kemian osaston ja oppilaitosten kanssa (ks. [kuva 28](#)).



**Kuva 28.** Kemianluokka Gadolinin tutkimusyhteisö koostuu temaattisista tutkimusryhmistä, jotka työskentelevät vahvassa yhteistyössä esim. kemian alan yritysten, kemian osaston, oppilaitosten, opetushallinnon ja tiedekeskusten kanssa.

#### 4.4.1 Tutkimusta Kemianluokka Gadolinista oppimisympäristönä

Kemianluokka Gadolinia non-formaalina oppimisympäristönä on tutkittu sen perustamisvuodesta lähtien. Tutkimuksessa Aksela & Pernaa (2009) selvitettiin opettajien tarpeita ja kokemuksia uuden non-formaalin oppimisympäristön käytön suhteen. Tutkimuksessa saatiin selville, miten Gadolinin toiminta tuki esimerkiksi kokeellisuuden edistämistä. Opettajat hyödynsivät Gadolinin korkealaatuista laboratoriota sellaisiin töihin, joihin omassa koulussa ei ollut laitteita. Opettajat pitivät Gadolinin vahvuutena sitä, että oppilaat pääsivät itse tekemään kokeellisia töitä eivätkä pelkäs-tään seuraamaan esim. demonstraatioita ja luentoja. Tämä koettiin oppilaita motivoivaksi, ja yliopiston koettiin olevan kiinnostava vierailukohde. Autenttinen oppimisympäristö myös kiehtoo opiskelijoita. (Aksela & Pernaa, 2009)

Opettajien vastauksia tutkimuksesta Aksela & Pernaa (2009):

*"Aidon laboratorion näköinen ja kaikki reagenssit löytyivät valmiina etsittyinä. Opilaiden ei tarvinnut metsästä niitä erikseen mistään."*

*"Kromatografia, spektroskopia ja molekyylihallitus ovat aiheita, joita ei voi tehdä omassa koulussa, ja ne ovat siksi erinomaisia vierailun aiheeksi. Opiskelijat saivat mielestäni ko. aiheista varsin hyvän kuvan."*

*"Oppilaat saavat työskennellä oikeassa laboratoriotilassa, jossa on kunnolliset välineet."*

Kemianluokka Gadolinin koordinaattori (2012–2016) FT Veli-Matti Ikävalko tutki **Kemian opettajankoulutusyksikköön tekemässään väitöskirjassa** Kemianluokka Gadolinin oppimisympäristön merkityksellisyyttä, yritysyhteistyön kehittämistä ja toiminnallisten opintokäyntien didaktista luonnetta. Väitöskirjan mukaan toiminnallisen opintokäynnin suunnittelussa on tärkeää ottaa huomioon ennen opintokäyntiä ja sen jälkeen tapahtuva oppimista tukeva toiminta, kuten työtavat ja arviointi. Itse opintokäynti on vain osa kokonaisuutta. Yritysyhteistyö toi merkittävää lisäarvoa merkityksellisten kokeellisten työohjeiden kehittämiseen. Kehittämistutkimuksessa myös tuotettiin uusia relevantteja kokeellisia töitä kemian opetuksen yhteistyössä yritysten kanssa, esimerkiksi: *Mitä piilee talousvedessä?*, *Liian taipuisa muovi* ja *Ongelma sellutehtaalla* (ks. tarkemmin [luku 5.2](#)). (Ikävalko, 2017)



**Kuva 29.** Myös Kestävä kemia -kurssilla suunnitellaan kokeellinen työ Kemianluokka Gadoliniin.

Non-formaalien oppimisympäristöjen relevanssi ja opettajaksi kasvun tukeminen ovat olleet tutkimuksen mielenkiinnon kohteita. Esimerkiksi Aksela (2017a) selvitti, millä tavoin tulevat kemian opettajat kokivat Kemianluokka Gadolinissa työskenteilyn relevantiksi. Suoritettujen tutkimusten mukaan Gadolinissa ohjaaminen koetaan

merkitykselliseksi jokaisella relevanssin (henkilökohtainen, ammatillinen ja yhteiskunnallinen) tasolla, mutta erityisesti korostui ammatillinen taso. Ohjaamisen koettiin vahvistavan kemian osaamista ja antavan tietoja, taitoja ja itseluottamusta kokeellisuuden hyödyntämiseen tulevassa opettajan työssä.

Kemianluokka Gadolinin koordinaattori (vuodesta 2017 eteenpäin) Pipsa Blomgren (2018) kartoitti survey-tutkimuksena vierailevien oppilaiden ja opettajien käsityksiä non-formaalien oppimisympäristöjen relevanssista tutkimuskohteenaan Kemianluokka Gadolinin vierailut. **Sekä oppilaiden että opettajien käsityksissä korostuivat erityisesti henkilökohtaisen ja yhteiskunnallisen relevanssin tasot.** Tutkimuksessa havaittiin, että sukupuolella ei ollut tässä kontekstissa vaikutusta koettuun relevanssiin, mutta aikaisemmalla kiinnostuksella kemiaan oppiaineeseen oli. Ne oppilaat, jotka pitivät kemiasta oppiaineena jo ennestään, kokivat Kemianluokka Gadolinin erittäin merkitykselliseksi. (Blomgren, 2018)

Kemianluokka Gadolinissa suoritettava non-formaalien oppimisympäristöjen relevanssitutkimus julkaistaan kansainvälisissä tiedelehdissä, jolloin tulokset ja ajatukset siirtyvät osaksi laajempaa tieteellistä keskustelua aiheesta. Tutkimuksella on suuri merkitys non-formaalien oppimisympäristöjen kehittämisen tukemisessa ympäri maailmaa. (Tolppanen, Vartiainen, Ikävalko, & Aksela, 2015) Tutkimuksen tulokset huomioidaan Kemianluokka Gadolinin kehittämisessä oppimisympäristönä.

#### 4.4.2 Tutkimusta ilmiöistä ja työtaavoista

Työtapojen ja ilmiöiden tutkiminen on kemian opetuksen perustutkimusta, josta saadaan esim. tietoa tutkittavien ilmiöiden oppimisesta tai työtapojen mahdollisuuksista ja haasteista. Tutkimustietoa voidaan hyödyntää esim. oppimateriaalien ja koulutusten suunnittelussa. Tutkimuskategorian tutkimukset hyötyvät erityisesti Kemianluokka Gadolinin suuresta vuosittaisesta vierailijamäärästä. Tuhansien vastaajien määrä mahdollistaa sekä määrällisten että laadullisten aineistojen keräämisen nopeasti ja kustannustehokkaasti.

Esimerkiksi keväällä 2018 Gadolin mahdollisti nopean aineiston keruun opinnäytetyölle, jossa tutkittiin **yläkoululaisten kokemuksia tietokoneavusteisen molekyylihallinnuksen relevanssista ensimmäisen mallinnuskerran jälkeen.** Aineistoa on hyödynnetty FM Oona Kiviluodon pro gradu -tutkielmassa. (Kiviluoto, 2018) Siitä kirjoitetaan myös tieteellinen julkaisu.

Kiviluodon tutkimuksen mukaan ensimmäisellä mallinnuskerralla korostuu eniten relevanssiteorian yhteiskunnallinen ulottuvuus. Koettuun relevanssiin vaikutti myös aikaisempi kiinnostus kemiaa kohtaan: oppilaat, jotka kokivat kemian jo ennestään mielenkiintoiseksi, kokivat molekyylihallinnuksen relevantiksi erityisesti henkilökohtaisella tasolla. Kiinnostus tietokoneita ja tekniikkaa kohtaan ei vaikuttanut relevanssiin.

Toinen esimerkki tämän kategorian tutkimuksesta on pro gradu -tutkielma (Heiskanen, 2016), jossa kehitettiin **tutkimisen taitoja tukevaa kokeellisen kemian oppimateriaalia spektrofotometrian kontekstissa.** Tutkimuksesta



saatiin uutta tietoa siitä, millainen oppimateriaali tukee tutkimisen taitojen kehittämistä. Heiskasen mukaan tutkimisen taitoja kehittävälle opetukselle tyypillistä on opiskelijoiden aktiivinen osallistuminen oman tutkimuksen suorittamiseen, sosiaalinen vuorovaikutus ja kysymysten esittäminen. Tutkimustaitoja kehittäviä työtapoja ovat mm. tutkimusaiheen valitseminen, kysymysten esittäminen, tutkimuksen suorittaminen ja ryhmätyöskenteleminen.

#### 4.4.3 Kehittämistutkimus työvälteenä: uusien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden kehittäminen

Kemianluokka Gadolinin yhteydessä tehtävää kokeellista ja tutkivaa oppimista tukevien kemian oppimateriaalien kehittäminen on tutkimusalue, joka soveltuu erityisen hyvin pro graduun ja kandidaatintutkielmiin.<sup>41</sup> Tutkimuspohjaisena kehittämismenetelmänä käytetään **kehittämistutkimusta** (ks. [luku 1](#)). Se on kehittämisstrategia, joka mahdollistaa aikaisemman tutkimustiedon ja käytännön kokemuksen yhdistämisen kehittämissäätösten tekemisessä. Kehittäminen toteutetaan yhteisöllisesti, jolloin kentän opettajat ja muut yhteistyötahot voidaan ottaa mukaan oppimisympäristöjen suunnitteluun. Tämä tukee kehitettyjen ratkaisujen siirtymistä kouluihin ja muihin oppimisympäristöihin.

Tuore esimerkki Gadolinissa tehdystä pro gradusta kehittämistutkimuksella on FM Tanja Luostarin (2018) tutkielma, jossa hän kehitti **lääkevoide-aiheisen työn tutkivan kokeellisen kemian opetuksen tueksi**. Tutkimuksen mukaan Gadolin mahdollisti laboratorioympäristön töiden kehittämiseksi ja töiden vaikuttavuuden arvioimiselle. Vierailevat ryhmät testasivat kehitettyjä töitä ja antoivat palautetta niistä. Palauteen avulla töitä kehitettiin ja samalla tutkittiin lukiolaisten käsitteitä lääkevoidekontekstin merkityksellisyydestä.

Kehittämistutkimus sopii hyvin pro gradu -tutkielman metodiksi myös siksi, että siitä syntyy monesti gradun lisäksi perustutkimustietoa ja tieteellinen julkaisu. Prosessi kasvattaa tutkijan taitoja ja antaa itseluottamusta, mikä madaltaa kynnystä jatko-opintoihin. Se myös tukee tulevaisuudessa kemian opetusmateriaalien kehittämistä koulutyössä.

Esimerkiksi FM Matleena Boström (os. Ojapalo) kehitti pro gradussa **poltto-kenno-kontekstiin kokeellisia työohjeita**, jotka testattiin Kemianluokka Gadolinissa vierailevilla oppilasryhmillä. Pro gradu -tutkielma valmistui vuonna 2010, jonka jälkeen työstä kirjoitettiin tieteellinen julkaisu. Tieteellinen artikkeli julkaistiin vuonna 2012. (Aksela & Boström, 2012)

<sup>41</sup> Kemian opetuksen pro gradu -tutkielmat. Kemian opettajankoulutusyksikkö. [blogs.helsinki.fi/kem-ope/tutkimus/julkaisut/pro-gradu-tutkielmat](https://blogs.helsinki.fi/kem-ope/tutkimus/julkaisut/pro-gradu-tutkielmat)

## 5 KEMIANLUOKKA GADOLININ YRITYSYHTEISTYÖMALLIT

Aktiivinen yritys yhteistyö on osa Kemianluokka Gadolinin yhteisöllistä toimintamallia. **Yhdessä yritysten kanssa tuetaan uusien avausten kautta lasten ja nuorten kemian opiskelun henkilökohtaista, ammatillista ja yhteiskunnallista relevanssia** (ks. toiminnan tavoitteet [luku 3.1](#)). Tässä luvussa tuodaan esille yritys yhteistyön hyviä malleja ja tutkimusta.

### 5.1 Yleistä

Kemianluokka Gadolinin pyrkii tekemään yritysten kanssa monipuolista yhteistyötä kemian opetuksen ja yritysten tavoitteiden ja tarpeiden mukaisesti uusinta tutkimustietoa hyödyntäen pedagogisesti mielekkäästi. **Yhteistyömuodot sovitaan jokaisen yrityksen kanssa kolmen vuoden välein, ja niistä laaditaan yhteistyösopimus.** [Taulukkoon 6](#) on koottu sovittuja yhteistyömuotoja. Asiantuntemuksen lisäksi yritys voi tukea kemian tiedekasvatuksen edistämistä myös lahjoittamalla välineitä ja materiaaleja tiedeluokan opetuskäyttöön. Esimerkiksi yhteistyötaho Oy Aga Ab on lahjoittanut kaasuja kokeellisen työskentelyn edistämiseen ja kaasujen kemian oppimisen tueksi.

Relevanttien yhteistyömuotojen kehittämistä edistetään yhteisöllisesti ohjautui kehittämisyöryhmätyöskentelyn kautta. Kustakin yhteistyöyrityksestä on ohjausryhmän edustajan lisäksi mukana yrityksen nimeämä edustaja, joka on toiminut Kemianluokka Gadolinin koordinaattorin kanssa tiiviissä käytännön yhteistyössä. Syksystä 2018 lähtien uusien avausten kehittämissyhteistyötä tiivistetään uuden Kehittämisyöryhmän (ks. [liite 1](#)) kautta, jossa keskeisten painopistealueiden – arkipäivän kemian, kestävän kemian ja kehityksen ja modernin teknologian – opetukseen kehitetään lisää uusia mielekkäitä ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita.

### 5.2 Yritys yhteistyömallit

Kemianluokka Gadolinin yhteistyöyritysten (13 kpl) kanssa tehdään yhteistyötä monipuolisesti (ks. [taulukko 6](#)) kaikilla relevanssitasoilla: **henkilökohtainen, ammatillinen ja yhteiskunnallinen** (ks. relevanssiteorian kuvaus [luvusta 3.1](#)). Useimmat yhteistyöyritykset ovat kansainvälisiä toimijoita, ja siten myös kansainvälisyys tuo uutta lisäarvoa yhteistyöhön.

**Taulukko 6.** Kemianluokka Gadolinin yritys yhteistyömuotoja ja relevanssiteorian ulottuvuus.

Yhteistyömalli	Kuvaus yhteistyöstä	Relevanssiteorian ulottuvuus
Ohjausryhmän tai kehittämissyöryhmän toimintaan osallistuminen	Kemianluokka Gadolinin toiminnan suunnittelemiseen, toiminnan arviointiin osallistuminen ja opinnäytetöihin osallistuminen asiantuntijana.	Ammatillinen Henkilökohtainen Yhteiskunnallinen
Työelämägalleria	Videoiden tekeminen kemian alan tarjoamista erilaisista mahdollisuuksista ja uravaihtoehdoista.	Ammatillinen Henkilökohtainen Yhteiskunnallinen
Yhteistyötöitä oppilaslaboratorioon ja molekyyli mallinnukseen	Uusien työohjeiden ideoimista ja kehittämistä yhteistyössä.	Ammatillinen Henkilökohtainen Yhteiskunnallinen
Yhteistyötapahtumia	Esimerkiksi yhteistyöpajoja erilaisissa tapahtumissa, työpajoja yhteistyökumppanin perhepäivillä jne.	Ammatillinen Henkilökohtainen Yhteiskunnallinen
Yritysten henkilökunnan vierailut Kemianluokka Gadoliniin	Kemianluokka Gadolinin toimintaan tutustuminen, toiminnan kehittäminen ja ohjaajien kouluttaminen.	Ammatillinen Henkilökohtainen
Kemianluokka Gadolinin ohjaajien vierailut yhteistyöyrityksiin	Kemianluokka Gadolinin ohjaajat ovat usein vierailleen yhteistyöyrityksissä tutustumassa näiden toimintaan kehittääkseen omaa ammattitaitoaan ja osatakseen kertoa näiden toiminnasta mahdollisimman hyvin tulevaisuuden tekijöille.	Ammatillinen Henkilökohtainen
Yrityskohtainen näyttelytila Kemianluokka Gadolinissa	Yritykset saavat oman esittelytilan Gadolinin yhteydessä olevista yritysvitriineistä, joissa ne voivat tuoda esille tietoa yrityksestään ja sen tuotteista.	Yhteiskunnallinen

Kemianluokka Gadolinin yritys yhteistyötä kehitetään tutkimuspohjaisesti. Siihen liittyviä ilmiöitä ja kysymyksiä pyritään ymmärtämään syvemmin muun muassa **STSE (science, technology, society, environment) -teorian** avulla. Kemian tieteen, teknologian, yhteiskunnan ja ympäristön kokonaisuutta ja niiden välistä vuorovaikutussuhdetta tutkitaan, ja samalla kehitetään tapoja siihen, miten STSE-teoriaa voidaan hyödyntää entistä paremmin kemian opetuksessa. Tutkimusten mukaan STSE-teoriaan pohjautuva opetus tukee erityisesti oppilaiden henkilökohtaisen ja yhteiskunnallisen relevanssin tunteen kasvua. Kuitenkin opettajat integroivat STSE-ajattelua opetukseen liian vähän. Tarvitaan uusia lähestymistapoja aiheen käsittelyyn ja opettajien perus- ja täydennyskoulutukseen (Kousa, Aksela & Ferck Savec, submitted)

Helsingin yliopiston tiedekasvatuksessa on kehitetty tutkimuspohjaisesti uudenlaista opettajien perus- ja täydennyskoulutusmallia tutkimuksen pohjalta *Matematiikka ja luonnontieteet yhteiskunnassa* -kurssilla, ja siitä on valmistumassa verkkokurssi kouluyritys yhteistyön edistämiseksi osana LUMA Suomi -

kehittämishjelmaa.<sup>42</sup> Teemoina ovat olleet kemian tiedekasvatuksen painopistealueista keskeinen kestävä kemian ja kehityksen teema ja tarkempina aiheina kiertotalous ja vesi.



**Kuva 30.** Esimerkki yrityksen asiantuntijan ja Kemianluokka Gadolinin yhteistyöstä: Oy Aga Ab:stä asiantuntijat Aila Weaver ja Minna Matrone kertoivat AGAn toiminnasta ja kaasujen kemiasta lukion opiskelijoille ja heidän kemian opettajilleen Komppa-päivien yhteydessä.

Relevanttien **kokeellisten ja muiden aktiviteettien kehittäminen** on yksi Kemianluokka Gadolinin keskeinen yhteistyömuoto. Yhdessä kehitetyissä kokeellisissa töissä tai molekyyllimallinnuksessa yrityksen alan kemia tulee hyvin esiin ja lapset ja nuoret saavat kemian alasta laajemman ja ajanmukaisen kuvan. Ikävalkon (2017) mukaan yritysten tuoma aito kemiakonteksti nostaa kokeellisten töiden relevanttiutta, mikä taas innostaa oppilaita kemian opiskeluun. Yritys yhteistyönä tehtyä kehittämistyötä on hyödynnetty myös kemian opettajankoulutuksen tukena, sillä tulevat kemian aineenopettajat kehittivät töitä osana *Kokeellisuus kemian opetuksessa II* -kurssia vuonna 2013. Opiskelijat kehittivät töiden ensimmäiset versiot, joita Ikävalkon väitöskirjatutkimuksessa (2017) myöhemmin jatkokehitettiin. Tutkimuksessa kehitettiin yhteisöllisesti yhteensä yhdeksän relevanttia kokeellista työohjetta, joista on esitetty yhteenveto taulukossa 7.

<sup>42</sup> [suomi.luma.fi](http://suomi.luma.fi)

Ikävalkon (2017) yritysyritystyössä kehittämät työohjeet muodostettiin vastaamaan osana väitöskirjaa kehitettyjä toimintamalleja. Esimerkiksi Kemiran kanssa kehitetty Kloorijäämät juomavedessä -työohje koostuu kolmesta vaiheesta: 1) työn tekemiseen virittävä vaihe, joka koostuu pohtimiskysymyksistä, jotka opettaja voi antaa esimerkiksi kotitehtäviksi ennen toiminnallista opintokäyntiä, 2) toiminnallisella opintokäynnillä tehtävän työn ohjeet vaiheittain sekä kysymyksiä, joiden avulla työn tekemisen jälkeen kootaan asioita yhteen ja 3) toiminnallisen opintokäynnin jälkeen opettaja voi antaa kotitehtäviksi näitä työn jälkeisiä pohdintatehtäviä, joita voi käyttää myös osana opetusta ja arviointia.

Kemianluokka Gadolinin tiedekasvatuksessa **kemian alan ja ammattien monipuolisten mahdollisuuksien** esilletuontiin kehitetään erilaisia malleja. Yhtenä yhteiskehittämiskohteena on nk. yritysvideogallerian kokoaminen. Lyhyissä videoissa yrityksen asiantuntija kertoo koulutuksestaan, työstään ja kemian kiehtovuudesta. Videoiden sisältö ja toteutus tehdään yhdessä yrityksen kanssa. Videoita voidaan käyttää kouluissa kemian opetuksessa, opinto-ohjauksessa tai Kemianluokka Gadolinin toiminnallisen opintovierailun yhteydessä.

Yksi yhteistyömuoto Kemianluokka Gadolinin ja yhteistyöyritysten välillä on **vierailut** yrityksiin ja vastavierailut Kemianluokka Gadoliniin. Gadolinin ohjaajat voivat järjestää myös **perhetapahtumia yrityksissä**. Vierailemalla alan yrityksissä ohjaajat oppivat uutta kemian alasta ja pystyvät paremmin jakamaan tietoaan aiheesta edelleen vieraileville kouluryhmille.

**Yhteistyöyritysten asiantuntijoiden vierailut** Kemianluokka Gadoliniin ovat mahdollisia, samoin tutustuminen tiedeluokan tarjoamiin mahdollisuuksiin ja osallistuminen tiedeluokan kehittämiseen. Asiantuntijat voivat pitää myös koulutuspäiviä Kemianluokka Gadolinin ohjaajille, kemian opettajaopiskelijoille, kemian opettajille sekä kemiasta kiinnostuneille lukiolaisille. Yrityksen on mahdollista myös pitää kokouksia kemian osastolla ja tutustua kemian tutkimukseen Gadolinin toiminnan lisäksi.

**Taulukko 7.** Yritysyeistyönä kehitettyjen töiden kontekstilähtöisyys, sisältö ja teknologia. (Ikävalko, 2017, ss. 97, 100)

Työ	Konteksti	Sisältöalueet	Teknologia	Yritys
1. Mitä piilee talousvedessä?	- Kotitalous - Ympäristö ja luonto - Teollisuus, tekniikka ja tuotanto - Ihmisen biologia ja terveys	- Ionit - Liuos - Veden laatu - Kromatografia (IC) - Kvantitatiivinen määrittäminen	Ionikromatografia (IC)	Metrohm Nordic Oy
2. Liian taipuisa muovi	- Kotitalous - Teollisuus, tekniikka ja tuotanto	- Polymeerit - Muovilaadut - Spektroskopia (IR) - Kvantitatiivinen määrittäminen	Infrapunaspektroskopia (IR)	Borealis Polymers Oy
3. Ongelma sellutehtaalla	- Teollisuus, tekniikka ja tuotanto	- Funktionaaliset ryhmät - Hapot ja emäkset - Liukoisuus	-	UPM-Kymmene Oyj
4. Kloorijäämät vedessä	- Kotitalous - Ympäristö ja luonto - Teollisuus, tekniikka ja tuotanto - Ihmisen biologia ja terveys	- Veden laatu - Spektroskopia (Vis) - Kvantitatiivinen määrittäminen	Spektroskopia (Vis)	Kemira Oyj
5. Suolapitoisuuden määrittäminen	- Kotitalous - Ympäristö ja luonto	- Liuos - Ionit - Veden johtokyky - Kvantitatiivinen määrittäminen	Mittausautomaatio	Laskentaväline Oy
6. Biodiesel	- Kotitalous - Ympäristö ja luonto - Teollisuus, tekniikka ja tuotanto	- Orgaaninen synteesi - Esteröityminen	Orgaaninen synteesilaitteisto	Neste Oil Oyj
7. Limsan sokeripitoisuus	- Kotitalous - Teollisuus, tekniikka ja tuotanto	- Liuos - Laadunvarmistus - Spektroskopia (IR) - Kvantitatiivinen määrittäminen	Infrapunaspektroskopia (IR)	Bruker Corporation
8. Kolibakteeria tutkimaan	- Kotitalous - Ympäristö ja luonto - Teollisuus, tekniikka ja tuotanto - Ihmisen biologia ja terveys	- Mikrobiologia - Hygienia - Indikaattorit	Valmis kasvatusalusta	3M Suomi
9. Veden kovuus	- Kotitalous - Ympäristö ja luonto - Teollisuus, tekniikka ja tuotanto - Ihmisen biologia ja terveys	- Kaasut - Veden kovuus - Happamuus - Kaasujen liukoisuus veteen - Kvantitatiivinen määrittäminen	Mittausautomaatio	Oy AGA Ab

## LOPPUSANAT

Kemianluokka Gadolin **yhteisöllinen tiedekasvatus** (ks. [luku 2.1](#)) tarjoaa uudenlaisen innostavan oppimisympäristön tulevaisuuden tekijöille (lapsille ja nuorille), tuleville opettajille, opettajille eri asteilla ja perheille sekä kemian tiedekasvatuksen kehittämis- ja tutkimusympäristön uusien relevanttien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden kehittämiseen. Samalla toimintamallin kautta edistetään lasten ja nuorten kemian opiskelun henkilökohtaista, ammatillista ja yhteiskunnallista relevanssia. Yhteisöllisesti toimimalla eri yhteistyötahojen kanssa usuin tutkimustieto ja kemian innovaatiot saadaan mielekkäästi kemian tiedekasvatukseen käyttöön varhaiskasvatuksesta korkeakouluihin ja löydetään yhdessä uusia ratkaisuja tulevaisuuden tekijöiden innostamiseen kemian opiskeluun. **Oivaltamisen ja onnistumisen iloa kaikille!**

Kemianluokka Gadolinin toiminnassa käytössä oleva **osallistava ja yhteisöllinen kehittämistutkimus** tarjoaa oivan työvälineen uusien ratkaisujen ja pedagogisten innovaatioiden kehittämiseen kemian tiedekasvatukseen nykyisten ja tulevien opetus suunnitelman perusteiden toteutuksen tueksi. Samalla tämän tutkimuksen käyttäminen edistää uudenlaisen, yhteisöllisen opettajien perus -ja täydennyskoulutusmallin toteuttamista, jossa kaikki toimijat oppivat toisiltaan ja koulutuksissa tuottavat yhdessä relevantteja ratkaisuja kemian tiedekasvatukseen, myös kansainvälisesti.



**Yhdessä hyvään kemian tulevaisuuteen!**

## LÄHTEET

- Affeldt, F., Tolppanen, S., Aksela, M., & Eilks, I. (2017). The Potential of the Non-Formal Educational Sector for Supporting Chemistry Learning and Sustainability Education for All Students--A Joint Perspective from Two Cases in Finland and Germany. *Chemistry Education Research and Practice*, 18(1), 13–25. <https://doi.org/10.1039/C6RP00212A>
- Ahonen, P.-P. (2017). Tiedekasvatus on tärkeää yhteiskunnalle - Tietysti.fi. Noudettu 15. elokuuta 2018, osoitteesta <http://www.aka.fi/fi/tietysti/blogit/kuulumisia-tieteesta/tiedekasvatus-on-tarkeaa-yhteiskunnalle>
- Aksela, M. (2005). *Supporting meaningful chemistry learning and higher-order thinking through computer-assisted inquiry: A design research approach* (PhD thesis). University of Helsinki, Helsinki. Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/21127>
- Aksela, M. (2010). Evidence-based teacher education: becoming a lifelong research-oriented chemistry teacher? *Chemistry Education Research and Practice*, 11(2), 84–91. <https://doi.org/10.1039/C005350N>
- Aksela, M. (2011). Engaging students for meaningful chemistry learning through Microcomputer-based Laboratory (MBL) inquiry. *Educació química*, 0(0), 30–37.
- Aksela, M. (2012). Tiedekasvatus ja sen tulevaisuus. *Tieteessä tapahtuu*, 30(4). Noudettu osoitteesta <https://journal.fi/tt/article/view/6496>
- Aksela, M. (2016). Foreword. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 1(3). Noudettu osoitteesta <https://www.lumat.fi/index.php/lumat-b/article/view/18>
- Aksela, M. (2017a). ChemistryLab Gadolin as a Relevant Learning Environment for Lifelong Learning. Teoksessa *ESERA 2017 Conference*. Dublin: ESERA. Noudettu osoitteesta [https://keynote.conference-services.net/resources/444/5233/pdf/ESERA2017\\_0751\\_paper.pdf](https://keynote.conference-services.net/resources/444/5233/pdf/ESERA2017_0751_paper.pdf)
- Aksela, M. (2017b). Lasten ja nuorten tieteestä innostuminen vahvistaa Suomen hyvää tulevaisuutta. Noudettu 15. elokuuta 2018, osoitteesta <http://www.aka.fi/fi/tietysti/blogit/kuulumisia-tieteesta/lasten-ja-nuorten-tieteesta-innostuminen-vahvistaa-suomen-hyvaa-tulevaisuutta>
- Aksela, M., & Boström, M. (2012). Supporting Students' Interest through Inquiry-Based Learning in the Context of Fuel Cells. *Mevlana International Journal of Education*, 2(3), 53–61.
- Aksela, M., & Ikävalko, V.-M. (2016). How to promote relevant practical work in science education through a non-formal learning environment. Teoksessa I. Eilks, S. Markic, & B. Ralle (Toim.), *Science Education Research and Practical Work : A collection of invited papers inspired by the 23rd Symposium on Chemistry and Science Education held at the TU Dortmund Uni-versity*. Aachen.
- Aksela, M., & Juvonen, R. (1999). *Kemian opetus tänään*. Helsinki: Opetushallitus. Noudettu osoitteesta [https://www.oph.fi/download/49150\\_kemianopetus\\_tanaan.pdf](https://www.oph.fi/download/49150_kemianopetus_tanaan.pdf)
- Aksela, M., & Karjalainen, V. (2008). *Kemian opetus tänään: Nykytila ja haasteet Suomessa*. Helsinki: Kemian opetuksen keskus, Helsingin yliopisto. Noudettu osoitteesta <http://www.kemia.ovh/ont/karjalainen-v-2008.pdf>
- Aksela, M., & Lundell, J. (2008). Computer-based molecular modelling: Finnish school teachers' experiences and views. *Chem. Educ. Res. Pract.*, 9(4), 301–308. <https://doi.org/10.1039/B818464J>



- Aksela, M., Lundell, J., & Pernaa, J. (2008). Molekyylimallinnuksen mentoreita kemian opetuksen ja oppimisen tueksi. Teoksessa J. Lundell & J. Väliisaari (Toim.), *Kemian opetuksen päivät 2008: Uusia oppimisympäristöjä ja ongelmalähtöistä opetusta* (ss. 59–68). Jyväskylä: Jyväskylän yliopisto.
- Aksela, M., Oikkonen, J., & Halonen, J. (Toim.). (2018). *Yhteisöllistä tiedekasvatusta Helsingin yliopistolla vuodesta 2003: Uusia ratkaisuja ja pedagogisia innovaatioita opetukseen varhaiskasvatuksesta korkeakouluihin*. Helsinki: Helsingin yliopisto. Noudettu osoitteesta <https://www.helsinki.fi/sites/default/files/atoms/files/isbn-978-951-51-4087-6.pdf>
- Aksela, M., & Pernaa, J. (2009). Kemianluokka Gadolin -opettajien kokemuksia uuden oppimisympäristön käytöstä. Teoksessa M. Aksela & J. Pernaa (Toim.), *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakouluihin – IV Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät* (ss. 40–49). Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Aksela, M., Pernaa, J., & Hopea-Manner, A. (julkaisu valmistumassa). *Kemian opetus tänään 2018*. Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Aksela, M., Vartiainen, J., Tuomisto, M., Turkka, J., Pernaa, J., & Tolppanen, S. (2016). Promoting Meaningful Science Teaching and Learning Through ICT in the Finnish LUMA Ecosystem. Teoksessa H. Niemi & J. Jia (Toim.), *New Ways to Teach and Learn in China and Finland : Crossing Boundaries with Technology*. Frankfurt am Main: Peter Lang.
- Aksela, M., Wu, X., & Halonen, J. (2016). Relevancy of the Massive Open Online Course (MOOC) about Sustainable Energy for Adolescents. *Education Sciences*, 6(4), 40. <https://doi.org/10.3390/educsci6040040>
- Blomgren, P. (2018). *Kemian non-formaalien oppimisympäristön relevanssi oppilaiden ja opettajien näkökulmista* (Pro gradu). Helsingin yliopisto, Helsinki. Noudettu osoitteesta <https://blogs.helsinki.fi/kem-ope/tutkimus/julkaisut/pro-gradu-tutkielmat>
- Heiskanen, N. (2016). *Kehittämistutkimus: Tutkimisen taitojen edistäminen tutkimuksellisella spektrofotometrialla oppimiskokonaaisuudella lukion kemian opetuksessa* (Pro gradu). Helsingin yliopisto, Helsinki. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi-fe2017112251080>
- Heiskanen, N., Käyhkö, J., & Virtanen, H. (2017). Students as teachers: A student point of view. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 2(3), 91–93.
- Ikävalko, V.-M. (2017). *Mielekkään kemian non-formaalien oppimisympäristön kehittämistutkimus yhteistyössä työelämän kanssa* (Väitöskirja). University of Helsinki, Helsinki. Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/180559>
- Juntunen, M. (2015). *Holistic and Inquiry-Based Education for Sustainable Development in Chemistry* (Väitöskirja). Helsingin yliopisto, Helsinki. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-1312-2>
- Kaul, M., Aksela, M., & Wu, X. (2018). Dynamics of the Community of Inquiry (CoI) within a Massive Open Online Course (MOOC) for In-Service Teachers in Environmental Education. *Education Sciences*, 8(2), 40. <https://doi.org/10.3390/educsci8020040>
- Kiviluoto, O. (2018). *Tietokoneavusteisen molekyylimallinnuksen relevanssi 7.–9. luokilla oppilaan ensikokemuksen näkökulmasta* (Pro gradu). Helsingin yliopisto, Helsinki. Noudettu osoitteesta <https://blogs.helsinki.fi/kem-ope/tutkimus/julkaisut/pro-gradu-tutkielmat>
- Luostari, T. (2018). *Kehittämistutkimus: Relevantti tutkimuksellinen ja kokeellinen opiskelu lääkekemian kontekstissa* (Pro gradu). Helsingin yliopisto, Helsinki. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:NBN:fi:hulib-201804131666>

- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2014). *Suomi tiedekasvatuksessa maailman kärkeen 2020: Ehdotus lasten ja nuorten tiedekasvatuksen kehittämiseksi*. Helsinki: Opetus- ja kulttuuriministeriö. Noudettu osoitteesta <http://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/75252>
- Pernaa, J. (2011). *Kehittämistutkimus: Tieto- ja viestintäteknikkaa kemian opetukseen*. Helsingin yliopisto, Helsinki. Noudettu osoitteesta <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/28007>
- Pernaa, J., Aksela, M., & Ghulam, S. P. (2017). *Introduction to Molecular Modeling in Chemistry Education* (2. p.). Jokioinen: e-Oppi Ltd. & Edumendo Publishing.
- Pernaa, J., Aksela, M., & Lundell, J. (2009). Kemian opettajien käsityksiä molekyyli mallinnuksen käytöstä opetuksessa. Teoksessa M. Aksela & J. Pernaa (Toim.), *Arkipäivän kemia, kokeellisuus ja työturvallisuus kemian opetuksessa perusopetuksesta korkeakoulu-hin – IV Valtakunnalliset kemian opetuksen päivät* (ss. 195–204). Helsinki: Helsingin yliopisto.
- Stuckey, M., Hofstein, A., Mamlok-Naaman, R., & Eilks, I. (2013). The meaning of 'relevance' in science education and its implications for the science curriculum. *Studies in Science Education*, 49(1), 1–34. <https://doi.org/10.1080/03057267.2013.802463>
- Tolppanen, S. (2015). *Creating a Better World : Questions, Actions and Expectations of International Students on Sustainable Development and Its Education* (Väitöskirja). Helsingin yliopisto, Helsinki. Noudettu osoitteesta <http://urn.fi/URN:ISBN:978-951-51-1312-2>
- Tolppanen, S., Vartiainen, J., Ikävalko, V.-M., & Aksela, M. (2015). Relevance of Non-Formal Education in Science Education. Teoksessa I. Eilks & A. Hofstein (Toim.), *Relevant Chemistry Education: From Theory to Practice* (ss. 335–354). Rotterdam: SensePublishers. [https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5\\_18](https://doi.org/10.1007/978-94-6300-175-5_18)
- Tolvanen, S. (2016). Microcomputer-based laboratory (MBL) in chemistry teaching. *LUMAT-B: International Journal on Math, Science and Technology Education*, 1(3). Noudettu osoitteesta <https://www.lumat.fi/index.php/lumat-b/article/view/22>
- Tolvanen, S., & Aksela, M. (2013). Utilizing microcomputer-based laboratory in inquiry-based chemistry learning. *LUMAT (2013–2015 Issues)*, 1(4), 379–386.
- Tolvanen, S., Aksela, M., Guitart, F., & Urban-Woldron, H. (2014). Research-based future science teacher training on using ICT- enhanced inquiry activities. Teoksessa G. Olympiou & P. Marzin-Janvier (Toim.), *E-Book Proceedings of the ESERA 2013 Conference : Science Education Research For Evidence-based Teaching and Coherence in Learning* (ss. 181–190). Nicosia, Kypros: European Science Education Research Association.

# LIITTEET

## Liite 1. Yhteisöllinen Gadolin -tiimi

Kemianluokka Gadolin -tiedeluokan toiminta on esimerkki yhteisöllisestä yhteistyöstä eri tahojen kanssa. Kymmenen viime vuoden aikana toimintaan on osallistunut kymmeniä henkilöitä ja lisäksi lukuisia tulevia opettajia. **Yhdessä olemme enemmän!** (LUMA-motto)

**Yhteystiedot ja sijainti:** Kemianluokka Gadolin sijaitsee Helsingissä Kumpulan tiedekampuksella Chemicum-rakennuksen (A. I. Virtasen aukio 1) ensimmäisessä kerroksessa.

[www.kemianluokka.fi](http://www.kemianluokka.fi) / [kemianluokkagadolin@helsinki.fi](mailto:kemianluokkagadolin@helsinki.fi)

### 1. Johtaja ja varajohtaja

Kemianluokka Gadolin -tiedeluokan **johtajana** ja sen toimintamallin idean ”äitinä” on toiminut sen toiminnan alusta asti vuodesta 2008 lähtien professori, FT **Maija Aksela** (LUMA-keskus Suomen johtaja, Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen johtaja ja Kemian opettajankoulutusyksikön johtaja). Hänen alaisuudessaan ja ohjauksessaan ovat toimineet Kemianluokka Gadolinin koordinaattorit ja varakoordinaattorit (ks. taulukko nimistä tarkemmin alla). Hän on vastannut myös luokan tutkimuksesta, taloudesta ja yhteistyösopimuksista.

[maija.aksela@helsinki.fi](mailto:maija.aksela@helsinki.fi) / +358 50 514 1450

Vuodesta 2017 sen **varajohtajana** on toiminut yliopistonlehtori, FT Johannes Pernaa Kemian opettajankoulutusyksiköstä kemian osastolta. Hän kuuluu nykyisin **Gadolin -johtotiimiin** ja osallistuu koordinaattorin ja varakoordinaattorin ohjaamiseen, opettajankoulutuksen kehittämiseen Gadolinin toiminnan osalta sekä tutkimukseen ja talouden seuraamiseen. Johannes Pernaa on ollut toiminnassa mukana myös Gadolinin alkuvuosista lähtien (ks. esim. Aksela & Pernaa, [2009](#)).

[johannes.pernaa@helsinki.fi](mailto:johannes.pernaa@helsinki.fi) / +358 50 348 0567

## 2. Ohjausryhmä ja kehittämistyöryhmä

**Ohjausryhmällä** (2008–2018) on ollut merkittävä rooli toiminnan ideoimisessa, kehittämisessä ja arvioinnissa sekä sen suuntaamisessa ja talouden hoitamisessa. Kemianluokka Gadolinin yhteistyötahojen (ks. [liite 2](#)) edustajista koostuva ohjausryhmä on kokoontunut toimintavuosien aikana kaksi kertaa vuodessa. Toiminnasta on tehty joka vuosi toimintakertomukset, ja ne on julkaistu verkossa.<sup>43</sup> Syksystä 2018 lähtien ohjausryhmän jatkaa nimellä **Kemianluokka Gadolinin kehittämistyöryhmä** (ks. nimet myöhemmin).

### Ohjausryhmän jäseniä (2008–2018):

#### Puheenjohtaja

Professori Mikko Ritala, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (tunnustuksena hänelle on annettu merkittävästä työstään **Gadolin suurlähettiläs** -tunnustus)

**Sihteereinä** eri vuosina ovat toimineet:

- koordinaattori Maria Vänskä, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (2008–2009)
- koordinaattori Greta Tikkanen, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (2009–2010)
- koordinaattori Marja Happonen, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (2010–2012)
- koordinaattori Veli-Matti Ikävalko, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (2012–2016)
- koordinaattori Tanja Luostari, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (2016–2017)
- koordinaattori Pipsa Blomgren, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto (2017–2018).

**Jäseninä** ohjausryhmässä ovat toimineet:

- professori Markku Räsänen, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto
- Kemianluokka Gadolinin johtaja, professori Maija Aksela, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

<sup>43</sup> <https://www.helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/keskus/toimintakertomukset>

- professori Heikki Tenhu, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto
- professori Jari Yli-Kauhaluoma, farmasian tiedekunta, Helsingin yliopisto
- opetusneuvos Marja Montonen, Opetushallitus
- opetusneuvos Teijo Koljonen, Opetushallitus
- toimitusjohtaja Timo Leppä, Kemianteollisuus ry
- apulaisjohtaja Riitta Juvonen, Kemianteollisuus ry
- asiamies Anni Siltanen, Kemianteollisuus ry
- asiamies Carmela Kantor-Aaltonen, Suomen Bioteollisuus ry
- johtaja Ilkka Pollari, Kemira Oyj
- erikoistutkija Katja Nemtsinkoff, Kemira Oyj
- erikoistutkija Alpo Toivo, Neste Oil Oyj
- henkilöstöpäällikkö Mika Talvio, AGA Oy
- henkilöstöpäällikkö Marja Ora, Borealis Polymers Oy
- Kemianluokka Gadolinin varajohtaja Johannes Pernaa, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto
- maajohtaja, laboratoriolaitteet, Salla Paajanen, Metrohm Nordic Oy
- myyntipäällikkö Jukka Kivelä, Thermo Fischer Scientific Oy
- opetuskonsultti Leena Hiillos, Helsingin kaupunki
- opetuskonsultti Kirsi Verkka, Helsingin kaupunki
- sidosryhmäsuhdejohtaja Pirkko Harrela, UMP-Kymmene Oyj
- suunnittelupäällikkö Kari Sarantila, Borealis Polymers Oy
- viestintäjohtaja Iris Ponkala-Kauppila, BASF Oy
- yliopistonlehtori Jarkko Lampiselkä, kasvatustieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto
- Finnish Commercial Manager Inka Ylipieti, Nordic Channel Manager, 3M Medical Business
- toiminnanjohtaja Juha Sola, Matemaattisten aineiden opettajien liitto MAOL ry
- toiminnanjohtaja Heleena Karrus, Suomalaisten Kemistien Seura SKS, kemian opetuksen jaosto
- tuotepäällikkö Lauri Stark, Matemaattisten aineiden opettajien liitto MAOL ry
- tutkija Kaisa Karisalmi, Kemira Oyj

- T-3-kouluttaja Markku Parkkonen, Laskentaväline
- projektipäällikkö Minna Matrone, Oy AGA Ab
- puheenjohtaja Nina Aremo, Suomalaisten Kemistien Seura, kemian opetuksen jaosto
- varakoordinaattori Antti Pohjola, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto
- varakoordinaattori Heidi Venho, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto
- viestintäasiantuntija Tiina Paulamäki, Borealis Polymers Oy
- Sales and Applications Engineer Timo Saarela, Bruker Optics Scandinavia.

### 3. Kehittämistyöryhmä (syksy 2018–):

Kehittämistyöryhmä jatkaa ohjausryhmän ansiokasta toimintaa. Pääpainona työskentelyssä on uusien avausten ideointi ja käytännön toteutus yhteistyössä kolmen pääteeman kontekstissa: **(i) arkipäivän kemia, (ii) kestävä kemia ja kehitys ja (iii) moderni teknologia**. Työryhmä kokoontuu vähintään kaksi kertaa vuodessa.

Puheenjohtaja: Kemianluokka Gadolinin johtaja, professori **Maija Aksela**, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Varapuheenjohtaja: Kemianluokka Gadolinin varajohtaja, yliopistonlehtori **Johannes Pernaa**, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Sihteerit

Koordinaattori **Pipsa Blomgren**, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Varakoordinaattori **Iisa Rautiainen**, kemian osasto, matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunta, Helsingin yliopisto

Jäsenistö koostuu yhteistyöyritystemme edustajista.<sup>44</sup>

---

<sup>44</sup> [helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/opettajille/opetusryhmien-vierailut-tiedeluokkiin/kemianluokka-gadolin#section-22212](https://helsinki.fi/fi/tiedekasvatus/opettajille/opetusryhmien-vierailut-tiedeluokkiin/kemianluokka-gadolin#section-22212)

#### 4. Koordinaattorit ja varakoordinaattorit

**Koordinaattorit ja varakoordinaattorit** (ks. alla [taulukko](#)) ovat toimineet nk. Gadolinin sydäminä ja käytännön toteuttajina. Heidän päätehtäviinsä on kuulunut tavoitteiden mukaisen toiminnan käytännön organisointi ja raportointi johtajan alaisuudessa, yhteistyö yhteistyötahojen kanssa, toimintaan osallistuneiden **ohjaajien** ohjaus ja tiimikokousten järjestämiset sekä tutkimukseen osallistuminen. Koordinaattorit ovat osallistuneet Helsingin yliopiston Tiedekasvatuskeskuksen koordinaattorien tiimiin ja tiedekasvatuksen tehtäviin oman asiantuntemuksensa osalta vuodesta 2017 lähtien.

Koordinaattorina vuodesta 2017 lähtien on toiminut **Pipsa Blomgren** ja varakoordinaattorina syksystä 2018 **Iisa Rautiainen**.

[pipsa.blomgren@helsinki.fi](mailto:pipsa.blomgren@helsinki.fi) / +358 29 415 0462  
[iisa.rautiainen@helsinki.fi](mailto:iisa.rautiainen@helsinki.fi)

#### 5. Ohjaajat

**Ohjaajat** (ks. alla; [taulukossa](#) on nimet, jotka ovat löytyneet toimintakertomuksista) ovat toimineet Kemianluokka Gadolininssa tuntityössä opintojensa ohella. Ohjaajien tärkeä tehtävä on ollut vierailijoiden ohjaus ja opettajien kanssa tehty toteutuksen suunnittelu, jolla on tuettu opetussuunnitelman perusteiden tavoitteita. He ovat pääosin tulevia opettajia tai kemian tutkijoita. Samalla ohjaustyö tukee heidän kasvuun kemian opettajiksi. Heidät on valittu edustustehtävään hakemusten ja haastattelujen perusteella sekä koulutettu tehtävään. Lisäksi moniin luokan tehtäviin osallistuu Kemian opettajankoulutusyksikön kurssien opiskelijoita osana kurssisuoritustaan.

Lisäksi **Kemian opettajankoulutusyksikön tohtorikoulutettavat**, kuten em. lisäksi Päivi Kousa ja Outi Haatainen, ovat osallistuneet aktiivisesti kemian tiedekasvatustoiminnan kehittämiseen.

**Taulukko.** Kemianluokka Gadolinin koordinaattorit, varakoordinaattorit ja ohjaajat 2008–2018.

<b>Luku- kausi</b>	<b>Koordinaattori</b>	<b>Varakoordinaattori(t)</b>	<b>Ohjaajat * (taulukoi- tu ne nimet, jotka löy- tynyt toimintakertomuksista)</b>
2008– 2009	Maria Vänskä	Johannes Pernaa	Maria Vänskä, Johannes Pernaa, Jenni Västinsalo (nyk. Vartiainen) ja Veli-Matti Vesterinen
2009– 2010	Greta Tikkanen	Johannes Pernaa	Greta Tikkanen, Johannes Pernaa, Marja Happonen (nyk. Tamm) ja Jenni Västinsalo (nyk. Vartiainen)
2010– 2011	Marja Happonen (nyk. Tamm)	Antti Pohjola, Johannes Pernaa	Marja Happonen, Antti Pohjola, Johannes Pernaa + 8 palkattua ohjaajaa
2011– 2012	Marja Happonen (nyk. Tamm)	Simo Tolvanen, Maiju Tuomisto	Annina Kari, Timo Jääskeläinen, Minja Lahdelma, Anna Palomäki, Ilona Linnavuori, Terhi Korhonen, Juhani Lähde ja Jaakko Turkka
2012– 2013	Veli-Matti Ikävalko	-	Jane Laamanen, Annina Kari, Minja Lahdelma, Timo Jääskeläinen, Teemu Santavuori, Ilona Linnavuori, Juhani Lähde ja Terhi Korhonen
2013– 2014	Veli-Matti Ikävalko	Annina Kari	Annina Kari, Timo Jääskeläinen, Jane Laamanen, Matleena Hintsala, Fanny Bergström (nyk. Salonen), Timo Jääskeläinen, Juhani Lähde, Terhi Korhonen ja Katariina Tammi
2014– 2015	Veli-Matti Ikävalko	Jane Laamanen, Jaana Herranen	Fanny Bergström (nyk. Salonen), Timo Jääskeläinen, Minja Lahdelma, Tanja Luostari, Anna Palomäki, Toni Rantaniitty, Katariina Tammi, Jaakko Tuunanen, Sonja Martikainen ja Heidi Venho
2015– 2016	Veli-Matti Ikävalko	Sonja Martikainen (nyk. Saloriutta)	Fanny Bergström (nyk. Salonen), Pipsa Blomgren, Julia Halonen, Timo Jääskeläinen, Jaakko Karjalainen, Tanja Luostari, Essi Purhonen, Iisa Rautiainen, Katariina Tammi, Heidi Venho ja Henri Tunturi
2016– 2017	Sonja Martikainen (nyk. Saloriutta) ja Tanja Luostari	Heidi Venho	Pipsa Blomgren, Julia Halonen, Joonas Kontinen, Essi Purhonen, Iisa Rautiainen, Henri Tunturi, Jaakko Karjalainen, Toni Silvennoinen ja Noora-Kaisa Rantanen
2017– 2018	Pipsa Blomgren	-	Aukusti Koivu, Joonas Kontinen, Fanny Kytölä, Vilja Kämppi, Minja Lahdelma, Terhi Närhi, Iisa Rautiainen, Laura Saarinen, Veera Sinikallio ja Katariina Tammi
2018– 2019	Pipsa Blomgren	Iisa Rautiainen	Aukusti Koivu, Fanny Kytölä, Vilja Kämppi, Minja Lahdelma, Terhi Närhi, Laura Saarinen, Veera Sinikallio ja Katariina Tammi



## Liite 2. Yhteistyötahot ja rahoittajat

Kemianluokka Gadolinin rahoittamiseen Helsingin yliopiston tiedekasvatuksen ja kemian osaston lisäksi ovat osallistuneet seuraavat yhteistyötahot. **Pääsponsorina** on toiminut alusta asti Neste Oyj. Helsingin yliopiston matemaattis-luonnontieteellinen tiedekunnan kemian osasto on tarjonnut laboratoriotilan. Lisää kansallisia ja kansainvälisiä yhteistyötahoja toivotaan yhteistyöhön (ks. yhteystiedot [liite 1](#)).

### Yhdessä olemme enemmän! (LUMA-motto)

**Taulukko.** Yhteistyötahot ja rahoittajat.

Kausi	Sponsorit/rahoittajat	Laite- ja tuotetuki	Muut yhteistyötahot
2008— 2011	Päätukijat: Kemira Oyj Neste Oil Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: BASF Oy Borealis Polymers Oy Bruker Corporation Danisco Oy Kemianteollisuus ry Helsingin yliopiston kemian laitos Kemira Oyj OMG Kokkola Chemicals Oy Oy AGA Ab	Is-Vet Oy Laskentaväline Bruker Corporation VWR International Oy PLD Finland Oy BASF Oy Metrohm Nordic Oy PLD Finland Oy Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy VWR International Oy	Helsingin kaupunki, Opetusvirasto Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura, Kemianopetuksen jaosto MAOL ry Kemian opetuksen keskus Kemma Helsingin yliopiston farmasian tdk. Valtakunnallinen LUMA-keskus Koulut ja oppilaitokset Suomen Bioteollisuus ry FIB
2011— 2012	Päätukijat: Kemira Oyj Neste Oil Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: BASF Oy Borealis Polymers Oy Bruker Corporation Danisco Oy Kemianteollisuus ry Helsingin yliopiston kemian laitos UPM-Kymmene Oyj Oy AGA Ab	Epicur Group Oy Is-Vet Oy Laskentaväline VWR International Oy PLD Finland Oy Metrohm Nordic Oy Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy	Helsingin kaupunki, Opetusvirasto Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura, Kemianopetuksen jaosto MAOL ry Kemian opetuksen keskus Kemma Helsingin yliopiston farmasian tdk. Valtakunnallinen LUMA-keskus Koulut ja oppilaitokset Suomen Bioteollisuus ry FIB
2012— 2013	Päätukijat: Kemira Oyj Neste Oil Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: AGA Oy BASF Borealis Polymers Oy Bruker Corporation Kemianteollisuus ry Helsingin yliopiston kemian laitos UPM-Kymmene Oyj BASF Oy	Epicur Group Oy Is-Vet Oy Laskentaväline Bruker Corporation VWR International Oy PLD Finland Oy Metrohm Nordic Oy Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy	Helsingin kaupunki, Opetusvirasto Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura, Kemianopetuksen jaosto MAOL ry Kemian opetuksen keskus Kemma Helsingin yliopiston farmasian tdk. Valtakunnallinen LUMA-keskus Koulut ja oppilaitokset Suomen Bioteollisuus ry FIB

2013— 2014	Päätukijat: Kemira Oyj Neste Oil Oyj UPM-Kymmene Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: Oy AGA Ab BASF Oy Borealis Polymers Oy Bruker Corporation Kemianteollisuus ry	Epicur Group Oy IS-Vet Oy Laskentaväline Oy Metrohm Nordic Oy Miliot Science PLD Finland Oy Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy VWR International Oy	Helsingin kaupunki, Opetusvirasto Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura, Kemian opetuksen jaosto MAOL ry Kemian opetuksen keskus Kemma Helsingin yliopiston farmasian tdk. Valtakunnallinen LUMA-keskus Koulut ja oppilaitokset Suomen Bioteollisuus ry FIB
2014— 2015	Päätukijat: Kemira Oyj Neste Oil Oyj UPM-Kymmene Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: BASF Oy Borealis Polymers Oy Bruker Corporation Kemianteollisuus ry Oy AGA Ab	IS-Vet Oy Laskentaväline Oy Metrohm Nordic Oy Miliot Science PLD Finland Oy Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy VWR International Oy	Helsingin kaupunki, Opetusvirasto Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura, Kemian opetuksen jaosto MAOL ry Kemian opetuksen keskus Kemma Helsingin yliopiston farmasian tdk. Valtakunnallinen LUMA-keskus Koulut ja oppilaitokset
2015— 2016	Päätukijat: Kemira Oyj Neste Oyj UPM-Kymmene Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: BASF Oy Borealis Polymers Oy Bruker Corporation Kemianteollisuus ry Oy AGA Ab	IS-Vet Oy Laskentaväline Oy Metrohm Nordic Oy Miliot Science Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy VWR International Oy	Helsingin kaupunki, Opetusvirasto Kemia-lehti MAOL Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura ry, Kemian opetuksen jaosto Suomen Bioteollisuus ry FIB Kemian opetuksen keskus Kemma Helsingin yliopiston farmasian tdk. Valtakunnallinen LUMA-keskus
2016— 2017	Päätukijat: Kemira Oyj Neste Oil Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: BASF Oy Borealis Polymers Oy Kemianteollisuus ry Oy AGA Ab UPM-Kymmene Oyj	IS-Vet Oy Laskentaväline Oy Metrohm Nordic Oy Miliot Science Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy VWR International Oy	Helsingin kaupunki Kemia-lehti MAOL Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura ry, Kemian opetuksen jaosto Suomen Bioteollisuus ry FIB Kemian opetuksen keskus Kemma Helsingin yliopiston farmasian tdk. Valtakunnallinen LUMA-keskus
2017— 2018	Päätukija Neste Oyj Lisäksi toimintaa rahoittivat: BASF Oy Borealis Polymers Oy Kemianteollisuus ry Kemira Oyj Oy AGA Ab UPM-Kymmene Oyj	Is-Vet Oy Laskentaväline Oy Metrohm Nordic Oy Suomen 3M Oy Thermo Fisher Scientific Oy VWR International Oy	Helsingin kaupunki Kemia-lehti MAOL Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura ry, Kemian opetuksen jaosto Suomen Bioteollisuus ry FIB Valtakunnallinen LUMA-keskus
2018— 2019	Päätukija Neste Oyj Lisäksi toimintaa rahoittaa: BASF Oy Borealis Polymers Oy Kemianteollisuus ry Kemira Oyj Oy AGA Ab UPM-Kymmene Oyj	Is-Vet Oy Laskentaväline Oy Metrohm Nordic Oy Suomen 3M Oy Thermo Fisher ScientificOy VWR International Oy	Helsingin kaupunki Kemia-lehti MAOL Opetushallitus Suomalaisten Kemistien Seura ry, Kemian opetuksen jaosto Suomen Bioteollisuus ry FIB Valtakunnallinen LUMA-keskus

# NESTE

**kemira**

The Biofore Company



**UPM**

A Member of  
The Linde Group

**AGA**



 **BOREALIS**

**KEMIANTEOLLISUUS**

ISBN 978-951-51-4471-3  
UNIGRAFIA  
HELSINKI 2018