



Tampereen ammatillinen
opettajakorkeakoulu

Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Yliopisto-opetuksen kehittäminen

Tapausesimerkkinä Kemian ja biotekniikan laitos

Anna Kaksonen
Pauliina Nurmi

2008

Kaksonen, Anna; Nurmi, Pauliina

Yliopisto-opetuksen kehittäminen: tapausesimerkkinä
Kemian ja biotekniikan laitos
47 sivua + 49 liitesivua

Opettajankoulutuksen kehittämishanke

Tampereen ammatillinen opettajakorkeakoulu

Ryhmän opettaja Jukka Kurenniemi

Toukokuu 2008

Asiasanat yliopisto-opetus, opetuksen kehittäminen, teknillinen ala, oppimiskäsitykset

TIIVISTELMÄ

Rakennemuutoksen myötä Tampereen teknillisen yliopiston entiset Bio- ja ympäristötekniikan sekä Kemian laitokset yhdistyivät yhdeksi Kemian ja biotekniikan laitokseksi vuoden 2008 alussa. Tällöin havaittiin tarvetta tarkastella yhdistyneen laitoksen opetustarjontaa ja opettajien oppimiskäsitysten linjakkuutta sekä pohtia, miten opetusta voitaisiin kehittää. Tämän kehityshankkeen tavoitteena oli tunnistaa opintomateriaalien avulla uuden laitoksen tarjoamien opintojaksojen sisältöjen päällekkäisyyksiä, löytää mahdollisuuksia uusille yhteisesti järjestettävillä opintojaksoilla ja kehittää opintojaksoista muodostuvia kokonaisuuksia. Havaintojen pohjalta laadittiin kehittämisehdotuksia ja jatkokeskusteluita, joista keskusteltiin laitoksen opettajakunnan kesken. Lisäksi hankkeen tavoitteena oli kartoittaa sähköpostikyselyn avulla laitoksen opettajien oppimiskäsityksiä ja niiden vaikutuksia opetuksen toteuttamiseen käytännössä sekä opettajien pedagogisen taustan mahdollista vaikutusta oppimiskäsityksiin ja opetusmenetelmiin.

Oppimiskäsityskyselyn perusteella laitoksen opetukseen osallistuvat henkilöt pyrkivät opetuksessaan hyvin linjakkaasti opiskelijan näkökulman, yksilöllisyyden, motivaation ja vuorovaikutuksen huomioimiseen sekä käyttämään opetuksessaan hyvin monipuolisia ja vaihtelevia menetelmiä, joissa erityistä huomiota kiinnitetään opiskelijan aktiiviseen rooliin ja vastuuseen oppimisessa sekä käytännön harjoittelun ja kokeilemiseen. Opettajan pedagogisella koulutuksella havaittiin olevan yhteys opiskelijan aktiivisen roolin ja vastuun ymmärtämiseen. Opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisällöissä havaittiin yhtenevyyksiä ja yhteyksiä sekä asioiden esittämisjärjestyksissä ongelmallisuksia. Opintojaksojen vastuuhenkilöille ehdotettiin joitakin konkreettisia kehittämistoimia ja ennen kaikkea näiden mahdollisten kehittämistarpeiden tarkempaa tarkastelua. Pääosin ehdotuksista ja lähemmän tarkastelun tarpeesta oltiin opettajien taholla samaa mieltä. Hankkeessa tehtiin myös muutama ehdotus uusiksi yhteisesti järjestettäväksi opintojaksoiksi sekä ehdotuksia joidenkin pienten opintojaksojen järjestämistiheyden harventamiseksi. Jokin tai joitakin hankkeen havaintoja tullaan lähemmin tarkastelemaan ja kehittämissideoita viemään eteenpäin opetuksen kehittämisen jatkohankkeessa, johon yliopisto on jo myöntänyt rahoitusta.

Sisällysluettelo

1 TAUSTA.....	3
1.2 Opetus ja opettajuus yliopistossa.....	3
1.2 Opettajien käsitykset oppimisesta ja opettamisesta	3
1.3 Yliopistojen opetussuunnitelmatyö.....	7
1.3.1 Opetussuunnitelmatyön historiaa.....	7
1.3.2 Opetussuunnitelman määritelmä ja tasot	10
1.3.3 Opetussuunnitelmamallit	14
1.3.4 Opetussuunnitelman laatiminen.....	15
1.3.5 Ydinaineksen määrittely	16
2 HANKKEEN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET	18
2.1 Tampereen teknillinen yliopisto ja rakenneuudistus.....	18
2.2 Opetuksen kehittäminen TTY:llä.....	19
2.3 Opetuksen kehittäminen Kemian ja biotekniikan laitoksella.....	21
2.4 Hankkeen tavoitteet.....	22
3 HANKKEEN SUORITTAMINEN	23
4 TULOKSET	26
4.1 Oppimiskäsityskysely.....	26
4.2 Opintojen sisällöt	32
4.3 Ideoita uusiksi opintojaksoiksi.....	37
4.4. Pienet opintojaksot ja niiden järjestämistiheys	38
5 JOHTOPÄÄTÖKSET	42
LÄHTEET	44

LIITTEET

LIITE 1: Oppimiskäsityskysely

LIITE 2: Kysely opettajien pedagogisesta koulutuksesta

LIITE 3: Opintojaksojen sisällöt

LIITE 4: Opintojaksojen sisältöjen yhtenevyysmatriisi

LIITE 5: Opintojaksojen pakollisuus, valinnaisuus ja suositeltavuus eri opintokokonaisuuksissa

LIITE 6: Opintojaksojen ilmoittautumismäärät lukuvuosina 2005-2007

LIITE 7: Esimerkkejä esitietopuista

1 TAUSTA

1. 2 Opetus ja opettajuus yliopistossa

Nykypäivän yliopisto-opettajat ovat lähtökohdiltaan ja taustoiltaan hyvin erilaisia alansa asiantuntijoita, joilla ei ole yhteistä koulutustaustaa. Suuri osa yliopisto-opettajista on taustaltaan tutkijoita – onhan yliopistojen tehtäväksi laissakin määritelty *tutkimukseen* perustuvan ylimmän opetuksen antaminen (Yliopistolaki 65/97, 4 §). Yliopisto-opettajana toimiminen ei edellytä pedagogista pätevyyttä tai pedagogisia opintoja, mistä syystä oppimisen ja opetuksen teorian ja näkemykset ovat monelle vieraita. Muissa oppilaitoksissa annettuun opetukseen verrattuna yliopisto-opetukselle on tyypillistä kytkeytyminen vahvemmin tutkimukseen perustuvaan asiantuntijuuteen kuin pedagogisiin taitoihin. (Poikela & Öystilä 2001, 5; Junes 2003, 35; Lehto 2001, 25; Lindblom-Ylänne 2006b.) Kaiken opetuksen taustalla vaikuttaa kuitenkin jonkinlainen, vaikkakin yliopisto-opetuksessa usein tiedostamaton, käsitys oppimisesta. Yliopisto-opettajille saattaa olla tyypillistä oman koulutushistoriansa aikana opituissa opetusmenetelmissä pitäytyminen, koska heillä ei ole pedagogisten opintojen myötä saatua tietoa erilaisista opetusmenetelmistä ja uusista oppimiskäytännöistä. Vaikka yliopisto-opettajat tunnistaisivatkin uusien oppimismenetelmien hyvät puolet ja mahdollisuudet, heillä ei välttämättä ole pedagogisen koulutuksen puuttuessa keinoja hyödyntää uusia menetelmiä käytännössä (Piekkari & Repo-Kaarento 2002, 309).

Yliopisto-oppimista ja -opettamista on tutkittu jo pitkään, mutta tieteenalana yliopistopedagogiikka on vielä varsin nuori. Helsingin yliopiston kasvatustieteen laitokselle perustettiin syksyllä 2002 ensimmäinen yliopistopedagogiikan tutkimus- ja kehittämissyksikkö ja Suomen ensimmäinen yliopistopedagogiikan professuuri perustettiin Helsingin yliopistoon. (Lindblom-Ylänne 2006a.)

1.2 Opettajien käsitykset oppimisesta ja opettamisesta

Oppimiskäsityksellä tarkoitamme Nevgin ja Lindblom-Ylänteen (2002, 82) määritelmän mukaisesti yksilön, tässä tapauksessa opettajan, omaa henkilökohtaista käsi-

tystä siitä, mitä oppiminen on. Tähän liittyy kiinteästi opettajan opettamiskäsitys eli käsitys siitä, mitä opettaminen on. Oppimista on vaikea määritellä, koska laajimmillaan tulkittuna kaikkia kokemuksiamme ja ajattelumme muutoksia voidaan ajatella oppimisena (Lindblom-Ylänne, Nevgi & Kaivola 2002, 67). Opettajan opetustoiminnan perustana ovat kuitenkin aina hänen käsityksensä oppimisesta ja opettamisesta, ja opettajat omaksuvat omia käsityksiään tukevan lähestymistavan opetukseensa (Lindblom-Ylänne, Nevgi & Kaivola 2002, 68).

Oppimis- ja opettamiskäsitysten henkilökohtaisen luonteen takia jokaisen opettajan käsitykset ovat ainutlaatuisia yhdistelmiä erilaisia kokemuksia, tulkintoja ja painotuksia, mutta yleisellä tasolla keskeisiä oppimis- ja opettamiskäsityksiä voidaan pyrkiä luokittelemaan eri tavoin. Lindblom-Ylänne, Nevgi & Kaivola (2002, 68) esittelevät kolme erilaista Ramsdenin tunnistamaa yliopisto-opettajan oppimiskäsitysten päätyyppiä: (1) opettaminen tiedon kertomisena ja välittämisenä, (2) opettaminen opiskelijan oppimis- ja opiskelutoiminnan organisointina ja (3) opettaminen oppimisen mahdollistajana ja oppimisympäristön rakentajana. Nämä tyypit kuvaavat lähinnä sitä, miten opettajat ymmärtävät oman roolinsa opetustapahtumassa.

Lindblom-Ylänne, Nevgi & Kaivola (2002, 69) esittelevät myös Prosserin ja Trigwellin opettamiskäsitysten jaottelun, joka perustuu enemmän tiedon syntymisprosessiin opiskelijan mielessä. Prosserin ja Trigwellin kuusi opettamiskäsitysten kategoriata ovat: (1) opettaminen on tiedon siirtämistä, (2) opettaminen on opettajan tiedon välittämistä, (3) opettaminen on opiskelijan auttamista tiedon vastaanottamisessa, (4) opettaminen on opiskelijan auttamista opettajan tiedon omaksumisessa, (5) opettaminen on opiskelijan auttamista tiedon kehittämisessä ja (6) opettaminen on opiskelijan auttamista käsitysten muuttamisessa. Opettajien oppimiskäsitykset Prosser ja Trigwell puolestaan jaottelevat viiteen eri kategoriaan: (1) oppiminen on tiedon lisääntymistä ulkoisten vaatimusten täyttämiseksi, (2) oppiminen on tiedon hankkimista ulkoisten vaatimusten täyttämiseksi, (3) oppiminen on tiedon hankkimista sisäisten vaatimusten täyttämiseksi, (4) oppiminen on merkityksen syvenemistä sisäisten vaatimusten täyttämiseksi ja (5) oppiminen on käsitteellistä muutosta sisäisten täyttämiseksi. (Lindblom-Ylänne, Nevgi & Kaivola 2002, 69–72.)

Käsityksiä oppimisesta ja opettamisesta voidaan luokitella myös perustuen siihen, minkälaisen käsityksen opettajat muodostavat oppimistilanteesta. Tästä näkökulmasta opettajien lähestymistavoista voidaan tunnistaa kaksi pääluokkaa: opiskelijakeskeinen ja opettajakeskeinen lähestymistapa. Opiskelijakeskeisessä lähestymistavassa lähtökohtana on opiskelijoiden näkökulma ja tavoitteena on opiskelijoiden käsitysten ja näkemysten laadullinen muuttuminen. Opettajakeskeisessä lähestymistavassa lähtökohtana ovat puolestaan opettajat omat näkemykset ja tavoitteena on enemmänkin opettajan oman tietämyksen siirtäminen opiskelijoille. (Lindblom-Ylänne, Nevgi & Kaivola 2002, 76.)

Toisaalta opettajien näkemyksiä oppimisesta ja opettamisesta voidaan tarkastella myös oppimisenäkemyksen kautta. Oppimisenäkemyksen Nevgi ja Lindblom-Ylänne (2002, 82) määrittelevät tieteelliseksi teoriaksi, jolla selitetään oppimista ja joka pohjautuu tieteelliseen tutkimukseen. Myös oppimisenäkemyksen joukko on suuri, ja niitä on luokiteltu hyvin monin eri tavoin. Taulukossa 1 on yhteenveto joistakin keskeisimmistä ja eniten opetukseen vaikuttaneista oppimiskäsityksistä. Taulukon luokittelu on vain yksi monista erilaisista tavoista luokitella oppimisenäkemyksiä.

Suomessa opettajien oppimis- ja opettamiskäsityksiä on tutkittu laajimmin Helsingin yliopiston Yliopistopedagogiikan tutkimus- ja kehittämissyksikössä. Postareff ja Lindblom-Ylänne ovat tutkineet Helsingin yliopiston opettajien lähestymistapoja ja haastattelivat eräässä tutkimuksessa (Postareff ja Lindblom-Ylänne 2008) noin kahdeksankymmentä opettajaa eri tiedekunnista. Tutkimuksessa erottui kaksi laadullisesti erilaista opetuksellista lähestymistapaa: sisältölähtöinen ja oppimislähtöinen lähestymistapa. Sisältölähtöisessä lähestymistavassa opettajan tavoitteena on ennen kaikkea opetuksen sisältöjen välittäminen. Sisältölähtöiselle opettajalle oma asiantuntijarooli on merkityksellisin. Oppimislähtöisessä lähestymistavassa opettajan tavoitteena on edistää opiskelijoiden oppimista muun muassa vuorovaikutteisuuden avulla. Tutkimuksen mukaan sisältölähtöinen lähestymistapa on staattisempi eli opettaminen tapahtuu useimmiten samalla tavalla kaikilla kurseilla. Oppimislähtöinen lähestymistapa on puolestaan dynaamisempi eli opettaja vaihtelee opettamistapaansa riippuen kurssisisällöistä, opiskelijaryhmästä ja oppimisympäristöstä. (Postareff ja Lindblom-Ylänne 2008.) Lindblom-Ylänne (2006b) mukaan oppimislähtöisyyden edistäminen on tärkeää kaikilla koulutustasoilla, koska opettajan oppimislä-

töisen opettajan opiskelijat näyttävät omaksuvan syväsuuntautuneen lähestymistavan useammin kuin sisältölähtöisen opettajan opiskelijat.

Taulukko 1. Keskeisten oppimisenäkemyksen ulottuvuuksia (Kember 1997; suomenkieliset termit Nevgi & Lindblom-Ylänne 2002)

	Tiedon jakaminen	Jäsennellyn tiedon välittäminen	Opettajan ja opiskelijan vuorovaikutus	Ymmärtämiseen auttaminen ja tukeminen	Käsitteellinen muutos
Oppimisenäkemys	Behaviorismi	Kognitiiviset näkemykset	Humanismi	Konstruktivismi	Sosiokonstruktivismi
Opettajan rooli	Tiedon valmistelija ja jakaja	Tiedon jäsentäjä ja välittäjä	Ohjaaja ja valmentaja	Auttaja ja opastaja	Muutosagentti ja kehityksen alkuunpanija, edelläkävijä
Opetus	Tiedonvälitystä	Tiedollisen ristiriidan herättäminen ja oppimisprosessia loogisesti tukeva jäsenneily esitys	Vuorovaikutuksellinen, keskusteleva prosessi	Prosessimaista opetusta, jossa tavoitteena oppijoiden oppimisen tukeminen	Kehittävää, suuntaa näyttävää ja lähekköityksen vyöhykkeelle ohjaavaa opetusta
Opiskelijan rooli	Passiivinen vastaanottaja	Vastaanottaja, aktiivinen kokeilija	Osallistuja	Opiskelija vastaa omasta oppimisestaan	Opiskelija osallistuu yhteiseen oppimisprosessiin ja vastaa myös muiden oppimisesta
Sisältö	Sisältö on määritetty etukäteen opetus-suunnitelmassa	Opettaja organisoii ja jäsentää opetus-suunnitelmissa kuvattun sisällön opetusta varten	Opettaja etsii ja valitsee sisällöt oman asiantuntemuksensa pohjalta	Sisällön määrittävät ja sopivat opettaja ja opiskelija yhdessä	Opiskelijan itse määrittämä ja muodostama, muuttuva sisältö
Tieto	Opettajan omistama tieto, tieto siirtyy opiskelijalle	Opettajan omistama tieto, opiskelija saa tiedon oivaltamalla ja soveltamalla	Opettajan omistama tieto, jonka opiskelija löytää	Opiskelija rakentaa itse oman tietonsa	Sosiaalisesti yhdessä muiden kanssa konstruoitu tieto

1.3 Yliopistojen opetussuunnitelmatyö

Opetussuunnitelma tarkoittaa opetuksen etukäteissuunnittelua. Opetussuunnitelma on koulutusta, opetusta, opiskelua ja oppimista ohjaava ja määrittävä toimintasuunnitelma. Opiskelijan näkökulmasta opetussuunnitelma tarkoittaa oppimiskokemuksia tarjoavien tilanteiden etukäteissuunnittelua. (Karjalainen et al. 2003a, 26.)

Opetussuunnitelma on opetuksen ja opintojen suunnittelun väline. Sen avulla opetuksesta muodostetaan hallittu ja ehjä kokonaisuus, poistetaan päällekkäisyyksiä sekä osoitetaan eri opintojen välisiä yhteyksiä. Opetussuunnitelmaa kehitetään opetuksen jatkuvan arvioinnin avulla. (Karjalainen 2003a, kansi.)

1.3.1 Opetussuunnitelmatyön historiaa

Yliopistojen opetussuunnitelmien historiallisen perustan on ajateltu olevan antiikin Kreikan seitsemässä vapaassa taiteessa, jotka jaoteltiin triviumiin (grammatiikka, retoriikka ja dialektiikka) ja quadriviumiin (aritmetiikka, geometria, astronomia ja musiikki). Länsi-Euroopan yliopistojen tutkintorakenteeksi vakiintui ensimmäisinä vuosisatoina malli, jossa aluksi opiskeltiin filosofisessa tiedekunnassa noin 5-6 vuoden perustutkinto, jonka jälkeen siirryttiin joko lainopilliseen, teologiseen tai lääketieteelliseen tiedekuntaan opintoja jatkamaan. Perustutkinto koostui pääosin Aristoteleen opeista, Raamatusta ja vapaista taiteista. Tieteiden kehityksen ja eriytymisen myötä oppiaineiden määrä kasvoi ja myös oppisisällöt kehittyivät vähitellen tieteenalojen mukaisesti. Klassinen yliopisto rakentui yksittäisten opettajien, suvereenien tietäjien ja opin mestareiden ympärille. Opetusohjelma koostui opettajista, ei niinkään oppikursseista. Opettajien yhteistyö ei ollut oleellista vaan tärkeää oli erilaisuus ja näkemysten runsaus. (Karjalainen 2003b, 14.)

1700-luvulla valistusaika toi uusia aineksia opetussuunnitelmatyöhön. Tällöin Euroopassa käytiin kriittistä keskustelua siitä, mitä yliopistossa tulisi tai kannattaisi opettaa. Yleissivistyksen sijaan vaadittiin hyödyllisyyttä ja käytännöllisyyttä. Turun akatemiassa alettiin uudistuskeskustelun seurauksena vaatia, että opettajien tulee laatia kanslerille ja konsistorille niin sanottu luentoilmoitus, jossa raportoitiin opetuksen aihe ja kuulijat. (Karjalainen 2003b, 14-15.)

Hyödyllisyys ja käytännönläheisyys saivat 1800-luvulla teoreettisen perustelun pragmaattisesta filosofiasta ja sitä tukemassa oli myös englantilaisella kielialueella kehittynyt akateeminen curriculum-perinne. Opetussuunnitelma on pohjois-amerikkalaisessa, englantilaisessa ja australialaisessa kirjallisuudessa yleensä ymmärretty kokonaisuutta ja oppiaineiden yhteyksiä rakentavaksi välineeksi puhtaan oppiaineperusteisuuden sijaan. (Karjalainen 2003b, 15.)

Manner-Euroopassa valistuksen hyötyajattelu nähtiin yliopisto-opetusta kapeuttavana ja sivistystä uhkaavana tekijänä. Saksalaisen idealismin valtavirrassa idea yliopisto-opetuksen hyödystä kehittyi universalistiseen suuntaan. Yliopisto-opetuksen tuli palvella koko ihmiskuntaa ja yleistä hengen kehitystä eikä minkään historiallisen suppean intressiryhmän hyötyä. Yliopiston tuli siten olla kirkon ja valtion tavoin autonominen myös talouselämän suuntaan. 1800-luvulla Humboltin kiteyttämä sivistysyliopistoajatus oli kriittinen sekä klassista yleissivistävää yliopistoa että ahdasta hyöty-yliopistoa kohtaan. Opetuksen sisältöjen pohjana tuli olla uusin tutkimustieto ja yliopiston tehtäväksi nähtiin ihmiskunnan tieteellinen sivistäminen. (Karjalainen 2003b, 16.)

Suomalainen yliopistokeskustelu ja opetussuunnitelman kehittäminen seurasi pienellä viiveellä eurooppalaisia teemoja, etenkin saksalaista perinnettä. Opetussuunnitelman käsitettä ei käytetty vaan sen sijaan puhuttiin tutkinnon tai tutkintovaatimusten uudistamisesta. Vuonna 1852 Suomessa tehtiin merkittävä tutkinnonuudistus, jonka pohjana oli sivistisyliopistoajattelu. (Karjalainen 2003b, 16.) Uudistuksen yhteydessä toteutettiin filosofisen tiedekunnan kahtiajako historiallis-kielitieteelliseen ja matemaattis-luonnontieteelliseen tiedekuntaan. Kandidaatin tutkinnon oppiaineiden lukumäärä putosi kolmestatoista yleissivistävästä oppiaineesta viiteen tiedepohjaiseen aineeseen. Entiset opiskelijan osaamisen tasoa kuvanneet arvosanat (approbatur, cumlaude ja laudatur) alkoivat kehittyä oppisisältöjen vaativuudesta kertoviksi otsikoiksi. Tutkinnoille määriteltiin myös kolmesta oppiaineesta muodostuva pakollinen ydin, joka esimerkiksi luonnontieteissä koostui matematiikasta, fysiikasta ja kemiasta. (Karjalainen 2003b, 17.)

1850-luvun uudistuksesta alkaen yli sadan vuoden ajan suomalainen yliopistokoulutus koostui useimmilla aloilla erillisten arvosanojen suorittamisesta. Perinteisessä arvosanaopintoja tarjoavassa yliopistossa ei ollut opetussuunnitelmaa. Tutkinnon sisällöllistä mielekkyyttä ja tiedollista kokonaisuutta ei yliopiston toimesta yritetty yleensä määritellä, vaan se jätettiin opiskelijan akateemisen vapauden varaan. (Karjalainen 2003b, 17.) Ongelmana oli muun muassa eri aineiden arvosanojen oppiaineiden määrän ja laadun täydellinen yhteismitattomuus (Karjalainen 2003b, 18).

1970-luvun tutkintouudistuksen myötä suomalaiseen yliopistoon laadittiin ensimmäiset opetussuunnitelmat. Yliopisto-opinnot rakennettiin koulutusohjelmiksi, jotka koostuivat yleis-, aine- ja syventävistä opinnoista. Koulutusohjelmien tehtäviksi nähtiin yhdistää tieteellisteoreettiseen yleiskoulutukseen ammatillista sovellettavuutta, yhteiskunnallista kriittisyyttä ja monitieteistä ongelmanratkaisukykyä. Uudistuksen myötä keksittiin myös tapa määritellä opintojen yhteismitallisuutta niihin käytettävän ajan (opintoviikkojen) funktiona. (Karjalainen 2003b, 18) Opintoviikkoina määriteltävän tutkinnon laajuuden (160 tai 180 ov) uskottiin turvaavan opintojen yhteismitallisuuden. Lisäksi ajateltiin, että arvosanaottelun poistuminen lopettaisi vanhaan oppiaineautonomiaan pohjautuvan tiedon pyhittämisen, ja tavoitteiden tarkka määrittely auttaisi erottamaan oleellisen epäoleellisesta. Käytännössä yleis-, aine- ja syventävistä opinnoista tuli kuitenkin vain vanhojen arvosanaopintojen uusia kuoria. Sisällöllisen kehittämisen sijaan käytiin uuvuttavaa keskustelua opintokokonaisuuksien tavoitelauselmien yksityiskohdista. Oppisisällöt paisuivat entisestään ja kokonaisuudet peittyivät loputtomien yksityiskohtien kerrostumien alle. 1970-luvun tutkintouudistuksen vaikutus heikkeni edelleen 1990-luvulla, kun koulutusohjelmasta opetuksen suunnittelun kattokäsitteenä luovuttiin ja monet yliopistot palasivat vanhoihin arvosanakäsitteisiin. (Karjalainen 2003b, 19.)

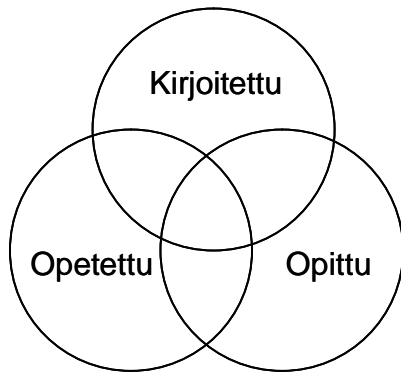
2000-luvun tutkintouudistuksessa suomalaisen yliopistokoulutuksen suunnittelun ohjaimeksi nousi kansainvälinen koulutusmalli ja koulutusyhteistyö etenkin Euroopan alueella. Vuodesta 2005 alkaen yliopistot ovat soveltaneet yleiseurooppalaista kaksiportaista (3+2) tutkintomallia. Uudistuksen myötä opintoviikkojärjestelmästä siirryttiin opintopistejärjestelmään. Samassa yhteydessä opintojen ydinaines määriteltiin ja opinnot mitoitettiin uudelleen siten, että opiskelijat todella voisivat täysipäiväisesti opiskellen valmistua määräajassa. (Karjalainen 2003b, 20.) Tutkintora-

kennetyöryhmän mietinnössä selkeäsanaisesti rohkaistaan yliopistoja kehittämään tutkintojen opetussuunnitelmia (Yliopistojen tutkintorakenteen kehittämistyöryhmä 2002, 28-29; Karjalainen 2003b, 20).

1.3.2 Opetussuunnitelman määritelmä ja tasot

1970-luvun tutkintouudistuksen myötä määriteltiin yliopiston opetussuunnitelma niin, että siitä tuli ilmetä opintojen yleiset tavoitteet, sisällöt, opetus- ja työ- ja suoritustemuodot sekä niiden ajoitus ja vuosittain annettava opetus. Tavoitteet toivottiin eriytettävän sekä tieteellisille että ammatillisille valmiuksille. (Karjalainen et al. 2003a, 27.) 2000-luvun tutkintouudistuksen yhteydessä opetussuunnitelma määriteltiin seuraavasti: ”Opetussuunnitelma on opetuksen ja opintojen suunnittelun väline. Sen avulla opetuksesta muodostetaan hallittu ja ehjä kokonaisuus. Opetussuunnitelmassa nimetään tutkintoon johtavan koulutuksen opintojaksot ja opintokokonaisuudet tavoitteineen, määritellään opintojen laajuus ja ydinaines sekä rakennetaan opintojaksojen väliset yhteydet ja peräkkäisyydet kumuloituvan oppimisen edellyttämällä tavalla. Opetussuunnitelmassa kuvataan myös käytetyt opetusmenetelmät ja oppimisen arvioinnin muodot. Opetussuunnitelmassa tuodaan näkyviin opiskelijan opintopolku ja luodaan puitteet opintojen esteettömälle etenemiselle. Hyvin tehty opetussuunnitelma mahdollistaa opintojen etenemisesteiden ennakoinnin, ja se luo myös puitteet henkilökohtaisen opetussuunnitelman onnistuneelle laatimiselle.” (Yliopistojen tutkintorakenteen kehittämistyöryhmä 2002, 28.)

Opetussuunnitelman käsitteessä voidaan erottaa kolme ulottuvuutta: kirjoitettu opetussuunnitelma, opetettu opetussuunnitelma ja opittu opetussuunnitelma (kuvio 1). Kirjoitetun opetussuunnitelman fyysinen ilmentymä on opinto-opas. Käytännössä toteutettu opetus usein jonkin verran poikkeaa kirjoitetusta opetussuunnitelmasta. Opetuksesta ei myöskään suoraan seuraa oppiminen, vaan opiskelija ymmärtää saamansa opetuksen sisällön vaihtelevasti, yksilöllisesti tai toisin kuin opettaja on asian ajatellut. (Karjalainen et al. 2003a, 28–29.)



Kuvio 1. Opetussuunnitelman ulottuvuudet (Karjalainen et al. 2003a, 29)

Opetussuunnitelmaa laadittaessa ja kehitettäessä voidaan erottaa erilaisia toiminnallisia (opiskelija, opettaja, yliopisto, koulutusjärjestelmä) ja teoreettisia (tieteellinen, pedagoginen) tasoja, joita on kuvattu taulukossa 2 (Karjalainen et al. 2003a, 30, 46). Opiskelijalle opintosuunnitelma tarkoittaa opinto-opasta tai sen pohjalta laadittua henkilökohtaista opintosuunnitelmaa sekä opintopolkua. Opintopolku tarkoittaa suunniteltua, toteutunutta ja koettua opintojen etenemisen ja oppimiskokemusten prosessia. (Karjalainen et al. 2003a, 30–31.)

Taulukko 2. opetussuunnitelman tasoja (Karjalainen et al. 2003a, 46)

Opetussuunnitelman tasot	Opiskelija	Opettaja	Yliopisto	Koulutusjärjestelmä
Tieteellinen	Kuinka opiskelijan kasvu tieteeseen todellistuu? Millainen tieteellinen taso opiskelijan oppimistuloksina todellistuu?	Kuinka opettajan tutkimuksellinen erityisosaaminen pystytään hyödyntämään opetussuunnitelmassa?	Kuinka yliopiston tiedekunnat ja laitokset osaavat varmistaa oppimistuloksina ilmenevän opetuksen todellisen tieteellisen tason?	Kuinka valtiollinen sääätely edesauttaa ja varmistaa yliopisto-opetuksen tieteellisen kilpailukyvyyn säilymisen ja kehittymisen?
Pedagoginen	Mitä hyötyä opetussuunnitelmasta on opiskelijalle? Ymmärtääkö hän opinto-opasta? Millainen merkitys on henkilökohtaisella opintosuunnitelmalla?	Mitä hyötyä opetussuunnitelmasta on opettajalle ja opettajien yhteistyölle?	Toimiiko opetussuunnitelma positiivisena viestinä opetussellisesta osaamisesta ja opetuksen johtamisen välineenä?	Kuinka valtiollinen sääätely ja ohjaus edesauttaa yliopistojen opetussuunnitelmatyön kehittymistä?

Opettajalle kirjoitetun opetussuunnitelman tulisi olla oman opetuksen paikantamisen ja toteuttamisen apuväline. Yliopisto-opetuksen käytännössä opetussuunnitelma on usein kuitenkin merkinnyt opettajan omaa opetussuunnittelua ja opetusta. Perinteisessä yliopisto-opetuksen toimintamallissa opettajalla on hyvä tuntemus ainoastaan omasta opetuksestaan. Hän tietää vastuullaan olevat opintojaksot tai -kokonaisuudet, ja hoitaa niihin liittyvän opetuksen parhaimman taitonsa mukaan. Opetuksen suunnitelmallisuus rajoittuu siten usein vain opettajan omaan vaikutuspiiriin. (Karjalainen et al. 2003a, 33.) Opettajan persoonallinen työote ja kulttuuritausta täsmentää ja rajaa opetussuunnitelmaa hänen antamansa opetuksen osalta sekä sisällöllisesti että pedagogisesti. Samannimiset kurssit saattavat saada hyvinkin toisenlaisen sisällön eri kulttuurialueilla tai eri kulttuuritaustaisten opettajien käsissä. (Karjalainen et al. 2003a, 34.) Opetussuunnitelmalla on opettajalle enemmän annettavaa, kun sitä käytetään opetuksellisen yhteistyön välineenä. Opetussuunnitelma kertoo opettajalle oman opetuksen ja erityisosaamisen suhteen koulutuksen kokonaisuuteen. Se on opettajalle väline integroida oma opintojakso sitä edeltäviin ja jatkaviin opintoihin. Sen kautta määrittyvät opettajien keskinäiset yhteistyötarpeet, ja oma opetustyö linkittyy toisten opettajien työhön. (Karjalainen et al. 2003a, 36.)

Yliopistot ovat opetussuunnitelman laatimisessa erittäin autonomisia. Suomen yliopistoissa opetussuunnitelmat koostuvat yhden tai useamman laitoksen laatimista koulutusohjelmista tai niihin rinnastettavista kokonaisuuksista, jotka suunnitellaan tietyn tutkinnon suorittamista varten. Yliopiston hallintakäytänteistä riippuu kuinka usein opetussuunnitelmaa tarkistetaan, missä elimissä suunnitelmat käsitellään ja vahvistetaan, ja kuinka niiden laatiminen organisoidaan. Opetussuunnitelmaa on usein nimitetty opinto-oppaaksi, opetusohjelmaksi tai tutkintovaatimuksiksi. (Karjalainen et al. 2003a, 36.) Hyvä opetussuunnitelma on positiivinen viesti erilaisille sidosryhmille, ja se toimii esittelymateriaalina opiskelijarekrytoinnissa. Opetussuunnitelman laadintaprosessi voi myös olla opiskelijoiden, opettajien, hallintohenkilöiden ja yliopiston ulkopuolisten intressipiirien vuorovaikutuksen väline. (Karjalainen et al. 2003a, 37.)

Valtakunnallisella koulutusjärjestelmän tasolla akateemisen opetussuunnitelman kehyksen luo valtioneuvoston tutkintoasetus. Syksyyn 2005 asti maamme yliopistoja varten oli säädetty 19 tutkintoasetusta. Tämän jälkeen voimassa on vain yksi kaikkia

yliopistoja koskeva tutkintoasetus. Tutkintoasetusta voidaan pitää valtakunnallisena yliopistojen (meta)opetussuunnitelmana, sillä siinä säädetään yleisellä tasolla tutkin-
tojen rakenteet, tieteelliset tavoitteet sekä opintojen mitoitus. Yksittäiset yliopistot
laativat opetussuunnitelmansa valtakunnallisen tutkintorakenteen pohjalta asetusta
noudattaen. (Karjalainen et al. 2003a, 38.)

Opetussuunnitelman tieteellinen taso on teoreettinen ulottuvuus, joka läpäisee kaikki
edellä mainitut toiminnan tasot. Korkeimman (yliopisto-) opetuksen on määritelty
olevan tieteellistä ja tutkimuksen pohjautuvaa. (Karjalainen et al. 2003a, 40.) Karja-
laisen et al. mukaan (Karjalainen et al. 2003a, 41) julkilausumaton tieteellisen tason
kriteeri suomalaisissa yliopistoissa lienee ollut tutkinnon tietosisältöjen määrä. Tie-
teen kehitykseen on reagoitu lisäämällä opetussuunnitelmiin uutta tietoa, mutta van-
haa ainesta ei ole uskallettu poistaa, koska tällöin tieteellinen taso heikkenisi. Op-
piaineksen lisäämisestä on ollut seurauksena oppimisvaikeuksien lisääntyminen.
Toinen tieteellisyyden peruste on ollut opettajien koulutustaso. Tällaiset perusteet
ovat kuitenkin toissijaisia, jos on kysymys siitä, miten opiskelija omaksuu tieteelli-
sen ajattelun ja saavuttaa tieteellisen toimintakyvyn. Tietosisällöt ja opettajien op-
piarvot eivät pelkällä olemassaolollaan muutu opiskelijan oppimistuloksiksi. (Karja-
lainen et al. 2003a, 41.) Tieteellisen tason voi ratkaista ainoastaan se, kuinka hyvin
opiskelija kasvaa tieteen tekijäksi ja tiedon ymmärtäjäksi opiskelunsa aikana. Karja-
laisen et al. (2003a, 41–42) mukaan opiskelijan tieteellinen kasvu todellistuu, kun
hän ymmärtää tieteellisen ajattelutavan ja maailmankuvan, tieteelliset menetelmät,
tieteen historian, tieteen etiikan ja tieteenalan uusimman tiedon. Tiedettä opitaan
etenkin itse tutkimalla oman tutkimustyön kautta. Tieteellisen toiminnan keskeinen
tukipilari on kriittisen ja itsekriittisen ajattelutavan omaksuminen. (Karjalainen et al.
2003a, 42.)

Opetussuunnitelman pedagoginen taso on tieteellisen tason ohella toinen kaikki toi-
mijatasot läpäisevä teoreettinen ulottuvuus. Sen esittämä kysymys on ”miksi opetus-
suunnitelmia ylipäänsä tehdään?” Pedagogisesti korkeatasoisen yliopiston opetus-
suunnitelman tunnistaa siitä, että se on tietoisesti ja huolellisesti tehty turvaamaan
tieteellisen oppimisen laatu ja syvyys. Siinä kuvataan opiskelijan tieteellisen kehi-
tyksen ja kasvun kokonaisuus. Oppimiseen vaikutetaan osaamistavoitteilla, oppisi-
sällöillä sekä opetus- ja suoritusten menetelmillä. Hyvässä opetussuunnitelmassa nämä

elementit muodostavat harkitun ja loogisen kokonaisuuden. (Karjalainen et al. 2003a, 43.)

1.3.3 Opetussuunnitelmamallit

Käsite opetussuunnitelmamalli tarkoittaa opetussuunnitelmien luokittelua niiden yleisten rakenteellisten ominaisuuksien perusteella. Perinteinen yliopistoissa sovellettu malli on oppiainejakoinen opintojaksoperusteinen opintosuunnitelma, jossa tutkintoon johtavat opinnot luetellaan oppiaineittain opintokursseina ja opintooppaaseen kirjataan kurssien sisältökuvaukset tai pelkät otsakkeet. Oppikursseja kokoavana periaatteena voi olla jokin oppiaineen sisäinen luokittelu, esimerkiksi aiemmat arvosanakokonaisuudet (A, CL ja L) tai luokittelu, jossa kokonaisuudet saattavat olla myös monitieteisiä, mikä on mahdollista erottelussa perus-, aine- ja syventäviin opintoihin. (Karjalainen et al. 2003a, 50.)

Moduulimallissa opintojaksot kootaan yhteen pakollisiksi tai valinnaisiksi osakokonaisuuksiksi. Jokainen moduuli muodostaa yhtenäisen osaamisalueen, joka tulee suorittaa kokonaisuutena. Moduulien sisällä kursseille on yleensä mielekästä määritellä myös pakollinen tai suositeltava suoritusjärjestys. Moduuliperusteinen opetussuunnitelma on pedagogiselta tasoltaan opintojaksoperusteista opetussuunnitelmaa korkeatasoisempi, sillä yksittäisten opintojaksojen tietoinen ja harkittu kytkeminen laajemmiksi osaamisalueiksi auttaa opiskelijaa kokonaisuuksien hallinnassa ja ohjaamisen ymmärtävään oppimiseen. (Karjalainen et al. 2003a, 51.) Teknillisissä yliopistoissa on yleisesti sovellettu moduulimallia (Karjalainen et al. 2003a, 55).

Juonneperusteisessa opetussuunnitelmassa opintokokonaisuuksia ei määritellä yksittäisinä opintojaksoina tai osaamisalueina vaan läpi tutkinnon (tai läpi tutkinnon osan) kulkevinä monitieteisinä tai useista oppiaineista koostuvina asiantuntijuuden ydinkokonaisuuksina. Juonnemalli on käytössä erityisesti ongelmakeskeisessä opetuksessa, jossa juonteiden sisällöt kuvataan ongelmina. Juonneopetussuunnitelmasta käytetään joskus nimitystä matriisiopetussuunnitelma, joka tarkoittaa opetussuunnitelman kuvaamista taulukkona siten, että vaakariveillä nimetään juonteet ja pystyriiveillä sisällölliset ongelmat tai oppikurssit, joilla juonteen oppimista edistetään. (Karjalainen et al. 2003a, 52.)

Opetussuunnitelmakehyksenä voi käyttää myös niin sanottua blokki-mallia, joka muistuttaa joltakin osin moduulimallia. Blokki-mallissa lukukauden opinnoista tehdään kiinteä kokonaisuus, joka suoritetaan ohjatusti. Opiskelijat etenevät yhtenäisenä ryhmänä ja opinnot edistyvät lukukauden mittaisissa paketeissa. Tietyn blokin aikana opiskelija ei voi suorittaa mitään muita tai ylimääräisiä opintoja. Valinnaisuus toteutetaan valinnaisille opinnoille varattujen lukukausien avulla. (Karjalainen et al. 2003a, 53.)

Juonne- ja blokkimallit poistavat oppikurssien ajallisen päällekkäisyyden, sillä opiskelijat eivät tee yhtä aikaa muita kuin heille suunniteltuja opintoja. Perinteinen opintojaksoperusteinen malli on puolestaan opiskelijan kannalta vapain, mutta siihen sisältyy myös täydellisen koordinoimattomuuden uhka opiskelijan valitessa opintojaksoja eri laitosten tarjonnasta. Erilaisia opetussuunnitelmamalleja voidaan myös yhdistellä. (Karjalainen et al. 2003a, 53–54.)

Angloamerikkalaisella kielialueella on puhuttu yliopisto-opetuksen piirissä myös ydinosamiseen pohjautuvasta opetussuunnitelmasta, core curriculumista, ikään kuin omana opetussuunnitelmamallinaan. Core curriculum tarkoittaa eri oppiaineita yhdistelevää (integroivaa) opetussuunnitelmaa, jossa pyritään määrittelemään tutkinnon tasolla tietty kaikille pakollinen oppisisältö. Core curriculum ei kuitenkaan ole verrattavissa edellä kuvattuihin rakennemalleihin, vaan se on pikemminkin opetussuunnitelman sisältöjen määrittelyn periaate. (Karjalainen et al. 2003a, 54.)

1.3.4 Opetussuunnitelman laatiminen

Pelkistetyimmillään opetussuunnitelman laatiminen on suomalaisessa yliopistomaailmassa tarkoittanut kurssien vastuuhenkilöiltä pyydetyn kurssikuvauksen kirjaamista opinto-oppaaseen (Karjalainen et al. 2003b, 57). Täydellinen opetussuunnitelmaprosessi, jossa koulutusta lähdetään suunnittelemaan puhtaalta pöydältä, sisältää seuraavat osa-alueet: koulutuksen perustehtävän määrittely, kompetenssien ja yleis-tavoitteiden määrittely, opetussuunnitelmamallin määrittely, opintokokonaisuuksien ja oppikurssien sisältöjen, kuormittavuuden ja työtapojen määrittely sekä opetussuunnitelman arvioinnin ja kehittämisen määrittely. (Karjalainen et al. 2003b, 58–59.)

Koulutuksen osaamistavoitteet voidaan jakaa tietoihin, taitoihin ja asenteisiin, sekä toisaalta tieteellisiin, ammatillisiin, sosiaalisiin ja eettisiin tavoitteisiin (Karjalainen et al. 2003b, 63). Yksittäinen opintojakso on perinteinen opetussuunnitelman peruselementti, mutta opetuksen suunnitelmallisuuden ja oppimisen kannalta on suositeltavaa, että opetussuunnitelma rakennettaisiin yksittäisiä opintojaksoja laajempien osaamisalueiden mukaisesti. Mitä enemmän yksittäisiä opintojaksoja on, ja mitä suppeampia ne ovat, sitä pirstaleisemmaksi koulutus muodostuu. Pirstaleisuus edesauttaa pinnallista oppimista ja opitun unohtamista. Opintojaksojen suuri lukumäärä ja irrallisuus myös lisäävät koulutuksen kuormittavuutta opiskelijan kannalta. Ei kannata liikaa luottaa opiskelijan kykyyn rakentaa irrallaan tarjotuista osa-alueista mielekäs kokonaisuus. (Karjalainen et al. 2003b, 65.)

1.3.5 Ydinaineksen määrittely

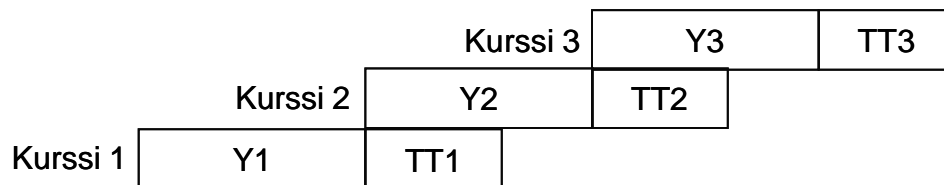
Koulutuksen ydinaineksen määrittelyllä voidaan tarkoittaa toisaalta koulutuskokonaisisuuden ydinosaamisen määrittelyä tai yksittäisten opintojaksojen ja niistä muodostuvien opintokokonaisuuksien (moduuli, juonne, blokki) keskeisten tieto- ja taitosisältöjen määrittelyä. Tämän päivän opiskelijan huolena ei ole vähäinen tiedon määrä tai sen hankala saatavuus, vaan informaation liikatarjonta. Uutta yhä spesifimpää tutkimustietoa tulee jatkuvasti ja nykyaikaisten viestintävälineiden ansiosta tietoa on helposti saatavilla. Kun vanhaa tietoa ei riittävästi karsita uuden tietä, tulee opetussuunnitelmista helposti ylikuormittuneita. Informaatiotulvassa kiireen vallitessa asioiden tärkeysjärjestykset hämärtyvät, ja opiskelijoiden huomio kiinnittyy punaisen langan sijasta satunnaisiin yksityiskohtiin. Tällöin opiskelija usein luopuu ymmärtävän oppimisen yrityksistä ja turvautuu pinnallisiin selviytymisstrategioihin, ja opitun asian määrä jää hyvin vähäiseksi. (Karjalainen et al. 2003b, 67–68.) Mitä enemmän suunniteltu ainesmäärä ylittää opiskelijan oppimiskyvyn, sitä pienemmäksi kurssin oppimishyöty lopulta jää. Lisääntyvän tiedon yhteiskunnassa tulisikin ”kaiken opettamisen” sijaan pyrkiä jatkuvan ”elinikäisen” oppimisen edistämiseen. Peruskoulutuksessa ei voida opettaa kaikkea hyödyllistä, mutta opiskelijoille voidaan antaa sellainen tiedollinen, taidollinen ja asenteellinen pohja, joka mahdollistaa uuden tiedon jatkuvan omaksumisen. Opittavan aineksen rajaaminen olennaiseen helpottaa korkealaatuisen ymmärtävän oppimisen saavuttamista. (Karjalainen et al. 2003b, 69.)

Ydinasioiksi kutsutaan niitä tietoja ja taitoja, jotka koulutuksessa koetaan keskeisiksi ja tarpeellisiksi, ja joiden ymmärtävä oppiminen on ensiarvoisen tärkeää (Karjalainen et al. 2003b, 69). Yliopisto-opetuksen piirissä on tärkeää kriittisesti arvioida koko opetushenkilökunnan kesken sitä, mikä todella kuuluu tieteen ja ammatin oppimisen ytimeen (Karjalainen et al. 2003b, 71). Ydinainesanalyysi on työväline, jonka avulla voidaan hahmottaa oppikurssin tai opintokokonaisuuden tietojen ja taitojen väliset hierarkiat ja yhteydet sekä suhteuttaa nämä opiskelijan oppimisaikaan, tutkintovaatimukseen ja opetussuunnitelman kokonaisuuteen. Käytännössä analyysi tapahtuu siten, että kurssin tai kokonaisuuden vastuuhenkilö tai asiantuntijoiden tiimi luokittelee aiheeseen liittyvät tiedot ja taidot eri luokkiin niiden tärkeyden mukaan. Luokitteluperusteena pidetään opintojakson tai -kokonaisuuden tavoitteistoa, ja sen saavuttamisen edellyttämää tieteellistä asiantuntijuutta, ammatillisia taitoja ja tiedon käyttöarvoa koulutusohjelman muiden kurssien suhteen järkevän peräkkäisyyden kannalta. Erittäin toimivaksi on havaittu tiedon 3-luokitus, jossa tiedot jaetaan luokkiin ydinaines, täydentävä tietous ja erityistietämys. (Karjalainen et al. 2003b, 74–75.)

Ydinaines kattaa ainoastaan ne tiedot ja taidot, joiden hallitseminen on todella välttämätöntä. Hallitseminen tarkoittaa ymmärtävää oppimista ja pysyviä oppimistuloksia. Täydentävä tietämys kattaa teorioiden, mallien ja periaatteiden yksityiskohtia ja laajennuksia, jotka toisinaan voivat olla tarpeellisia, mutta aika- ja oppimisresurssien takia tätä tietämystä ei painoteta eikä sitä opeteta ydinaineuksen ymmärtävän oppimisen kustannuksella. Erityistietämys on tietoa, joka toimii ydinaineuksen ja täydentävän tietämyksen yksityiskohtina. Sillä tuskin koskaan on käyttöarvoa perusasioiden omaksumisen kannalta ja tämä tietämys on syytä jättää oppijan oman harrastuneisuuden ja erikoistumisen varaan. Erityistietämykseen ei mainintaa enemmän käytetä aikaa eikä sen omaksumista ja oppimista vaadita tutkinnossa (Karjalainen et al. 2003b, 75–76.) Ydinainesanalyysin tehtyään opettaja pystyy hahmottamaan kurssinsa työmäärän suhteessa kurssiin varattuun aikaan. Analyysin avulla opettaja voi myös arvioida mahdollisen uuden kurssin aihepiiriin kuuluvan tiedon tärkeyttä. (Karjalainen et al. 2003b, 77.)

Koulutuskokonaisuuteen sisältyvien kurssien tulee liittyä toisiinsa tavoitteiden saavuttamisen kannalta järkevällä tavalla. Kolmiportaisen ydinaineuksen näkökulmasta

kurssien oikea peräkkäisyys rakentuu siten, että edeltävän kurssin täydentävästä tietämyksestä rakentuu seuraavan kurssin ydinaines. Varsinaiset ydinaineokset ovat tällöin peräkkäisiä eikä haitallista päällekkäisyyttä pääse syntymään. Edeltäviin kurssiin on hyvä ottaa täydentävänä tietoutena mukaan ne asiat, jotka luovat pohjaa seuraavan kurssin ytimen oppimiselle (kuvio 2). (Karjalainen et al. 2003b, 77-78.)



Kuvio 2. Oppikurssien peräkkäisyys ja tavoiteltava ydinaineoksen (Y) ja täydentävän tietouden (TT) päällekkäisyys (Karjalainen et al. 2003b, 78, mukailten)

Integroiva ydinaines tarkoittaa eri oppiaineille, kursseille ja suuntauksille tai toiminnan tahoille yhteistä tieto- ja taitoainesta. Koulutuksen näkökulmasta on järkevää keskittää yhteisten piirteiden opetus. Tällöin säästetään aikaa ja opiskelijan kyky hahmottaa kokonaisuuksia kehittyy. Jos integraatiota ei ole lainkaan, saatetaan eri oppiaineissa opettaa suurelta osin samoja asioita, jolloin epätarkoituksenmukainen toisto turhauttaa opiskelijoita ja opetusresursseja käyttö on tehotonta. (Karjalainen et al. 2003b, 78–79.)

2 HANKKEEN LÄHTÖKOHDAT JA TAVOITTEET

2.1 Tampereen teknillinen yliopisto ja rakenneuudistus

Tampereen teknillinen yliopisto on tekniikan ja arkkitehtuurin tieteellistä tutkimusta harjoittava ja näiden alojen ylintä koulutusta antava yliopisto (Ayres 2007b). Toiminta alkoi vuonna 1965 Teknillisen korkeakoulun (TKK) sivukorkeakouluna ja vuonna 1973 perustettiin Tampereen teknillinen korkeakoulu (TTKK). Vuonna 2003 TTKK muuttui Tampereen teknilliseksi yliopistoksi (TTY). Etätoimintaa yliopistolla on ollut Porissa, Raumalla, Kokkolassa, Seinäjoella, Lahdessa/Nastolassa, Kankaanpäässä, Jalasjärvellä, Hyvinkäällä, Valkeakoskessa ja Uudessakaupungissa. (Ayres 2007a.)

Vuonna 2008 TTY:llä toteutettiin rakenneuudistus, jossa opetus koottiin viiteen eri tiedekuntaan: Automaatio-, kone- ja materiaalitekniikan tiedekunta, Luonnontieteiden ja ympäristötekniikan tiedekunta, Rakennetun ympäristön tiedekunta, Teknisen taloudellinen tiedekunta sekä Tieto- ja sähkötekniikan tiedekunta (Hakonen 2008b). Samassa yhteydessä osa TTY:n vanhoista laitoksista yhdistettiin uusiksi suuremmiksi laitoksiksi. Rakenneuudistuksen myötä myös TTY:n entiset Bio- ja ympäristötekniikan sekä Kemian laitokset yhdistyivät yhdeksi Kemian ja biotekniikan laitokseksi vuoden 2008 alussa. Laitoksen opetus- ja tutkimusaloja ovat biotekniikka, ympäristötekniikka, ympäristöbiotekniikka, vesi- ja jätehuolto, säästävä teknologia sekä materiaalikemia, orgaaniset ja bio-orgaaniset yhdisteet, epäorgaanisten materiaalien kemia, valokemia, orgaanisten yhdisteiden nanoteknologia ja molekyylielektronikka. Laitos vastaa kemian perusopetuksesta koko yliopistossa. (Hakonen 2008a.)

2.2 Opetuksen kehittäminen TTY:llä

TTY:llä opetussuunnitelmamallina on teknillisille yliopistoille tyypillinen moduulimalli. TTY:n strategian vuosille 2004–2008 mukaan TTY:llä panostetaan oppimisedellytysten luomiseen parhain tunnetuin välinein sekä vahvistetaan pedagogiikan ja uusien opetusmenetelmien asemaa yliopistossa. Kehitystyötä on edistetty laatimalla Opiskelun ja opetuksen kehittämisen toimintasuunnitelma 2004–2006. Vuodesta 2007 lähtien työtä on jatkettu työstämällä Opetuksen, opiskelun ja ohjauksen kehittämisohjelmaa 2008–2010. Kehittämisohjelman luonnos sisältää seitsemän tavoitetta, joihin on kirjattu toimenpiteitä (taulukko 3).

Koulutuksen kehittymistä seurataan ja arvioidaan opetuksen laatutyöryhmässä. Lisäksi tutkintotavoitteisen koulutuksen yhtenäiset linjaukset ja koulutuksen kehittämiseen liittyvät toimintasuunnitelmat käsitellään opetusneuvostossa. (Reiman 2008a.) Opetuksen laatutyöryhmä on myös vuodesta 1996 lähtien järjestänyt opetuksen laatupäiviä, joiden tarkoituksena on esitellä ajankohtaisia opetukseen laatuun liittyviä asioita TTY:n omien ja vierailevien asiantuntijoiden toimesta. Nykyään laatupäiviä järjestetään säännöllisesti 1–2 kertaa vuodessa. (Reiman 2008b.)

Taulukko 3. Tampereen teknillisen yliopiston Opetuksen, opiskelun ja ohjauksen kehittämisohjelman 2008–2010 luonnoksessa esitetyt tavoitteet ja toimenpiteet (Opetuksen laatutyöryhmä/Opetusneuvosto 2008)

Tavoitteet	Toimenpiteet
1. Opetusresurssien turvaaminen ja tarkoituksenmukainen kohdentaminen	<ul style="list-style-type: none"> - Kehittämishankerahat - Kokelasperäinen opettajuus - Opettajankoulutus - Opetussuunnitelmatyö - Palautteen hyödyntäminen
2. Toiminnan laadun varmistaminen ja kehittäminen	<ul style="list-style-type: none"> - Henkilökohtaiset opintosuunnitelmat (HOPS) - Kehittämishankerahat - Ohjauksen minimitason määrittely - Opettajankoulutus - Opetussuunnitelmatyö - Opinnäytteiden ohjauksen laatukriteerit - Oppimisen arviointi
3. Opiskelun sujuvoittaminen	<ul style="list-style-type: none"> - Henkilökohtaiset opintosuunnitelmat (HOPS) - Joustavat suoritusmahdollisuudet - Koordinoidut lukujärjestykset - Opetussuunnitelmatyö - Opinnäytteiden ohjauksen laatukriteerit - Palautteen hyödyntäminen - Toimiva tenttiaikataulu - Vanhan tutkintorakenteen ”alasajo”
4. Opiskelijoiden henkisen kasvun ja luovuuden tukeminen	<ul style="list-style-type: none"> - Henkilökohtaiset opintosuunnitelmat (HOPS) - Mentorointi - Kokelasperäinen opettajuus - Opettajatutorointi - Opetuksen ajankohtaisuus - Opetuksen tutkimus- ja työelämäyhteydet
5. Opiskelijoiden ohjauksen kehittäminen	<ul style="list-style-type: none"> - Aineopintoinfot - Henkilökohtaiset opintosuunnitelmat (HOPS) - Ohjauksen minimitason määrittely - Opettajankoulutus - Opettajatutorointi - Opinnäytteiden ohjauksen laatukriteerit - Palautteen hyödyntäminen
6. Yhteisöllisyyden tukeminen	<ul style="list-style-type: none"> - Laitoskahvit - Mentorointi - Kokelasperäinen opettajuus - Opettajatutorointi - Opetuksen tutkimus- ja työelämäyhteydet - Opiskelijavaihtaminen - Pedatiedon jakaminen
7. Opettajien ammatillisen kehittymisen edistäminen	<ul style="list-style-type: none"> - Mentorointi - Kehittämishankerahat - Opettajankoulutus - Opettajavaihto - Opetuksen ajankohtaisuus - Opetuksen arvostaminen - Opetuksen tutkimus- ja työelämäyhteydet - Pedatiedon jakaminen

Opiskelun, opetuksen ja ohjauksen kehittäminen on opiskelijoiden, opettajien ja muun henkilökunnan välistä yhteistyötä. Opettajat kehittävät opetustaan erilaisissa

työryhmissä ja hankkeissa. Koulutusohjelmien opetuksen suunnittelijat vastaavat opetuksen ja opiskelun suunnittelusta, kehityksestä ja koordinoinnista sekä yhdessä opintoneuvojien kanssa opiskelijoiden neuvonnasta ja ohjauksesta. Suunnittelija auttaa erityisesti tutkintorakennetta sekä tutkinnon sisältöä ja säännöksiä koskeissa asioissa. Opiskelijapalveluihin kuuluva Opiskelun ja opetuksen kehittämispalvelut – tiimi (OPKE) toimii yhteistyötahojen tukena ja kehittää työkaluja opetuksen ja opiskelun tueksi. Säännöllinen ja aktiivinen yhteistyö opiskelijoiden ja ylioppilaskunnan kanssa on oleellinen osa opetuksen laadun kehittämistä. (Reiman 2008a.)

2.3 Opetuksen kehittäminen Kemian ja biotekniikan laitoksella

Entisen Bio- ja ympäristötekniikan laitoksen opetuksen organisointia ja sisältöjen kehittämistä on tarkasteltu tarkemmin viimeksi keväällä 2000. Opintokokonaisuuksia on muokattu puolestaan 2000-luvun tutkintouudistuksen ja Biotekniikan uuden koulutusohjelman perustamisen myötä vuosina 2004 ja 2005. Laitoksella on lisäksi pidetty opettajien yhteisiä palavereja joka kevät uusien opinto-oppaiden laatimisen yhteydessä sekä syksyllä ennen opetuksen alkamista. Opetuksen kehittämistarpeista on systemaattisemmin keskusteltu kevään palaverissa, jolloin opintojaksoja ja -kokonaisuuksia on tarpeen mukaan lähdetty kehittämään opiskelijoilta sekä työelämän edustajilta ja muilta sidosryhmiltä eri tilanteissa (muun muassa tutkimushankkeet, diplomityöprojektit, laitoksen järjestämät tilaisuudet ja toimialayhteisöjen järjestämät tilaisuudet) saadun palautteen pohjalta. Silloin tällöin on myös toteutettu laajempi kysely laitokseltamme valmistuneille opiskelijoille, jotta on saatu ajantasaista tietoa opetuksen laadusta suhteessa työelämän vaatimukseen. Muu mahdollinen opintojaksojen kehittämistyö on ollut opintojaksojen vastuuhenkilöiden vastuulla.

Myös entisen Kemian laitoksen opetustarjonta on pitkäjänteisen suunnittelutyön tulos. Lukuvuoden opetus ja opetuksen linjaukset on suunniteltu ennen syksyn opetuksen alkua pidettävässä kehityskokouksessa. Kokouksessa sovitaan koko lukuvuoden opetuksen aikatauluista ja vastuuhenkilöistä. Lisäksi pitkin vuotta on tarvittaessa pidetty opetuskokouksia ja laitoskokouksia. Opintojaksojen vastaavat suunnittelevat opetuksen toteutuksen yhteisesti sovittujen linjojen mukaan. Opetuksen kehittämisessä on otettu huomioon eri sidosryhmiltä saatu palaute ja toteutuskerran aikana

opettajan keräämät kokemukset. Opintojaksojen vastuuhenkilöt ovat koonneet palautteen ja käyttäneet sitä suunnitellessaan opintojakson seuraavaa toteutuskertaa. Opintojaksoilla, joiden toteutuksessa on mukana useampi opettaja, on pidetty opintojakson lopuksi yhteinen tapaaminen, jossa on kerätty opettajien kokemukset opintojakson toteutuskerrasta ja muutosehdotukset seuraavaa toteutuskertaa varten. Merkittävät muutokset ja uusien opintojaksojen perustaminen on käsitelty opetushenkilökunnan yhteisissä opetuskokouksissa.

Molemmilla laitoksilla on opiskelijapalautetta kerätty TTY:n yhteisellä KAIKUKURSSIPALAUTEJÄRJESTELMÄLLÄ sekä opintojaksovastaavien laatimilla kirjallisilla palautelomakkeilla tai vapaamuotoisen palautekeskustelun kautta. Lisäksi on seurattu ja tilastoitu opetukseen osallistuvien opiskelijoiden lukumäärää, suoritettujen opintojaksojen ja tutkintojen määrää sekä saatuja arvosanoja.

Tutkintouudistuksen myötä TTY:llä otettiin käyttöön uuden tutkintorakenteen mukainen opetuksen suunnittelutyökalu (OPSU). Työkalun on ollut tarkoitus helpottaa muun muassa opintojaksojen mitoittamista ja ydinainesanalyysin laatimista. Kemian ja biotekniikan laitoksen opintojaksojen ydinainekset on uudistuksen yhteydessä määritelty OPSU:un, mutta useimpien opintojaksojen osalta täydentävä tietämys ja erityistietämys ovat vielä määrittelemättä. Vanhojen laitosten laadunvarmistusjärjestelmät kuvattiin vuonna 2006 TTY:n auditoinnin yhteydessä.

Yliopiston rakenneuudistuksen ja vanhojen Kemian ja Bio- ja ympäristötekniikan laitosten yhdistymisen myötä havaittiin tarvetta tarkastella yhdistyneen laitoksen opetustarjontaa ja opettajien oppimiskäsitysten linjakkuutta sekä pohtia, miten opetusta voitaisiin kehittää. Kehittämistyön haasteena on vanhojen laitosten opetuksen erilaisuus: kemia tarjoaa perusopetusta ja suuria massakursseja, kun taas bio- ja ympäristötekniikka syventävää opetusta ja pieniä kursseja, joiden opetuksella on erityisen vahvat kytkökset tutkimukseen.

2.4 Hankkeen tavoitteet

Tämän kehityshankkeen tavoitteena oli tunnistaa uuden Kemian ja biotekniikan laitoksen tarjoamien opintojaksojen sisältöjen päällekkäisyyksiä, löytää mahdollisuuksia

sia uusille yhteisesti järjestettävillä opintojaksoille ja kehittää opintojaksoista muodostuvia kokonaisuuksia. Pyrkimyksenä oli myös tukea opintojaksojen vastuuhenkilöitä tarjoamalla tausta-aineistoa opintojaksojen ydinainesanalyysia ja kehittämistä varten sekä rohkaista laitoksen eri laboratorioiden väliseen yhteistyöhön.

Lisäksi hankkeemme tavoitteena oli tarkastella laitoksen opettajien oppimiskäsityksiä ja niiden vaikutuksia opetuksen toteuttamiseen käytännössä sekä opettajien pedagogisen taustan mahdollista vaikutusta oppimiskäsityksiin ja opetusmenetelmiin. Tämän hankkeen osuuden halusimme toteuttaa ensinnäkin siksi, että myös pedagogista koulutusta vailla olevat laitoksen opettajat pysähtyisivät hetkeksi miettimään oppimisen ja opetuksen syvemmälle meneviä taustoja eli sitä, mitä oppiminen ja opetus ovat, minkälaisen he toivoisivat oppimisen lopputuloksen olevan ja miten tähän tulokseen voitaisiin päästä. Ilman pedagogista taustaa omia opetusmenetelmiään ei välttämättä koskaan pohdi syvemmin, ja helposti opettaja vain toistaa omana koulu- ja opiskeluaikansa omaksumiaan menetelmiä miettimättä sen tarkemmin, mikä on oppimisen tavoite ja mihin siihen voitaisiin päästä tehokkaimmin. Kyselymme toivottavasti herätti laitoksen opettajia pohtimaan edellä mainittuja asioita hieman tarkemmin ja tätä kautta toivottavasti osaltaan edisti opetuksen laadun parantamista. Toisena hankkeen oppimiskäsityksiä kartoittavan osuuden tavoitteena oli saada karkea kuva opetuksemme linjakkuudesta laitoksella eli miten yhteneviä laitoksen opettajien henkilökohtaiset opetustavoitteet ja -menetelmät ovat.

Tuloksia hyödynnetään Kemian ja biotekniikan laitoksen nykyisten opintojaksojen ja -kokonaisuuksien kehittämisessä sekä uusien opintojaksojen ideoimisessa. Hankkeesta on hyötyä laitoksen opettajille (resurssien tehokas käyttö) sekä opiskelijoille (mielekkäät opintojakso- ja opintokokonaisuussisällöt).

3 HANKKEEN SUORITTAMINEN

Hankkeen toteuttamisesta sovittiin laitoksen johdon kanssa syksyllä 2007 ja hanke aloitettiin tammikuussa 2008, jolloin sovittiin hankkeen tarkemmasta toteutuksesta ja työnjaosta. Läpikäytävät opintojaksot ja -kokonaisuudet jaettiin hankkeen vastuullisten toteuttajien kesken.

Opettajien oppimiskäsityksiä ja niiden toteutumista käytännön opetustyössä kartoitettiin helmi-maaliskuussa 2008 lähettämällä laitoksen kaikille opetukseen osallistuville henkilökunnan jäsenille sähköpostitse kysely (liite 1), jossa pyysimme heitä vastaamaan seuraaviin kahteen kysymykseen:

Minkälainen on oppimiskäsityksesi eli miten ihminen mielestäsi oppii parhaiten ja mitä oppiminen ylipäätään tarkoittaa?

Miten oppimiskäsityksesi vaikuttaa käytännön opetustyöhösi eli kuvaa lyhyesti, miten toimit käytännön opetustilanteissa / minkälainen on oma tapasi opettaa?

Lisäksi myöhemmin lähetettiin vielä kaikille opetukseen osallistuville henkilökunnan jäsenille sähköpostitse kysely (liite 2) heidän mahdollisesta pedagogisesta koulutuksesta tai opinnoista. Laitoksen tuntiopettajat jätettiin näiden kyselyjen ulkopuolelle.

Opintojaksojen päällekkäisyyksiä tunnistettiin käymällä läpi opiskelijoille jaettavat opintomateriaalit (Tampereen teknillinen yliopisto 2007-2008) niiden opintojaksojen osalta, joissa TTY:n vuoden 2007-2008 opinto-oppaiden (Tampereen teknillinen yliopisto 2007a; Tampereen teknillinen yliopisto 2007b) kuvauksien perusteella arvioitiin voivan olevan yhtenevyyksiä. Tarvittaessa keskusteltiin myös tarkemmin opintojaksojen vastuuopettajien kanssa helmi- ja maaliskuussa 2008, jonka jälkeen maaliskuun lopussa hankkeen toteuttajat keskustelivat havainnoistaan. Näiden havaintojen ja keskustelujen pohjalta laadittiin kehittämissuhteita ja jatkokysymyksiä. Pääpaino tarkastelussa oli Bio- ja ympäristötekniikan laboratorion tarjoamassa opetuksessa. Sisältöanalyysin yhteydessä pohdittiin opintojaksoista muodostuvia kokonaisuuksia, asioiden esittämisjärjestystä sekä ideoita uusiksi yhteisesti järjestettäviksi opintojaksoiksi, opintojaksojen järjestämistiheyttä.

Opintojaksojen järjestämistiheyden sopivuutta arvioitiin opintojaksoille ilmoittautuneiden opiskelijoiden määrien perusteella sekä kurssien pakollisuuden tai valinnaisuuden perusteella sekä esitietovaatimus- ja suosituksetjujen avulla. Tiedot opintojaksoilmoittautumisista saatiin TTY:n opiskelijapalveluista (Ruohtula 2008). Kursien pakollisuutta ja valinnaisuutta, sekä esitietovaatimus- ja suosituksetjuja tarkas-

teltiin opinto-oppaiden avulla (Tampereen teknillinen yliopisto 2007a; Tampereen teknillinen yliopisto 2007b, Tampereen teknillinen yliopisto 2007c).

Oppimiskäsityskyselyn tulokset sekä havainnot opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisällöistä esiteltiin opetushenkilökunnalle 2.4.2008 ja samalla keskusteltiin myös yhdessä opetushenkilöstön kanssa tehdyistä havainnoista. Tässä yhteydessä keskusteltiin alustavasti myös kehittämistyön jatkosta eli lähinnä siitä, mitkä havainnoitamme olisi syytä ottaa huomioon tulevassa opetuksen suunnittelu- ja kehittämis-työssä. Keskustelutilaisuuden jälkeen hankkeesta vastaavat arvioivat saamansa palautteen ja päivittivät kehitysehdotukset niiden pohjalta. Opettajille jaettiin jatkokehittämisen avuksi heidän opettamiinsa aihepiireihin liittyvien opintojaksojen sisältökuvaukset (liite 3), Opintojaksojen sisältöjen yhtenevuysmatriisi (liite 4), Opintojaksojen pakollisuus, valinnaisuus ja suositeltavuus eri opintokokonaisuuksissa (liite 5) sekä Opintojaksojen ilmoittautumismäärät lukuvuosina 2005-2007 (liite 6). Lopuksi hankkeesta vastaavat kirjoittivat kehityshankeraportin. Kehityshankkeen toteutuksen osavaiheet on esitetty kuviossa 3.



Kuvio 3. Kehittämishankkeen toteutuksen vaiheet

4 TULOKSET

4.1 Oppimiskäsityskysely

Ensimmäinen oppimiskäsityskysely lähetettiin sähköpostitse kaikille 31:lle laitoksen opetukseen osallistuvalla henkilöllä ja kyselyyn vastasi heistä 19. Työnimikkeen perusteella jaoteltuna kyselyn lähetettiin seuraaville opetukseen osallistuvilla henkilöille:

- seitsemälle professorille, joista kyselyyn vastasi viisi,
- seitsemälle lehtorille, joista kyselyyn vastasi kuusi,
- viidelle yliassistentille tai assistentille, joista kyselyyn vastasi kaksi sekä

- kahdelletoista vanhemmalle tutkijalle tai tutkijalle, joista kyselyyn vastasi kuusi.

Kyselyyn vastasi siis 61 % laitoksen opetuksen osallistuvasta henkilöstöstä. Opetuksen avainhenkilöiden, eli professoreiden ja lehtoreiden, osalta vastausprosentti oli kuitenkin huomattavasti parempi, 79 %. Tutkijat osallistuvat opetukseen vain satunnaisesti tutkimustyönsä ohella ja assistentitkin tekevät tutkimusta opetustyönsä ohella. Haastatteluilla olisimme varmasti saavuttaneet paremman vastausprosentin kuin sähköpostikyselyllä. Haastattelutilanteessa olisi voinut myös tarkentaa kysymyksiä tarpeen mukaan ja saada todenmukaisempi kuva siitä, kuvasiko haastateltava enemmän ajatuksiaan pedagogisista ideoista vai käytännön opetustyöstään. Haastattelutilanteessa voi olla vaarana, että haastattelija johdattelee haastateltavaa liikaa, mutta toisaalta hyvin suunnitellussa ja toteutetussa haastattelutilanteessa on mahdollista minimoida johdattelu jopa sähköpostikyselyä pienemmäksi.

Kysymykset olivat laajoja ja monitahoisia, jolloin odotuksiemme mukaisesti opettajat vastasivat kysymyksiin erilaisista näkökulmista ja myös eri syvyydellä. Osittain kysymykset oli myös ymmärretty eri tavoin eli vastauksia oli lopulta annettu erityyppisiin kysymyksiin. Vastausten erilaisuus kertoo kysymysten laajuuden ja monitulkintaisuuden lisäksi todennäköisesti kuitenkin myös edeltä havaittavista laitoksen opetukseen osallistuvien henkilökunnan jäsenten erilaisista taustoista ja tätä kautta erilaisesta suhtautumisesta opettamiseen. Laitokselle on tyypillistä varsinaisen opetushenkilökunnan lisäksi tutkijoiden laaja osallistuminen opetukseen. Syventävät opintojaksot ovat kiinteässä yhteydessä laitoksen tutkimustoimintaan. Tutkijoiden kiinnostus pedagogiikkaan ja toisaalta heidän oma kokemuksensa omasta roolistaan ja identiteetistään saattaa kuitenkin olla hyvinkin vaihteleva. Tämä heterogeenisyys on saattanut vaikuttaa myös tutkijoiden heikkoon vastausprosenttiin. Tutkijat osallistuvat pääsääntöisesti melko vähän opetukseen, jolloin osa on saattanut kokea, ettei kysely ole suunnattu heille. Toisaalta alla kuvattava pedagogisten opintojen suorittaminen myös tutkijoiden parissa viittaa siihen, että osa tutkijoista on hyvinkin kiinnostunut opettamisesta ja mahdollisesti myös mieltää itsensä voimakkaammin myös opettajaksi (tutkiva opettaja tai opettava tutkija). Kyselylomakkeessa olisi kenties pitänyt vielä korostaa sitä, että kysely on lähetetty vain laitoksen opetukseen osallis-

tuville ja vastauksia toivotaan näin ollen kaikilta, myös opetukseen vain satunnaisesti osallistuvilta.

Ensimmäisen kyselyn vastausten moninaisuudesta huolimatta vastauksista nousi kuitenkin selkeästi esiin joitakin tavoiteltavimmiksi koettuja oppimisen lopputuloksia sekä merkittävimmiksi koettuja opetusmenetelmiä, joiden avulla toivotut oppimistavoitteet voidaan saavuttaa. Seuraavassa on esitetty useampaan kertaan vastauksissa toistuneet teemat (suluissa kyseisen asian vastauksessaan esiin nostaneiden henkilöiden lukumäärä):

Mitä oppiminen tarkoittaa (mikä on toivottu oppimisen lopputulos)?

- Oppimisessa tärkeätä kyky soveltaa oppimaansa käytäntöön (8 vastaajaa)
- Tärkeätä opittavien asioiden ymmärtäminen – ei ulkoa opettelu (5)
- Yhteydet asioiden välillä, kokonaisuudet (4)
- Kyky oppia lisää (3)
- Tietorakenteen muuttuminen (2)

Minkälainen on oma tapasi opettaa (miten toivottu lopputulos saavutetaan)?

- Opiskelijoiden aktivointi, opiskelijoiden aktiivisen ajattelun ja vastuun merkityksen korostaminen (9)
- Käytännön esimerkkien antaminen (8)
- Kokeileminen/harjoittelu käytännössä, jos mahdollista (8)
- Yksilöllisyyden huomioiminen, erilaisten opetusmenetelmien käyttäminen (7)
- Opiskelijalla oltava halu oppia (motivaation merkitys) (6)
- Vuorovaikutuksen merkityksen korostaminen (5)
- Vaihtelun ja monipuolisuuden merkityksen korostaminen: vaihtelevia opetusmenetelmiä ja -materiaaleja (4)
- Opittavan aineksen sitominen aiemmin opittuun (4)
- Kertausten merkityksen korostaminen (3)
- Ihminen oppii parhaiten opettaessaan muita (3)
- Riittävien pohja-/perustietojen varmistaminen (2)
- Ongelmalähtöisyys (2)
- Johdonmukaisuus, järjestelmällisyys, hierarkkisuus (2)

Merkittävimminä toivottuina oppimisen lopputuloksina pidettiin asioiden ymmärtämistä ulkoaopetteluun sijaan sekä kykyä soveltaa oppimaansa käytäntöön. Lisäksi usea vastaaja piti merkittävänä kokonaisuuksien ja asioiden välisten yhteyksien ymmärtämistä sekä kykyä oppia lisää. Opetusmenetelmiin liittyen korostettiin eniten opiskelijoiden aktivoimista, opiskelijoiden aktiivisen ajattelun ja vastuun merkitystä, yksilöllisyyden huomioimista vaihtelevin opetusmenetelmin, käytännön esimerkkien antamista sekä opiskeltavan asian harjoittelua tai kokeilemistä käytännössä. Lisäksi merkittäviksi koettiin opiskelijan oma motivaatio, halu oppia, sekä vuorovaikutteisuus.

Havaintojamme on mielenkiintoista verrata Neumannin, Parryn ja Becherin tutkimukseen (2002), jossa kartoitettiin yliopisto-opetuksen tieteenalakohtaisia eroja. Tässä kartoituksessa havaittiin teknillisten tieteiden opetuksessa seuraavanlaisia tyypillisiä piirteitä:

- lineaarinen opetussuunnitelma
- faktatietojen korostaminen
- kurssimateriaalin muistamisen ja soveltamisen edellyttäminen
- metodien ja periaatteiden soveltamiskyvyn painottaminen
- teorian soveltaminen käytännöllisiin tarkoituksiin
- ammatillisten taitojen korostaminen yleisen osaamisen sijaan.

Edellä mainittu kartoitus on huomattavasti laajempi kuin oma kyselytutkimuksemme, mutta mielenkiintoinen yhtäläisyys on opetettavan asian soveltamiskyvyn merkityksen vahva korostuminen molemmissa tutkimuksissa.

Vastauksissa korostui selkeästi opiskelijan aktiivinen rooli ja vastuu oppimisessa, ymmärtävä oppiminen sekä motivaation merkitys. Näitä piirteitä on sekä humanistisessa, konstruktivistisessä että kognitiivisessa oppimisenäkemyksessä. Humanistiseen oppimisenäkemykseen viittaa myös se, että opettajat nostivat esille opettajan ja opettajan välisen vuorovaikutuksen sekä ryhmän jäsenenä oppimisen, joihin kiinnitetään huomiota vielä voimakkaammin sosiaalisen oppimisen teoriassa. Käytäntöön soveltamisen, käytännön esimerkkien ja käytännössä harjoittelun esiin nostaminen heijastelevat puolestaan erityisesti kokemuksellisen, situationaalisen ja autenttisen oppimisen teorioita. Joissakin vastauksissa kuitenkin todettiin myös se, että käytännössä resurssien rajallisuuden vuoksi aktivoivien työtapojen ja käytännön harjoittelun to-

teuttaminen, tiedon rakentaminen puhtaasti opiskelijan itsensä toimesta sekä yksilöllisyyden huomioiminen on haastavampaa. Myös Suomen eduskunnan sivistysvaliokunta on kiinnittänyt huomiota maamme yliopistojen resurssipulaan ja erityisesti siihen, että opiskelija/opettaja-suhdeluku on kilpailijamaihin verrattuna huono. Suomessa suhdeluku on eräissä vertailuissa lähes 20, kun se kansainvälisissä huipputyöyliopistoissa on jopa alle 10. (Tarkastusvaliokunnan mietintö 2007.)

Muutamassa vastauksessa tuotiin esille se tosiasia, että joidenkin aineiden opiskelu on väistämättä joillekin opiskelijoille vastenmielistä tai epäkiinnostavaa, ja näissä tilanteissa tieto vain yksinkertaisesti siirtyy behaviorismin periaatteiden mukaisesti opettajalta opiskelijalle. Ideaalinen oppimisprosessi voi olla kaukana käytännön resurssien mahdollistamasta oppimisprosessista. Käytännössä jokainen opettaja varmasti soveltaa hyvin moninaisia erilaisiin oppimis- ja opettamisnäkömääksiin pohjautuvia menetelmiä riippuen sekä omasta taustastaan, opetuskokemuksestaan ja pedagogisesta koulutuksestaan että opettavasta aiheesta, opiskelijaryhmästä, käytettävistä resursseista ja oppimistilanteesta.

Toiseen kyselyyn vastasi eli pedagogista koulutustaustastaansa kuvasi 16 opetuksen osallistuvaa henkilökunnan jäsentä. Näistä henkilöistä kahdeksalla on laaja (vähintään 25 opintopistettä) pedagoginen koulutustausta, neljällä suppea, ja neljällä vastaajalla ei ole minkäänlaista pedagoista taustaa. Laajin pedagoginen koulutustausta on laitoksen lehtoreilla, mutta myös muutamat laitoksen tutkijat ovat suorittaneet pedagogisia opintoja.

Tampereen teknillinen yliopisto on panostanut opettajiensa pedagogisten valmiuksien kehittämiseen tarjoamalla opettajilleen Tampereen ammatillisen opettajakorkeakoulun kanssa yhteistyössä järjestettävää pedagogisia koulutuspaketteja, laajimmillaan 25 opintopistettä. Myös laitos on kannustanut opetukseen osallistuvaa henkilöstöä osallistumaan pedagogiseen koulutukseen ja osallistunut koulutuksen kustannuksiin. Kenties tässäkin kyselyssä olisi pitänyt vielä korostaa sitä, että kysely oli suunnattu kaikille jollakin tavalla opetukseen osallistuville, koska jälleen monet tutkijat eivät vastanneet kyselyymme.

Molempiin kyselyihin vastasi 31:stä opetukseen osallistuvasta vain 13 henkilöä, mikä on syytä ottaa huomioon tarkasteltaessa johtopäätöksiämme pedagogisen koulutuksen vaikutuksesta oppimiskäsityksiin ja opetusmenetelmiin. Tästä suppeasta otoksesta ei voitu havaita selkeää yhteyttä opettajan pedagogisen koulutuksen laajuuden ja oppimis- ja opettamiskäsitysten tai sovellettavien opetusmenetelmien välillä. Pedagogisella taustalla on varmasti merkitystä, mutta yhtä suuri tai suurempi-kin merkitys voi olla omalla opetuskokemuksella sekä ennen kaikkea omalla kiinnostuksella opettamiseen. Vastausten laajuudessa ei myöskään ollut havaittavissa eroja suhteessa pedagogisen taustan laajuuteen. Ainoa näissä kyselyissä havaittava mahdollinen ero pedagogisia opintoja läpikäyneiden ja niiden henkilöiden välillä, joilla ei ollut lainkaan pedagogista taustaa, liittyy opiskelijan aktiiviseen rooliin ja vastuuseen oppimisessa. Pedagogista taustaa vailla olevat henkilöt eivät vastauksissaan nostaneet lainkaan näitä seikkoja esiin, mutta edelleen täytyy huomata otoksemme pienuuden aiheuttama johtopäätöksen epävarma luonne.

Yliopistopedagogisen koulutuksen vaikutusta opettajan opetuksellisiin lähestymistapoihin on tutkittu myös Helsingin yliopiston Yliopistopedagogiikan tutkimus- ja kehittämissyksikössä. Postareffin, Lindblom-Ylänteen ja Nevgin (2007) laajan tutkimuksen pohjalta voidaan todeta, että yliopistopedagoginen koulutus edistää pitkällä aikavälillä edellä kuvattua oppimislähtöisyyttä ja alentaa sisältölähtöisyyttä. Tuloksista käy myös ilmi, että yliopistopedagoginen koulutus vahvistaa opettajien uskoa itseensä opettajina ja tuo varmuutta opettajana toimimiseen.

Tässä hankkessa ei kartoitettu opettajien työkokemustaustaa eli missä ja kuinka kauan laitoksen opettajat ovat työhistoriansa aikana opettaneet. Opetuskokemuksen laajuudella ja laadulla on varmasti merkitystä oppimis- ja opettamiskäsityksiin ja sovellettaviin opetusmenetelmiin, joten kyseisten tekijöiden vaikutussuhteiden kartoittaminen olisi mielenkiintoinen jatkoprojektin aihe. Hankkeesta jouduttiin resurssisyistä rajaamaan pois myös opiskelijanäkökulma, eli hankkeessa ei selvitetty, miten opiskelijat kokevat opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisältöjen mielekkyyden ja etenemisen tai opettajien oppimis- ja opettamiskäsitykset ja niiden toteutumisen käytännön opetustilanteessa. Tämä olisi myös erittäin merkittävä jatkotutkimusaihe.

4.2 Opintojen sisällöt

Seuraavassa on esitelty tarkastelun keskeimmät havainnot koskien opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisältöjä. Tarkemmat opintojaksojen sisältökuvaukset ja havainnot opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisällöistä löytyvät liitteestä 3. Lisäksi liitteenä on tausta-aineistoiksi laatimamme havainnot monissa opintojaksoissa esiintyvistä aihealueista matriisimuodossa (liite 4) sekä taulukko opintojaksojen sijoittumisesta opintokokonaisuuksiin (liite 5).

Opintojaksoilla BIO-1300 ”Johdatus biotekniikkaan” (3 op) sekä KEM-1000 ”Tehokas oppiminen – johdatus yliopisto-opintoihin” (1 op) havaittiin olevan yhteneviä osuuksia liittyen erityisesti yliopisto-opintojen suunnitteluun, tieteen filosofiaan sekä tiedon hankintaan eli samoja asioita luennoidaan molemmilla opintojaksoilla. ”Tehokas oppiminen – johdatus yliopisto-opintoihin” -opintojakso on opettussuunnittelijan koordinoima opintojakso, jota on suositeltu kemian lukijoiden lisäksi myös muille Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelman opiskelijoille. ”Johdatus biotekniikkaan” on puolestaan pakollinen opintojakso Biotekniikan koulutusohjelman Tekniikan kandidaatin tutkinnon perusopinnoissa. Tämän ensimmäisen vuoden opiskelijoille suunnatun opintojakson tavoitteena on ollut orientoida opiskelijoita sekä yliopisto-opintoihin että biotekniikkaan, jotta biotekniikan opiskelijat ensimmäisten vuosien kaikille pakollisten opintojaksojen lisäksi pääsisivät jo hieman tutustumaan tuleviin aineopintoihin ja motivaatio näin pysyisi yllä.

Havaintojen perusteella ehdotettiin, että ”Johdatus biotekniikkaan” -opintojaksosta karsittaisiin toisen opintojakson kanssa päällekkäinen aines ja kyseinen opintojakso muutettaisiin kahden opintopisteen opintojaksoksi keskittyen johtattelemaan vain biotekniikkaan. ”Tehokas oppiminen – johdatus yliopisto-opintoihin” -opintojakso voitaisiin määritellä pakolliseksi tai suositeltavaksi myös Biotekniikan koulutusohjelmassa. Laitoksen opettajien yhteisessä keskustelussa ehdotusta pidettiin resurssien käytön näkökulmasta erittäin hyvänä ja asia tullaan ottamaan esille seuraavia opintooppaita laadittaessa. ”Tehokas oppiminen – johdatus yliopisto-opintoihin” -opintojaksosta suunniteltiin koko tiedekunnalle tarjottavaa opintojaksoa, jossa olisi koko tiedekunnan opiskelijoille yhteinen osuus sekä koulutusohjelmakohtainen räätälöidympi osuus.

Opintojaksoissa KEM-2100 ”Orgaaninen kemia (5 op)”, BIO-1200 ”Biokemia (3 op)” ja KEM-5200 ”Bio-orgaaninen kemia (3 op)” havaittiin myös paljon yhtenevyyttä. Erityisesti opintojaksojen ”Biokemia” ja ”Bio-orgaaninen kemia” sisällöt ovat hyvin yhtenevät ja osa aihealueista, kuten aminohapot, peptidit, proteiinit, hiilihydraatit, nukleotidit ja nukleiinihapot, sisältyvät lisäksi opintojaksoon ”Orgaaninen kemia”. Opintojaksoissa ”Biokemia” ja ”Bio-orgaaninen kemia” on erilaiset painotukset, mutta silti ehdotuksemme oli, että opintojaksojen yhdistämismahdollisuuksia voitaisiin tarkastella lähemmin. Keskustelussa kyseisten opintojaksojen opettajat korostivat näiden painotusten eroja ja kiinnittivät huomiota erityisesti siihen, että ”Biokemia” on toisen tai kolmannen vuoden aikana suoritettavaksi suositeltu ja laajalle opiskelijajoukolle pakollinen peruskurssi, kun taas ”Bio-orgaaninen kemia” on opintojen loppuvaiheeseen sijoittuva vahvasti syventävä opintojakso. Näin ollen opintojaksojen yhdistämistä ei pidetty mahdollisena, mutta sisältöjen yhteyksiä ja asioiden esittämistapoja voidaan silti tulevaisuudessa tarkastella lähemmin. Erilaisen painotuksen korostamiseksi ehdotettiin ”Bio-orgaanisen kemian” nimen vaihtamista luonnonaineiden kemiaksi. ”Orgaaninen kemia” on luonteeltaan myös peruskurssi, joka on tarkoitus suorittaa ennen ”Biokemia” -opintojaksoa, mutta tällä hetkellä opintojaksot sijoittuvat periodeille siten, että käytännössä suuri osa opiskelijoista suorittaa opintojaksot samanaikaisesti, jolloin yhtenevä sisältö on ongelmallinen. Keskusteluissa päädyttiinkin siihen, että näiden kahden opintojakson yhtenevää ainesta ja sijoittumista periodeille on syytä tarkastella lähemmin.

Opintojaksossa KEM-4150 ”Ympäristökemia (3 op)” havaittiin olevan paljon yhtenevyyttä sekä Bio- ja ympäristötekniikan laboratorion että Energia- ja prosessitekniikan laitoksen opintojaksoihin koskien muun muassa energiantuotantoa, päästöjä ilmaan, vedenpuhdistusta sekä ympäristömyrkyjä. Opintojakso on kemian opiskelijoille tarjottava koostava kurssi ympäristöön vaikuttavista kemiallisista tekijöistä, jolla on selkeä tavoite ja tarve sellaisille opiskelijoille, jotka eivät lue ympäristö- tai energiatekniikkaa pidemmälle. Havaintojen perusteella kuitenkin ehdotettiin, että opintojaksolla voitaisiin hyödyntää vierailevia luennoitsijoita muilta laitoksilta, joilla tarjotaan kyseisiin aiheisiin syvemmin perehtyviä opintojaksoja, ja tätä pidettiin keskustelussa toteuttamiskelpoisena ideana.

Opintojaksoilla BIO-1650 ”Päästöjen ympäristövaikutukset (3 op)” ja BIO-3100 ”Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely (5 op)” havaittiin jonkin verran yhtenevyyttä koskien muassa ympäristömyrkkijä sekä päästöjen kulkeutumista ja kohtaloa ympäristössä. Pääosin kyseisten opintojaksojen kohdeyleisö on eri eli ”Päästöjen ympäristövaikutukset” on laajalle opiskelijajoukolla verkkokurssina tarjottava yleiskurssi, kun taas ”Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely” on hyvin pienelle opiskelijajoukolla tarjottava syventävä kurssi. Pääaineen Ympäristötekniikka (Y) valitseville Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelman DI-opiskelijoille molemmat opintojaksot ovat kuitenkin pakollisia, joten tätä pientä ryhmää ajatellen ehdotettiin kyseisten päällekkäisyyksien ja asioiden esittämisyjärjestysten tarkempaa tarkastelua. Keskustelussa opintojaksojen vastuuhenkilöt olivat kuitenkin sitä mieltä, että vaikka yhteneviä aihealueita kyseisillä opintojaksoilla onkin, asioiden käsittelysyvyys on niin erilainen, ettei esitetty havainto edellytä jatkotarkasteluja.

Myös opintojaksojen BIO-3000 ”Ympäristöbiotekniikan operaatiot (3 op)” ja BIO-3100 ”Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely (5 op)” kesken havaittiin yhtenevyyksiä koskien joitakin luentoja. Kyseiset opintojaksot ovat molemmat pakollisia tietyille opiskelijaryhmälle sekä Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelmassa (pääaine Ympäristöbiotekniikka Y) että Biotekniikan koulutusohjelmassa (pääaine Ympäristöbiotekniikka B). Havaintojen pohjalta ehdotettiin, että kyseisten opintojaksojen muodostamaa kokonaisuutta olisi hyvä tarkastella lähemmin. Keskustelussa kävi ilmi, että opintojaksojen vastuuhenkilöt olivat jo itse havainneet päällekkäisyydet ja muokanneet opintojaksojen sisältöjä. Keskusteluissa tuotiin esille kuitenkin myös kyseisten opintojaksojen muita kehittämistarpeita. ”Ympäristöbiotekniikan operaatiot” opintojaksolla on ollut sekä suomenkielisiä että englanninkielisiä luentoja, mutta opintojakson vastuuhenkilön toiveena olisi järjestää opintojakso vain suomenkielisenä. Englanninkieliset luennot ehdotettiin siirrettäväksi täysin englannin kielellä järjestettävän BIO-3306 ”Biological wastewater treatment laboratory” laboratoriokurssin yhteyteen teoriaosuudeksi.

Opintojaksolla BIO-5900 ”Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen (3 op)” havaittiin olevan jonkin verran yhtenevyyttä opintojaksoon BIO-4200 ”Vesitekniikan fysiikkaaliset ja kemialliset operaatiot (5 op)”. Molemmat opintojaksot ovat pakollisia

Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelman DI-tutkinnon perusopinnoista. Lisäksi havaittiin opintojaksojen vastuuhenkilöillä olevan erilainen käsitys opintojakson ”Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen” suhteesta edellä mainittuun vesitekniikan operaatiokurssiin sekä kahteen muuhun operaatiokurssiin (BIO-3000 ”Ympäristöbiotekniikan operaatiot” sekä BIO-4600 ”Jätehuollon fysikaaliset ja kemialliset operaatiot”). Ei siis ollut selvyyttä siitä, onko ”Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen” opintojakso tarkoitus suorittaa ennen operaatiokursseja vai niiden jälkeen. Opintojaksojen suorittamisjärjestyksellä on luonnollisesti ratkaiseva merkitys sisällön ja näkökulmien valintaan. Näiden havaintojen perusteella ehdotettiin, että kyseisten opintojaksojen vastuuhenkilöiden on hyvä tarkastella opintojaksoista muodostuvaa kokonaisuutta lähemmin ja tästä ehdotuksesta oltiin keskustelussa täysin samaa mieltä.

Paljon sisällöllistä päällekkäisyyttä havaittiin seuraavien biomolekyylejä ja geenitekniikkaa käsittelevistä opintojaksoista: BIO-1350 ”Biotekniikan perusteet” (3 op), BIO-2000 ”Molekulaarinen bioteknologia” (4 op), BIO-2601 ”Geenitekniikan menetelmät” (4 op), BIO-2406 ”Microbial Genetics” (3 op), BIO-2506 ”Biocatalysis and Enzymology” (3 op), BIO-2306 ”Instrumental Bioanalysis” (3 op), BIO-2456 ”Laboratory Course on Macromolecules: Structure” (3 op) ja BIO-2556 ”Laboratory Course on Macromolecules: Function” (3 op). Lisäksi havaittiin, että oppiaineksen määrä on opintojaksojen laajuuteen nähden hyvin suuri (keskimäärin 2,3 Power-Point-kalvoa / min) opintojaksoilla BIO-2306 ”Instrumental Bioanalysis” (3 op), BIO-2406 ”Microbial Genetics” (3 op) ja BIO-2506 ”Biocatalysis and Enzymology” (3 op). Kurssien liiallinen kuormittavuus on vaarana johtaa pintaoppimiseen suuntautuvan opiskelustrategian valintaan (Karjalainen et al. 2003, 32-33) ja siten huonoihin oppimistuloksiin. Havaintojen pohjalta ehdotettiin, että opintojaksojen vastuuhenkilöiden olisi hyvä käydä yhdessä tarkemmin läpi kunkin opintojakson ydinaines ja poistaa turhat päällekkäisyydet. Lisäksi ehdotettiin, että suhteellisesti paljon oppiainesta sisältävien opintojaksojen materiaalista karsittaisiin jotakin pois. Näitä molempia kehitysehdotuksia pidettiin keskustelussa tarpeellisina. Lisäksi keskustelussa tuotiin ilmi, että edellä mainittujen opintojaksojen yhteyksiä Tampereen yliopistolla Lääketieteellisen teknologian instituutissa tapahtuvaan opetukseen tullaan lähitulevaisuudessa tarkastelemaan.

Opintojaksoilla KEM-4150 ”Ympäristökemia” (3 op), BIO-2306 ”Instrumental Bioanalysis” (3 op), BIO-4000 ”Vesikemia” (3 op), BIO-4200 ”Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot” (5 op) havaittiin olevan sisällöllistä yhtenevyyttä koskien lähinnä veden kemiaa ja ominaisuuksia. ”Ympäristökemia” on pakollinen Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelman Kemian aineopinnoissa ja syventävissä opinnoissa sekä valinnainen Kemian sivuaineessa. ”Instrumental Bioanalysis” –kurssi puolestaan on pakollinen Biotekniikan koulutusohjelman Ympäristöbiotekniikan syventävissä opinnoissa sekä valinnainen Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelman Ympäristöbiotekniikan syventävissä opinnoissa (Y) ja Biotekniikan kansainvälisen maisteritutkinnon perusopinnoissa. ”Vesikemia”- ja ”Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot” –opintojaksot ovat pakollisia Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelman Vesi- ja jätehuoltotekniikan sekä Ympäristöbiotekniikan aineopinnoissa (Y). Lisäksi ”Vesikemia”-opintojakso on pakollinen Rakennustekniikan koulutusohjelman Yhdyskuntien ympäristötekniikka aineopinnoissa, ja ”Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot” –opintojakso on pakollinen myös Rakennustekniikan koulutusohjelman Yhdyskuntien ympäristötekniikka 1 syventävissä opinnoissa. Edellä mainituilla opintojaksoilla on siten ainakin osittain eri kohderyhmät, mutta havaintojen perusteella ehdotettiin kuitenkin, että opintojaksojen yhtenevyyksiä voitaisiin tarkastella lähemmin. Opintojaksojen sisällöllistä päällekkäisyyttä pohdittiin keskustelussa, mutta sen ei katsottu olevan merkittävä ongelma eikä aiheuttavan tarvetta jatkotoimenpiteille.

Opintojaksoilla KEM-4150 ”Ympäristökemia” (3 op), BIO-1600 ”Ympäristöanalytiikka” (3 op), BIO-1650 ”Päästöjen ympäristövaikutukset” (3 op), BIO-3100 ”Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely” (5 op) ja BIO-4000 ”Vesikemia” (3 op) havaittiin olevan jonkin verran päällekkäistä sisältöainesta mm. ympäristömyrkköjen sekä niiden kulkeutumisen ja kohtalon osalta. Opintojaksojen kohdeyleisöt ovat osittain erilaiset. Esimerkiksi ”Ympäristökemia” on tarkoitettu Kemian opiskelijoille, ”Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely” taas Ympäristöbiotekniikan opiskelijoille, mutta muilla edellä mainituilla opintojaksoilla saattaa olla osittain samoja opiskelijoita. Tämän vuoksi ehdotettiin, että opintojaksojen sisällöt voisi ottaa tarkempaan tarkasteluun. Keskustelussa opintojaksojen yhtenevyyksiä ei kuitenkaan pidetty suurena ongelmana.

Sisällöllistä yhtenevyyttä näytteiden käsittelyn, kromatografian, spektroskopian ja detektorien osalta löydettiin opintojaksoista BIO-1600 ”Ympäristöanalytiikka” (3 op), BIO-2306 ”Instrumental Bioanalysis” (3 op), KEM-2050 ”Kemian perustyöt” (6 op), KEM-4350 ”Kromatografia ja massaspektrometria” (2 op). Havainnon pohjalta ehdotettiin opintojaksojen lähempää tarkastelua ja mahdollista yhteistyötä eri laboratorioiden välillä mm. analysointilaitteistojen osalta. Keskustelussa pohdittiin sitä, missä kaikissa opintojaksoissa erilaisia analyysimenetelmiä ylipäätään käydään läpi ja kannatettiin ajatusta tutkimuslaitteistojen yhteiskäytöstä.

Yleisesti ottaen vanhan Bio- ja ympäristötekniikan laitoksen opetustarjonnassa on suuri määrä kooltaan melko pieniä kursseja, joiden yhdistämistä voisi harkita. Mitä enemmän yksittäisiä opintojaksoja on, ja mitä suppeampia ne ovat, sitä pirstaleisempaa koulutus on. Pirstaleisuus edesauttaa pinnallista oppimista, opitun unohtamista sekä lisää kuormittavuutta opiskelijan kannalta. (Karjalainen et al. 2003b, 65.) Joistakin pienistä kursseista voisi koota esimerkiksi suuremman ongelmaperusteiseen oppimiseen perustuvan projektikurssin. Toisin kuin tavanomaisessa opetuksessa, jossa oppimisen oletetaan perustuvan sisältöjen jakamiseen, ongelmaperustainen oppiminen alkaa ongelmista, jotka ovat peräisin työelämän ja yhteiskunnan todellisuudesta. Ongelmaperustainen pedagogiikka onkin yksi vastaus koulutuksen ja työn samoin kuin opetuksen ja tutkimuksen välisen kuilun ylittämiseen. (Poikela 2002, 9.)

4.3 Ideoita uusiksi opintojaksoiksi

Kehityshankkeen aikana nousi sisältöanalyysin ja opettajien kanssa käytyjen keskustelujen pohjalta ideoita kahden uuden yhteisesti järjestettävän opintojakson järjestämiseksi. Opintojaksojen aihepiirit olisivat biohydrometallurgia ja uusiutuvat energiantuotantomenetelmät

Yhdistyneen Kemian ja biotekniikan laitoksen Kemian laboratorion on osaamista metallien kemiasta sekä malmien rikastamisesta vaahdotuksen avulla. Bio- ja ympäristötekniikan laboratorion puolestaan on usean vuoden kokemusta kaivosbiotekniikasta. Painopistealueina ovat olleet malmien bioliuotus sekä metallipitoisten kaivosvesien biotekninen käsittely. Nytemmin tutkimusta on laajennettu myös metallipi-

toisten jätteiden liuotukseen mikrobien avulla. Laboratoriolla on ollut yhteistyötä useiden kaivosalan yritysten kanssa ja opettajakunnassa on myös kaivosbiotekniikan alaan liittyviä dosentteja sekä yliopisto- että yritysmaailmassa. Yhdistyneen laitoksen opettajien ja ulkopuolisten dosenttien avulla laitos voisi järjestää biohydrometallurgian opintojakson, jota voisi tarjota joka toinen vuosi sekä yliopiston omille opiskelijoille, että kaivosalan yritysten työntekijöille. Opintojakson ydinaineiksena voisivat olla seuraavat aihealueet: mineraalien rikastaminen vaahdotuksen avulla kemiallisin ja bioteknisin menetelmin, malmien bioliuotus ja biohapetus, metallien valmistus, biotekninen metallien talteenotto sekä metallipitoisten jätevesien käsittely.

Yhdistyneen Kemian ja biotekniikan laitoksen Kemian laboratoriolla on perustavaa laatua olevaa asiantuntemusta valoenergian ja uusien materiaalien alalta. Bio- ja ympäristötekniikan laitoksen yhtenä tutkimusalueena puolestaan ovat olleet biologinen vedyn ja etanolin tuotanto orgaanisista yhdisteistä pimeäfermentaation avulla sekä fotosynteesin biomassan tuotto polttoaineiden raaka-aineiksi. Näiden aihepiirien ympärille voisi luoda uuden yhteisesti järjestettävän opintojakson, jossa keskitytään uusiutuvan valo- ja bioenergian hyödyntämiseen ja tuodaan opiskelijoiden saataville alan uusinta tutkimustietoa.

4.4. Pienet opintojaksot ja niiden järjestämistiheys

Entisellä kemian laitoksella on perinteisesti järjestetty diplomi-insinöörin opintoihin kuuluva seminaari ja jatko-opintoseminaari yhdessä (opintojakso KEM-5350 ”Kemian seminaari”), kun taas entisellä Bio- ja ympäristötekniikan laitoksella on ollut erilliset opintojaksot perus- ja jatko-opiskelijoille sekä eri pääaineopiskelijoille (taulukko 4). Jatko-opiskelijoiden vähyyden vuoksi jatko-opintoseminaareja ei ole järjestetty joka vuosi ja välillä jatko-opiskelijat on otettu mukaan perusopiskelijoiden seminaariin. Havaintojen pohjalta ehdotettiin, että Kemian ja Bio- ja ympäristötekniikan laboratorioiden välistä yhteistyötä voisi kehittää järjestämällä yhteisiä jatko-opintoseminaareja. Näin seminaariosallistujien määrä seminaaria kohti kasvaisi ja seminaarin puitteissa olisi mahdollisuus tutustua toisen laboratorion tutkimusalaan. Tämä voisi olla innostaa myös toteuttamaan uusia yhteisiä tutkimushankkeita. Keskustelussa todettiin, että asiaa voidaan harkita. Lisäksi keskustelussa tuotiin ilmi, että TTY:ssä on suunniteltu tiedekuntatasolle yleistä seminaarisarjaa.

Taulukko 4. Seminaareihin ilmoittautuneiden (ja suorittaneiden) opiskelijoiden lukumäärät vuosina 2005, 2006 ja 2007 (Ruohtula 2008).

Opintojakso	Opintojakson nimi	Ilmoittautuneet (suorittaneet)		
		2005	2006	2007
BIO-2906	Seminar in Biotechnology	4	20	15
BIO-4906	Seminar on Environmental Engineering	11	11	9
BIO-7536	Postgraduate Seminar in Biotechnology	(2)		(2)
KEM-5350	Kemian seminaari (perus ja jatko)	12	12	11

Seminaarien lisäksi Kemian ja biotekniikan laitoksen opetustarjonnassa on muutamia muita opintojaksoja, joiden opiskelijamäärät ovat melko pieniä. Pienien opintojaksojen ilmoittautumismäärät on poimittu taulukkoon 5 (liitteessä 6 on taulukoitu kaikkien laitoksen opintojaksojen ilmoittautumismäärät). Osa näistä opintojaksoista järjestetään jo nyt joka toinen vuosi opiskelijamäärän pienuuden vuoksi. Järjestämistiheyden harventamisen harkitsemista ehdotettiin seuraaville opintojaksoille: BIO-2726 ”Genetic Engineering and Fermentation Technologies” (4 op), BIO-3100 ”Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely” (5 op), BIO-4306 ”Advanced Course on Physical and Chemical Unit Operations” (5 op), ja BIO-4656 ”Material Flow Management” (5 op). Myös opintojaksot BIO-3200 ”Ympäristöbiotekniikan laboratorioharjoitukset” (5 op) (ja vastaava englanninkielinen opintojakso, joka on järjestetty suomenkielisen yhteydessä: BIO-3206 ”Laboratory Exercises in Environmental Engineering” (5 op)) ja BIO-4700 ”Laitossuunnittelu” (5 op) ovat pieniä opintojaksoja, mutta toteutustavaltaan ne sopivatkin järjestettäväksi paremmin pienryhmille.

Taulukko 5. Ilmoittautuneiden opiskelijoiden lukumäärät vuosina 2005, 2006 ja 2007 pienillä opintojaksoilla (Ruottula 2008).

Opintojakso	Opintojakson nimi	Ilmoittautuneet			Huomautuksia
		2005	2006	2007	
BIO-2000	Molekulaarinen bioteknologia	24	12	4	Joka 2. vuosi
BIO-2726	Genetic engineering and fermentation technologies			8	
BIO-3100	Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely	11	14	9	
BIO-3200	Ympäristöbiotekniikan laboratorioharjoitukset	3	10	7	
BIO-3206	Laboratory Exercises in Environmental Biotechnology		2	2	
BIO-3306	Biological wastewater treatment laboratory	4	5		Joka 2. vuosi
BIO-4306	Advanced Course on Physical and Chemical Unit Operations in Water Engineering		7	9	?
BIO-4656	Material Flow Management	8	1	5	?
BIO-4700	Laitossuunnittelu	11	6	12	?
KEM-5126	Photochemistry, Laboratory			9	Joka 2. vuosi
KEM-5156 → KEM-5157	Optical Spectroscopy → Experimental optical spectroscopy			6	Joka 2. vuosi

Opintojaksojen järjestämistiheyttä arvioitaessa on huomioitava myös eri opintojaksojen pakollisuus (liite 5) opintokokonaisuuksissa sekä esitietovaatimus- ja suosituspöytä. Liitteessä 7 on esimerkkejä muutamien pienten opintojaksojen esitietopöydästä. Biotekniikan koulutusohjelman DI-tutkinnon Ympäristötekniikan syventäviin opintoihin valinnaisena kuuluvan opintojakson BIO-2726 ”Genetic Engineering and Fermentation Technologies” esitietovaatimuksissa on yksi joka toinen vuosi järjestettävä opintojakso BIO-2000 ”Molekulaarinen bioteknologia”. Lisäksi on joukko muita vuosittain järjestettäviä pakollisia ja suositeltavia opintojaksoja. Mikäli ”Genetic Engineering and Fermentation Technologies” –opintojakson järjestämistiheyttä harvennetaan, tulisi ainakin sen ja ”Molekulaarinen bioteknologia” –opintojakson järjestämiskohdat suunnitella siten, että opintojaksojen vaivaton suorittaminen olisi opiskelijoiden kannalta mahdollista.

Ympäristöbiotekniikan syventäviin opintoihin pakollisena kuuluville opintojaksoille BIO-3100 ”Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely” ja BIO-3200 ”Ympäristöbiotekniikan laboratorioharjoitukset” on vain esitietosuosituksia eivätkä kyseiset opintojaksot ole edelleen vaatimuksina tai suosituksina muille opintojaksoille. Siten näiden opintojaksojen järjestämistiheyttä voidaan tarpeen mukaan harkita ilman että siitä aiheutuisi opiskelijoiden opintojen etenemiselle kohtuutonta haittaa.

Ympäristöbiotekniikan syventäviin opintoihin valinnaisena kuuluvalla opintojaksolle BIO-3306 ”Biological wastewater treatment laboratory” on yksi esitietovaatimus ja joukko esitietosuosituksia. Opintojakso ei ole edelleen vaatimuksena eikä suosituksena muille opintojaksoille. Opintojakso on jo päätetty järjestää joka toinen vuosi ja niin voidaan tehdä myös jatkossa ilman, että se viivyttäisi opiskelijoiden muita opintoja.

Ympäristö- ja energiatekniikan koulutusohjelmassa DI-vaiheen syventäviin Vesi- ja jätehuoltotekniikan opintoihin pakollisena kuuluvan opintojakson BIO-4306 ”Advanced Course on Physical and Chemical Unit Operations in Water Engineering” esitiedoissa on aika monta pakollista ja joitakin suositeltavia opintojaksoja, mutta kyseinen opintojakso ei itse ole esitietona muille kursseille. Opintojakson järjestämisen harventamista voidaan näin ollen tarpeen mukaan harkita.

DI-vaiheen syventäviin Vesi- ja jätehuoltotekniikan opintoihin pakollisena ja ympäristöbiotekniikan opintoihin valinnaisena kuuluva BIO-4700 ”Laitossuunnittelu” – opintojakson esitietovaatimus- ja suosituspuu on moniportainen ja sisältää paljon sekä pakollisia että suositeltavia kursseja. Kyseessä onkin opintojakso, jolla on tarkoitus koota ja soveltaa monilla eri kursseilla opittuja tietoja käsittelylaitosten suunnitteluun. Kuten edellä mainittiin, opintojakso on toteutustavan vuoksi tarkoituksenmukaista järjestää pienille ryhmille vuosittain.

DI-vaiheen syventäviin Kemian opintoihin valinnaisena kuuluvan opintojakson KEM5126 ”Photochemistry, Laboratory” esitietopuussa on myös monia pakollisia ja suositeltavia opintojaksoja. Kyseinen kurssi samoin kuin kaksi esitietosuosituksesta järjestetään jo tällä hetkellä joka toinen vuosi. Kurssin valinnaisuus huomioon ottaen opintojakso on tarkoituksenmukaista jatkossakin järjestää joka toinen vuosi, mikäli opiskelijamäärät pysyvät pieninä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET

Oppimiskäsityskyselyyn vastasivat lähes kaikki laitoksen opetuksen avainhenkilöt, ja vastausten perusteella voidaan sanoa, että laitoksen opetukseen osallistuvat henkilöt pyrkivät opetuksessaan hyvin linjakkaasti opiskelijan näkökulman, yksilöllisyyden ja motivaation ja vuorovaikutuksen huomioimiseen sekä käyttämään opetuksessaan hyvin monipuolisia ja vaihtelevia menetelmiä, joissa erityistä huomiota kiinnitetään opiskelijan aktiiviseen rooliin ja vastuuseen oppimisessa sekä käytännön harjoittelun ja kokeilemisen. Laitoksen opettajien keskeisiä tavoitteita ovat opiskelijoiden ymmärtävä oppiminen, kyky soveltaa opittua käytännössä, kokonaisuuksien hallinta sekä kyky oppia lisää. Käytännössä resurssit kuitenkin asettavat rajoitteita edellä kuvattujen ideaalien toteuttamiselle. Havaintomme laitoksen opettajien oppimisenäkemyksistä ja opetusmenetelmistä olivat siis hyvin positiivisia, mutta käytännössä mahdolliset oppimisprosessit valitettavasti eroavat näistä ideaaleista. Kyselyjemme suppean otoksen takia havainnot yhteyksistä opettajan pedagogisen koulutuksen laajuuden ja oppimis- ja opettamiskäsitysten tai sovellettavien opetusmenetelmien välillä ovat vain suuntaa antavia, mutta opiskelijan aktiivisen roolin ja vastuun merkityksen ymmärtämisessä voitiin havaita ero pedagogisia opintoja läpikäyneiden ja niiden henkilöiden välillä, joilla ei ollut lainkaan pedagogista taustaa. Kuukaan pedagogista taustaa vailla olevista henkilöistä ei vastauksessaan maininnut kyseisiä seikkoja. Pedagogisen taustan lisäksi suuri merkitys on varmasti myös opettajan opetuskokemuksella sekä ennen kaikkea omalla kiinnostuksella opettamiseen.

Opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisällöissä havaittiin yhtenevyyksiä ja yhteyksiä sekä asioiden esittämisjärjestyksissä ongelmallisuuksia. Opintojaksojen vastuuhenkilöille ehdotettiin joitakin konkreettisia kehittämistoimia ja ennen kaikkea näiden mahdollisten kehittämistarpeiden tarkempaa tarkastelua, ja pääosin ehdotuksista ja lähemmän tarkastelun tarpeesta oltiin samaa mieltä. Oppimisprosesseissa asioiden kertaaminen, oppimisen hierarkkinen eteneminen ja syveneminen opintojaksolta toiselle ovat erittäin tärkeitä, joten kaiken päällekkäisyyden karsimiseen ei missään nimessä ole syytä pyrkiäkään. Edellä mainituissa näkökulmissa on kuitenkin erittäin tärkeitä, että opintojaksojen vastuuhenkilöt tiedostavat tiettyjen opintojaksojen yhteydet ja hierarkkiset oppimisketjut, jotta opettaminen on linjakasta ja johdonmu-

kaista. Myös näissä oppimisketjujen tarkasteluissa hankkeemme tuotoksena syntyneet opintojaksojen sisältötaulukko ja aihealuematriisi ovat hyödyllisiä apuvälineitä. Tässä hankkeessa ei oteta kantaa opintojaksojen sisältöihin sinänsä. Lisäksi on huomioitava, että oppimateriaali ei välttämättä kerro sitä, mitä tai miten asioita käydään läpi luennoilla.

Opintojaksojen vastuuhenkilöiden on hyvä olla tietoisia laitoksen ja yliopiston muiden opintojaksojen sisällöistä ja ennen kaikkea keskustella yhdessä säännöllisesti opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisällöistä, järjestyksestä ja kehittämistarpeista. Tarkastelemallemme laitokselle, niin kuin yleensäkin yliopisto-opetukselle, tyypillisellä tutkijoiden ja työelämän edustajien hyödyntämisellä opetuksessa on selkeät etunsa, kuten aidosti tutkimukseen pohjautuvan opetuksen mahdollistuminen, opiskelijoiden tutustuttaminen tutkimuksen menetelmiin sekä opetuksen kiinteä työelämäyhteys, mutta kyseisen tilanteen aiheuttamat haasteet on myös hyvä tunnistaa. Opintojaksojen ja -kokonaisuuksien sisältöjen sekä opetusmenetelmien vaihtelevuuden ja linjakkuuden hallinta on haastavampaa, kun opintojaksoilla on paljon vieraita luennoitsijoita. Ongelmaperusteiset projektikurssit voisivat olla apuna tutkimuksen ja koulutuksen ja toisaalta työelämän ja opetuksen välisen kuilun kaventamiseen.

Työssä tehtiin myös muutama ehdotus uusiksi yhteisesti järjestettäviksi opintojaksoiksi, joiden avulla opiskelijoiden saataville voidaan tuoda laitoksen osaamisalueiden uusinta tutkimustietoa. Lisäksi tehtiin ehdotuksia joidenkin pienten opintojaksojen järjestämistiheyden harventamiseksi, mikä voisi tehostaa opetusresurssien käyttöä.

Jatkossa laitoksen opetuksen kehittäminen tulee toteutumaan alussa kuvattujen vaikiintuneiden palautteenkeräämis-, suunnittelu- ja kehittämiskäytäntöjen sekä erillisten hankkeiden avulla. Laitoksen opetushenkilökunta on erittäin motivoitunutta opetuksen jatkuvaan kehittämiseen, mutta haasteita asettavat kehittämisresurssien, erityisesti ajan, vähyys sekä yhdistettyjen laitosten opetuksen ja opetuksen suunnittelu- ja kehittämiskäytäntöjen osittainen erilaisuus. Jokin tai joitakin havaintojamme tullaan lähemmin tarkastelemaan ja kehittämisideoita viemään eteenpäin opetuksen kehittämisen jatkohankkeessa, johon yliopisto on jo myöntänyt rahoitusta. Jatko-

hankkeessa olisi hyvä pohtia tarvetta ja mahdollisuuksia laitoksen opetuksen kokonaisvaltaisempaan kehittämiseen, kuten projektiopetuksen hyödyntämiseen. Laitos on myös jättänyt esityksen osallistumisesta yliopistokoulutuksen laatuysikköarviointiin, mikä toteutuessaan johtaisi opetuksen kehittämisen erityiseen huomiointiin.

LÄHTEET

Ayres, K. 2007a. Historiaa [verkkodokumentti]. Tampereen teknillinen yliopisto.

Saatavilla www-muodossa:

<http://www.tut.fi/public/index.cfm?MainSel=6&Sel=2006&Show=1887&Siteid=0>.

Juttu päivitetty 21.12.2007. Sivulla käynti 27.4.2008

Ayres, K. 2007b. TTY on tekniikan kansainvälinen huippuyliopisto [verkkodokumentti]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavilla www-muodossa:

<http://www.tut.fi/public/index.cfm?MainSel=6&Sel=6&Show=6&Siteid=0>.

Juttu päivitetty 28.8.2007. Sivulla käynti 27.4.2008

Hakonen, S. 2008a. Kemian ja biotekniikan laitos [verkkodokumentti]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavilla www-muodossa:

<http://www.tut.fi/public/index.cfm?MainSel=17767&Sel=17473&Show=29435&Siteid=0>. Juttu päivitetty 11.2.2008. Sivulla käynti 27.4.2008

Hakonen, S. 2008b. Yksiköt [verkkodokumentti]. Tampereen teknillinen yliopisto.

Saatavilla www-muodossa:

<http://www.tut.fi/public/index.cfm?MainSel=17767&Sel=17356&Show=29329&Siteid=0>. Juttu päivitetty 2.1.2008. Sivulla käynti 27.4.2008.

Junes, S. 2003. Opetus ja opettajuus yliopistokulttuurin kontekstissa. Tampereen yliopisto. Kasvatustieteiden laitos. Pro Gradu -tutkielma. 118 s.

Karjalainen, A. (toim.) 2003a. Akateeminen opetussuunnitelmatyö. Oulun yliopisto, Opetuksen kehittämissyksikkö. Kansi.

Karjalainen, A. 2003b. Curriculum academicum. Teoksessa Karjalainen A. (toim.) Akateeminen opetussuunnitelmatyö. Oulun yliopisto, Opetuksen kehittämissyksikkö. Ss. 9-24.

Karjalainen, A., Lapinlampi, T., Jaakkola, E. & Alha, K. 2003a. Opetussuunnitelman käsite. Teoksessa Karjalainen A. (toim.) Akateeminen opetussuunnitelmatyö. Oulun yliopisto, Opetuksen kehittämissyksikkö. Ss. 25-55.

Karjalainen, A., Jaakkola, E., Alha, K. & Lapinlampi, T. 2003b. Opetussuunnitelman laatiminen. Teoksessa Karjalainen A. (toim.) Akateeminen opetussuunnitelmatyö. Oulun yliopisto, Opetuksen kehittämissyksikkö. Ss. 56-86.

Kember, A. 1997. A reconceptualisation of the research into university academics' conceptions of teaching. *Learning and Instruction* 7, 255-272.

Lehto, J. E. 2001. Opetustaidot eivät korvaa puutteita tieteellisessä pätevydessä. *Acatiimi* 7, 25 – 27.

Lindblom-Ylänne, S. 2006a. Yliopistopedagogiikassa kaksi lähestymistapaa [verkkodokumentti]. *Sivistys.net. Uutiset*. Saatavilla *www-muodossa*: http://sivistys.net/uutiset/sari_lindblom_ylanne_yliopistopedagogiikassa_kaksi_lahestymistapaa.html. Juttu päivitetty 24.5.2008. Sivulla käynti 26.4.2008.

Lindblom-Ylänne, S. 2006b. Sisältö- vai oppimislähtöiseen opetukseen? [verkkodokumentti]. *Sivistys.net. Uutiset*. Saatavilla *www-muodossa*: http://sivistys.net/uutiset/sari_lindblom_ylanne_yliopistopedagogiikassa_kaksi_lahestymistapaa.html. Juttu päivitetty 29.5.2006. Sivulla käynti 26.4.2008.

Lindblom-Ylänne, S., Nevgi, A. & Kaivola, T. 2002. Oppimis- ja tietokäsityksistä opetustapaan. Teoksessa: Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. (toim.) *Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja*. Vantaa: WSOY.

- Neumann, R., Parry, S. & Becher, T. 2002. Teaching and Learning in their Disciplinary Contexts: a conceptual analysis. *Studies in Higher Education* 27, 405-417.
- Nevgi, A. & Lindblom-Ylänne, S. 2002. Oppimisenäkemykset antavat perustan opetukselle. Teoksessa: Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. (toim.) *Yliopisto- ja korkeakouluopettajan käsikirja*. Vantaa: WSOY.
- Opetuksen laatutyöryhmä/Opetusneuvosto. 2008. Opetuksen, opiskelun ja ohjauksen kehittämisohjelma 2008-2010, luonnos 26.3.2008. 22 s.
- Piekkari, U. & Repo-Kaarento, S. 2002. Yhteistoiminnallinen oppiminen yliopistossa. Teoksessa P. Sahlberg. & S. Sharan (toim.) *Yhteistoiminnallisen oppimisen käsikirja*. Porvoo: WS Bookwell Oy, Ss. 308 – 326.
- Poikela, E. 2002. Johdanto. Teoksessa E. Poikela (toim.) *Ongelmaperustainen pedagogiikka – teoriaa ja käytäntöä*. Tampere: Tampere University Press. Ss. 7-19.
- Poikela, E. & Öystilä, S. 2001. Johdanto. Teoksessa E. Poikela & S. Öystilä (toim.). *Tutkiminen on oppimista – ja oppiminen tutkimista*. Tampere: Tampere University Press, Ss. 5 –9.
- Postareff, L., Lindblom-Ylänne, S. & Nevgi, A. 2007. The effect of pedagogical training on teaching in higher education. *Teaching and Teacher Education* 23, 557-571.
- Postareff, L. & Lindblom-Ylänne, S. 2008. Variation in teachers' descriptions of their teaching: Broadening the understanding of teaching in higher education. *Learning and Instruction* 18, 109-120.
- Reiman, K. 2008a. Opetuksen laatu ja kehittäminen [verkkodokumentti]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavilla [www-muodossa](http://www.muodossa):
<https://www.tut.fi/tutka/index.cfm?MainSel=282&Sel=309&Show=292&Siteid=1>
 Juttu päivitetty 17.4.2008. Sivulla käynti 27.4.2008

Reiman, K. 2008b. Opetuksen laatupäivä [verkkodokumentti]. Tampereen teknillinen yliopisto. Saatavilla www-muodossa:

<https://www.tut.fi/tutka/index.cfm?MainSel=282&Sel=9765&Show=11737&NoSel=1&Siteid=1>. Juttu päivitetty 2.1.2008. Sivulla käynti 27.4.2008.

Ruohtula, J. 2008. Kemian ja biotekniikan laitoksen opintojaksoilmoittautumiset 2005-2007. Kirjallinen tiedonanto sähköpostilla.

Tampereen teknillinen yliopisto. 2007a. Opinto-opas 2, 2007-2008, Laitokset ja opintojaksot. Hämeenlinna: Karisto Oy. 543 s.

Tampereen teknillinen yliopisto. 2007a. Opinto-opas 3, 2007-2008, Opas jatko-opiskelijoille. Hämeenlinna: Karisto Oy. 231 s.

Tampereen teknillinen yliopisto. 2007c. Opinto-opas 1, 2007-2008, Koulutusohjelmien tutkintovaatimukset. Hämeenlinna: Karisto Oy. 287 s.

Tampereen teknillinen yliopisto, Kemian ja biotekniikan laitoksen oppimateriaalit, lukuvuosi 2007-2008.

Tarkastusvaliokunnan mietintö 1/2007. TrVM 1/2007 vp - K 12/2007 vp, K 13/2007 vp. Tarkistettu versio 2.1. [verkkodokumentti] Eduskunta. Saatavilla www-muodossa: http://www.parliament.fi/faktatmp/utatmp/akxtmp/trvm_1_2007_p.shtml

Yliopistojen tutkintorakenteen kehittämistyöryhmä. 2002. Yliopistojen kaksiportaisen tutkintorakenteen toimeenpano. Opetusministeriö, 59 s.

Yliopistolaki (645/97). [verkkodokumentti]. FINLEX ® - Valtion säädöstietopankki. Saatavilla www-muodossa:

<http://www.finlex.fi/fi/laki/kokoelma/1997/19970091.pdf>. Sivulla käynti 3.5.2008.

Oppimiskäsityskysely

LIITE 1, s. 1 (2)

Kemian ja biotekniikan laitoksen opetuksen kehittämishanke

Autathan opetuksen kehittämisessä vastaamalla alla oleviin kysymyksiin. Palauta vastauksesi 3.3.2008 mennessä sähköpostitse tai paperilla Anna Kaksoselle (anna.kaksonen@tut.fi, FC 312) tai Pauliina Nurmelle (pauliina.nurmi@tut.fi, FC 328). Kiitos!

Ystävällisin terveisin,

Pauliina ja Anna

”Kaiken opetuksen taustalla on käsitys oppimisesta, mikä säätelee opetuksen toteutusta. Oppimiskäsitys vastaa kysymyksiin siitä, miten oppiminen tehokkaimmin tapahtuu ja mikä on toivottu oppimisen lopputulos. Uutta voidaan oppia esimerkiksi tekemällä, kokeilemalla, pohtimalla, käsitteellistämällä, tietoja ja taitoja siirtämällä, yksilönä, vuorovaikutuksessa muiden kanssa ja aiempaa osaamista hyödyntämällä.”

Minkälainen on oppimiskäsityksesi eli miten ihminen mielestäsi oppii parhaiten ja mitä oppiminen ylipäättään tarkoittaa?

Miten oppimiskäsityksesi vaikuttaa käytännön opetustyöhösi eli kuvaa lyhyesti, miten toimit käytännön opetustilanteissa / minkälainen on oma tapasi opettaa?

Project for developing teaching at the Department of Chemistry and Bioengineering

Please assist in developing teaching activities by answering to the questions below. Return your answer by 3.3.2008 by e-mail or in paper to Anna Kaksonen (anna.kaksonen@tut.fi, FC 312) or Pauliina Nurmi (pauliina.nurmi@tut.fi, FC 328). Thank you!

Kind regards,

Pauliina and Anna

“Teaching is based on the conception of learning, which guides the practical implementation of teaching. Conception of learning answers the questions of how is learning achieved in the most effective way and what is the desired outcome of learning. New things can be learned for example by doing, experimenting, thinking, conceptualizing, transferring knowledge and skills, as an individual, in interaction with others and by exploiting previous knowledge.”

What is your conception of learning like, i.e. how does a person learn best and what does learning actually mean?

How does your conception of learning affect your teaching in practice, i.e. describe briefly how do you act in teaching situations / what is your way of teaching like?

Kysely opettajien pedagogisesta koulutuksesta

LIITE 2, s. 1 (1)

Hei,

liittyen aikaisemmin lähettämäämme oppimiskäsityskyselyyn haluaisimme vielä taustaksi tiedustella, onko laitoksemme opetukseen osallistuvilla henkilöillä taustalla pedagogisia opintoja ja jos, niin minkälaisia. Kertoisitteko siis vielä hyvin lyhyesti perjantaihin 18.4.2008 mennessä mahdollisista pedagogisista opinnoistanne (ei / kyllä: minkä tyyppistä opintoja, mukaan lukien itseopiskelu).

Kiitos!

Sisällytämme kehittämishankeraporttiimme kyselyyn perustuvat havaintomme opetushenkilöstön oppimiskäsityksistä sekä pedagogisten opintojen mahdollisesta vaikutuksesta niihin, mutta yksittäisen opettajan vastaukset/tausta eivät käy raportistamme ilmi.

Terveisin,

Pauliina ja Anna

Hi,

related to the questionnaire sent earlier we would like to ask some additional background information concerning the possible pedagogical education of the teaching staff at our department. So please briefly explain whether you have any pedagogical education (informal self education also included) and if so, what kind of education. Please reply by Friday the 18th of April. Thank you!

We will include in our development project report our observations concerning the conceptions of learning of our teaching staff and the possible effect of pedagogical education on them. Individual answers or background information will not, however, be shown.

Best regards,

Pauliina and Anna

LIITE 3, s. 1 (37)

Opintojaksojen sisällöt

Opintojakso	Sisältö	Huomiot päällekkäisyyksistä sekä ehdotukset/jatkokysymykset
BIO-1200 Biokemia I (3 op) , professori Matti Karp, vanhempi tutkija Ville Santala	<p>Osa I (6 kaksoistuntia luentoja)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Maa-planeetan elämästä yleensä - Solujen rakenne - Biomolekyyleistä yleensä - Vesi vanhin voitehista - Aminohapot, peptidit ja proteiinit - Proteiinien kolmiulotteinen rakenne - Proteiinien toiminta - Entsyymit - Hiilihydraatit - Lipidit - Nukleotidit ja nukleiinihapot <p>Osa II: Energiaa tuottava aineenvaihdunta (6 kaksoistuntia luentoja)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Energiaa tuottavan aineenvaihdunnan periaatteet <ul style="list-style-type: none"> ▪ Kemiallisten reaktioiden termodynamiikkaa ▪ Aineenvaihdunnan periaatteet ▪ Energian tuotto ja siirto <ul style="list-style-type: none"> ○ Termodynamiikkaa ○ Reaktiivisia ryhmiä sisältävät koentsyymit (ATP) ○ Elektroneja siirtävät koentsyymit - Energiaa tuottavat aineenvaihduntatiet <ul style="list-style-type: none"> • Hiilihydraatit energialähteenä ja –varastona <ul style="list-style-type: none"> ○ Glukoosista ATP:a (soluhengitys): Glykolyysi, Sitruunahapposykli, Elektroninsiirtoketju Oksidatiivien fosforylaatio ○ Glukoosista NADPH:a ○ Hiilihydraattien biosynteesi • Rasvat energialähteenä ja –varastona <ul style="list-style-type: none"> ○ Rasvahapoista ATP:a ○ Rasvahappojen biosynteesi • Typpiaineenvaihdunta <ul style="list-style-type: none"> ○ typen kiertokulku luonnossa, aminohappojen synteesi 	<ul style="list-style-type: none"> - Aminohapot, peptidit, hiilihydraatit myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia, KEM-5200 Bio-organisen kemia - Proteiinit myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia - Lipidit/rasvat myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia, KEM-5200 Bio-organisen kemia, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Nukleotidit ja nukleiinihapot myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia, KEM-5200 Bio-organisen kemia, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2406 Microbial Genetics, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis - Entsyymit myös: BIO-1350 Biotekniikan perusteet, KEM-5200 Bio-organisen kemia, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät - Gibbsin energia, entalpia, entropia myös: kemian kurssit - Typen kiertokulku luonnossa myös: Mikrobiologia I - Katso kommentit koskien KEM-2100 Orgaanista kemiaa sekä KEM-5200 Bio-organista kemiaa

	<ul style="list-style-type: none"> ○ aminohappojen katabolia, urea-sykli ○ nukleotidien synteetit 	
BIO-1250 Mikrobiologia I (3 op) , professorit Matti Karp ja Jaakko Puhakka	<ul style="list-style-type: none"> - Mikrobiologian historia ja tutkimusalue - Solun rakenne ja toiminta - Metabolia ja ravitsemus <ul style="list-style-type: none"> • Solun metabolia (anabolia ja katabolia) • Aktivaatioenergia – entsyymikatalyysi • Mikrobien metabolinen ryhmittely energialähteen perusteella • Biokemialliset redox-reaktiot (Pelkistyspotentiaali, hapetus-pelkistysparit, Faradayn laki, elektronitorni, elektronikantajat) • Korkeaenergiset yhdisteet ja energian varastointi • Vaihtoehtoiset energian tuottotavat: fermentaatio ja respiraatio (aerobinen, anaerobinen) • Protonigradientin muodostus, ATPaasin rakenne ja toiminta • Kemo-organotrofinen, kemolitrofinen ja fototrofinen metabolia • Bakterisolun koostumus • Makro- (K, Mg, Ca, Fe, Na) ja mikroravinteet (Co, Zn, Mo, Cu, Mn, Ni) • Kasvutekijät • Mikrobien viljely laboratoriossa ja mikrobien lukumäärän määrittäminen - Mikroskopiitekniikat ja näytteen käsittely: <ul style="list-style-type: none"> • Morfologia, mikroskoopin historia, mikroskopiitekniikat: valomikroskoopit, faasikontrastimikroskopia, pimeäkenttämikroskopia, fluoresenssimikroskopia, differential interference contrast (DIC) mikroskopia, laserskannauskonfokaalimikroskopia, atomivoimamikroskopia (AFM), scanning probe microscopy (SPM), skannauselektronimikroskopia (SEM), läpäisyelektronimikroskopia (TEM), resoluutio, immersio-objektiivit, värjästekniikat (gram, simple stain, negatiivivärjäys, kapselivärjäys, itiövärjitys, flagellavärjäys), - Mikrobien metabolinen diversiteetti: <ul style="list-style-type: none"> • Metabolinen luokittelu (kemo-organotrofit, kemolitotrofit, fototrofit, autotrofit, heterotrofit, miksotrofit), fotosynteesi, hiilidioksidin sidonta, vedyn, rikkiyhdisteiden, raudan, ammoniakkin ja nitriitin hapetus, bioliuotus - Anaerobinen respiraatio ja fermentaatio: <ul style="list-style-type: none"> • Anaerobinen elämäntyyli, aerobinen vs. anaerobinen respiraatio, 	<ul style="list-style-type: none"> - Solun rakenteesta ja metaboliasta puhutaan myös BIO-1200 biokemia I -opintojaksolla - Metallien vaikutuksista eliöihin (Makro- ja mikroravinteiden, ja toksisuus) kerrotaan myös KEM-4200 Metallien kemia ja BIO-2200 Mikrobiologia II –opintojaksolla - BIO-2200 Mikrobiologia II –opintojaksolla käydään tarkemmin läpi bioliuotusta sekä sulfaatinpelkistäjien metaboliaa - Mikrobien kasvua ja kasvatusta ja kasvukäyrää tarkastellaan myös BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoitukset (aerobien viljely, kasvukäyrä), BIO-2200 Mikrobiologia II (anaerobiviljely), BIO-2306 Instrumental Bioanalysis (kasvun mittaaminen) ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (kasvukäyrä) –opintojaksolla - Q-PCR:stä myös opintojaksoilla BIO-2200 Mikrobiologia II, BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät - Mikrobien määrän rajoittamista ja mikrobien eliminointia harjoitellaan BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoituksissa - Mikroskopiitekniikoista myös opintojaksolla BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoitukset (faasikontrasti, Gram-värjäys), BIO-2200 Mikrobiologia II (FISH), BIO-2306 Instrumental Bioanalysis (FISH, MAR-FISH, CARD-FISH), BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät (DAPI, FISH, MAR-FISH, CARD-FISH), BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (life/dead, FISH) - Geenitekniikan menetelmistä oma

	<p>assimilatorinen vs. dissimilatorinen metabolia, anaerobirespiraation muotoja, fermentaatioita, lajien välinen vedynsiirto (syntrofia)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mikrobien kasvu <ul style="list-style-type: none"> • Kasvukäyrä, mikrobien määrän laskeminen (mikroskopointi solujenlaskemiskammioilla, plate count, sameus, virtausytometria, Q-PCR, FISH), aseptinen työskentely, kemostaatti, ympäristötekijöiden vaikutus kasvuun: Ravintoainekonsentraatio, veden aktiivisuus, pH, lämpötila, suolaisuus, happipitoisuus, paine, säteily, quorum sensing - Mikrobien kasvatus aerobisissa olosuhteissa: <ul style="list-style-type: none"> • Teolliset mikrobit (tuotantomikrobien eristys, säilyvyys, parannus), inokulaatit (esimerkkejä inokulaattien tuotosta, tuotantofermentorin aseptinen inokulaatio), fermentorit (perustoiminnot, rakenne, ilmastus ja sekoitus, aseptisten olosuhteiden saavuttaminen ja ylläpito, lisälaitteet) - Mikro-organismien määrän rajoittaminen fysikaalisilla ja kemiallisilla menetelmillä: <ul style="list-style-type: none"> • Bakteerien kuoleminen (D- ja Z-arvot), antimikrobiset aineet (ympäristön vaikutus), lämpötila, säteily, suodatus, puhdistus - Mikrobien eliminoiminen ja antimikrobiaalinen kemoterapia <ul style="list-style-type: none"> • Lämpötila, suodatus, antimikrobiset aineet (antibiootit) - Geenitekniologian menetelmät ja mutaatiot: <ul style="list-style-type: none"> • Yleiskuva geenitekniikasta, mutaatiot, perustekniikat (insertionaalinen inaktivaatio, katkaisu restriktioentsyymeillä, faagit, transformaatio, elektroporaatio, geenipyssy, injektio, agaroosigeelielektroforeesi, sekvensointi, ilmentämisvektori, käänteiskopiointi, kloonaus, geenin etsintä käänteisellä geenitekniikalla, proteomiikka, konjugaatio) - Mikrobiekologia: <ul style="list-style-type: none"> • Mikrobien kasvuun vaikuttavia ympäristötekijöitä, mikrobien vuorovaikutusmekanismeja, mikroympäristön ja biofilmien ominaispiirteet, maaperän, vesistöjen, syvän meren ja merenalaisten kuumien lähteiden ominaispiirteitä mikrobien kasvuympäristöinä - Biogeokemialliset kierrot: <ul style="list-style-type: none"> • Biogeokemiallisten kiertojen määrittely, vaikuttavat tekijät, mikrobien rooli, ihmisten vaikutukset, hiilen, typen ja rikin kierto 	<p>opintojaksonsa BIO-2601 (johon yksi luento johdattellee)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Biofilmejä käsitellään myös opintojaksoilla BIO-2200 Mikrobiologia II, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis - Biogeokemiallisten kiertojen osia käsitellään suppeammin opintojaksoilla BIO-1200 Biokemia I, BIO-2200 Mikrobiologia II, BIO-1600 Ympäristöanalytiikka
BIO-1300 Johdatus biotekniikkaan ja	<ul style="list-style-type: none"> - Molekulaarisen biotekniikan opetuksen ja tutkimuksen esittely - Bio- ja ympäristötekniikan laitoksen ja ympäristöbiotekniikan opetuksen 	<ul style="list-style-type: none"> - Suoraa päällekkäisyyttä KEM-1000:een: tieteen filosofia, opintojen suunnittelu, tiedonhankinta

tieteelliseen viestintään (3 op) , professori Matti Karp	esittely - Biotekniikan opintojen suunnittelu - Kemian rooli biotekniikan opetuksessa - Tieteellinen viestintä: Koostelmajulkaisut sekä niiden sisältö. - Tietokannat ja tiedon louhinta - Biomittaukset - Kudosteknologian alkeita ja opetuksen esittely - Tieteen filosofia - Biologisen fysiikan anti biotekniikalle - Signaalinkäsittelyn laitoksen esittely	- Myös biotekniikan opiskelijoille olisi hyötyä muista KEM-1000:n osioista: tehokas oppiminen. - Voitaisiinko BIO-1300:stä karsia yhtenevä aines -> KEM-1000 suositeltavaksi/pakolliseksi myös Biotekniikan ko:n opiskelijoille & 2 op:n BIO-1300 keskittyen vain johdattelemaan biotekniikkaan
BIO-1350 Biotekniikan perusteet (3 op) , vanhempi tutkija Ville Santala	- Johdanto s. 2 - Geenitekniikka s. 15 - Entsyymit ja bioprosessitekniikka s. 49 - Elintarvikkeet ja antibiootit s. 73 - Ympäristöbiotekniikka s. 89 - Lääketieteellinen biotekniikka s. 100 - Maatalous- ja kasvibiotekniikka s. 141 - Biosensorit s. 164 - Viimeaikaiset kehityssuunnat s. 171	- PCR myös: BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Entsyymit myös: BIO-1200 Biokemia, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät, KEM-5200 Bio-organisen kemian
BIO-1400 Hydromekaniikan perusteet (2 op) , yliassistentti Saira Kallioinen	- Hydromekaniikkaan vaikuttavia veden fysikaalisia ominaisuuksia, hydrostaatiikkaa - Hydrostaattinen paine tasopintaa vastaan, paine putkessa, uiva kappale - Virtaustilat, jatkuvuusyhtälö, Bernoullin yhtälö - Impulssilause, rajakerrosteoria - Putkivirtaus - Avouomavirtaus	- Veden fysikaaliset ominaisuudet myös: BIO-4000 Vesikemia, BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Virtaus myös: BIO-5900 Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen
BIO-1600 Ympäristöanalytiikka (3 op) , prof. Tuula Tuhkanen	- Johdanto ympäristöanalytiikkaan: <ul style="list-style-type: none"> • Ympäristö • Ympäristön tilan seuranta ja arviointi • Analyttiset menetelmät (ja Kemiallinen analytiikka) ympäristötutkimuksessa • Pitoisuuksien kertaluokat • Terveysriskin arviointi ja hallinta • Tyypillisiä yhdisteitä yhdyskuntailmassa 	- Biogeokemiallisista kierroista myös opintojaksoilla BIO-1200 Biokemia I, BIO-1250 Mikrobiologia I, BIO-2200 Mikrobiologia II - Ympäristökemiasta tarkemmin opintojaksolla KEM-4150 Ympäristökemia - Päästöjen kulkeutumisesta ja kohtalosta myös opintojaksoilla BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset, BIO-3100 Haitta-aineiden

	<ul style="list-style-type: none"> • Kemikaalien kulkeutuminen ja kohtalo • Orgaaniset aineet, metalli-ionit • Mistä otetaan näyte • Ilmanlaatuindeksi, talousveden valvonta, pilaantuneet maa-alueet • Altistumisen arviointi - Ympäristökemia – kertausta <ul style="list-style-type: none"> • Kemikaali-kemiallinen aine, -tuote/valmiste • Hiilen ja typen kierto • Kemikaalien jakaantuminen, leviäminen, hajoaminen, haihtuminen, kulkeutuminen ympäristössä • Vesiliukoisuus ja rikastumispotentiaali • Ympäristölle vaarallinen kemikaali • Synteettiset orgaaniset yhdisteet, pesuaineet • REACH • Natural organic matter • Desinfiointin sivutuotteet • Hormonitoimintaan vaikuttavat yhdisteet - Näytteenotto <ul style="list-style-type: none"> • Näytteenoton tärkeys • Näytteen oton ja käsittelyn perusteita, näytteenoton lähestymistavat • Näytteenottoverkot, näytetyypit, näytteiden pakkaaminen, kuljetus ja säilytys • Kontaminaation estäminen • Näytteenotosta aiheutuva mittausepävarmuus • Näyttekoon vaikutus ja valinta, rinnakkaisnäytteiden lukumäärä - Näytteen valmistaminen <ul style="list-style-type: none"> • Käsitteitä, näytteenkäsittelyn periaatteet • Saanto, surrogaatti, näytteen säilyttäminen • Fysikaalinen esikäsittely (konsentroidi, liuottimen/faasin vaihtaminen, eristäminen (kaasuerotus, uutto), homogenisointi) • Kemiallinen esikäsittely (derivointi, liuottaminen, kompleksointi, pelkistäminen) • Kiinteät, biologiset ja maaperänäytteet • Orgaanisen aineen poisto • Puhdistus 	<p>biohajoaminen ja biotekninen käsittely, BIO-4000 Vesikemia</p> <ul style="list-style-type: none"> - NOM:sta myös opintojaksoilla BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely, BIO-4000 Vesikemia - Näytteiden käsittelystä hiukan myös opintojaksoilla KEM-2050 Kemian perustyöt, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria - Kromatografiasta myös opintojaksoilla BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, KEM-4350 Kromatografia LIITE 3, s. 5 (34) - Spektroskopiasta myös opintojaksoilla BIO-2050 Kemian perustyöt, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria, KEM-5050 Spektroskopia, KEM-5156 Optical Spectroscopy, KEM-4250 IR-spektroskopia - Detektoreista myös opintojaksoilla BIO-1600 Ympäristöanalytiikka ja KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria
--	--	---

	<ul style="list-style-type: none"> - Vesinäytteen otto <ul style="list-style-type: none"> • Periaatteet, yleiset ohjeet, näytteenotto talousvedestä ja vesistöistä, säilytys ja kuljetus, näytteenoton suunnittelu - Kromatografia <ul style="list-style-type: none"> • Kloridin määrittäminen ionikromatografisesti • PCB-yhdisteiden analysointi GC-MSD –laitteistolla • Kromatografian käsitteitä • Kromatografian lajit (adsorptio-, partitio-, ioninvaihto-, molekyylikoko- (geeli-), affiniteettikromatografia) • Kromatogrammi, retentioaika, suhteellinen retentio, retentiofaktori, jakaantumiskertoimet, resoluutio, teoreettinen pohjaluku • Kaasukromatografia (periaate, kantokaasu, näytteen esikäsittely, injektointitavat, kolonnit, stationääri- ja kiinteäfaasit, lämpötila- ja painehajotus, detektoreita (TCD, FID, ECD, FPD, PID, NPD, AED, S- ja N-kemiluminisenssitetektorit, IR, MS)) • HPLC (periaate, eluentit, pumppu, näyte, injektointi, näytteenottoventtiili, stationääri- ja kiinteäfaasikromatografia, kolonni, detektorit, supressio, kokoeksklusiokromatografia) - Ilmanäytteenotto ja –analytiikka <ul style="list-style-type: none"> • Ilman koostumus ja laatu, ilmansaasteiden vaikutuksia, raja-arvoja • Epäpuhtauksien mittaaminen ilmasta (NO_x, CO, SO₂, O₃, hiilivedyt) • Näytteenotto (kaasumaiset, hiukkaset) • Keräystehokkuus, näytetilavuus, adsorbentit ja desorbointi näytteenottovälineet • Hiukkasten suora mittaus ja kokoluokittelu - Detektorit <ul style="list-style-type: none"> • Detektorin määrittäminen ja tehtävä • Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen analyysi • Detektorin valinta • Kaasukromatografian detektorit (TCD, FID, ECD, FPD, PID, AED, MS) • Nestekromatografian detektorit (spektrometriset (UV, DAD, näkyvä valo, fluoresenssi, taittoero, evaporative light scattering), elektrokemialliset, massaselektiiviset) 	
--	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Massaspektrometria, massaselektiiviset detektorit, MS:n rakenne, ionisointimenetelmiä, massa-analysaattorit - Spektrometriset menetelmät <ul style="list-style-type: none"> • Perusteita • Sähkömagneettinen spektri ja molekulaariset prosessit valon absorptiossa • Transmittanssi, absorbanssi ja emissio • Molekyylin ja fotonin vuorovaikutus • Virittyneen tilan purkautuminen (fluoresenssi, fosforenssi, luminesenssi) • Seosten analysointi • Virtausinjektioanalyysi ja muut virtausanalyysit • Spektrofotometri • Säteilylähteet, monokromaattori, kyvettejä • Valon havaitseminen • Spektri • Valomonistinputki, valodiodit ja diodirividetektorit • IR-detektorit ja –spektroskopia, Non-dispersive IR (NDIR), Fourier transform IR (FTIR), open path FTIR - Summaparametrit ja konventionaaliset analyysit <ul style="list-style-type: none"> • Yksittäisiä yhdisteitä vai summaparametrejä • Johtokyky, orgaaninen aines, BOD, COD, TOC, organoklooriyhdisteiden kokonaismäärä, AOX, EOX, POX, sameus/turbiditeetti, kiintoaine/kuiva-aine, hehkutusjäännös - Volumetriset menetelmät <ul style="list-style-type: none"> • Titraus (happo-emäs-, hapettumis-pelkistymis-, saostus-, kompleksometrinen titraus (EDTA)) • Ekvivalenttipiste, päätepiste, indikaattorit, titrauskäyrä • Titraustapoja (suora titraus, takaisintitraus, korvaustitraus, epäsuora titraus, maskaus) • Titrausesimerkkejä: Kjeldahlin tyyppi määrittäminen, COD (jodometrinen titraus), alkaliniteetti, kovuus (EDTA), liuennut happi (Winkelin menetelmä, jodometrinen titraus), Cl₂, otsoni ja muuta hapettajat ilmassa - Atomispektrometria 	
--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Historiaa, periaate • AAS, AES, ICP, ICP-AES, ICP-MS • Atomisointi, liekki, hapettimet ja polttoaineet, grafiittiuuni, lamput, kemialliset ja fysikaaliset häiriöt, taustakorjaus - Elektrokemialliset menetelmät <ul style="list-style-type: none"> • Potentiometriset menetelmät (indikaattorielektrodi ja vertailuelektrodi, pH elektrodit, metallielektrodit, ioniselektiiviset elektrodit, lisäysmenetelmä), redox-titraukset, elektrogravimetria, kulometria, polarografia, amperometriset menetelmät - Tutkimuksen suunnittelu <ul style="list-style-type: none"> • Tutkimuksen kulku • Suunnitteluvaihe • Laadunhallinta, laadun indikaattorit, laadunvarmistusnäytteet, valvontakortit • Kohteen taustatiedot, näytteenottoon liittyvät kysymykset • Analyytinen prosessi (analyysisuunnitelma, näytteenotto, esikäsittely, määrittäminen, mittaustulosten tulkinta) • Virhelähteiden tunnistus • Saastuneiden maa-alueiden tutkimusvaiheet ja riskinarviointi - Kalibrointi <ul style="list-style-type: none"> • Lineaarisuus, käyttökelpoinen alue, kalibroitimenetelmiä, standardiliuokset, sisäinen standardi, lisäysmenetelmä - Mittausepävarmuus ja virhelähteet <ul style="list-style-type: none"> • Mittausepävarmuuden merkitys, tarkkuus ja toistettavuus, virhetyypit, systemaattiset virheet, määrittämisalue, toteamisraja ja määrittämisraja, herkkyys, virheiden eteneminen, outliers, merkitsevät numerot, varianssianalyysi 	
<p>BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset (3 op), professori Tuula Tuhkanen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Ympäristökemikaalit: hiilivedyt, halogenoidut hiilivedyt, happea sis. orgaaniset yhdisteet, metallit ja metalliyhdisteet, lainsäädäntö, - Päästöt ympäristöön ja niiden kulkeutuminen: maaperään, vesistöön, ilmakehään, päästöjen leviämiseen vaikuttavat tekijät: spektri, sulamis- ja kiehumispiste, höyrynpaine, vesiliukoisuus, hydrolyysi, tiheys... - Saasteiden muutonta ympäristössä: abioottinen (ilmakemia 2 s., vesikemia 1 s.), biohajoaminen 2s., - Ympäristö- ja terveysvaikutusten tutkiminen - Kasvien ja eläinten vierasaineenvaihdunta 	<ul style="list-style-type: none"> - Ympäristömyrkyt myös: KEM-4150 Ympäristökemia, BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely, BIO-4000 Vesikemia - Päästöjen kulkeutuminen myös: BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely, BIO-4000 Vesikemia - Abioottinen ja biohajoaminen myös: BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen

	<ul style="list-style-type: none"> - Ympäristöriskien arviointi 	<p>käsittely,</p> <ul style="list-style-type: none"> - BIO-1650 ja BIO-3100 opintojaksoissa yhtenevyyttä (BIO-1650 pakollinen Ympäristö- ja energiatekniikan ko:n DI-perusopinnoissa, BIO-3100 pakollinen Ympäristöbiotekniikka (Y) DI syventävissä opinnoissa) <p>-> Muodostuvan kokonaisuuden ja asioiden esittämisjärjestyksen tarkastelu</p>
<p>BIO-1706 Fundamentals of Environmental Risk Analysis (5 cr), tutkija Sari Kuusisto, professori Tuula Tuhkanen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction - Hazard Identification - Dose-response assessment - Exposure assessment - Risk characterisation - Ecological risk assessment - Risk perceptions and risk communication - Risk management 	<ul style="list-style-type: none"> - Yhteydet opintojaksoon TUR-3230 Ympäristöriskien analysointi?
<p>BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia (4 op), professori Matti Karp</p>	<ul style="list-style-type: none"> - The molecular biotechnology revolution - Pro- ja eukaryoottiset organismit - DNA, RNA ja proteiinisynteesin perusteet, DNA:n rakenne, replikaatio, translaatio, transkriptio - Recombinant DNA technology: plasmid cloning vectors, libraries, cloning, DNA sequencing - DNA:n kemiallinen synteesi, DNA:n sekvenointi, polymeerasiketjureaktio - Manipulation of gene expression in procaryotes: voimakkaat ja säädeltävät promootterit, ilmentäminen muissa organismeissa, fuusioproteiinit, pintailmentämismenetelmät, translaatioilmentämismenetelmät, sekreetio etc. - Recombinant protein production in eucaryotic cells: proteiinien ilmentäminen <i>Saccharomyces cerevisia</i>essa, muut hiivailmentämismenetelmät, hyönteissoluilmentämismenetelmät, mammaliasoluilmentämismenetelmät - Kohdennettu mutageneesi, sattumanvarainen mutageneesi, proteiinien insinörointi, entsyymien aktiivisuuden parantaminen - Molecular diagnostics: monoklonaaliset vasta-aineet ja niiden käyttö diagnostiikassa, DNAhan perustuvat diagnostiikka, geneettisten 	<ul style="list-style-type: none"> - Microarray (kolmessa luennossa) myös: BIO-2406 Microbial Genetics - Geelielektroforeesi myös: BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - PCR (kahdessa luennossa) myös: BIO-1350 Biotekniikan perusteet, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - DNA:n sekvenointi myös: BIO-2406 Microbial Genetics, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia - Recombinant DNA technology myös: BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2406 Microbial Genetics - Mutageneesi myös: BIO-2000 Molekulaarinen

	<p>sairauksien havainnointi</p> <ul style="list-style-type: none"> - Microbial production of therapeutic agents: farmaseuttisten proteiinien ja entsyymien tuotto mikrobeissa, monoklonaaliset vasta-aineet, rakenne ja funktio, vasta-aineiden tuotto <i>E. coli</i>ssa, nukleiinihapot terapiassa, geneettisten tautien hoito - Rokotteet - Synthesis of commercial products by recombinant microorganisms: restriktioentsyymien tuotto, pienimolekyyliset yhdisteet, antibioottien tuotto - Bioremediation and biomass utilization: xenobioottien mikrobialinen hajotus, biohajotusteiden geneettinen manipulointi, tärkkelyksen ja sokerin käyttö, selluloosan käyttö - Plant growth-promoting bacteria: typen sidonta ja nitrogenaasi, hydrogenaasi ja nodulaatio, patogeenisten organismien biokontrolli - Large-scale production of proteins from recombinant microorganisms: mikrobien kasvu, kasvien geneettinen manipulointi <i>A. tumefaciens</i>in avulla, bioreaktorit, solujen keräys ja hajotus - Transgeeniset eläimet, hiiret, menetelmät, transgeeniset hiiret, sovellutukset 	<p>bioteknologia</p> <ul style="list-style-type: none"> - Entsyymit myös: BIO-1200 Biokemia, BIO-1350 Biotekniikan perusteet, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät, KEM-5200 Bio-organisen kemia - Nukleotidit ja nukleiinihapot myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia, KEM-5200 Bio-organisen kemia, BIO-1200 Biokemia, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2406 Microbial Genetics - Muodostuva kokonaisuus? <ul style="list-style-type: none"> • BIO-1200 Biokemia • BIO-1350 Biotekniikan perusteet • BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia • BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät • BIO-2406 Microbial Genetics • BIO-2506 Biocatalysis and enzymology • (BIO-2306 Instrumental Bioanalysis) • BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure • BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Päällekkäisyydet Signaalinkäsittelyn kursseihin (listattu taulukon lopussa)?
<p>BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoitukset (3 op), prof. Matti Karp, prof. Jaakko Puhakka, assistentit Nina Virolainen ja Jaana Lappi</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Työskentely mikrobiologisessa laboratoriossa <ul style="list-style-type: none"> • Työturvallisuus • Aseptinen työskentely • Sterilointi (höyrysterilointi, kuumailmasterilointi, kaasusterilointi, suodatus ja steriilisuodatus, säteilysterilointi) - Mikrobien viljelymenetelmät <ul style="list-style-type: none"> • Ravintoalustan valmistus • Mikrobien siirrostus - Mikroskopointi <ul style="list-style-type: none"> • Mikroskooppi 	<ul style="list-style-type: none"> - Steriloinnista puhutaan myös opintojaksolla BIO-1250 Mikrobiologia I, mutta on hyvä käydä asia käytännössä läpi laboratoriossa - Mikroskopointia harjoitellaan myös BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure (mitä menetelmiä?) ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (live/dead, FISH) opintojaksoilla - Mikrobien kasvua ja kasvatusta ja kasvukäyrää tarkastellaan myös opintojaksoilla BIO-1250 Mikrobiologia I, BIO-2200 Mikrobiologia II

	<ul style="list-style-type: none"> • Mittakaavan määrittäminen • Faasikontrastivalaistus • Gram-värijäys • Solutiheyden määrittäminen - Mikroskooppinen laskenta <ul style="list-style-type: none"> • Määritys pesäkeluvun perusteella (plate count) • MPN - Vesinäytteen mikrobiitit <ul style="list-style-type: none"> • Indikaattoribakteerit • Kalvosuodatus • Valikoivat alustat • Vesinäytteen kalvosuodatus - Bakteerien kasvukäyrä <ul style="list-style-type: none"> • Bakteeriviljelmän sameus ja elävien solujen lukumäärä • Mikrobipopulaation kasvu • Kasvukäyrän määrittäminen - Bakteerien antibioottiherkkyys <ul style="list-style-type: none"> • Antibiootit, niiden vaikutusmekanismit ja antibioottiherkkyden määrittäminen 	<p>(anaerobiviljely), BIO-2306 Instrumental Bioanalysis (kasvun mittaaminen) ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (kasvukäyrä)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Kasvukäyrä määritetään myös BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function –opintojaksolla (onko menetelmät samat?)
<p>BIO-2200 Mikrobiologia II (3 op), professorit Matti Karp ja Jaakko Puhakka</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Probiotit: synnystä markkinoille: <ul style="list-style-type: none"> • Ruuansulatuskanavan mikrobisto, probioottiset mikrobiitit (vaikutukset, markkinat, tuotteet) - Bifidobacterium –suku ja B. bifidum bakteerin pintaalipoproteiinien rooli ihmisen epiteelisolujen interaktiossa <ul style="list-style-type: none"> • Bifidobacterium –suvun ominaisuuksia (metabolia, fylogenia, adheesio, pintaominaisuuksia) - Bioliuotus kaivosbiotekniikassa <ul style="list-style-type: none"> • Bioliuotuksen perusteet, edut ja rajoitteet, historiaa, tekniikoita, prosessin valinta, bioliuotukseen vaikuttavat tekijät, bioliuotusmekanismit, passivointi, liuottajamikrobiitit, korkean lämpötilan prosessit, mistä termofiileja, ajankohtaista Suomessa (Talvivaara) - Kokosolubiosensorit: <ul style="list-style-type: none"> • Biosensorit ja kokosolubiosensorit, reportteriproteiinit, esimerkkejä kokosolubiosensoreita hyödyntävistä määrittämisistä, laitoksen tutkimusta (hiivasolubiosensorit, antibioottijäämien detektointi) 	<ul style="list-style-type: none"> - Biosensoreita käsitellään myös BIO-2306 Instrumental bioanalysis opintojaksolla - Bioliuotusta käsitellään lyhyesti myös opintojaksolla BIO-1250 Mikrobiologia I - Biosensoreista puhutaan myös opintojaksolla BIO-2306 Instrumental Bioanalysis - Extremofiileja käsitellään myös opintojaksolla BIO-2506 Biocatalysis and Enzymology (entsyymien näkökulmasta) - Mikrobin detektointi -luennolla yhtenevyyksiä opintojaksoihin BIO-1250 Mikrobiologia I ja BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät - Metallien vaikutuksia eliöihin käsitellään myös opintojaksolla KEM-4200 Metallien kemia ja BIO-1250 Mikrobiologia I - Biofilmejä käsitellään myös opintojaksolla BIO-1250 Mikrobiologia I ja BIO-2306 Instrumental

	<p>kokosolubiosensoreilla)</p> <ul style="list-style-type: none"> - Ekstremofiilit mikroorganismit: <ul style="list-style-type: none"> • Halofiilit, termofiilit, psykofiilit, alkalifiilit, asidofiilit, liuottimia kestävät mikrotit, kserofiilit, raskasmetalleja sietävät mikrotit, säteilyä sietävät mikrotit - Metallien ja metalloidien toksisuus mikrobeille ja resistenssi: <ul style="list-style-type: none"> • Metallien tarve, metallien soluun otton säätelijät, metallien toksisuus ja resistanssi, homeostasia, biofilmien vaikutus, biogeokemialliset kierrot (Hg, As) - Biofilmit oligotrofisessa ympäristössä: <ul style="list-style-type: none"> • Oligotrofia, biofilmit (muodostuminen, esiintyminen, rakenne ja morfologia, erityispiirteitä), biofilmit vesijohtoverkostoissa - Mikrobien detektointi: <ul style="list-style-type: none"> • Mitä mikrotit ovat, mikrobiologian historiaa • Mikroskopointi, viljelymenetelmät, API-testi, immunomääritykset, FISH, PCR, DGGE, fylogeneettinen analyysi, Q-PCR, aikaerotteinen fluorometria - Bakteriosiinit ja biotekniikka <ul style="list-style-type: none"> • Bakteriosiinit ym. antimikrobiset peptidit, rakenteet, tappomekanismit, luokittelu, nisiini, sovellukset (lääkkeet, elintarvikkeet), biosynteesi, aktiviteetti, synergia - Sulfaattia pelkistävät mikrotit: <ul style="list-style-type: none"> • Sulfaatinpelkistäjien aineenvaihdunta ja vaikutus rikin kiertoon, luokittelu, monimuotoisuus, esiintyminen, vaikutukset, hyödyntäminen ja viljely 	<p>Bioanalysis</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sulfaatinpelkistäjiin liittyviä asioita käydään läpi myös opintojaksoilla BIO-1250 Mikrobiologia I (Biogeokemialliset kierrot, anaerobinen respiraatio), BIO-3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot (Metallipitoisten jätevesien biotekninen käsittely) ja BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely (Acid mine drainage) - Mikroskopiitekniikoista ja mikrobien detektoinnista myös opintojaksoilla BIO-1250 Mikrobiologia I, (Q-PCR, FISH) BIO-2306 Instrumental Bioanalysis (FISH, DGGE), BIO-2601 Geenitekniologian menetelmät (PCR, DGGE, Q-PCR, aikaerotteinen fluorometria, FISH), BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (FISH) - Mikrobien aerobista viljelyä tarkastellaan opintojaksoilla BIO-1250 Mikrobiologia I ja BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoitukset (BIO-2200 Mikrobiologia II anaerobiviljelyä)
<p>BIO-2306 Instrumental Bioanalysis (3 op), lehtori Uwe Münster</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Bioanalyysin perusteet (293 kalvoa / 2 h) <ul style="list-style-type: none"> • Mitä on bioanalyysi, analyttinen kemia, prosessi ja työkalut, SI-yksiköt • Biomateriaalit, elävien organismien alkuaineet ja yhdisteet, rakennuspalikat, biopolymeerit • Vesi (esiintyminen, polaarisuus, rakenne, fysikaaliset ominaisuudet, vesi ja pinnat, vesi kuljettimena, veden ominaisuuksia) • Elämän molekyylejä: Hiilihydraatit (mono-, di- ja polysakkaridit), lipidit, steroidit, vitamiinit, aminohapot, proteiinit (hämähäkit ja niiden verkot), nukleiinihapot, muut olennaiset yhdisteet (ionit) - Säteily, fotometria, fluorimetria, luminesenssi (149 kalvoa/ 2 h + 26 kalvon 	<ul style="list-style-type: none"> - Suuri määrä kalvoja (n. 2.5 kalvoa per minuutti) ja paikoitellen hyvin syvällistä kemiaa → voisiko karsia jotain pois - Veden kemiasta ja ominaisuuksista puhutaan myös opintojaksoilla KEM-4150 Ympäristökemia, BIO-4000 Vesikemia, BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Biomolekyyleistä (aminohapot, proteiinit, hiilihydraatit, lipidit, nukleiinihapot) kerrotaan myös opintojaksoilla BIO-1200 Biokemia I, KEM-

	<p>liite)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Maapallon säteilytase, Auringon säteily • Biomolekyylien synty • Ydinfuusio • Sähkömagneettinen säteily • Elektronidiffraktio • Valosähköinen ilmiö • Energian kvantifiointi • Planckin vakio • Absorptiospektri • Säteilyn energia • Valon aalto- ja hiukkasluonne • Heisenbergin epävarmuusperiaate • Kvantti vai aaltomekaniikka • Atomirakenne, atomien viivaspektrit, Bohrin malli • Aaltofunktiot, orbitaalit ja kvanttiluvut, kuoret ja alakuoret, orbitaalit • Jaksollinen järjestelmä • Kemialliset sidosteoriat (ionisidosteoria, luurankoteoriat, Lewis Dot diagrammit, valenssidosteoria, orbitaalihybridisaatio, molekyyliorbitaaliteoria) ja niiden sovelluksia • Paulin poissulkemissääntö • Stern-Gerlach koe • Elektroni spin • Hundin sääntö ja elektroniorbitaalit <p>- Spektrometria (UV-VIS, IR, Raman, NMR, MS) (151 kalvoa/2 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Mitä on optinen spektroskopia • Optisen spektroskopian kohteet • Mitä tapahtuu, kun valo kohtaa näytteen • Vuorovaikutustasot optisessa spektroskopiassa • Optisen spektroskopian menetelmiä • Atomi- ja molekyyli-spektroskopian vertailu • Mitä väri on • Bouguer-Lambert-Beer suhde • Absorbanssi ja Lambert Beerin laki, absorbanssiin vaikuttavat tekijät, poikkeamat Lambert Beerin laista 	<p>5200 Bio-orgaaninen kemia, KEM-2100 Orgaaninen kemia, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia (nukleiinihapot), BIO-2406 Microbial Genetics (nukleiinihapot), BIO-2506 Biocatalysis and Enzymology (proteiinit, nukleiinihapot)</p> <p>- Spektroskopiaa käsitellään myös opintojaksoilla KEM-2050 Kemian perustyöt, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-1600 Ympäristöanalytiikka, KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria, KEM-5050 Spektroskopia, KEM-5156 Optical Spectroscopy, KEM-4250 IR-spektroskopia, KEM-4400 NMR-spektroskopia</p> <p>- Mikrobikasvun mittaamista käsitellään myös opintojaksolla BIO-1250 Mikrobiologia I, BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoitukset ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function</p> <p>- Näytteiden käsittelystä puhutaan myös opintojaksoilla BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-1600 Ympäristöanalytiikka, KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria</p> <p>- Kromatografiaa käsitellään myös opintojaksoilla BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-1600 Ympäristöanalytiikka ja KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria</p> <p>- Detektoreista myös opintojaksoilla BIO-1600 Ympäristöanalytiikka ja KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria</p> <p>- Elektroforesimenetelmiä käsitellään myös opintojaksoilla BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät ja harjoitellaan käytännössä</p>
--	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • Polaarisuusvaikutukset • Orientaatiovaikutukset tai hypsokromisuus • DNA:n denaturoitumiskäyrä (UV) • Empiirisiä sääntöjä peptideille ja proteiineille • Kemiallinen analyysi UV-VIS:llä • DNA nukleotidit ja niiden absorbanssi • DNA/RNA kvantifointi • Valon kohtalo suspensiossa, mittaukset suspensiosta • Mikrobikasvun mittaaminen • Biologisesti tärkeitä kromoforeja • Molekyylispektroskopia • UV-VIS spektroskopia • Absorbanssin ja emission teoria • Sähköisesti virittyneiden tilojen kohtalot • Molekyylin muodostaminen atomeista • Franck-Condon periaatteet (klassinen ja kvantti) • Jablonski diagrammi • Harmoninen ja epäharmoninen oskillaattori • Molekyylit liuoksessa • Sähköiset ja vibraatiosiirtymät • Viivan laajenemisvaikutus optisessa spektroskopiassa • Dissosiaatio • Optisen spektroskopian sovelluksia • Elektronisiirtymät UV/VIS spektroskopiassa • Absorbanssin ja luminesenssin välinen suhde • Kromofori ja auksokromi, UV spektrin nimitystä • Liuotinten vaikutus spektroskopiassa • Absorptiospektroskopian merkitys • Spektrimittaukset • UV ja näkyvän valon spektroskopian alueet • UV-spektri • Näytteiden käsittely • UV-VIS spektrofotometrin periaatemalli • Monokromaattori 	<p>opintojaksoilla BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function</p> <ul style="list-style-type: none"> - Mikrobien detektointimenetelmiä käsitellään myös opintojaksoilla BIO-2200 Mikrobiologia II (DGGE), BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät (DGGE, TGGE, SIP, mikroarrayt), BIO-2406 Microbial Genetics - Biosensoreista puhutaan myös opintojaksolla BIO-2200 Mikrobiologia II - Nanoteknologiasta myös opintojaksoilla KEM-4200 Metallien kemia ja BIO-2666 Nanobiotechnologies - Mikroskopiatekniikoista (FISH, CARD-FISH, MAR-FISH) myös opintojaksoilla BIO-2200 Mikrobiologia II (FISH), BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (FISH) - Biofilmejä käsitellään myös opintojaksoilla BIO-1250 Mikrobiologia I ja BIO-2200 Mikrobiologia II
--	---	---

	<ul style="list-style-type: none"> • UV-spektrometrian instrumentointi ja tulokset • Lamppujen energia profiilit • Suodattimien valinta fotometriassa • Spektrien tulkinnan perusteet • Optinen spektroskopia ja orgaanisten molekyylien rakenteen määrittäminen • Woodward-Fieser säännöt • Pigmenttien absorptio <p>- Luminesenssi (159 kalvoa / 2 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Luminesenssityyppejä (termo-, tribo-, elektro-, kemi-, fotobioluminesenssi, quorum sensing) • Franck-Condon periaate (karmoninen ja epäharmoninen oskillaattori) • Hooken laki ja siirtymät molekyyliessä, oskilloivan jousen energia, Jablonskin diagrammi • Fluoresenssi (fotoluminesenssi), absorptio vs. fluoresenssispektrit ja mittaukset, luminesenssimittaukset, spektrofluorimetri, monokromaattori, kyvetit, detektorit (valoputki, valomonistin, fotodiodiarraydetektorit), signal-to-noise ratio, kromoforeja, fluoresenssin optimointi ja sovelluksia, fotoluminosoivia yhdisteitä • Fosforenssi ja sen sovelluksia • Bioluminesenssi (luminoivia organismeja, bioluminesenssit hyödyt, reaktioita, bioluminesenssi bioanalytiikassa, sovelluksia) • Quorum sensing (määrittelmä, bioluminesenssi ja quorum sensing, esimerkkejä eliöistä) <p>- IR-, Raman-, NMR-spektroskopia (256 kalvoa / 2 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Vuorovaikutustasoja optisessa spektroskopiassa • IR-spektroskopia (mikroaaltojen historia ja nykykäyttö, IR-spektroskopian periaatteet ja sovellukset, IR-mittausalueet, IR-laitteet, IR resonanssi ja dipolimomentti, molekulaariset vibraatiotyypit, IR-yhtälö, IR-spektri ja sen analysointi, IR-sormenjäljet, venytystaajuudet ja energiat, funktionaaliset ryhmät ja niiden spektrit, IR-vahvuudet ja rajoitteet, vertailu UV-analytiikkaan, IR-spektrin diagnostinen arvo, näytteiden käsittely, Fourier Transform IR spektrometria (periaate, laitteet, sovellukset) • Ramanspektrometria (periaate, Raman sironta, historia ja kehitys, 	
--	---	--

	<p>vibraatio ja rotaatio spektrit, molekulaarinen polarisaatio, Stokesin ja Antistokesin lait, vertailu IR-spektrosopiaan, hyödyt, sovellukset, laitteet)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Nuclear magnetic resonance (NMR) spektrometria (periaate, saatava informaatio, resonanssi-ilmiö, aine/energia vuorovaikutuksia, absorptioenergia, nuclear spin tilat, laitteistot, terminologiaa, spektrin tulkinta, sovelluksia, etuja ja rajoitteita <p>- Massaspektrometria: (177 kalvoa / 2 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Massaspektrometrian tavoitteet ja periaatteet, historiaa, sovelluskohteita • Erilaiset laitteistot ja niiden komponentit • Näytteiden sisäänsyöttötapoja • Ionisaatiomenetelmiä (EI, CI, DI, FAB, ESI, MALDI, FDI, LDI, TSI) • Massa-analysaattoreita (MSA, Q, TOF, FT-ICR) • Ionien detektointi, electron multiplier, scintillation counter • Yhdistelmätekniikat (GC-MS, GC-MS-MS, HPLC-MS, CE-MS, ICP-MS, MS-MS, TOF-MS, MALDI-MS, MALDI-TOF-MS) • Fragmentointi <p>- Molekulaarinen asymmetria (kiraalisuus) ja sen rooli bioanalyysissä (219 kalvoa / 2 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • D- ja L-muotojen ero, kiraalinen keskus, Fischerin säännöt ja projektiot, enantiomeerit, diastereomeerit, mesogeeniset yhdisteet, kiraalisuuden synty, teorioita homokiraalisuudesta, raseemiset seokset, mineraalit ja kiraalisuus, kiraalisuus eliöissä • Kiraalisuus ja optinen spektroskopia, optinen valon polarisaatio, kiro-optisia, tekniikoita, polaroitu valo (optinen rotaatio ja sirkulaarinen elliptinen rotaatio), optinen polarimetria, optinen aktiivisuus, optinen puhtaus, stereoespifisyys biomolekyyleissä, kiraalinen katalyyysi, kiraaliset erotukset kolonnikromatografiassa, kiraalisuus lääkkeissä, dikroismi ja korkeammat molekyyliarakenteet, sirkulaarinen dikroismi, spektropolarimetri • Diffraktio biomolekyyleistä, diffraktiomenetelmiä, makromolekyyliden kristallisaatio, röntgendiffraktio, atomivoimamikroskopia (AFM) <p>- Erotustekniikat (202 / 2 h + 293 kalvoa / 2 h)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Bioerotuksen määritelmä, sovelluskohteita, haasteita, biotekniikan tuotteita, hyvän bioerotusprosessin piirteitä, bioerotusstrategioita ja 	
--	---	--

	<p>menetelmiä (sentrifugointi, suodatus, adsorptio, biomagneettinen erotus, dialyysi, saostus, uutto, kromatografia, elektroforeesi), tuotannonjälkeinen käsittely (downstream processing)</p> <ul style="list-style-type: none"> • Kromatografia (neste-(paperi-(PC), ohutlevy (TLC), alhaisen paineen neste- (LC), korkeapaineneste- (HPLC), superkriittineneste- (SFC)) ja kaasukromatografia (GC), sovelluksia, taso vs. kolonni, kromatografian teoriaa, liikuttavia voimia (virtaava neste tai kaasu, sähkökenttä, lämpögradientti, magneettinen kenttä), pidättäviä voimia (adsorptio, ioninvaihto, kokoekskluusio, kovalenttiset sidokset, partitioning), laitteita, detektoreita, stationaari- ja mobiilifaasit, normaali- ja käänteisfaasikromatografia, GC- ja HPLC-detektoreita, näytteiden käsittely) • Elektroforeesi: periaate, tekniikoita, laitteita, alustoja (agarosi, polyakryliamidi, tärkkelys, paperi), Fergusonin kuvaaja, geelielektroforeesi, DNA:n visualisointi (värjäys + UV, hybridisointi), sormenjälkimenetelmät, discontinuous (epäjatkuva) geelielektroforeesi, PAGE, SDS-PAGE, isoelektrinen fokusointi, kaksidimensionaaliset geelit, kapillaarielektroforeesi (CE), pulssikenttägeelielektroforeesi (PFGE), denaturoiva gradienttigeelielektroforeesi (DGGE), lämpötilagradienttigeelielektroforeesi (TGGE), - Leimaus ja merkkitekniikat (labelling and tagging), solujen erotus ja detektointi, biosensorit ja biosignalointi, mikroarrayt ja biochips, nanodots ja tulevaisuuden sensoritekniikat (333 kalvoa / 2 h) <ul style="list-style-type: none"> • Leimaustapoja (absorbanssi, fluorokromit, luminesenssi, radioaktiivisuus, stabiili-isotoopit (mm. SIP), reportterisysteemit), mittaustapoja ja -laitteita, sovelluksia (hybridisaatiotekniikoita, epifluoresenssimikroskopia (esim. FISH, MAR-FISH, CARD-FISH), koettimia, monivärileimoja, FRET • Virtausytometria ja solujen erottelu, sovelluksia • Mikroarrayt: periaate, laitteisto, data-analyysi • Biosensorit ja biosignalointi: mikrobien liikkuvuus, kemotaksis, magnetotaksis, magnetosomit analyttisinä välineinä • Biofilmit: määritelmä, muodostus, hyödyt, kasvu, kommunikointi, quorum sensing • Biosensorit: biotunnistussysteemeitä, bioreseptoreita, sovelluksia, 	
--	--	--

	immobilisointitekniikoita, hyötyjä ja rajoitteita	
BIO-2406 Microbial Genetics (3 cr), lehtori Uwe Münster	<ul style="list-style-type: none"> - Origin and molecules of life: 211 kalvoa - Nucleic acids and heredity, synthesis, structure: 204 kalvoa - Replication, 235 kalvoa - Transcription, 177 kalvoa - Translation, 152 kalvoa - Genes: structure, expression and regulation: 161 kalvoa - Gene expression: the operon concept, 235 kalvoa - Phages and viruses: 182 kalvoa - Gene exchange: 198 kalvoa - Prokaryotic immunity, restriction enzymes, cloning, blotting, hybridization, sequencing, micro arrays: 245 kalvoa - Genes, genomes: 229 kalvoa - Genetic engineering: 203 kalvoa - Microbial genetics and environmental aspects: 163 kalvoa - Microbial genetics and bioinformatics: 	<ul style="list-style-type: none"> - Nukleotidit ja nukleiinihapot myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia, KEM-5200 Bio-orgaaninen kemia, BIO-1200 Biokemia, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis - Meneekö liian syvälle/yksityiskohtaiseksi? - Muodostuva kokonaisuus? <ul style="list-style-type: none"> • BIO-1200 Biokemia • BIO-1350 Biotekniikan perusteet • BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia • BIO-2601 Geenitekniologian menetelmät • BIO-2406 Microbial Genetics • BIO-2506 Biocatalysis and enzymology • (BIO-2306 Instrumental Bioanalysis) • BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure • BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function
BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure (3 op), lehtori Uwe Münster	<ul style="list-style-type: none"> - Instrumentteja <ul style="list-style-type: none"> • GC • LC, HPLC, TLC • Elektroforeesi • Sentrifuugi • Fotometri, fluorimetri, kuoppalevylukija • Mikroskooppi - Tekniikoita <ul style="list-style-type: none"> • Normaalfaasikromatografia (NP) • Käänteisfaasikromatografia (RP) • LC • HPLC • Kokoeksklusiokromatografia (SEC) tai geelipermeaatiokromatografia (GPC) • Derivointi • Värjäys 	<ul style="list-style-type: none"> - Biomolekyyliä (entsyymit, nukleiinihapot) tutkitaan myös opintojaksolla BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Mikroskopiatekniikoista myös opintojaksoilla BIO-1250 Mikrobiologia I, BIO-2100 Mikrobiologian laboratoriharjoitukset (faasikontrasti, Gram-värjäys), BIO-2200 Mikrobiologia II (FISH), BIO-2306 Instrumental Bioanalysis (FISH, MAR-FISH, CARD-FISH), BIO-2601 Geenitekniologian menetelmät (DAPI, FISH, MAR-FISH, CARD-FISH) ja BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (life/dead, FISH) - Elektroforeesimenetelmiä harjoitellaan myös opintojaksoilla BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Lipidit/rasvat myös: KEM-2100 Orgaaninen

	<ul style="list-style-type: none"> • Uutto • Hydrolyysi (proteiinit, polysakkaridit, DNA, RNA) • Saostus • Suodatus • Sentrifugointi • Isoelektrinen fokusointi (IEF) • Polyakrylamidigeelielektroforeesi (PAGE) • Kaksidimensioinen polyakrylamidigeelielektroforeesi (2D-PAGE) tai PAGIF • Mikroskopia - Makromolekyylirakenteita <ul style="list-style-type: none"> • Nukleiinihapot: DNA, RNA, Uutto, puhdistus, karakterisointi (MG, nukleotidit, sokerit) • Proteiinit: Sytosoliset-, membraaniproteiinit, uutto, puhdistus, karakterisointi (MG, IEP), koostumus (aminohapot) • Lipidit: Membraanilipidit, fosfolipidit, Bakteerit vs. arkit, ruokarasvat, öljyt, uutto, puhdistus, karakterisointi, koostumus (rasvahapot) • Polysakkaridit: tärkkelys, selluloosa, hemiselluloosa, membraanisokerit, uutto, puhdistus, karakterisointi, koostumus (sokerit, alditolit) • Kasvi- ja mikrobipigmentit: Klorofyllit, karotenoidit 	<p>kemia, KEM-5200 Bio-organisen kemia, BIO-1200 Biokemia, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function</p>
<p>BIO-2506 Biocatalysis and enzymology (3 cr), lehtori Uwe Münster</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Amino acids: physical-chemical properties: 180 kalvoa - From amino acids to peptides and polypeptides: 211 kalvoa - Amino acids, polypeptides, proteins: internal forces and higher structures; 219 kalvoa - Protein folding: 149 kalvoa - Principles in chemical catalysis: reaction rates and transition state theory: 151 kalvoa - Principles in biocatalysis a: type of reactions, enzyme kinetics: 191 kalvoa - Principles in biocatalysis a: reaction mechanisms, inhibition, multisubstrate kinetics, diagnostics: 108 kalvoa - Protein function I: proteins, biocatalysis and transport: 132 kalvoa - Protein function II: biocatalysis enzymes, enzymes classes, 256 kalvoa - Protein function III: regulation of biocatalysis and metabolism, 168 kalvoa 	<ul style="list-style-type: none"> - Aminohapot: samaa kuin BIO-1200 Biokemiassa, laajemmin - Peptidit ja polypeptidit: samaa kuin BIO-1200 Biokemiassa, laajemmin - DNA replication, transcription, translation myös: BIO-1200 Biokemia , BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2406 Microbial Genetics, KEM-5200 Bio-organisen kemia, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Translaatio ja transkriptio: täysin samaa kuin BIO-2000 Molekulaarisessa bioteknologiassa - Proteiinit: samaa kuin Biokemiassa,

	<ul style="list-style-type: none"> - Protein function IV: proteins and enzymes in molecular biology and biotechniques, 219 kalvoa - Protein function V: biocatalysis in industry, biotechnology, diagnostics, entremozymes: 180 kalvoa 	<p>laajemmin</p> <ul style="list-style-type: none"> - Chemical catalysis: osin samaa kuin kemian kursseilla? - Biocatalysis: osin samaa kuin kemian kursseilla?, samaa kuin Biokemiassa ja Biotekniikan perusteissa, laajemmin - Gene regulation myös: BIO-2406 Microbial Genetics - Recombinant DNA technology myös: BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, BIO-2406 Microbial Genetics - PCR myös: BIO-1350 Biotekniikan perusteet, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - DNA:n sekvenointi myös: BIO-2406 Microbial Genetics, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät - Entsyymit myös: BIO-1200 Biokemia, BIO-1350 Biotekniikan perusteet, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, KEM-5200 Bio-organisen kemia - Biosensors myös: BIO-2200 Mikrobiologia II, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis - Protein function V: biocatalysis in industry, biotechnology, diagnostics, entremozymes, samaa kuin BIO-1350 Biotekniikan perusteissa - Meneekö liian syvälle/yksityiskohtaiseksi? - Muodostuva kokonaisuus? <ul style="list-style-type: none"> • BIO-1200 Biokemia • BIO-1350 Biotekniikan perusteet
--	--	---

		<ul style="list-style-type: none"> • BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia • BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät • BIO-2406 Microbial Genetics • BIO-2506 Biocatalysis and enzymology (BIO-2306 Instrumental Bioanalysis) • BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure • BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function
BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function (3 op), lehtori Uwe Münster	<ul style="list-style-type: none"> - Kasvukäyrä - DNA:n ja proteiinien uutto - Mikroskopointi (life/dead, FISH) - Hengitys - PCR - Restriktioentsyymit ja agarosigeelielektroforeesi (opettajan suullinen kuvaus, opintomateriaali ei saatavilla) - Opinto-opas: <ul style="list-style-type: none"> • Makromolekyylien toiminta • Rakenteellisten ja toiminnallisten geenien monistus ja analysointi • Proteiinit ja biokatalyyysi, rasvat ja membraanitoiminta 	<ul style="list-style-type: none"> - Biomolekyyliä (proteiinit, nukleiinihapot) tutkitaan myös opintojaksolla BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure - Kasvukäyrä määritetään myös opintojaksolla BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoitukset - Mikroskopointia myös opintojaksoilla BIO-2100 Mikrobiologian laboratorioharjoitukset (eri tekniikoilla: faasikontrasti ja Gram-värijäys) ja BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure - Elektroforeesimenetelmiä harjoitellaan myös opintojaksoilla BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure - Lipidit/rasvat myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia, KEM-5200 Bio-orgaaninen kemia, BIO-1200 Biokemia, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure
BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät (4 op), professori Matti Karp	<ul style="list-style-type: none"> - Johdatus geeniteknologian menetelmiin - Geelielektroforeesit ja hybridisaatiot - Nukleiinihappoanalytiikan menetelmät <ul style="list-style-type: none"> • Johdanto • Nukleiinihappomäärittysten työvaiheet • Menetelmiä <ul style="list-style-type: none"> ○ Näytteen käsittely ○ Monistaminen ○ Havainnointi 	<ul style="list-style-type: none"> - DNA ja RNA myös: BIO-1200 Biokemia, KEM-5200 Bio-orgaaninen kemia, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Recombinant DNA technology myös: BIO-2000

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kvalitatiiviset & kvantitatiiviset määrykset • Automatisointi • Vinkkejä käytäntöön & määryksen suunnitteluun - Mikroarray – järjestelmät - Transformaatiomenetelmät, geeniteknologiassa käytettävät entsyymit - Geeniteknologiassa käytettävät entsyymit, mutaatiot - Plasmidit - Muut vektorit, kloonien etsintä - Kirjastot, reportterigeenit, fuusioproteiinit - Geenien virtuaalinen manipulointi - Molekyylibiologiset menetelmät mikrobien luokittelussa - Molekyylibiologiset menetelmät mikrobien luokittelussa osa 2 	<p>Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology</p> <ul style="list-style-type: none"> - DNA sequencing myös: BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät - Microarray myös: BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis - Entsyymit myös: BIO-1200 Biokemia, BIO-1350 Biotekniikan perusteet, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, KEM-5200 Bio-organisen kemia - Päällekkäisyydet Signaalinkäsittelyn kursseihin (listattu taulukon lopussa)? - Muodostuva kokonaisuus? <ul style="list-style-type: none"> • BIO-1200 Biokemia • BIO-1350 Biotekniikan perusteet • BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia • BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät • BIO-2406 Microbial Genetics • BIO-2506 Biocatalysis and enzymology • (BIO-2306 Instrumental Bioanalysis) • BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure • BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function
<p>BIO-2666 Nanobiotechnologies (4 op), prof. Matti Karp, prof. Markku Kulomaa (yhteistyössä IMT:n kanssa)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Time-resolved fluorescence resonance energy transfer methods in molecular interaction studies - Ultra-dense streptavidin surfaces in nano-scale structures - Luminescent lanthanide-doped phosphors and their applications - Nanosize-driven properties of gold and quantum dots for improved detection technologies in bioaffinity assays - An introduction to nanomaterials and detection techniques - Split reporter proteins for studies of protein-protein interactions in living cells and animals 	<ul style="list-style-type: none"> - Aikaerotteista fluorimetria käsitellään myös opintojaksoilla BIO-2200 Mikrobiologia II (Mikrobien detekointi) ja BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät (Mikrobisyhteisöjen karakterisointi) - Mahdollisia yhteyksiä KEM-4200 Metallien kemia ja BIO-2306 Instrumental Bioanalysis opintojaksojen nanoteknologiasta ja luminoivista aineista kertoviin luentoihin?

	<ul style="list-style-type: none"> - Motorproteins vs. hybrid nanodevices - Gene therapy (IMT) - Nanoscience and nanotechnology (IMT) - Protein-nanoparticle interactions (IMT) - Viral nanocontainers (IMT) - Fluorescent nanoparticles (IMT) - Carbon nanotubes (IMT) - Biodegradable and bioactive materials (IMT) - Nanorobotics and microfluidistics (IMT) - Nanophotonics (IMT) 	
BIO-2756 Trends in biotechnology (4 cr) , professori Matti Karp	<ul style="list-style-type: none"> - Vaihtuva sisältö, artikkeleita - Students will study literature in trends in biotechnology and present what they have learned from molecular evolution techniques and applications of nucleic acids, modification of proteins and their applications in measurements and related studies. The utilization of procaryotic organisms in various biotechnological applications is emphasized. - The first part consists on 16 hours of so-called journal club presentations and the latter part is discussions and presentations on modern molecular technologies to study protein structure and function and applications thereof. 	
BIO-2776 Trends in eukaryotic biotechnology (4 cr) , professori Matti Karp	<ul style="list-style-type: none"> - Vaihtuva sisältö, artikkeleita - Students will study literature in trends in eukaryotes biotechnology and present what they have learned from molecular evolution techniques and applications of nucleic acids, modification of proteins and their applications in measurements and related studies. - The first part consists on 16 hours of so-called journal club presentations and the latter part is discussions and presentations on modern molecular technologies to study protein structure and function and applications thereof. 	
BIO-2906 Seminar in Biotechnology (5 op) , professorit Matti Karp ja Jaakko Puhakka	<ul style="list-style-type: none"> - Tutustuminen biotekniikan alan kirjallisuuteen - Suullinen ja kirjallinen esitys sekä seminaariin osallistuminen ja opponointi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tieteelliseen kirjallisuuteen perehtymistä, kirjallisen ja suullisen esityksen harjoittelua myös opintojaksoilla BIO-4906 Seminar in Environmental Engineering, KEM-5350 Kemian seminaari, BIO-7536 Postgraduate Seminar in Biotechnology, BIO-7630 Ympäristötekniikan jatko-opintoseminaari

		<ul style="list-style-type: none"> - Opponointia myös opintojaksoilla BIO-4906 Seminar in Environmental Engineering, KEM-5350 Kemian seminaari
<p>BIO-3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot (3 op), professori Jaakko Puhakka</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Jätevesi <ul style="list-style-type: none"> • Yhdyskuntien jätevedet ja lietteet • Teollisuuden jätevedet • Biologisen puhdistuksen perustelu • Jätevesien aiheuttama kuormitus • Vesi- ja viemärlaitosten liittyjämäärät ja veden ominaiskulutus • Jätevesien käsittely haja-asutusalueilla • Jätevesien ominaisuuksia ja aiheuttamia haittoja vesistöissä • Jäteveden karakterisointi (kiintoaine, COD, BOD, TOC, VOC, DOC, orgaaniset hivenaineet) • Jäteveden määrä ja laatu • Mitoitusvirtaama, asukasvastineluku - Aktiivilieteprosessi ja –laitos <ul style="list-style-type: none"> • Aktiivilieteprosessin toimintaperiaate ja eliöt • Merkitys osana aineiden kiertoa, biokemialliset muutokset • Aktiivilietelaitoksen yksikköoperaatiot • AL-prosessin luonnontieteellisiä perusteita • AL-prosessin suunnittelu, seuranta ja ohjaus ja rajoitteet • AL-prosessin reaktoreita ja laitoskonfiguraatioita • Ilmastus ja hapen siirto • Lietteiden tuotto, erotus, palautus ja käsittely • Biomassan kasvu ja hajoaminen • Selektio ja rikastuminen, washout, paisunta • Dynaamiset läpivirtausreaktorit • Kemostaatti dynaamisen bioprosessin mallina (massatase, biomassan tuotanto, ylläpitoenergia ja solusaanto, assimilatio ja dissimilatio, stoikiometria, kinetiikka) ja sovellus aktiivilieteprosessiin (suunnittelu- ja käyttöparametrit, lietekuorma ja lietteiden tuotto) • Ideaalinen täyssekoitusreaktori ja tulppavirtausreaktori • Reaktoryypit ja –konfiguraatiot aktiivilieteprosessissa • Selektori 	<ul style="list-style-type: none"> - Jäteveden puhdistusta käsitellään myös opintojaksoilla KEM-4150 Ympäristökemia, BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot ja BIO-5900 Reaktorien suunnittelu ja mallinnus - Bioreaktoreita käsitellään myös opintojaksoilla BIO-1250 Mikrobiologia I (fermentorit), BIO-5900 Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen ja BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia - Lietteiden käsittelystä puhutaan myös opintojaksoissa BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely ja BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Luennoissa ”Metallipitoisten jätevesien biotekninen käsittely” yhtymäkohtia opintojakson BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely ”Acid mine drainage” luennon kanssa - Ksenobiottisten yhdisteiden kohtalo jätevedenkäsittelylaitoksilla-uento sama kuin opintojaksolla BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely

	<ul style="list-style-type: none"> • Lietteän erotus, kierrätys ja käsittely - Anaerobiset prosessit <ul style="list-style-type: none"> • Teoriaa, hapetus-pelkityspotentiaali, mikrobeita (asetaatin tuottajat, sulfaatinpelkistäjät, metanogeenit), hajotustuotteita, entsyymit, prosessin vaikuttavia tekijöitä (lämpötila, pH, dissosioitumattomat hapot, rikkiyhdisteet), hydrolyysi, fermentatio, betahapetus, karboksyylihapojen hapetus, lajienvälinen vedyn siirto, dehalogenaatio, ravinteet, puskurikapasiteetti, anaerobinen mädätys ja stabilointi, energian tuotanto, reaktorien ja prosessien suunnittelu, kinetiikkaa, anaerobisen ja aerobisen biotekniikan vertailu, anaerobikäsittelyn sovelluskohteita - Bioreaktorit anaerobisessa käsittelyssä <ul style="list-style-type: none"> • Anaerobisen käsittelyn muotoja, etuja ja haittoja • Reaktorityyppejä ja -konfiguraatioita • Toimintaan vaikuttavia tekijöitä - Lietteen karakterisointi ja käsittely <ul style="list-style-type: none"> • Lietteen syntypaikkoja • Lietteen käsittelymenetelmiä: stabilointi, conditioning, veden poisto, kuivaus, loppusijoitus - Ravinteiden poisto jätevesien käsittelyssä <ul style="list-style-type: none"> • Ravinnekuormitus • Fosforin poisto (Suomessa käytössä olevat jätevedenkäsittelyprosessit, biologinen fosforinpoistomekanismi ja tekniset sovellukset) • Biologinen typenpoisto (Typen kierto luonnossa ja hapetusasteet, nitrifikaatio ja denitrifikaatio ja niihin vaikuttavat tekijät, teknisiä sovelluksia typenpoistoon) - Metallipitoisten jätevesien biotekninen käsittely <ul style="list-style-type: none"> • Metallipitoisten (ja happamien sulfaattipitoisten) vesien muodostuminen ja ympäristövaikutukset • Kemiallinen käsittely • Biologisia mekanisme ja käsittelyvaihtoehtoja metallipitoisten ja happamien vesien käsittelyyn • Biologiseen sulfaatinpelkistykseen perustuva metallipitoisten vesien käsittely ja metallien talteenotto - Kaatopaikkojen suotovedet 	
--	--	--

	<ul style="list-style-type: none"> • Suotovesien käsittelyssä huomioitavia tekijöitä • Kaatopaikkojen tilanne Suomessa • Hydraulinen johtavuus • Suotovesien keräys ja käsittely - Ksenobioottisten yhdisteiden kohtalo jätevedenkäsittelylaitoksilla <ul style="list-style-type: none"> • Ksenobioottisten orgaanisten kemikaalien kohtalo ja vaikutukset • Biohajoaminen • Abiottiset poistomekanismit • Kokemuksia ksenobiooteista 	
<p>BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely (5 op), professori Jaakko Puhakka</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Termejä - PCBt, PAH-yhdisteet, PBB:t, PCT:t, - Acid mine drainage - Case Karkola - Fytoremediaatio - Luonnosta peräisin oleva orgaaninen aines (NOM) - Tekopohjavesi - Bio- ja abiottinen hajoaminen - Desinfioinnin sivutuotteet - Biotransformation - Pilaantuneet maat ympäristökonsultin kannalta - Degradation of Xenobiotics Compounds in Wastewater Treatment Plants (sama luento) - Principles of contaminant transport and remediation techniques - Microbiology of aquatic sediments 	<ul style="list-style-type: none"> - Ympäristömyrkyt myös: KEM-4150 Ympäristökemia, BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset, BIO-4000 Vesikemia - Tekopohjavesi myös: BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Päästöjen kulkeutuminen myös: BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset, BIO-4000 Vesikemia - Abiottinen ja biohajoaminen myös: BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset - Desinfioinnin sivutuotteet myös: BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Degradation of xenobiotics compounds: BIO-3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot (sama luento), BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia - Katso ehdotukset koskien BIO-1650 - BIO-3000 ja BIO-3100 opintojaksoissa yhtenevyyttä (BIO-3000 pakollinen Ympäristö- ja energiatekniikan ko:n kandin Ympäristöbiotekniikka (Y) aineopinnoissa sekä Biotekniikan ko:n kandin Ympäristöbiotekniikka (B) aineopinnoissa, BIO-3100 pakollinen DI syventävissä opinnoissa Ympäristöbiotekniikka (Y) ja Ympäristöbiotekniikka (B)) - Päällekkäisyyksien lähempi tarkastelu: tekopohjavesi, päästöjen kulkeutuminen ja

		<p>kohtalo, NOM/desinfioinnin sivutuotteet, ympäristömyrkyt, xenobiotics</p> <ul style="list-style-type: none"> - Sopiiko tekopohjavesi-osio opintojakson sisältökuvaukseen (<u>Haitta-aineiden</u> ominaisuudet, biohajoaminen ja käyttäytyminen bioteknisissä veden, jäteveden, kiinteiden jätteiden ja maaperän puhdistussysteemeissä)?
<p>BIO-4000 Vesikemia (3 op), professori Tuula Tuhkanen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Veden kemialliset, fysikaaliset ja biologiset ominaisuudet, - Vesinäytteen otto ja analysointi - Laatuvaatimukset - Veden orgaaniset yhdisteet - Vesipassi - Epäpuhtauksien kulkeutumisen perusmekanismit - Haitta-aineiden kulkeutuminen - Kaivovesianalyysi 	<ul style="list-style-type: none"> - Veden ominaisuudet myös: KEM-4150 Ympäristökemia, BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot, BIO-1400 Hydromekaniikan perusteet (fysikaaliset ominaisuudet), - Ympäristömyrkyt myös: KEM-4150 Ympäristökemia, BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset, BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely - Päästöjen kulkeutuminen myös: BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset, BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely - Kulkeutuminen suppeammin (päällekkäisyyttä muihin opintojaksoihin?)
<p>BIO-4050 Vesihuollon luonnontieteelliset perusteet (R), 3 op, professori Tuula Tuhkanen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tämä opintojakso on tarkoitettu suoritettavaksi rinnan Vesikemia-opintojakson kanssa. Tarkoitus on antaa rakennustekniikan opiskelijoille, jotka haluavat syventyä vesihuoltotekniikkaan, perustiedot biokemiasta ja mikrobiologiasta. - Ympäristötekniikassa käytettävien biologisten yksikköoperaatioiden luonnontieteellisten perusteiden ymmärtäminen 	
<p>BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot (5 op), professori Tuula</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Kertausta pohjavesistä, pintavesistä ja NOM:sta - Siivilät ja välvät, sekoitus ja hämmennys - Suodatus, kalvotekniikat - Adsorptio - NOM:n kemiallinen saostus - Alkaliniteetti ja kovuus 	<ul style="list-style-type: none"> - Veden kemia ja ominaisuudet myös: KEM-4150 Ympäristökemia, BIO-4000 Vesikemia - Desinfioinnin sivutuotteet myös: BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely - Metallipitoisten jätevesien käsittely myös: BIO-

Tuhkanen	<ul style="list-style-type: none"> - Veden aggressiivisuus- ja korroosiokontrolli - Ilmastus - Fosforin poisto - Lietteet - Pienet yksiköt - Kaivot - Desinfointi - Fosforin poisto saostamalla - Muut saostusreaktiot, metallien saostus, raudan ja mangaanin poisto - Lietteiden muodostuminen ja käsittely sekä sijoittaminen - Talous- ja jäteveden käsittely pienissä yksiköissä, kaivot, haja-asutuksen jätevedet - Pohjavedet, tekopohjavesi 	<ul style="list-style-type: none"> 3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot - Lietteet myös: BIO-3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot - Tekopohjavesi myös: BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely - Vedenkäsittelyn yksikköprosessit myös: BIO-5900 Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen - Päällekkäisyyksien lähempi tarkastelu: veden ominaisuudet, desinfioinnin sivutuotteet, jätevesien käsittely, lietteet, tekopohjavesi - Vertailu opintojaksoon BIO-5900 Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen
BIO-4406 Water Risk Management (3 cr) , professori Tuula Tuhkanen	<ul style="list-style-type: none"> - Introduction to the course and summary of risk assessment - From risk assessment to risk management - Risk communication - Emerging drinking water related microbiological and chemical risks - Control of microbiological risks in drinking water - Control of chemical risks in drinking water - Water safety plans and HACCPs - EU legislation related to drinking water issues 	<ul style="list-style-type: none"> - Päällekkäisyydet opintojaksoon TUR-2206 Risk Management?
BIO-4906 Seminar on Environmental Engineering (5 op) , professori Tuula Tuhkanen	<ul style="list-style-type: none"> - Tutustuminen ympäristötekniikan alan kirjallisuuteen - Suullinen ja kirjallinen esitys sekä seminaariin osallistuminen ja opponointi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tieteelliseen kirjallisuuteen perehtymistä, kirjallisen ja suullisen esityksen harjoittelua myös opintojaksoilla BIO-2906 Seminar in Biotechnology, KEM-5350 Kemian seminaari, BIO-7536 Postgraduate Seminar in Biotechnology, BIO-7630 Ympäristötekniikan jatko-opintoseminaari - - Opponointia myös opintojaksoilla BIO-2906 Seminar in Biotechnology, KEM-5350 Kemian seminaari
BIO-5900 Reaktorien suunnittelu ja	<ul style="list-style-type: none"> - Käsitteitä - Kemian perusasiat: Keskeiset peruskemian lait, Kemiallinen reaktiokinetiikka, Termodynamiikan perusasiat, Aine- ja energiataseet 	<ul style="list-style-type: none"> - Kemia myös: kemian kurssit - Virtaus myös: BIO-1400 Hydromekaniikan perusteet

mallintaminen (3 op) , lehtori Simo Isoaho	<ul style="list-style-type: none"> - Virtaus ja sekoitus - Ideaalireaktorit - Kemialliset reaktorit: Neutralointi ja pH –säätö, Kovuuden säätely, Kemiallinen saostus, Stökiometrinen saostus, Koagulaatio ja flokkaus, Apuaineet, Redox-prosessit, Raudan ja mangaanin poisto, Muita redox-prosesseja, Kaasun siirto, Ilmastus, Strippaus - Fysikaaliset reaktorit: selkeytin, aktiivihiliadsorptio, ioninvaihto, kalvomenetelmät - Biologiset reaktorit ja biologisten prosessien mallintaminen - Mittakaavamuunnokset - Mallintaminen 	<ul style="list-style-type: none"> - Kemialliset reaktorit myös: BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Fysikaaliset reaktorit myös: BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Kertausta Biokemiasta ja Mikrobiologia I:sta - Bioreaktorit myös: BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot, - Enemmän esimerkkejä/johdantoa myös jätehuoltoon? - Muodostuva kokonaisuus? <ul style="list-style-type: none"> • BIO-5900 Reaktorien suunnittelu ja mallintaminen • BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot • BIO-3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot • BIO-4600 Jätehuollon fysikaaliset ja kemialliset operaatiot
BIO-7536 Postgraduate Seminar in Biotechnology (3-8 op) , professorit Matti Karp ja Jaakko Puhakka	<ul style="list-style-type: none"> - Biotekniikan tietämyksen syventäminen - Opiskelija tutustuu biotekniikan erityisalueisiin kirjallisuuden pohjalta - Suullinen ja kirjallinen esitys sekä seminaariin osallistuminen 	<ul style="list-style-type: none"> - Tieteelliseen kirjallisuuteen perehtymistä, kirjallisen ja suullisen esityksen harjoittelua myös opintojaksoilla BIO-2906 Seminar in Biotechnology, BIO-4906 Seminar in Environmental Engineering, KEM-5350 Kemian seminaari, BIO-7630 Ympäristötekniikan jatko-opintoseminaari
BIO-7630 Ympäristötekniikan jatko-opintoseminaari (3 op) , lehtori Simo Isoaho ja professori Tuula Tuhkanen	<ul style="list-style-type: none"> - Ympäristötekniikan tietojen syventäminen - Ympäristötekniikan erityiskysymyksiin syventyminen kirjallisuuden ja tutkimuksen pohjalta - Suullinen ja kirjallinen esitys sekä seminaariin osallistuminen, tentti sovitusta materiaalista 	<ul style="list-style-type: none"> - Tieteelliseen kirjallisuuteen perehtymistä, kirjallisen ja suullisen esityksen harjoittelua myös opintojaksoilla BIO-2906 Seminar in Biotechnology, BIO-4906 Seminar in Environmental Engineering, KEM-5350 Kemian seminaari, BIO-7536 Postgraduate Seminar in Biotechnology
KEM-1000 Tehokas	<ul style="list-style-type: none"> - Johdanto koulutusohjelmaan, tutkintorakenne ja yliopisto-opintojen 	<ul style="list-style-type: none"> - Suoraa päällekkäisyyttä BIO-1300:aan: tieteen

oppiminen – johdatus yliopisto-opintoihin (1 op) , opetuksen suunnittelija Suvi-Päivikki Ikonen	suunnittelun ABC; TTY:n tietolähteet, Oppimisen ABC, Tehokas oppiminen, erilaiset opiskelutyyli - Verkkoviikko: Oman oppimisen ja opiskelun arviointi sekä kehittäminen, Muistiinpanotekniikat, Oman ajankäytön hallinta, Tenttiin valmistautuminen ja vastaaminen - Tiede, tekniikka, tieto - Opiskelijavierailu + valmistuneiden vierailu, - Ammattiaineviikko: Laitoskierroksia - Esiintymistäidot - mahdollisuus HOPS-työkulun ohjattuun käyttöön tietokoneluokassa	filosofia, opintojen suunnittelu, tiedonhankinta
KEM-2050 Kemian perustytöt (6 op) , lehtori Riikka Lahtinen	- Epäorgaanisen ja analyttisen kemian työtavat - Epäorgaanisten ionien reaktioita - Kvalitatiivinen analyysi (anioni- ja kationianalyysit) - Mitta-analyttiset menetelmät eli titraus - Sähköiset analyysimenetelmät (potentiometria) - Spektrometriset analyysimenetelmät (UV, VIS) - Atomiabsorptiospektrometria - Massa-analyttinen menetelmä eli gravimetria - Ioninvaihtomenetelmä - Kvantitatiivisen analyysin yleisiä piirteitä	- Näytteiden käsittelystä myös opintojaksoilla BIO-1600 Ympäristöanalytiikka, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria - Spektroskopiasta myös opintojaksoilla BIO-1600 Ympäristöanalytiikka, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria
KEM-2100 Orgaaninen kemia (5 op) , lehtori Terttu Hukka	- Sitoutuminen ja isomeria - Alkaanit ja sykloalkaanit; rakenneisomeria ja geometriaisomeria - Alkeenit ja alkyynit - Aromaattiset yhdisteet - Stereoisomeria - Orgaaniset halogeeniyhdisteet; substituutioja eliminaatioreaktiot - Alkoholit, fenolit ja tiolit - Eetterit ja epoksidit - Aldehydit ja ketonit - Karboksyylihapot ja niiden johdokset - Amiinit ja amiinien kaltaiset typpiyhdisteet - Spektroskopia ja rakennemääritys - Heterosykliset yhdisteet	- Aminohapet, peptidit, hiilidyydraatit myös: BIO-1200 Biokemia, KEM-5200 Bio-orgaaninen kemia - Proteiinit myös: BIO-1200 Biokemia - Lipidit/rasvat myös: KEM-5200 Bio-orgaaninen kemia, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Nukleotidit ja nukleiinihapot myös: KEM-2100 Orgaaninen kemia, KEM-5200 Bio-orgaaninen kemia, BIO-1200 Biokemia, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2406 Microbial Genetics

	<ul style="list-style-type: none"> - Synteettiset polymeerit - Rasvat ja pesuaineet - Hiilihydraatit - Aminohapot, peptidit ja proteiinit - Nukleotidit ja nukleiinihapot 	<ul style="list-style-type: none"> - BIO-1200, KEM-2100 ja KEM-5200 opintojaksojen yhtenevyyksien/yhteyksien sekä KEM-2100 ja BIO-1200 järjestyksen tarkempi tarkastelu
<p>KEM-4150 Ympäristökemia (3 op), professori Robert Franzen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Energia <ul style="list-style-type: none"> • fossiiliset polttoaineet: hiilisykli, alkuperä, raakaöljy, maakaasu, kivihilli; ydinvoima, uusiutuvat energialähteet: aurinko, biomassa, polttotekniikan, biokaasu, kierrätyspolttoaineet, biopolttoaineet, vesi, tuuli, muu vedestä saatava, geoterminen lämpö; energian käyttö, - Ilmasto: ilmakehän kerrokset, epäpuhtaudet (hyvin lyhyesti), rikin kierto, kasvihuoneilmiö, hapen kemia (mm. otsoni), päästölähteet, savukaasujen puhdistus - Vesi: vesivarannot, veden kemia ja ominaisuudet, happamoituminen, jäteveden ja juomaveden puhdistus, ympäristömyrkyt (sis. aromaattiset hiilivedyt, klooratut hiilivedyt, DDT, PCBt, dioksiinit, kloorifenolit, raskasmetallit) - Energiaa ja ympäristö säästävät katalyyttiset teolliset prosessit: reaktionopeus, katalyyysi, entsyymit 	<ul style="list-style-type: none"> - Energia: vertaa Energiatekniikan opintojaksoihin, lista taulukon lopussa (paljon päällekkäisyyttä?) - Ilmasto myös: ENER-1200 Ilmansuojelu, BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset - Veden kemia ja ominaisuudet myös: BIO-4000 Vesikemia, BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis - Jäteveden ja juomaveden puhdistus myös: BIO-3000 Ympäristöbiotekniikan operaatiot, BIO-4200 Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot - Ympäristömyrkyt myös: BIO-1650 Päästöjen ympäristövaikutukset, BIO-3100 Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely, BIO-4000 Vesikemia - Opintojakson järjestäminen yhteistyössä, vierailuvia luennoitsijoita
<p>KEM-4200 Metallien kemia (3 op), lehtori Riikka Lahtinen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Metallien erityispiirteet <ul style="list-style-type: none"> • Kvanttimekaaninen atomimalli • Metallien rakenne • Metallien heijastavuus, sähkön- ja lämmönjohtokyky, tiheys, korkea sulamispiste, muokattavuus - Metallien termodynamiikka - Faasitasapainot - Metallien valmistus - Reaktiokinetiikka - Metallien pintareaktiot <ul style="list-style-type: none"> • Pintakemiaa, pintajännitys, molekyylien väliset voimat, kaasujen poistaminen metallisulasta, kontaktikulmia, voitelu, nesteen 	<ul style="list-style-type: none"> - Osa tämän opintojakson aineistosta voisi sopia mahdollisen uuden biohydrometallurgian opintojakson aineistoksi (esim. metallien valmistus, ja mineraalien rikastaminen vaahdotuksen avulla) - Metallien biokemialliset ja biologiset vaikutukset (mainittu opinto-oppaassa, aiheena ryhmätöissä), yhteys BIO-1250 Mikrobiologia I - hivenravinteet ja BIO-2200 Mikrobiologia II (metallien tarve ja toksisuus) - Nanoteknologian ja luminoivien aineiden osalta mahdollisia yhteyksiä opintojaksoihin BIO-2666

	<p>ominaisuuksia, adheesiotyö ja koheesiotyö, adsorptio, mineraalien rikastaminen vaahdotuksen avulla, metallien liimaaminen, tartunta, metallipintojen esikäsitteilyt</p> <ul style="list-style-type: none"> - Heterogeeninen katalyyysi - Sähkökemia <ul style="list-style-type: none"> • Hapettuminen ja pelkistyminen, galvaaninen kenno, sähkökemiallinen kenno, elektrodit, vetyelektrodi, standardipotentiaali, sähkökemiallinen sarja, kennon potentiaalin riippuvuus konsentraatiosta, kuivapariot, Ni-Cd –paristot, NiMH –nikkeli-metallihydridi –akku, polttokenno, korroosio, sähkökemiallinen korroosio, Pourbaix-diagrammi, metallien galvaaninen jännitesarja, elektrolyysi, vedyntuotanto vedestä, elektrolyysin sovelluksia metallialalla, sähkökemiallinen analyysi, sähkökemiallinen kinetiikka, sähköinen kaksoiskerros, polarisaatio, sähkökemiallisten reaktioiden luonne, aineensiirto sähkökemiallisessa kennossa, elektrodireaktion vaiheet, yli potentiaalit, konsentraatioylijotentiaali, Arrheniuksen yhtälö, siirtymätilateoria, elektrodireaktioiden kinetiikka, k^0:n merkitys, tasapaino-olosuhteet, itseisvirta, virta-ylijotentiaaliyhtälö, Butler-Volmer yhtälö, Tafel riippuvuus suurilla yli potentiaaleilla, aineensiirron kontrolloimat reaktiot, sähkökemialliset mittausten menetelmät - Metallien yhdisteet <ul style="list-style-type: none"> • Organometalliset yhdisteet, Grignardin synteesejä, karbeenit ja karbyynit, karbonyylit ja nitrosyyli, nikkelin puhdistus Mondin menetelmällä, metallikompleksit, ligandit, kompleksien nimeäminen ja muodostuminen, kompleksien avaruudelliset rakenteet, metallikompleksien käyttö, kelaatioterapia, metallien valokemaa – valosähköinen ilmiö, kompleksien värillisuus, yksinkertaistettu Jablonski-diagrammi, luminoivat aineet, kemian laitoksen tutkimus – orgaaninen aurinkokenno, kemiallinen kaasufaasipinnoitus CVD, MOCVD pinnoitusprosessi, FeS₂ synteesi, Al₂O₃ synteesi, CC CVD, metallien epäorgaanisia yhdisteitä, turvatyynyjen kemaa - Metalliset nanopartikkelit <ul style="list-style-type: none"> • Nanoteknologia, kvanttivaikutukset, ratkaistavia ongelmia, kolloidikemia, nanopartikkeleiden valmistus ja stabilointi, funktionaaliset nanopartikkelit, itseorganisaatio, rajapinta makromaailmaan, nanopartikkelit aurinkokennossa, näyttöiden 	<p>Nanobiotechnologies (jossa vaihteleva sisältö) ja BIO-2306 Instrumental Bioanalysis</p>
--	--	--

	valmistus – järjestäytyneitä ohutfilmirakenteita, Time resolved Maxwell displacement –mittaukset, nanovallankumous	
KEM-4250 IR-spektroskopia (2 op) , Raija Mikkonen	<ul style="list-style-type: none"> - IR-spektroskopian teoreettiset perusteet (molekyylin värähtelymuodot, säteilyn absorptio) - IR-spektrometrin rakenne ja toimintaperiaate, ohjelmistot - Näytteenkäsittelytekniikat - Orgaanisten yhdisteryhmien spektrien tunnusomaiset piirteet, spektrien tulkintaharjoitukset ja yhdisteiden tunnistaminen 	<ul style="list-style-type: none"> - IR-spektroskopiaa suppeammin myös opintojaksoilla BIO-1600 Ympäristöanalytiikka ja BIO-2306 Instrumental Bioanalysis
KEM-4350 Kromatografia ja massaspektrometria (2 op) , vanhempi tutkija Alexandre Efimov	<ul style="list-style-type: none"> - Kromatografian perusteet ja teoria <ul style="list-style-type: none"> • Kromatografia, kromatogrammi, kromatografi (perusrakenne) • Kromatografian sovellusalueet • Kromatografisen systeemin geometria (kolonni vs. levy) • Erotusprosessin perusteet • Stationääri faasi, liikkuva faasi • Eluutiokromatografia • Näyte ja näytekomponentit • Erotusmekanismit (hydrofobiset (ei-spesifiset), dipoli-dipoli (polaariset), ioniset, erityiset) • Faasit (kaasukromatografia, nestekromatografia) • Kromatografiatekniikoiden luokitus erotusmekanismin mukaan (adsorptio-, jakautumis- tai partitio-, ioninvaihto-, ekskluusio- ja affiniteettikromatografia) • Adsorbentit kromatografiassa (adsorbenttien parametrejä, yhdisteitä, tuotanto, partikkelit, muunnostyypit, pinta-ala) • Kolonnikromatografian retentioparametrit • Erotuksen tehokkuutta ilmaisevia tekijöitä • Resoluutioon vaikuttavia tekijöitä - Kaasukromatografia <ul style="list-style-type: none"> • Kaasu-nestekromatografia vs. kaasu-kiinteäfaasikromatografia • Kolonnit, kantaja-kaasut, stationääri faasit (polaarisuus, selektiivisyys), analysoitavat yhdisteet, näytteenäytösmenetelmät (split, splitless, on-column, solvent trapping) • Detektorit <ul style="list-style-type: none"> ○ Thermal conductivity detector (TCD) ○ Flame-ionization detector (FID) 	<ul style="list-style-type: none"> - Näytteiden käsittelystä ja kromatografiasta myös opintojaksoilla BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure ja BIO-1600 Ympäristöanalytiikka - Spektroskopiasta myös opintojaksoilla KEM-2050 Kemian perustyöt, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-1600 Ympäristöanalytiikka, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-2601 Geeniteknologian menetelmät - Detektoreista myös opintojaksoilla BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-1600 Ympäristöanalytiikka

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Electron-capture detector (ECD) ○ Atomic-emission detector (AED) ○ Nitrogen-phosphorus detector (NPD) ○ Flame-photometric detector (FPD) ○ Photoionization detector (PID) ● Kiinteäfaasimikrouutto (solid phase microextraction (SPME)), purge and trap, näytteiden derivointi ● Muunneltavat parametrit (lämpötila, kaasun virtaus...) ● Kaasukromatografian edut ja haitat ● Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen analyysi (ulkoisen ja sisäisen standardin menetelmät) - Ohutlevykromatografia <ul style="list-style-type: none"> ● Etuja ja haittoja verrattuna kaasukromatografiaan ● Retentiotekijä (retention factor) ● Levytyyppejä ● Aineiden tunnistus levyllä - Korkean erotuskyvyn nestekromatografia (HPLC) <ul style="list-style-type: none"> ● Kolonnit, stationäärifaasit ● Adsorptiokromatografia (normaalifaasi vs. käänteisfaasikromatografia), ioninvaihtokromatografia, kokoekskluusiokromatografia ● Isokraattinen ja gradienttieluutio (sekoitus) ● Retentiomekanismit, pH:n vaikutus retentioon ja selektiivisyyteen ● Stationäärifaasit (adsorbentit) ● Mobiilit faasit (eluentit) ● Laitteisto (Injektorit, pumput, kolonnit, detektorit (UV/VIS, fluoresenssidetektori, johtokykydetektori, MS, haihduttava valonsirontadetektori, taitekerroindetektori, FTIR spiral disk monitor), datan kerääjä - Massaspektrometria: <ul style="list-style-type: none"> ● Massaspektrometri tutkimusalueena ● Massaspektroskopian periaatteet ● GC-MS ja LC-MS ● Massaspektrometrin yleisrakenne ja toiminta ● Analysaattorityyppit 	
--	---	--

	<ul style="list-style-type: none"> ○ Kvadrupolianalysaattori ○ Triple quadrupoles ○ Quadrupole ion trap analysaattori ○ Lentoaika-analysaattori (time of flight) ● Näytteenotto- ja -suunnittelu ● Ionisaatiomekanismit <ul style="list-style-type: none"> ○ Elektroni-ionisaatio (EI) ○ Electrospray ionisaatio (ESI) ○ Kemiallinen ionisaatio (CI) ○ Positiivinen kemiallinen ionisaatio (PCI) ○ Elektroninsiippaus negatiivinen kemiallinen ionisaatio (ECNI) ○ Nopea atomipommitus (fast atom bombardment, FAB) ○ Matriisiavustettu laser desorptio (MALDI) ● Spektrin muodostuminen ● Ionimonitorointitekniikka (SIM) vs. skannaus (scan mode) ● Kvalitatiivinen ja kvantitatiivinen (ulkoinen ja sisäinen standardi) analyysi 	
KEM-4400 NMR-spektroskopia (2 op) , Alexandre Efimov	<ul style="list-style-type: none"> - FT-NMR-spektrometrin toimintaperiaatteisiin ja spektrien mittaaminen - Orgaanisten yhdisteiden protoni- ja hiili-NMR-spektrien mittaaminen ja tulkitseminen - Teorialuentoja sekä käytännön NMR-laiteharjoituksia 	<ul style="list-style-type: none"> - NMR-spektroskopiaa käsitellään suppeammin myös opintojaksolla BIO-2306 Instrumental Bioanalysis
KEM-5200 Bio-organinen kemia (3 op) , professori Robert Franzen	<ul style="list-style-type: none"> - Aminohapot - Peptidit - Entsyymit - Hiilihydraatit - Lipidit - Nukleiinihapot ja DNA - Luonnonaineet lääkkeinä - Ylimääräistä materiaalia 	<ul style="list-style-type: none"> - Aminohapot, peptidit, hiilihydraatit myös: BIO-1200 Biokemia, KEM-2100 Organinen kemia - Entsyymit myös: BIO-1200 Biokemia, BIO-1350 Biotekniikan perusteet, BIO-2000 Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2506 Biocatalysis and enzymology, BIO-2601 Geenitekniikan menetelmät - Lipidit/rasvat myös: KEM-2100 Organinen kemia, BIO-2456 Laboratory Course on Macromolecules: Structure, BIO-2556 Laboratory Course on Macromolecules: Function - Nukleotidit ja nukleiinihapot myös: KEM-2100 Organinen kemia, KEM-5200 Bio-organinen kemia, BIO-1200 Biokemia, BIO-2000

		<p>Molekulaarinen bioteknologia, BIO-2306 Instrumental Bioanalysis, BIO-2406 Microbial Genetics</p> <ul style="list-style-type: none"> - Bio-organisen kemian opintoaines sisältyy lähes täysin BIO-1200 Biokemian opintojaksoon - Useat aiheet Biokemiassa laajemmin (liian laajasti kemian opiskelijoille?) - Bio-organisessa kemiassa laajemmin: peptidisyntetiikka, monosakkariidien reaktiot ja konformaatio - Biokemiassa ei osioita: luonnonaineet lääkkeinä (+ ylimääräistä materiaalia) - KEM-5200 ja BIO-1200 opintojaksojen yhdistäminen? Uudistetun opintojakson vastuun jakaminen Kemian sekä Bio- ja ympäristötekniikan laboratorioden kesken - BIO-1200, KEM-2100 ja KEM-5200 opintojaksojen yhtenevyyksien/yhteyksien sekä KEM-2100 ja BIO-1200 järjestyksen tarkempi tarkastelu
<p>KEM-5350 Kemian seminaari (5 op), professorit Robert Franzen ja Helge Lemmetyinen</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Tutustuminen kemian alan tieteellisiin aikakauslehtiin, kansainväliseen kemian alan kirjallisuuteen, verkkojulkaisuihin sekä -tiedostoihin sekä näiden tietolähteiden käyttö kirjallisen esitelmän valmistamisessa - Tieteellisen raportoinnin periaatteet: lainausten oikea esitystapa ja viitteiden käyttö, esityksen selkeä rakenne ja johtopäätösten teko sekä äidinkieli - Kirjallinen ja suullinen esitys - Kutakin esitelmää varten valitaan kaksi opponenttia - Soveltuu jatko-opinnoiksi 	<ul style="list-style-type: none"> - Tieteelliseen kirjallisuuteen perehtymistä, kirjallisen ja suullisen esityksen harjoittelua myös opintojaksoilla BIO-2906 Seminar in Biotechnology, BIO-4906 Seminar in Environmental Engineering, BIO-7536 Postgraduate Seminar in Biotechnology, BIO-7630 Ympäristötekniikan jatko-opintoseminaari - Opponointia myös opintojaksoilla BIO-2906 Seminar in Biotechnology, BIO-4906 Seminar in Environmental Engineering
<p>ENER-1200 Ilmansuojelu (3 op)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Johdanto, primäärit puhdistusmenetelmät - Kaasumaisten päästöjen vähentäminen, partikkelit - Haihtuvat orgaaniset yhdisteet (VOC) - Ilmansaasteiden mallinnus - Ilmansuojelun meteorologiaa 	<ul style="list-style-type: none"> - Katso opintojakso KEM-4150 Ympäristökemia
<p>ENER-8010</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Energianmuuntoprosessien termodynaamiset perusteet. Ensimmäinen ja 	<ul style="list-style-type: none"> - Katso opintojakso KEM-4150 Ympäristökemia

Energiatekniikan perusteet (3 op)	toinen pääsääntö. Tilanmuutokset. Lämpövoimakoneiden kiertoprosessit. Polttotekniikan perusteet. Energian tuotannon ympäristövaikutukset. Uusiutuvat energian lähteet. Energian tuotanto ja kestävä kehitys. Suomen nykyinen ja tuleva energiahuolto. Höyryvoimalaitokset. Ydinvoimalat. Kaukolämpö. Kaasuturbiinit. Polttomoottorivoimalat. Tuulivoima. Aurinkoenergia. Polttoparisto. Virtauskoneiden perusteoria. Rakennusten energiantarve. Astepäiväluku. Jäähdytysprosessit. Energiaprosessien peruslaskentamenetelmät. Energialaitosten perussäätötavat.	
SGN-6056 Introduction to Computational Systems Biology (3 cr)	<ul style="list-style-type: none"> - Basics of cellular functions - Basics of systems biology - Experimental methodology in systems biology 	<ul style="list-style-type: none"> - Esitietovaatimuksena opintojaksolle SGN-6106 Computational Systems Biology I tai vastaavat tiedot.
SGN-6106 Computational Systems Biology I (5 cr)	<ul style="list-style-type: none"> - Different types of models in systems biology. - Mathematical and computational methods in systems biology. - Possibilities of signal processing in systems biology. - Effects of measurement systems in data acquisition. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pakollinen Biotekniikan ko:n Tekniikan kandidaatin tutkinnon perusopinnoissa

Opintojaksojen ilmoittautumismäärät lukuvuosina 2005–2007

LIITE 6, s. 1 (3)

Opintojakso	Opintojakson nimi	Ilmoittautuneet			Huomauksia
		2005	2006	2007	
BIO-1000	Ympäristötekniikan perusteet	142	77		
BIO-1010	Ympäristötekniikan perusteet I			141	
BIO-1200	Biokemia I	93	91	58	
BIO-1250	Mikrobiologia I	80	93	78	
BIO-1300	Johdatus biotekniikkaan ja tieteelliseen viestintään	31	45	35	
BIO-1350	Biotekniikan perusteet	42	41	55	
BIO-1400	Hydromekaniikan perusteet	16	15	12	
BIO-1600	Ympäristöanalytiikka	25	30	23	
BIO-1650	Päästöjen ympäristövaikutukset	46	50	54	
BIO-1656	Environmental Effects of Pollution	4	33	35	
BIO-1700	Ympäristöriskien arvioinnin perusteet	9			
BIO-1706	Fundamentals of Environmental Risk Analysis	9	22	23	
BIO-2000	Molekulaarinen bioteknologia	24	12	4	Joka 2. vuosi
BIO-2100	Mikrobiologian laboratorioharjoitukset	27	15	15	
BIO-2200	Mikrobiologia II	50	43	25	
BIO-2306	Instrumental Bioanalysis	7	21	16	
BIO-2406	Microbial genetics	23	24	15	
BIO-2456	Laboratory Course on Macromolecules: Structure	4	3	10	
BIO-2506	Biocatalysis and Enzymology	19	16	28	
BIO-2556	Laboratory Course on Macromolecules: Function	1	2	14	
BIO-2600	Geenitekniikan menetelmät	20	18	15	
BIO-2666	Nanobiotechnologies		16	21	
BIO-2726	Genetic engineering and fermentation technologies			8	
BIO-2756	Trends in biotechnology		7		Joka 2. vuosi
BIO-2776	Trends in eukaryotic biotechnology			3	Joka 2. vuosi
BIO-2906	Seminar in Biotechnology	4	20	15	
BIO-3000	Ympäristöbiotekniikan operatiot	34	30	24	
BIO-3006	Biological Processes in Environmental Engineering			9	
BIO-3100	Haitta-aineiden biohajoaminen ja biotekninen käsittely	11	14	9	
BIO-3200	Ympäristöbiotekniikan laboratorioharjoitukset	3	10	7	
BIO-3206	Laboratory Exercises in Environmental Biotechnology		2	2	
BIO-3306	Biological wastewater treatment laboratory	4	5		Joka 2. vuosi
BIO-4000	Vesikemia	31	28	21	
BIO-4006	Water Chemistry	5	7	9	
BIO-4050	Vesihuollon luonnontieteelliset perusteet (R)		2	2	Tarvittaessa

LIITE 6, s. 2(3)

Opintojakso	Opintojakson nimi	Ilmoittautuneet			Huomauksia
		2005	2006	2007	
BIO-4100	Vesi- ja viemärlaitokset	21	31	26	
BIO-4150	Hydromekaniikan sovellukset	11	9	10	
BIO-4200	Vesitekniikan fysikaaliset ja kemialliset operaatiot	19	23	16	
BIO-4206	Physical and Chemical Unit Operations in Water Engineering		11	10	
BIO-4250	Ympäristötekniikan laboratorioharjoitukset	16	17	12	
BIO-4256	Laboratory Exercises in Environmental Engineering		10	4	
BIO-4300	Vesitekniikan fysikaalisten ja kemiallisten operaatioiden jatkokurssi	4			
BIO-4306	Advanced Course on Physical and Chemical Unit Operations in Water Engineering		7	9	
BIO-4356	Safe and sustainable sanitation			17	
BIO-4406	Water Risk Management		6	19	
BIO-4600	Jätehuollon fysikaaliset ja kemialliset operaatiot	7	18	11	
BIO-4650	Materiaalivirtojen hallinta	42	33	28	
BIO-4656	Material Flow Management	8	1	5	
BIO-4700	Laitossuunnittelu	11	6	12	
BIO-4906	Seminar on Environmental Engineering	11	11	9	
BIO-5000	Kestävä kehitys	129	83	101	
BIO-5006	Sustainable Development	5	28	23	
BIO-5050	Teknologian kehitys ja yhteiskunta	16	10	31	
BIO-5100	Ympäristöoikeuden perusteet	107	94	110	
BIO-5150	Ympäristölainsäädännön luvat	11	18		Joka 2. vuosi
BIO-5206	International Water Policy and Management	13	2	10	
BIO-5256	Management Options of Water Services				Ei 2007-08
BIO-5300	Hydrologia	35	33	26	
BIO-5350	Sovellettu limnologia	11	10		Joka 2. vuosi
BIO-5506	Inorganic Environmental Chemistry				Ei joka vuosi
BIO-5900	Reaktorin suunnittelu ja mallintaminen	12	20	26	
KEMP-1100	Insinöörikemia	21			
KEM-1000	Tehokas oppiminen -johdatus yliopisto-opintoihin		36	24	
KEM-1050	Kemian perusteet	515	556	474	
KEM-1100	Insinöörikemia	1168	1156	1055	
KEM-1150	Laaja kemia 1	307	297	301	
KEM-1200	Laaja kemia 2	306	274	276	
KEM-1250	Laaja kemia 3	300	270	251	
KEM-1300	Laaja kemia 4	249	214	213	

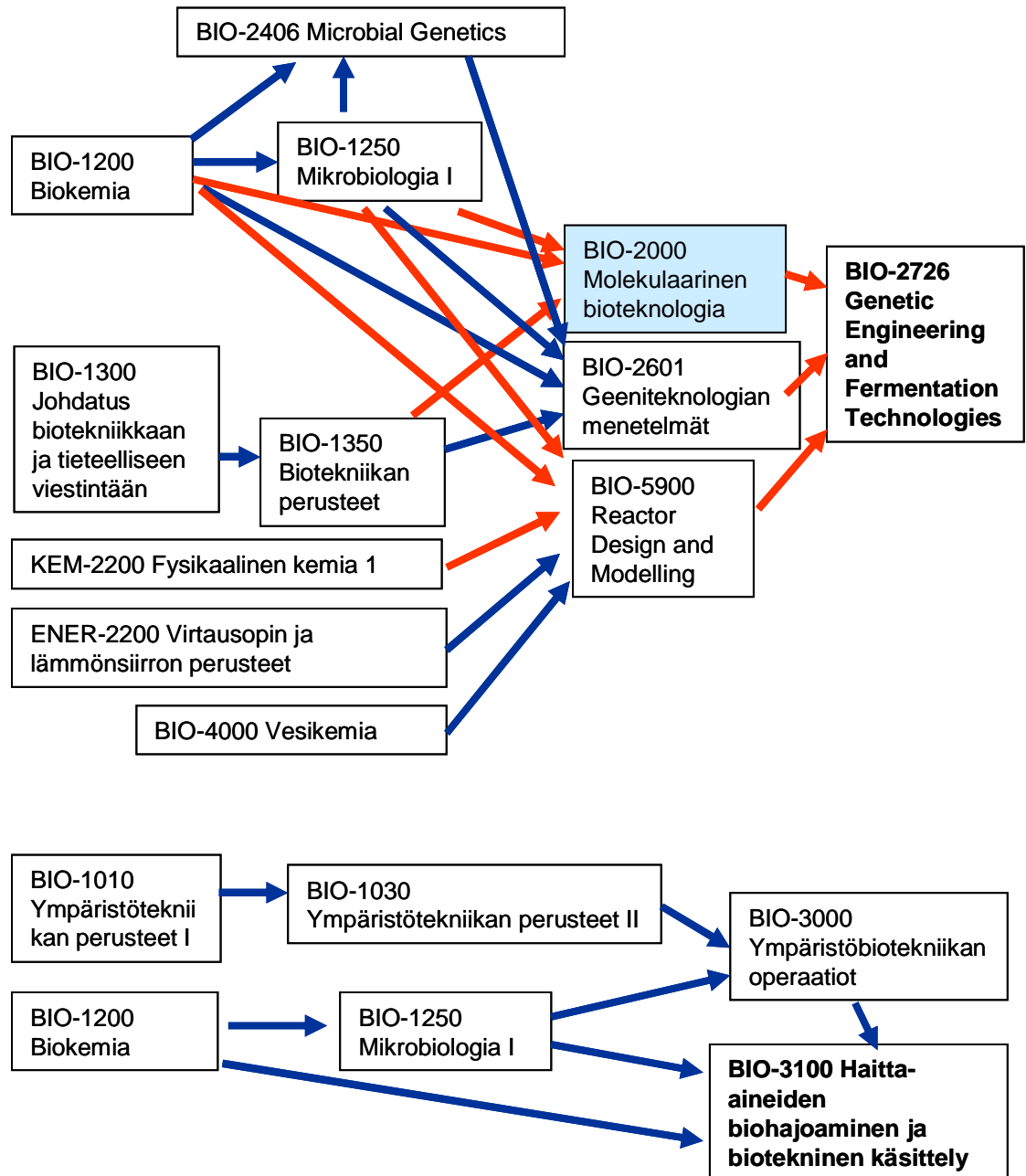
LIITE 6, s. 3 (3)

Opintojakso	Opintojakson nimi	Ilmoittautuneet			Huomauksia
		2005	2006	2007	
KEM-1350	Laboratoriotyöturvallisuus ja -työtavat	133	174	125	
KEM-2050	Kemian perustyöt	61	78	63	
KEM-2100	Orgaaninen kemia	158	161	131	
KEM-2150	Orgaanisen kemian työt 1	58	61	42	
KEM-2200	Fysikaalinen kemia 1	129	141	137	
KEM-2250	Fysikaalinen kemia 2	116	122	137	
KEM-2300	Fysikaalinen kemia 3	97	101	113	
KEM-3100	Polymeerikemia	75	81	75	
KEM-3150	Polymeerikemian työt	38	34	31	
KEM-3200	Pintakemia	47		38	Joka 2. vuosi
KEM-4020	Fysikaalisen kemian työt	43	34	38	
KEM-4050	Orgaanisen kemian työt 2	24	15	26	
KEM-4100	Katalyyttikemia	47		38	Joka 2. vuosi
KEM-4150	Ympäristökemia		112		Joka 2. vuosi
KEM-4200	Metallien kemia	n. 60		n. 40	Joka 2. vuosi
KEM-4250	IR-spektroskopia	31	36	21	
KEM-4300	Differentiaalinen pyyhkäisykalorimetria		46		Joka 2. vuosi
KEM-4350	Kromatografia ja massaspektroskopia	28	33	25	
KEM-4400	NMR-spektroskopia		43		Joka 2. vuosi
KEM-5050	Spektroskopia	58		41	
KEM-5100	Valokemia		39		Joka 2. vuosi
KEM-5126	Photochemistry, Laboratory			9	Joka 2. vuosi
KEM-5156 → KEM-5157	Optical Spectroscopy → Experimental optical spectroscopy			6	Joka 2. vuosi
KEM-5200	Bio-orgaaninen kemia	50		48	Joka 2. vuosi
KEM-5250	Teollinen orgaaninen kemia	32	28	34	
KEM-5300	Synteesiteknologia	24		11	Joka 2. vuosi
KEM-5350	Kemian seminaari	12	12	11	

Esimerkkejä esitietopuista.

LIITE 7, s. 1 (4)

Pakolliset esitiedot merkitty punaisilla nuolilla ja suositeltavat esitiedot sinisillä nuolilla. Joka toinen vuosi järjestettävät opintojaksot ovat sinisissä laatikoissa.



LIITE 7, s. 2 (4)

