OPPIMISTULOKSIA JA KIINNOSTAVIA ILMIÖITÄ

Matematiikan, fysiikan ja kemian AMK-opettajapäivien artikkelit 2014

samk

OPPIMISTULOKSIA JA KIINNOSTAVIA ILMIÖITÄ

Matematiikan, fysiikan ja kemian AMK-opettajapäivien artikkelit 2014

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Pori
2014

Toimituskunta:
Timo Tommila, FT, yliopettaja, fysiikka, päivien koordinaattori
Kari Nummelin, FL, yliopettaja, matematiikka
Tuula Vanha-aho, FL, yliopettaja, kemia
Ari-Pekka Kainu, KM, Informaatioteknologian osaamisalueen johtaja
Anne Sankari, YTT, julkaisusarjan päätoimittaja

Satakunnan ammattikorkeakoulu
Sarja D, Muut julkaisut 1/2014
ISSN 1457-0718
ISBN 978-951-633-120-4 (painettu)
ISSN 2323-8372
ISBN 978-951-633-121-1 (verkkojulkaisu)

Julkaisija:
Satakunnan ammattikorkeakoulu
Tiedepuisto 3, 28600 Pori
www.samk.fi

Graafinen suunnittelu: Jatta Lehtonen, SAMK Viestintä
Taitto: Heidi Valtonen, Vida Design Oy

Paperit: Kansi MultiOffset 170 g, sisäsivut MultiOffset 120 g
Paino: AllOne Print Oy, Ulvila

ESIPUHE

Ammattikorkeakoulut ovat järjestäneet tekniikan matematiikan opettajapäiviä vuosittain. Samoin fysiikan ja kemian opettajapäiviä on pidetty vuoden tai puolentoista vuoden välein. Viimeksi matematiikan opettajapäivät pidettiin Mikkelissä sekä fysiikan ja kemian vastaavat Kajaanissa.

Satakunnan ammattikorkeakoulussa (SAMK) järjestettiin valtakunnalliset fysiikan ja kemian opettajien päivät edellisen kerran vuonna 2001. Siihen asti oli järjestetty fysiikan opettajapäiviä, mutta laajensimme päivät koskemaan myös kemian opettajia. Tuon jälkeen on järjestetty joka kerta yhteiset fysiikan ja kemian opettajapäivät.

SAMK oli nyt, vuonna 2014, matematiikan opettajapäivien järjestelyvuorossa. Totesimme, että on oiva tilaisuus yhdistää voimat ja järjestää matematiikan, fysiikan ja kemian opettajien yhteiset päivät. Samalla halusimme laajentaa päiviä niin, että mukaan saataisiin muuallakin kuin tekniikan koulutuksissa matematiikkaa opettavat. Matematiikan, fysiikan ja kemian AMK-opettajien päivät 2014 on foorumi, joka tuo yhteen luonnontieteellis-matemaattisten eli LUMA-aineiden opetuksen kehittäjät ammattikorkeakouluista. Mukaan saatiin myös yrityksiä ja muita sidosryhmiä.

Halusimme koostaa myös julkaisun, artikkelikokoelman LUMA-aineiden hyvistä opetus- ja TKI-käytänteistä. Tavoitteenamme on LUMA-aineiden opetuksen kehittäminen, *benchmarking*, sekä LUMA-aineiden näkyvyyden parantaminen alueellisesti ja valtakunnallisesti. Julkaisu on monipuolinen katsaus muun muassa eri aloille sopiviin opetusmenetelmiin ja opetuksen kehittämiseen.

Toivomme, että LUMA-aineiden yhdistetyt päivät laajentavat keskustelufoorumia ja helpottavat tulevaisuudessa järjestelyvastuunkantoa.

Porissa 10.4.2014

Timo Tommila, fysiikka, päivien koordinaattori
Kari Nummelin, matematiikka
Tuula Vanha-aho, kemia

Sisältö

MITTAUKSET

OHJELMISTOT

VILLITYKSET

Keltanokka ja matematiikka

Raija Tuohi, FT, yliopettaja, Turun ammattikorkeakoulu

raija.tuohi@turkuamk.fi

Johdanto

Turun ammattikorkeakoulun matematiikan opettajat ovat testanneet vuosina 1999–2004 opiskelijoiden matemaattisia lähtötasovalmiuksia kaikissa tekniikan koulutusohjelmissa (Tuohi, Helenius & Hyvönen 2004), mutta vuosina 2008–2013 on keskitytty tietotekniikan ja elektroniikan opiskelijoihin. Siksi tässä artikkelissa käsitellään tietotekniikan ja elektroniikan opiskelijoiden matemaattisten lähtötasotaitojen muuttumista vuosina 1999–2013.

Testaus on tehty 20 kysymystä sisältävällä lähtötasokokeella (tehtävät liitteenä 1 julkaisun lopussa). Kokeen ovat matematiikan opettajat pitäneet useimmiten ensimmäisellä oppitunnillaan. Kokeessa on tehtäviä eri matematiikan osa-alueilta (aritmetiikasta, algebrasta, trigonometriasta, analyyttisestä tasogeometriasta, vektorilaskennasta, derivoinnista ja integroinnista). Tehtävissä pitää itse laskea tulos, paitsi analyyttisen tasogeometrian tehtävässä, joka on tunnistustehtävä. Tehtävät ovat PISA-tutkimuksen taitoluokan 1 mukaisia eli niissä edellytetään muun muassa esitys- ja merkintätapojen hallintaa sekä rutiininomaisia laskutaitoja (Välijärvi & Linnakylä 2002, 42). Jokaiseen tehtävään on liitetty myös osa, jossa opiskelija arvioi, kuinka varma on vastauksensa oikeellisuudesta.

Tuloksia

Lähtötasotestin arvioinnissa opiskelija saa yhden pisteen tehtävää kohti, jos tehtävän vastaus on täysin oikein. Esimerkiksi tehtävästä 13 (Ratkaise x yhtälöstä $x^2 - 2x = 0$) oikeaan suoritukseen on vaadittu yhtälön molemmat ratkaisut. Puolikaspisteitä ei ole annettu. Lähtötasotestin (lyh. alkutestin) maksimitulos on 20.

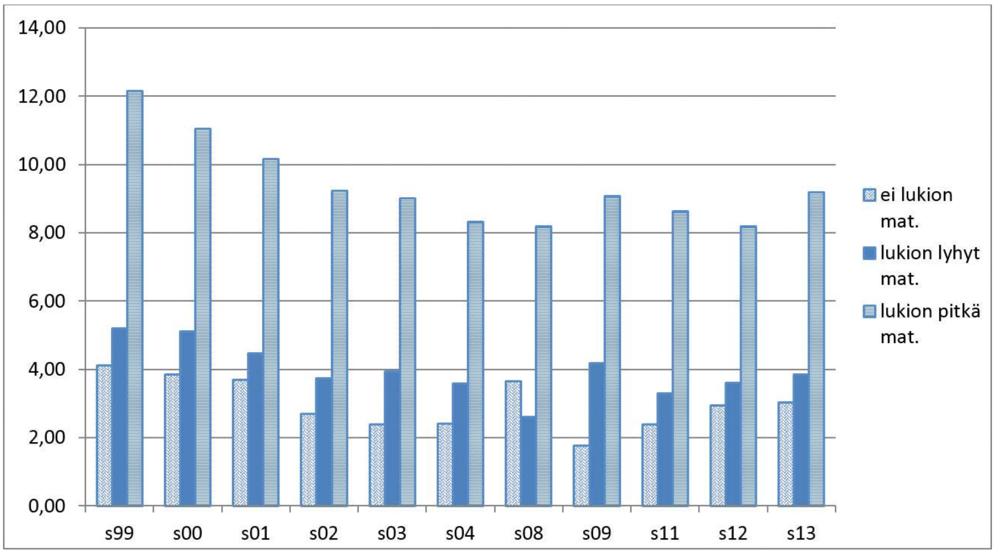
Taulukossa 1 on esitetty tietotekniikan ja elektroniikan opiskelijoiden alkutestitulosten keskiarvot vuosittain. Keskimääräiset alkutestitulokset ovat heikentyneet vuoden 1999 keskiarvosta 8,23 vuosittain vuoden 2004 keskiarvoon 5,15. Vuosina 2005–2007 ja 2010 ei alkutestituloksia kerätty, vaikka yksittäiset opettajat saattoivat tehdä testejä omaksi tiedokseen. Vuonna 2008 kerättyjen alkutestitulosten keskiarvo oli vain 4,90 eli keskimäärin alle 5 oikein ratkaistua tehtävää 20 tehtävästä. Vuosien 2009, 2011, 2012 ja 2013 alkutestitulosten keskiarvot ovat asettuneet hieman yli viiden.

Taulukko 1. Alkutestitulosten keskiarvot vuosittain 1999–2013.

Vuosi	N	Keskiarvo	Korkein tulos	Mediaani	Keskihajonta
s99	232	8,23	19	8	4,86
s00	176	7,36	19	6	5,10
s01	207	6,89	19	6	4,66
s02	243	5,73	19	4	4,69
s03	224	5,51	20	4	4,53
s04	224	5,15	20	4	4,34
s08	131	4,90	16	4	3,68
s09	121	5,23	20	4	4,48
s11	191	5,08	20	4	4,07
s12	162	5,10	16	4	3,61
s13	137	5,20	17	4	4,21

Tulokset pohjakoulutuksen mukaan eriteltynä

Kuvassa 1 on esitetty tietotekniikan ja elektroniikan opiskelijoiden lähtötasotestitulosten keskiarvot vuosittain ja pohjakoulutuksen mukaan eriteltynä. Niitä, jotka eivät ole ilmoittaneet suorittaneensa lukion matematiikkaa on 604. Lukion lyhyen matematiikan suorittaneita on 612 ja lukion pitkän matematiikan suorittaneita 834.

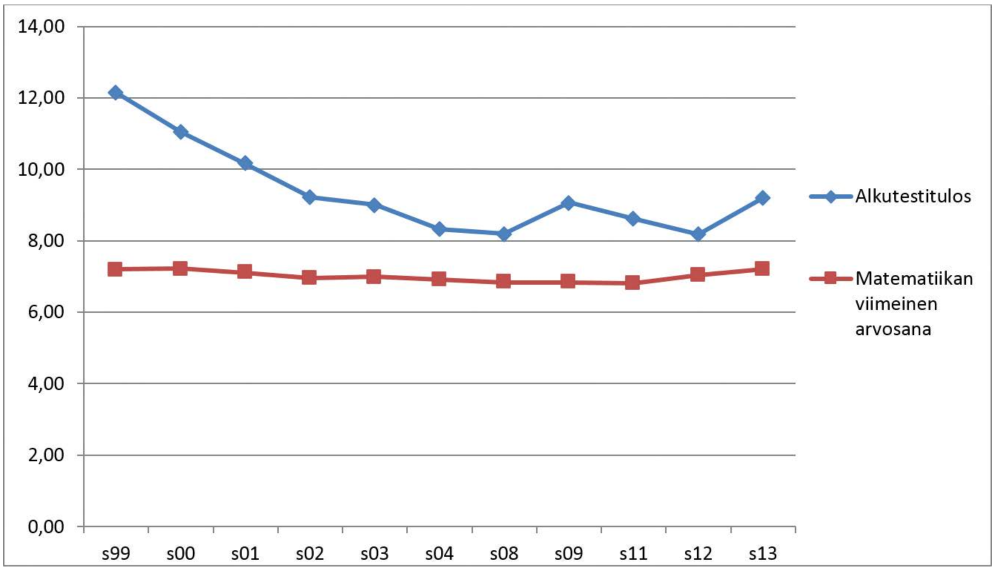


Kuva 1. Alkutestitulosten keskiarvot koulupohjan mukaan eriteltynä.

Lukion pitkän matematiikan suorittaneet opiskelijat saavat joka vuosi huomattavasti paremmat tulokset lähtötasotestistä kuin muut opiskelijat. Lukion lyhyen matematiikan suorittaneet opiskelijat saavat melkein joka vuosi pisteen pari paremmat tulokset kuin ne opiskelijat, jotka eivät ole suorittaneet lukion matematiikkaa (lyhyttä tai pitkää). Poikkeuksena on vuosi 2008.

Lukion pitkän matematiikan suorittaneiden opiskelijoiden tulokset ovat heikentyneet vuosittain vuodesta 1999 vuoteen 2004 keskiarvosta 12,15 arvoon 8,32. Sen jälkeen lähtötasotestin keskiarvot ovat vaihdelleet arvojen 8,18 ja 9,19 välillä.

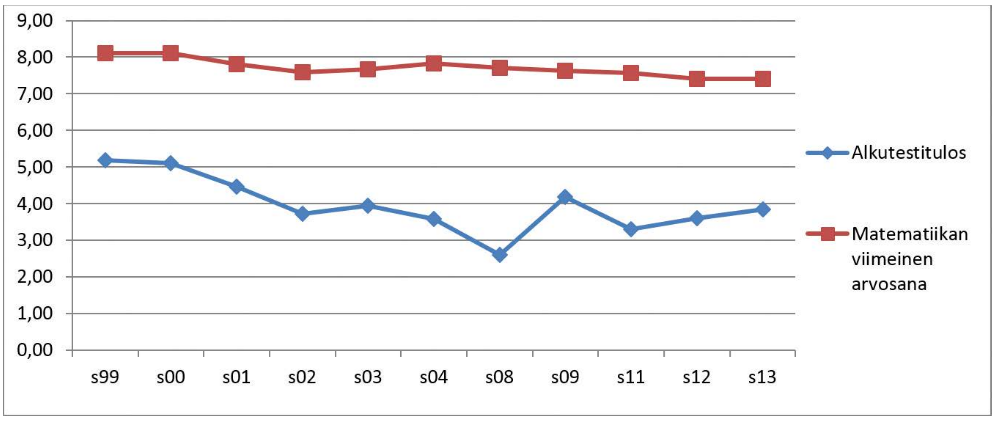
Tulosten heikkenemistä vuodesta 1999 vuoteen 2004 ja toisaalta pysymistä melko vakiona sen jälkeen voi yrittää selittää esimerkiksi lukion kouluarvosanoilla. Kuvassa 2 on esitetty alkutestien keskiarvot ja opiskelijoiden ilmoittamien viimeisten matematiikan arvosanojen keskiarvot vuosittain.



Kuva 2. Alkutestitulosten ja matematiikan viimeisten arvosanojen keskiarvot vuosittain lukion pitkän matematiikan suorittaneilla.

Matematiikan arvosanojen keskiarvot ovat vuosittain vaihdelleet välillä 6,8–7,2. Alin keskiarvo (6,81) oli syksyllä 2011 ja korkein (7,21) syksyllä 2013. Alkutestitulosten ja matematiikan viimeisten arvosanojen vuotuisten keskiarvojen lineaarinen korrelaatio on tilastollisesti melkein merkitsevä (P-arvo = 0,014), vaikka matematiikan arvosanojen vuotuisten keskiarvojen vaihtelu on vähäistä. Myös Spearmanin järjestyskorrelaatio on tilastollisesti melkein merkitsevä (P-arvo = 0,042).

Lukion lyhyen matematiikan suorittaneiden opiskelijoiden lähtötasotestitulokset ovat alentuneet syksyn 1999 arvosta 5,19 syksyn 2002 arvoon 3,73 ja jääneet sitten vaihtelemaan arvojen 2,61 (syksy 2008) ja 4,18 (syksy 2009) välille. Kuvassa 3 on esitetty lähtötasotestien keskiarvot ja opiskelijoiden ilmoittamien viimeisten matematiikan arvosanojen keskiarvot vuosittain. Matematiikan arvosanojen keskiarvot ovat vuosittain vaihdelleet välillä 7,4–8,1. Alin keskiarvo (7,40) oli syksyllä 2012 ja korkein (8,12) syksyllä 1999. Alkutestitulosten ja matematiikan viimeisten arvosanojen vuotuisten keskiarvojen lineaarinen korrelaatio on melkein merkitsevä (P-arvo = 0,022), mutta Spearmanin järjestyskorrelaatio ei ole tilastollisesti merkitsevä (P-arvo = 0,117).



Kuva 3. Alkutestitulosten ja matematiikan viimeisten arvosanojen keskiarvot vuosittain lukion lyhyen matematiikan suorittaneiden osalta.

Tarkastellaan vielä niiden opiskelijoiden tuloksia, jotka eivät ole suorittaneet lukion lyhyttä tai pitkää matematiikkaa. Tulokset ovat keskimäärin heikentyneet vuodesta 1999 vuoteen 2003. Vuodesta 2009 lähtien tulokset ovat vuosittain hieman parantuneet. Heikoin tulos (1,8) oli vuonna 2009 ja paras (4,1) vuonna 1999. Vuosina 2012 ja 2013 tulokset ovat olleet noin kolme tehtävää oikein 20 tehtävästä. Näiden tulosten vaihtelua on hankalaa tutkia tai selittää viimeisten matematiikan arvosanojen avulla, sillä ammatillisten perustutkintojen arvosana-asteikot ovat muuttuneet vuosien myötä (maksimi muuttunut viidestä kolmeen).

Tulokset osaamisalueittain

Vuosien 1999 ja 2013 välisenä aikana on alkutestin suorittanut 2050 tietotekniikan ja elektroniikan opiskelijaa. Taulukossa 2 näkyvät eri tehtävien oikein ratkaisseiden osuudet.

Tehtävän 10, jossa pitää järjestää pienimmästä suurimpaan murtoluvut $\frac{2}{7}, \frac{2}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}$, on ratkaissut oikein 84 % vastaajista. Seuraavaksi parhaiten on onnistuttu ratkaisemaan tehtävä 3, jossa pitää sieventää lauseke $\sqrt{3^2 + 4^2}$. Tässä on onnistunut 61 % vastaajista. Yli puolet (55 %) vastaajista on tunnistanut annetuista 12 yhtälöstä sen, jonka kuvaaja on nouseva suora ja leikkaa y-akselin kohdassa 5. (Yhtälöistä 4 on ensimmäistä astetta, 4 on paraabelien yhtälöitä ja 4 on sekä x:n että y:n suhteen toista astetta.) Myös tehtävän 1 (Sievennä lauseke $|-6| + |+5|$) on osannut ratkaista yli puolet vastaajista (52 %). Muita tehtäviä on osattu ratkaista heikommin. Vaikeimmaksi tehtäväksi osoittautui tehtävä 20: Määritä $\int_0^1 e^x \, dx$.

Tehtävät 1,2,3 ja 10 ovat aritmetiikan sievennystehtäviä. Näistä heikoimmin on osattu sieventää tehtävän 2 lauseke $\frac{\frac{1}{3}-\frac{1}{7}}{4}$. Vain 37 % opiskelijoista on osannut sieventää kyseisen murtolukulausekkeen.

Tehtävät 4, 5, ja 6 ovat algebran helpohkoja sievennystehtäviä. Tehtävässä 4 pitää sieventää lauseke $\frac{2x+2}{5} - \frac{x+1}{5}$. Alle puolet on saanut tehtävän oikein suoritettua. Tehtävien 5 ja 6 sievennyksen (lausekkeet $a^2 - (a+1)^2 + 2$ ja $\frac{a^2-b^2}{a-b}$) on saanut oikein alle kolmannes opiskelijoista.

Trigonometriset tehtävät 7 ja 8 ovat osoittautuneet erittäin vaikeiksi. Niissä pitää tietää, mitä ovat $\sin\left(\frac{\pi}{2}\right)$ ja $\sin^2 x + \cos^2 x$. Tehtävä 9 koskee logaritmilaskentaa (Sievennä $\ln x^2 - 2\ln x$). Tehtävä on osoittautunut suunnilleen yhtä vaikeaksi kuin tehtävä 7.

Tehtävät 11, 12 ja 13 ovat yhtälön ratkaisuja. Tehtävässä 11 pitää ratkaista R kaavasta $U = E - IR$. Tästä on oikein selviytynyt 42 % opiskelijoista, kun vain 21 % on löytänyt ratkaisut tehtävässä 12 (ratkaise x yhtälöstä $x^2 - 2 = 0$). Tehtävässä 13 yhtälönä on $x^2 - 2x = 0$. Sen ratkaisut on löytänyt 29 % opiskelijoista. Tehtävistä 12 ja 13 sai pisteen (oikein-merkinnän) vain, jos molemmat ratkaisut kummassakin tehtävässä oli annettu.

Tehtävässä 14 on kolme kohtaa ja 12 yhtälöä annettuna. Ensiksi (kohta a) pitää tunnistaa nouseva suora, joka leikkaa y-akselin kohdassa 5. Kohdassa b pitää etsiä alaspäin aukeavan paraabelin yhtälö ja kohdassa c etsitään origokeskisen ympyrän (säde 5) yhtälöä. Kysytyn suoran yhtälön on tunnistanut 55 % ja paraabelin yhtälön 49 %, mutta kysytyn ympyrän yhtälön vain 14 % opiskelijoista. Tehtävästä sai pisteen vain, jos kaikki kolme kohtaa oli oikein.

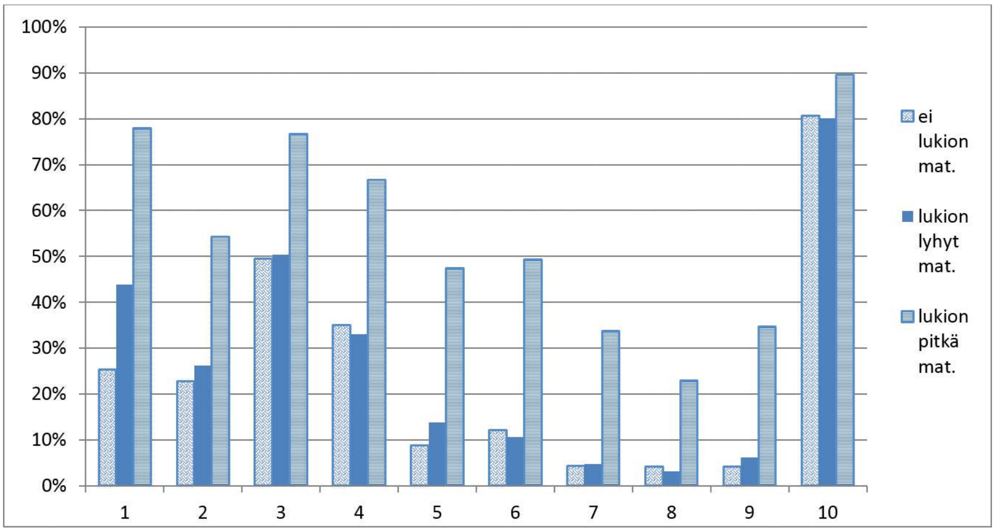
Tehtävät 15 ja 16 liittyvät vektorilaskentaan. Tehtävässä 15 on määritettävä vektorin $6\vec{\imath} - 8\vec{\jmath}$ pituus ja tehtävässä 16 on laskettava $\vec{a} - \vec{b}$, kun $\vec{a} = 2\vec{\imath} - 3\vec{\jmath}$ ja $\vec{b} = -5\vec{\imath} - 2\vec{\jmath}$. Noin joka viides opiskelija on osannut laskea vektorin pituuden ja lähes joka kolmas on saanut toisenkin tehtävän oikein.

Tehtävät 17 ja 18 liittyvät derivointiin, tehtävät 19 ja 20 integrointiin. Tehtävän 17 (Derivoi x:n suhteen $x^3 + 2x - 1$) on osannut noin joka kolmas opiskelija, mutta tehtävän 18 (Määritä $\frac{dV}{dr}$, kun $V = \frac{4}{3}\pi r^3$) vain joka kymmenes. Tehtävät 19 ja 20 ovat osoittautuneet jokseenkin yhtä vaikeiksi kuin 18. Tehtävässä 19 ja 20 piti määrittää $\int 2x \, dx$ ja $\int_0^1 e^x \, dx$.

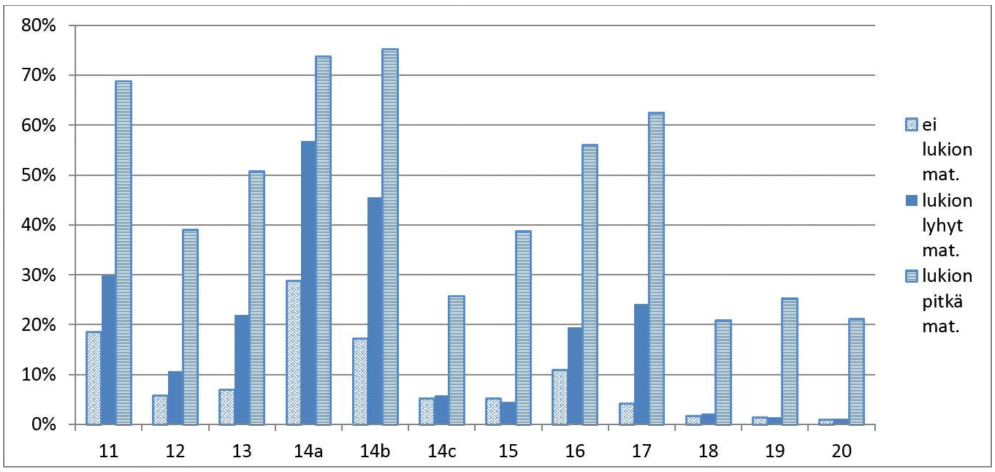
Taulukko 2. Tehtävät oikein ratkaisseiden opiskelijoiden osuudet.

Tehtävä	Tehtävän oikein ratkaisseiden osuus	Tehtävä	Tehtävän oikein ratkaisseiden osuus	Tehtävä	Tehtävän oikein ratkaisseiden osuus	Tehtävä	Tehtävän oikein ratkaisseiden osuus
1	52 %	7	16 %	13	29 %	17	34 %
2	37 %	8	11 %	14a	55 %	18	10 %
3	61 %	9	17 %	14b	49 %	19	11 %
4	47 %	10	84 %	14c	14 %	20	9 %
5	26 %	11	42 %	15	19 %		
6	27 %	12	21 %	16	32 %		

Kuvissa 4 ja 5 on esitetty tehtävien osaaminen pohjakoulutuksen mukaan eriteltynä.



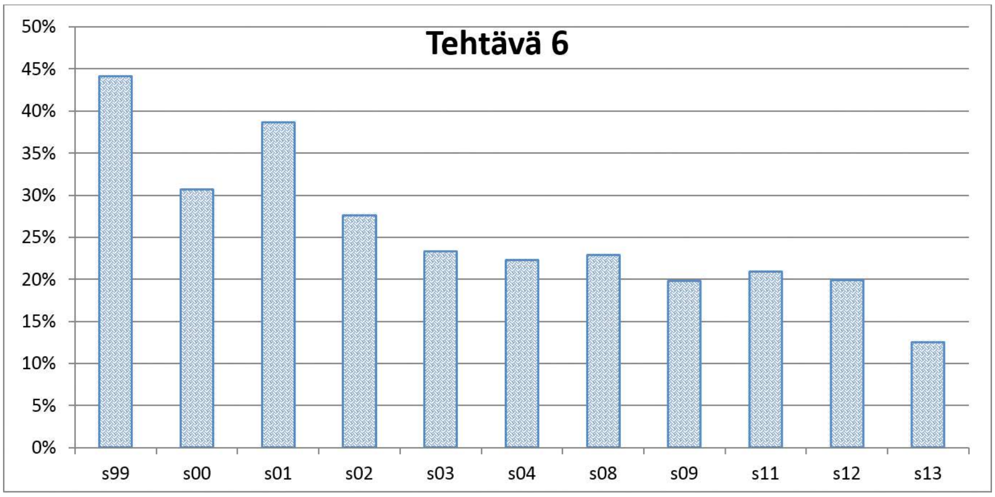
Kuva 4. Alkutestissä tehtävät 1–10 oikein ratkaisseiden opiskelijoiden osuudet pohjakoulutuksen mukaan eriteltynä.



Kuva 5. Alkutestissä tehtävät 11–20 oikein ratkaisseiden opiskelijoiden osuudet pohjakoulutuksen mukaan eriteltynä.

Kuvassa 4 näkyy, että tehtävä 10 on osattu ratkaista tasaisesti melkein yhtä hyvin pohjakoulutuksesta riippumatta; kuitenkin lukion pitkän matematiikan suorittaneet ovat suoriutuneet tässäkin tehtävässä paremmin kuin muut. Lukion lyhyen matematiikan suorittaneet ovat selviytyneet tehtävistä yleisesti ottaen hieman paremmin kuin ne, jotka eivät ole lukion matematiikkaa suorittaneet. Kuitenkin tehtävissä 6, 8, 10, 15 lukion lyhyen matematiikan suorittaneet ovat selviytyneet hieman heikommin kuin ne, jotka eivät ole lukion matematiikkaa suorittaneet.

Kuvassa 6 on esitetty esimerkkinä tehtävän 6 osaamisen muuttuminen vuosien kuluessa. Tehtävän 6 osaamistaso on heikentynyt 44 prosentista 13 prosenttiin. Aloittavien opiskelijoiden lausekkeen sievennystaito on heikentynyt radikaalisti.



Kuva 6. Tehtävän 6 oikein ratkaisseiden opiskelijoiden osuudet eri vuosina.

Harhaluulot osaamisesta

Opiskelijoilla on harhaluuloja osaamisestaan. Esimerkiksi niistä, jotka arvioivat osaavansa ratkaista varmasti oikein tehtävän 2 (Sievennä $\frac{\frac{1}{3}-\frac{1}{7}}{4}$), vain 64 % oikeasti ratkaisi tehtävän oikein (ks. taulukko 3). Opettajan kannattaa ehdottomasti kartoittaa opiskelijoiden lähtötasotietoja testaamalla niitä tehtävien avulla.

Taulukko 3. Tehtävän 2 osaaminen.

Oma arvio osaamisesta	Tehtävä 2 ratkaistu väärin	Tehtävä 2 ratkaistu oikein	Yhteensä
ei arviota	276	42	318
hyvin epävarma, arvaus	286	64	350
epävarma	525	270	795
varmasti oikein	210	373	583
Yhteensä	1297	749	2046

Keskustelua

Suomessa on oltu huolestuneita matematiikan osaamisen tason laskusta jo pitkään. Liisa Näverin tutkimusten mukaan murtolukujen laskutoimituksissa on tapahtunut 1980-luvulta vuoteen 2003 huomattavaa heikentymistä. Hän testasi 15-vuotiaiden kykyä laskea laskut: $\frac{1}{5}\cdot\frac{2}{3}$ =? ja $\frac{1}{6}:\frac{1}{2}$ =?. Näiden tehtävien ratkaisuprosentit olivat 1980-luvulla 56,4 ja 56,5. Vuonna 2003 vastaavat prosentit olivat vain 36,9 ja 28,3 (Näveri 2005). Samanlaisia tuloksia saivat Sirpa ja Reijo Ernvall Hämeen ammattikorkeakoulun tekniikan koulutusalalta 2003. Vain 28 % testatuista osasi jakaa oikein luvun $\frac{3}{5}$ luvulla $\frac{15}{7}$ ilman laskinta (Ernvall & Ernvall 2003). ”Alkeelliset peruslaskutoimitukset murtoluvuilla, lausekkeiden sievennys, peruskaavojen ”vettä valaen” hallinta ym. ovat monella täysin retuperällä”, kirjoittaa Näätänen (2005–2006) ammattikorkeakouluopettajalta kuultuna Solmun erikoisnumerossa 2005–2006.

Opetushallitus arvioi keväällä 2011 matematiikan oppimistuloksia peruskoulun päättövaiheessa. Kati Hirvonen (2012) kirjoittaa arvioinnin tuloksista seuraavasti: ”Arvioinnin tehtävissä oli runsaasti mukana aiemmissa arvioinneissa vuosina 1998–2004 olleita tehtäviä. Näiden tehtävien ratkaisuosuuksia nykyisiin vertaamalla näyttää siltä, että matematiikan osaamisen taso on heikentynyt. Enimmillään ero oli seitsemän prosenttiyksikköä osa-alueella luvut ja laskutoimitukset. Tämä on huolestuttavaa, sillä nämä tehtävät olivat pääasiassa perustaitoja ja -tietoja mittaavia tehtäviä. Osa-alueeseen luvut ja laskutoimitukset kuuluvat asiat ovat myös perusta, jolle muu matematiikan käsitteistö ja osaaminen rakentuu. --- Siksi toimenpiteisiin on ryhdyttävä välittömästi.”

Tässä on tarkasteltu tietotekniikan ja elektroniikan opiskelijoiden lähtötasotestejä Turun ammattikorkeakoulussa, mutta edellisten viittausten perusteella on vaikea uskoa, että muissa koulutusohjelmissa ja/tai ammattikorkeakouluissa opintojaan aloittavilla olisivat matemaattiset valmiudet paremmat. Matematiikan osaamisen tason aleneminen on tunnustettava. Erityisesti lausekkeiden sieventämisen taidot ovat vähentyneet. Kun opetussuunnitelmia laaditaan, opiskelijoiden lähtötaso on otettava huomioon, vaikka ammattikorkeakoulun matematiikan opettajasta tuntuukin hämmentävältä kirjoittaa ensimmäisen opintojakson osaamistavoitteisiin peruskoulun tavoitteita. Ongelmallista on opetuksen järjestäminen, kun lukion pitkän matematiikan lukeneet ovat huomattavasti paremmalla lähtötasolla kuin muut opiskelijat. Toisaalta peruslaskut eivät ole hallinnassa kaikilla heilläkään.

Viitteet

Tuohi R., Helenius J. & Hyvönen R. 2004. Tietoa vai luuloa – insinööriopiskelijan matemaattiset lähtövalmiudet. Turun ammattikorkeakoulun raportteja 29.

Välijärvi J. & Linnakylä P. (toim.) 2002. TULEVAISUUDEN OSAAJAT, PISA 2000 Suomessa. Saatavana osoitteessa: https://ktl.jyu.fi/pisa/d054

Näveri, L. 2005. Lasketun ymmärtäminen? Dimensio 3/2005.

Ernvall, R. & Ernvall, S., 2003. Opiskelijoiden itsearvio – haaste opetukselle. Dimensio 2/2003.

Näätänen, M. 2005–2006. Osataanko matematiikkaa kyllin hyvin? Solmu 1/2005–2006.

Hirvonen, K. 2012. Onko laskutaito laskussa? Opetushallitus. Koulutuksen seurantaraportit 2012:4. Saatavana osoitteessa: http://www.oph.fi/download/140234_Onko_laskutaito_laskussa.pdf

Insinööriopiskelijoiden profilointi matematiikan opetuksen tukemiseksi

Päivi Porras, FL, yliopettaja, Saimaan ammattikorkeakoulu

paivi.porras@saimia.fi

Artikkeli käsittelee tutkimusta, jossa opiskelijoiden menestystä matemaattisissa aineissa pyritään ennustamaan alussa pidettävän tasokokeen sekä opiskelijan oman oppimistapojen perusteella. Tässä artikkelissa oppimistavalla tarkoitetaan motivaatioon sekä oppimistilanteisiin liittyviä käsityksiä ja toimintatapoja.

Tutkimuksen taustaa

Saimaan ammattikorkeakoulun tekniikan yksikössä opintojen keskeyttämisten taustalla vaikutti usein matemaattisten aineiden heikko osaaminen. Se ei välttämättä ollut ns. virallinen keskeyttämisen syy mutta usein opettajat yhdistivät asiat toisiinsa. Usein heikko matematiikan hallinta yhdistettiin opiskelijan aiempaan koulutustaustaan. Kun syksyn 2010 ensimmäisen matematiikan kurssin arvosanat taulukoitiin koulutustaustan perusteella, oli koulutustaustaisesta ajattelusta luovuttava. Osa ammattiopistotaustaisista sai kurssista hyviä arvosanoja mutta osa lukiotaustaisista sai samasta kurssista hylätyn. Yleinen käsitys on, että lukion matematiikan opetus on lähempänä ammattikorkeakoulujen matematiikan opetusta kuin ammattiopistojen, joten selittävä tekijä luultavimmin löytyy opiskelijasta itsestään.

Oppimispsykologiset tekijät

Mikäli ihminen on kiinnostunut jostakin asiasta, niin hän on valmis tekemään töitä sen eteen. Esimerkiksi harrastuksiin ollaan valmiita uhraamaan aikaa (ja rahaa), koska motivaatio on hyvä. Samalla tavalla motivoituneet opiskelijat ovat valmiita käyttämään aikaa hallitakseen asian riippumatta siitä, mikä heidän tasonsa on aloitettaessa. Motivaatiossakin on useita tasoja ja karkeasti jaotellen ne ovat *ei-motivoituneet, ulkoisesti motivoituneet* ja *sisäisesti motivoituneet.* Ei-motivoituneet opiskelijat eivät välttämättä ole kiinnostuneet koko alasta tai heidän oppimistaan estää joku aiemmin koettu jopa traumaattinen tapahtuma. Traumaattinen tapahtuma voi tarkoittaa vaikkapa huonoja oppimiskokemuksia. Motivaation herättäminen ei ole helppo tehtävä mutta se on mahdollista opintojen nivelvaiheessa. Ulkoisesti motivoituneet ovat valmiita tekemään töitä, mikäli tekemättömyydestä on seurauksena sanktio tai työskentelemisestä saa konkreettista hyötyä. Näiden opiskelijoiden oppiminen on usein hyvin pinnallista ja lähinnä ulkolukua. Sisäisesti motivoituneet ovat aiheesta oikeasti kiinnostuneita ja/tai kokevat oppimiseen liittyviä paineita (esim. pakko saada hyviä arvosanoja). Aiheesta kiinnostuneille arvosana ei merkitse niin paljon kuin asian ymmärtäminen.

Itseohjautuvuudella tarkoitetaan opiskelijan toimia oppimisen edistämiseksi. Itseohjautuva opiskelija asettaa itselleen päämääriä, saattaa palkita itseään suorituksista sekä tarvittaessa osaa etsiä apua. Opiskelija voi olla itseohjautuva vaikka ei olisikaan kovin motivoitunut aiheesta. Tekniikan koulutusalalla tapaa usein tekniikasta motivoituneita opiskelijoita, jotka eivät välttämättä ole motivoituneet matematiikasta. Heidän motivaationsa saattaa heijastua matematiikkaan itseohjautuvuuden kautta.

Opiskelijaprofiilien satoa

Syksyllä 2010 ja 2011 aloittaneita opiskelijoita pyydettiin täyttämään kyselyt liittyen motivaatioon ja itseohjautuvuuteen. Kysely ei ollut nimetön, jotta opiskelijan arvosanatiedot pystyttiin liittämään vastauksiin. Ketään ei pakotettu mainitsemaan nimeään, joskaan nimettömänä palauttamista ei myöskään mainittu. Loppujen lopuksi vain yksittäiset opiskelijat jättivät nimensä kirjoittamatta. Samaan aineistoon liitettiin myös vastanneiden opiskelijoiden tulokset syksyn alussa pidetystä tasokokeesta.

Aineistoa tutkittiin SPSS-ohjelmistolla Decision Tree -analyysia hyödyntäen. Tarkoituksena oli löytää kyselyistä ne kysymykset, jotka parhaiten paljastivat opiskelijan edistymisen matematiikan opinnoissaan. Näiden tietojen perusteella löydettiin neljä erilaista opiskelijaprofiilia:

huono:	heikko osaaminen, huono motivaatio. Luultavimmin kamppailee kurssien läpäisemiseksi, todennäköinen keskeyttäjä.
heikko:	joko heikko osaaminen ja melko motivoitunut tai osaa mutta ei motivoitunut, rimaa hipoen läpäisijä.
perus:	perusopiskelija, jonka arvosanat vaihtelevat.
hyvä:	hyvä osaaminen, motivoitunut, luultavimmin saa korkeita arvosanoja.

Opiskelijat, joilla on hyvä itseluottamus, menestyivät aiemmasta koulutuksestaan välittämättä tasoonsa nähden selkeästi paremmin kuin muut. Pienikin epäilys omassa osaamisessa alensi myös hyvin osaavien opiskelijoiden arvosanoja. Selkeästikin opiskelijoiden itseluottamusta on pyrittävä parantamaan onnistumisten kautta. Soveltavien esimerkkien tarpeellisuudesta matematiikan opetuksessa on yhtä monta mielipidettä kuin on mielipiteiden esittäjiäkin. Tämän aineiston perusteella näyttäisi siltä, että soveltavia esimerkkejä kaipaavat enemmän kursseissa heikoimmin pärjäävät. Huono perusosaaminen ja tarve soveltaville esimerkeille vaikuttaisivat olevan vahva vihje ongelmista matematiikan kurssien suorittamisessa. Asiaa ei ole tarkemmin tutkittu mutta yhtenä selittäjänä voisi olla tarve tietää, mihin kyseistä asiaa oikeasti käytetään. Tällöin opiskelija saa motivaatiota teorian oppimiseen.

Itseohjautuva opiskelija etsii tarvittaessa lisätietoa esimerkiksi kirjoista tai Internetistä. Aineistoa analysoitaessa kävi ilmi, että heikosti osaavilla tämä ominaisuus kääntyikin negatiiviseksi. Kaikki ne opiskelijat, joilla oli heikot matematiikan taidot ja jotka ilmoittivat etsivänsä tarvittaessa lisätietoa kirjastosta tai Internetistä, saivat ensimmäisestä kurssista hylätyn. Tieteellisessä kirjallisuudessa löytyy tutkimuksia, joissa on huomattu, että heikot opiskelijat eivät esimerkiksi hyödy verkkotehtävistä. Tämän tutkimuksen perusteella ei pysty sanomaan, eivätkö nämä henkilöt pysty omaksumaan lukemaansa vai pyrkivätkö he vain etsimään vastaavia tehtäviä kopioidakseen ratkaisumenetelmän.

Monesti puhutaan, että hyvä opiskelija etenee suunnitelmallisesti kohti valmistumista. Tällaisilla opiskelijoilla on selvä mielikuva tulevaisuudestaan ja pyrkivät saamaan opiskelunsa nopeasti valmiiksi. Ikävä kyllä peilillä on myös kääntöpuolensa: heikosti matematiikkaa osaavat insinööriopiskelijat, jotka haluavat valmistua nopeasti hyväpalkkaiseen työhön, eivät tunnu saavan matematiikan kurssejaan suoritetuksi. Aineiston perusteella tuli sellainen tunne, että kyseiset opiskelijat ovat valmiita tekemään paljon asioita, jotta ei tarvitsisi opiskella.

Tutkimuksen konkreettinen hyödyntäminen

Profiloinnin avulla jaamme opiskelijat ensimmäisellä kurssilla tasoryhmiin. Heikoimmat opiskelijat saavat tuplasti enemmän lähiopetusta ja teoria tuodaan konkreettisten esimerkkien kautta. Oppituntien aikana pyritään laskemaan mahdollisimman paljon, jotta opiskelijalla on mahdollisuus pyytää tarvittaessa apua sekä saada onnistumisen elämyksiä. Tällä ryhmällä teetetään myös kielentämistehtäviä, jolloin malliesimerkkien kopioiminen ei riitä tehtävien ratkaisemiseksi: ratkaisumenetelmä ja välivaiheet on kirjoitettava myös sanallisesti. Vaikka sanallinen versio ei opettajan silmissä näyttäisikään kummoiselta, niin usein sen eteen tehty ajattelutyö on selventänyt ideaa opiskelijalle itselleen.

Syksyllä 2012 aloittaneista opiskelijoista oli jouluun 2012 mennessä keskeyttänyt vain yksittäisiä opiskelijoita. Osa heistä oli jo taustakyselyssä ilmoittanut, että tämä ei ole välttämättä oikea ala heille ja ainakin yksi oli ammattiopistosta valmistunut, joka sai vakituisen työpaikan. Kaikesta päätellen matemaattiset aineet eivät olleet enää suurimpana taustatekijänä keskeyttämisissä. Profilointi auttoi heikoimpien opiskelijoiden tunnistamisessa jo opiskelujen alkuvaiheessa ja heitä pystyttiin tukemaan opiskeluissaan.

Fokusoiva koejärjestely matematiikassa

Mikael Lumme, FT, yliopettaja, Satakunnan ammattikorkeakoulu

mikael.lumme@samk.fi

Kuvaan tässä artikkelissa matematiikan alkuvaiheen opetukseen luotua järjestelmää, joka sekä auttaa opiskelijaa läpäisemään kurssin että varmistaa tietyn osaamistason. Tässä esitetään järjestelmän käyttö algebran kurssin toteutuksessa, jossa läpäisyn pohjavaatimuksena on kolme peruskoetta. Jokaisessa kokeessa on viisi lyhyttä tehtävää, jotka kaikki ovat suoraviivaisia eikä niihin liity soveltamista. Kokeen hyväksytty suoritus edellyttää jokaisen tehtävän osaamista. Peruskokeet ovat pakollisia, mutta samalla niiden suoritus antaa arvosanaksi ykkösen. Sitä korkeammat arvosanat hankitaan perinteisin menetelmin eli välikokeiden ja kotitehtäväaktiivisuuden avulla.

Johdanto

Aloittavien opiskelijoiden osaamistason suuri hajonta on kasvava haaste ammattikorkeakoulujen matematiikan opetuksessa. Perinteisesti algebra on ollut vaikea sen abstraktiuden vuoksi. Alhaisen lähtötason opiskelijalle, jolle jo lauseke ja yhtälö ovat käsitteinä jääneet hämäriksi, uutta aineistoa on liikaa käytettävissä olevaan aikaan nähden, minkä vuoksi apua tarvitaan opiskelun fokusoimiseksi.

Satakunnan ammattikorkeakoulussa Otan kampuksella on matematiikassa ja fysiikassa jo yli vuosikymmenen ajan sovellettu järjestelmää, jossa kurssin pakollisena osana on peruskokeiden hyväksytty suoritus (Lumme 2010). Arvosana määräytyy välikokeiden ja/tai tentin sekä kotitehtäväaktiivisuuden perusteella. Järjestelmässä on parin vuoden ajan kokeiltu menettelyä, jossa välikokeet ovat lyhentyneet ja vaikeutuneet siten, että siellä ei ns. helppoja tehtäviä ole lainkaan.

Peruskoe

Yksi keskeisiä aiheita algebrassa on eksponenttifunktion sisältävän yhtälön ratkaiseminen. Tässä yhteydessä opetetaan eksponenttifunktio, logaritmi sekä menetelmä yksinkertaisen yhtälön ratkaisemiseksi. Tavoitteena on, että opiskelija kykenee ratkaisemaan niitä yhtälöitä, joita käytetään muun muassa radioaktiivisen hajoamisen, säteilyn tai äänen vaimenemisen sekä vaimenevan värähdysliikkeen kuvaamiseen. Osaamisen minimitasona on sellaisen yhtälön ratkaiseminen, jonka ratkaiseminen tapahtuu ottamalla puolittain logaritmi. Ennen sitä yhtälöä on hieman muokattava, jotta ratkaiseminen olisi mahdollisimman suoraviivaista.

Ensimmäiseen peruskokeeseen on sisällytetty yleensä kolme tämän aihealueen tehtävää (ja siis kaksi muuta tehtävää). Aikaa tehtävien ratkaisuun annetaan yhden oppitunnin verran eli 45 minuuttia. Tehtävät ovat niin lyhyitä, että 20 minuuttia riittää nopeimmille ratkaisijoille ja käytännössä 45 minuuttia on osoittautunut riittäväksi ajaksi myös hitaille laskijoille, mikäli aihealue on hallinnassa. Alla on esitetty tehtävät numero 3–5 yhdestä peruskokeesta. Samanlaisten tehtävien laskemista on harjoiteltu oppitunneilla ja kotitehtävinä, joten tehtävissä ei ole opiskelijalle mitään uutta.

<u>Peruskokeen 1 tehtävät 3–5:</u>

3. Sievennä lauseke $\ln\frac{e^2x}{y} - \ln\frac{y}{x^2}$

4. Ratkaise yhtälö $4 \cdot 3^{2x+2} = 80$

5. Radioaktiivisen aineen hajoamisvakio on λ = 0,004 1/min. Alussa ytimiä on 6000. Kuinka paljon ytimiä on jäljellä, kun aikaa on kulunut 25 min?

Koska hyväksytyn suorituksen vaatimuksena on kaikkien tehtävien ratkaiseminen oikein, voidaan peruskokeiden avulla varmistaa se, että keskeiset asiat osataan. Heikommille opiskelijoille järjestelmä antaa hyvän mahdollisuuden selviytyä opinnoista, koska peruskokeiden hyväksytty suoritus riittää läpäisyyn. Kokeiden tehtävät ovat aina oleellisesti samoja tai ainakin tyypiltään samanlaisia ja ne ovat opiskelijan tiedossa etukäteen. Tällä tavoin on selkeästi määritelty, mikä on vaatimuksen minimitaso ja niin halutessaan opiskelija voi keskittyä vain siihen. Peruskokeiden uusinnassa ei rajoituksia ole ja joskus uusimistilaisuuksien yhteydessä myös annetaan yksityisopetusta.

Välikoe

Koska peruskokeessa on jo osattu kaikki helpot tehtävät, ei niitä välikokeissa tarvita. Kun normaalisti välikokeen ja myös tentin läpäisyraja on 40 % maksimipisteistä, niin nyt välikokeessa on vain kolme tehtävää, mutta välikoe arvostellaan sen mukaisesti kuin olisi viisi tehtävää, joista kaksi on jo etukäteen oikein ratkaistu. Opiskelijat joskus hämmästyvät, kun kerrotaan, että välikokeen läpäisyraja on nolla pistettä, mutta huomaavat kyllä sen kuuluvan tähän järjestelmään ja yrittävät sitten välikokeessa sinnikkäästi kerätä mahdollisimman monta pistettä.

Seuraavassa on esimerkkinä saman aihealueen välikokeesta tehtävä, joka edellyttää asian ymmärtämistä ja soveltamiskykyä.

<u>Välikokeen 1 tehtävä numero 2</u>:

2. Tiedetään, että $\mathbf{\log_{\boldsymbol{a}} 200 = 2}$.
a) Mikä on luku a?
b) $b = a + 1$. Mikä on $\mathbf{\log_{\boldsymbol{b}} 200}$?

Opettajien ja opiskelijoiden kokemukset

Järjestelmän kehittäminen ja ylläpitäminen, johon liittyy kokeiden ja uusintatilaisuuksien järjestäminen, kokeiden tarkistaminen ja kirjanpito teettävät opettajalle työtä, mutta parantuneen läpäisyn ansiosta vähenee uusintatenttien laatiminen ja tarkistaminen sekä siihen liittyvä kirjanpito. Kokemuksesta voi kuitenkin todeta, että kovin suurta määrää kursseja ei tällä tavoin kannata toteuttaa ja siksi tämä järjestelmä onkin käytössä lähinnä ensimmäisen vuoden opinnoissa. Toki se sopii mihin tahansa opintoihin, mutta kun eri peruskokeita on esimerkiksi 15 ja niistä jokaisesta 4–5 versiota, niin aikamoinen salkullinen paperia siitäkin jo tulee.

Opiskelijat ovat järjestelmään tyytyväisiä ja heidän pyynnöstään aluksi vain fysiikassa käytössä ollut järjestelmä laajennettiin myös matematiikkaan SAMKin Otan kampuksella. Sellaiselle opiskelijalle, jolle suuren aineiston tenttiminen kerrallaan on vaikeaa, tämä järjestelmä antaa paremman mahdollisuuden kurssin läpäisyyn. Samalla kun minimivaatimustaso on alhainen, se kuitenkin sisältää opetussuunnitelman keskeiset osat. Lisäksi asetettu taso on saavutettava eikä kurssia voi läpäistä osaamalla vain muutaman tehtävän.

Asiat hyvin hallitseville opiskelijoille peruskokeiden suorittaminen on tietysti vain helppo harjoitus. Yleinen ilmiö kuitenkin on, että ensimmäisellä kerralla peruskokeen läpäisee vain noin 60 % opiskelijoista. Moni hyvätkin pohjatiedot omaava opiskelija ottaa alussa liian rennosti, mutta ryhdistäytyy ja jatkossa läpäisy paranee.

Keskusteluissa opiskelijat ovat kertoneet, että peruskokeiden suoritus ryhdistää opiskelua, koska ensimmäinen peruskoe tulee vastaan jo aika aikaisin, minkä vuoksi ei voi jättäytyä siihen, että lukee vasta tenttiin. Peruskoe myös fokusoi oppimista, koska on tarkasti tiedossa, mitkä asiat on ehdottomasti osattava. Lisäksi välikokeessa tai tentissä paine on alempi, koska jo suoritetuilla peruskokeilla kurssin läpäisy on varma.

Yhteenveto

Peruskokeiden käytön ansiosta kurssin keskeisten sisältöjen osaaminen varmistuu ja kurssin läpäisy helpottuu. Järjestelmä on opiskelijalle selkeä ja usko siihen, että läpäisee kurssin, tulee varsin varhaisessa vaiheessa. Opetukselta ei tämä järjestely vie resursseja, koska peruskokeiden viemä aika säästetään siinä, että välikokeet ja tentti ovat vastaavan ajan verran lyhyempiä.

Osa opiskelijoista tähtää vain läpäisyyn, eikä laske kotitehtäviä tai ainakaan merkitse niitä lasketuiksi. Tätä on pidettävä järjestelmän puutteena, mutta samalla on todettava, että silloin on yleensä kyse sellaisista opiskelijoista, joille vaihtoehto on hylätty suoritus.

Viitteet

Lumme, M. 2010. Matematiikan ja fysiikan peruskokeet. Teoksessa Keskitalo, J., Kolari, S., Roslöf, J. & Savander-Ranne C. (toim.) Insinöörikoulutuksen uusi maailma II. Foorumi 2010 – hyvät käytännöt. Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 118–121.

SAMKin matematiikan lisämoduulin taustat ja nykypäivä 1987–2014

Kari Nummelin, FL, Luma-tiimivastaava, Satakunnan ammattikorkeakoulu
kari.nummelin@samk.fi

Satakunnan ammattikorkeakoulussa (SAMK) on mahdollista opiskella insinööri (AMK) -opintoihin pakollisena sisältyvän matematiikan lisäksi myös matematiikkamoduuli, joka sisältää edistyneempää matematiikkaa. Insinöörien toimenkuva on hyvin erilainen eri työpaikoilla, mutta aina tarvitaan vahvaa suunnittelu- ja kehitysosaamista, joka tekniikan alalla perustuu usein matemaattis-loogiseen ajatteluun ja päättelykykyyn. Matematiikkamoduulin tarkoituksena on syventää insinööriopiskelijoiden matemaattisia taitoja sekä toisaalta madaltaa insinööristä DI:ksi siirtyvien opiskelijoiden jatko-opintokynnystä. Matematiikkamoduuli sisältää neljä diplomi-insinöörikoulutukseen kuuluvaa matematiikan opintojaksoa, joiden yhteislaajuus on 15 opintopistettä.

SAMK tarjoaa nuorten koulutuksessa matematiikkamoduulin vapaavalintaisina opintojaksoina jatkona insinöörikoulutuksen matematiikan opintojaksoille. Moduulia edeltäviä matematiikan opintoja opiskelijoilla on 15 opintopisteen verran: opintojaksot Insinöörin matemaattiset apuvälineet, Algebra, Geometria sekä Differentiaali- ja integraalilaskenta. Matematiikkamoduulin voi aloittaa toisen vuoden syksystä alkaen, jolloin ensimmäiset perusmatematiikat on opiskeltu. Kahteen ensimmäiseen opintojaksoon voi osallistua vaikka Differentiaali- ja integraalilaskenta ei ole vielä suoritettuna.

SAMKissa on insinöörikoulutusta Porissa ja Raumalla, joissa molemmissa voi luonnollisesti sisällyttää moduulin opintoihinsa. Matematiikkamoduulin suosio oli suurimmillaan alkuvuosina, jolloin Porissa ja Raumalla opintojaksoille osallistui vuosittain yhteensä noin 60 opiskelijaa. Suosio laski selvästi etäopetukseen siirtymisen myötä, mikä näkyi myös osallistuneiden antamista palautteista. Palautteissa etäopetuksessa olleet opiskelijat halusivat lähiopetusta. Nyt yhteismäärät ovat vuosittain 18–24 opiskelijaa.

Taustaa

Vuonna 1987 Tampereen Teknillinen korkeakoulu (TTKK) aloitti Porissa insinööristä diplomi-insinööriksi johtavan tietotekniikan koulutusohjelman. Insinööritutkinnon alalla ei ollut merkitystä koulutukseen pääsyyn. Alkuvaiheessa suurimman osan opetuksesta hoiti Porin teknillisen oppilaitoksen (vuodesta 1997 alkaen SAMKin insinöörikoulutus) henkilökunta. Itse vastasin ohjelmoinnin opetuksesta aina vuoteen 2000 saakka. Jo silloin yhtenä osana oli matematiikan ja fysiikan opetuksen järjestäminen oppilaitoksen yliopettajien voimin, mikä myöhemmin edesauttoi matematiikkamoduulin aloitusta.

Vuoden 1999 syksyllä kaikki Porin yliopistollinen koulutus ja tutkimus sijoitettiin Porin Puuvillaan uusiin tiloihin. Yliopistokoulutuksen siirtyminen pois ammattikorkeakoulun kanssa samalta alueelta eli Vähärauman kampukselta vähensi SAMKin ja TTKK:n yhteistyön opetuspuolella minimiin ja SAMKista käytiin luennoimassa vain yksittäisiä opintojaksoja. Lopulta viiden kilometrin etäisyys uuvutti loputkin luennoijat.

Opetusta Porissa ja Raumalla

Vuonna 2006 aloitimme SAMKissa uuden, mutta tavallaan vanhalle yhteistyön pohjalle rakentuvan matematiikkamoduulin opintojaksojen järjestämisen vapaavalintaisina opintoina Porissa ja Raumalla. Kipinä aloitukseen tuli opiskelijoilta. Kävimme neuvottelut SAMKin ja TTKK/TTY:n matematiikan opettajien kesken sisällöistä, jonka jälkeen aloitimme DI-matematiikan opetuksen.

Moduuliin kuului jo silloin neljä opintojaksoa. Materiaalit ovat kuitenkin matkalla muuttuneet. Ensimmäinen muutos koettiin alkuneuvottelujen aikana. Tiedettiin tulossa olevan opetusvalmistelujen osalta hikinen kesä ilmoista riippumatta, sillä TTY:llä oli vaihdettu matematiikan oppikirjaksi vaikeaselkoinen Richard E. Williamson, Hale F. Trotter: Multivariable Mathematics (ISBN:0-13-123570-2).

Kirja vaihdettiin kahden käyttövuoden jälkeen. Tällä hetkellä sisällöt ja materiaalit ovat seuraavat:

Matematiikka 1 (4 op)
Asiakokonaisuudet:
- logiikan ja joukko-opin perusteet
- relaatiot ja funktiot
- todistustekniikat
- matriisien yhteen- ja kertolasku
- ominaisarvot ja -vektorit

Materiaali:
- logiikan, joukko-opin ja funktioiden perusteet:
  TTY:n matematiikan opettajan Frank Cameronin luentomoniste
- David C. Lay: Linear Algebra and Its Applications (ISBN:0-321-31485-9)

Matematiikka 2 (4 op)
Asiakokonaisuudet: Vektoriavaruudet
- derivaatta ja osittaisderivaatta, gradientti, suunnattu derivaatta ja derivaattamatriisi
- Taylorin kaava, Newtonin menetelmä, ketjusäännön yleistys; ratkaisemattoman funktion derivointi
- Lagrangen yhtälöt; pallo- ja lieriökoordinaatit

Materiaali:
- Osia kirjasta Linear Algebra

Matematiikka 3 (4 op)
Asiakokonaisuudet:
- raja-arvot, jatkuvuus, derivoituvuus, tangenttiapproksimaatio, ketjusääntö, implisiittinen derivointi
- ääriarvot: 1) kriittiset pisteet 2) käännepisteet 3) 2. kl. derivaattatesti
- yhden muuttujan funktion integraalin laskeminen:
  1) sijoitusmenetelmällä
  2) osittaisintegroinnilla
  3) osamurtomenetelmällä
- differentiaaliyhtälöt
- Taylorin polynomit

Materiaali:
- Osia kirjasta Robert A. Adams, Christopher Essex: Calculus A Complete Course
  (ISBN-13:978-0-321-54928-0)

Matematiikka 4 (3 op)
Asiakokonaisuudet:
- Matriisimenetelmät: lineaariset ja epälineaariset systeemit
- päättymättömät sarjat
- Mathcad/MathLab-järjestelmän käyttö

Materiaali:
- Osia matematiikka 3:n kirjasta

Opetusta ISDN/IP-videoliittymällä

Sekä Porissa että Raumalla tarjottiin opintojaksot lähiopetuksena kahden lukuvuoden aikana, kunnes säästöpaineet vaativat opetusmetodien muuttamista. Siirryimme videoliittymän käyttöön lukuvuonna 2009–2010, jolloin opintojaksot hoidettiin periaatteessa puoleen hintaan. Käytössä oli ISDN/IP-videoneuvottelu. Hoidimme opintojaksot video-opetuksella joko Porista Raumalle tai päinvastoin.

Opettajalla oli työvälineinään dokumenttikamera ja pc. Käytimme IP-yhteyttä.

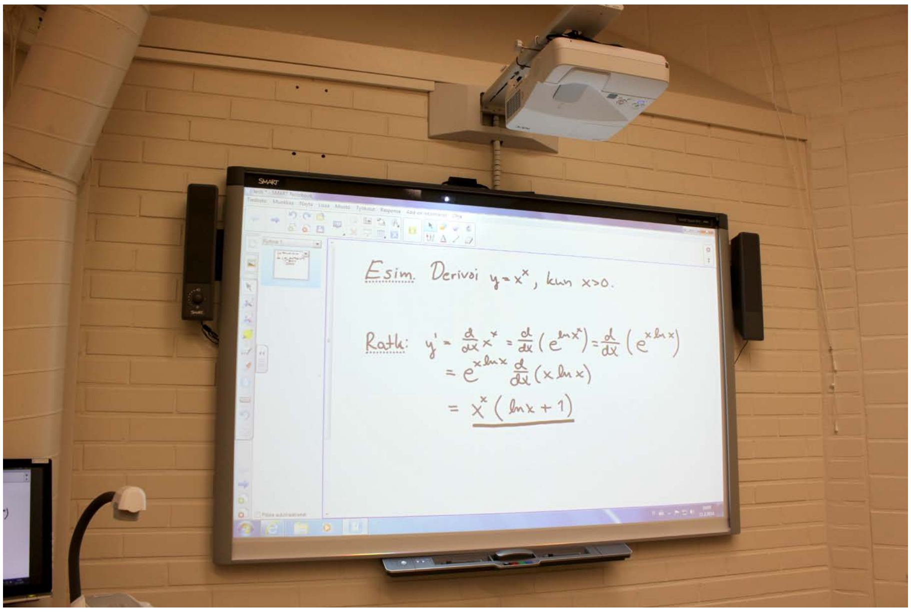
Kuva 1. Porissa ja Raumalla on identtiset noin 18 opiskelijan tilat. Kuva on Porin tilasta.

Edelleen lukuvuonna 2013–2014 tällä järjestelmällä hoidettiin kolme neljästä opintojaksosta. Syksyllä 2013 aloitettiin kuitenkin jo seuraavan järjestelmän testaus ja sisäänajo, joka ei sido opiskelijaa tiettyyn tilaan eikä aikaan.

Opetusta webex-järjestelmällä (HILL)

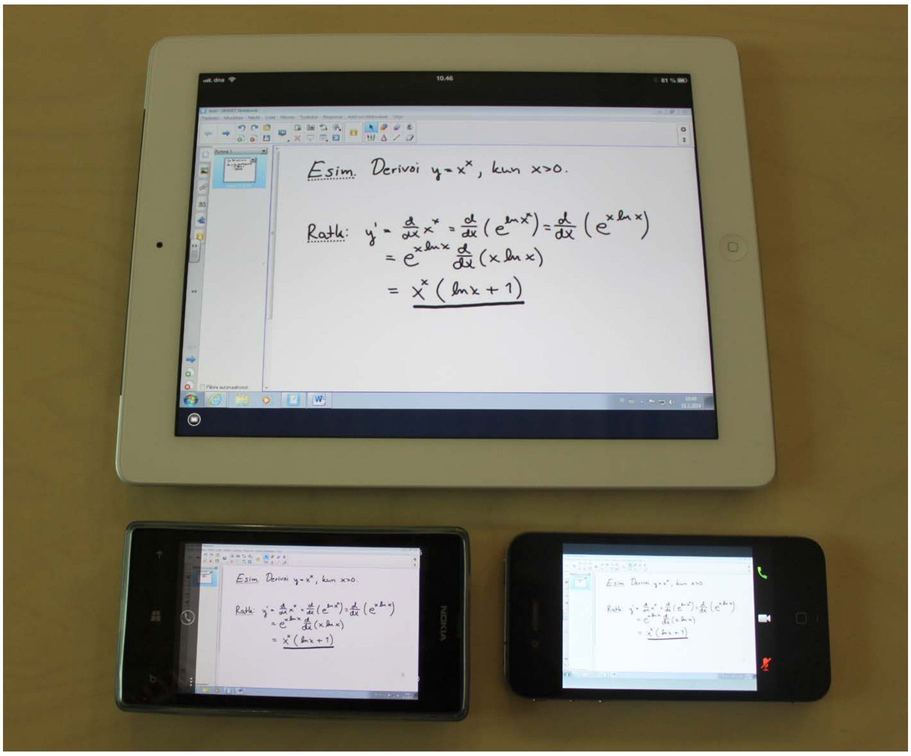
Matematiikkamoduulin opiskelijamääriä pyritään nostamaan siirtymällä Webex-järjestelmään, joka on ollut SAMKin Huittisten yksikön liiketalouden aikuiskoulutuksessa käytössä jo vuosia. Matematiikkamoduulin ja yleensäkään luma-opintojaksoissa sitä ei oltu SAMKissa kokeiltu ennen viime syksyä 2013. Koska järjestelmän käyttö on aloitettu Huittisissa, järjestelmä tunnetaan nimellä HILL (Huittisten Interaktiivinen Luentojen Levitys).

Poriin yhteen pieneen auditorioon hankittiin interaktiivinen SmartBoard-taulu, valovoimainen videotykki sekä dokumenttikamera. Historian havinaa on siinä, että tila on sama, jossa vuonna 1987 aloitti ensimmäinen insinööristä diplomi-insinööriksi -ryhmä.



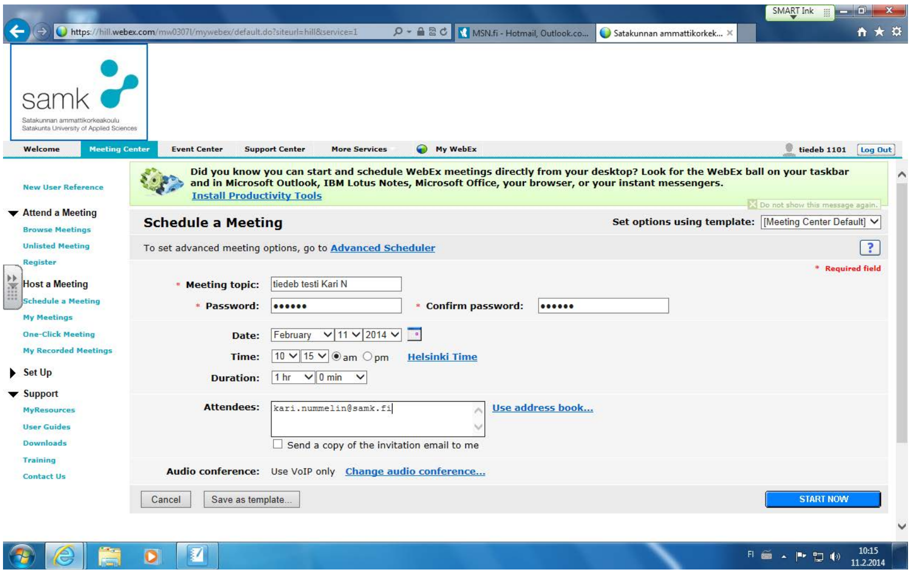
Kuva 2. Interaktiivisella taululla laskuesimerkki.

Videotykki sijaitsee suoraan interaktiivisen taulun yläpuolella, jottei taululle tule varjoja ja lähiopetuksessa olevat näkevät kaiken samoin kuin etäopiskelijat. Opiskelijat voivat tulla seuraamaan lähiopetusta tai osallistua verkkoluentoon omilla koneillaan, tableteillaan tai kännyköillään.



Kuva 3. Kuvassa yhteys on otettu iPad:lla ja kahdella eri kännykällä (iPhone, Nokia 520).

Webex-järjestelmään on erittäin helppo muodostaa verkko-opetusistunto. Seuraavassa kuvassa näkyvään web-sivuun täytetään kohdat: istunnon tarkoitus (Meeting topic), salasana (Password), aika ja kesto (Date, Time, Duration) sekä osanottajat (Attendees), joille lähetetään tieto istunnosta.



Kuva 4. Verkkoistunnon luonti -ikkuna.

Linkki tulevaan opetustilanteeseen lähetetään järjestelmästä opettajalle sähköpostiin, josta hän lähettää sen eteenpäin osallistujille. Kaikkien osallistujien sähköpostiosoitteet voi tietenkin laittaa mukaan jo istunnon määrittelyvaiheessa, mutta yleensä linkki kannattaa lähettää vasta hiukan ennen verkko-opetuksen alkua. Silloin se on paremmin tallessa ja toimii samalla muistutuksena luennosta.

Järjestelmä mahdollistaa tuntien/kokousten tallentamisen tehokkaasti pakattuna. Kahden seuraavan viikon aikana opiskelija voi katsoa videotallenteen saamansa linkin kautta. Tämän jälkeen tallenne poistetaan järjestelmästä. Jos verkossa on häiriöitä, ne aiheuttavat välittömästi lisätyötä sekä opettajalle että opiskelijoille. Häiriöt ovat kuitenkin olleet varsin harvinaisia, joten hyödyt ovat vaakakupin painavammalla puolella.

Tuloksia HILL-järjestelmän käyttöönotosta kannattaa tarkastella vasta ensi lukuvuoden jälkeen, koska opintojakson toteutus viime lukuvuonna oli lähinnä järjestelmän sisäänajoa. Toteutuksessa oli virheitä ja niistä otetaan oppia seuraavalla toteutuskerralla.

Verkko-opetus soveltuu erityisen hyvin esimerkiksi aikuisryhmille, erikoisopintojaksoille ja muun muassa tukiopetukseen. Nuorten koulutuksessa kannattaa mielestäni ainoastaan pakottavissa tapauksissa siirtyä pois lähiopetuksesta. Toimiva ryhmä innostaa heikoimpia ja ryhmän tuki on erittäin tärkeä nuorelle aikuistuvalle opiskelijalle.

Oppiminen näkyväksi myös massiivikursseilla

Harri Ketamo, FT, KL, Satakunnan ammattikorkeakoulu

harri.ketamo@samk.fi

Johdanto

Yliopistojen ns. massiivikurssit (MOOC) kaikissa nimivariaatioissaan sekä vastaavankaltaiset globaalit avoimet oppimisjärjestelmät (mm. Khan Academy) ovat nousseet monessakin mielessä opetuksen uudistumisen kärkitrendiksi. Taloudellisessa paineessa sadantuhannen opiskelijan ryhmäkoko ilman tilavarauksia on houkuttelevampi kuin muutaman kymmenen opiskelijan ryhmä luokassa. Toisaalta uudet opetuksen ja ohjauksen muodot tuovat tilaa pedagogiselle kehittämiselle ja ennen kaikkea oppimiskokemuksen kehittämiselle.

Suomen mittakaavassa oman haasteensa tähän tuo matematiikan opiskeluun liittyvän motivaation huomattava hiipuminen, joka on nostettu esiin yhtenä suurimpana vaikuttavana tekijänä Suomen laskeneiden PISA-tulosten taustalla (mm. Pitkälä 2013, Välijärvi 2013). Kansainvälisistä tutkimuksista tiedämme, että oppilaan motivaatio on tärkein yksittäinen tekijä matematiikan oppimisen taustalla (mm. Murayama ym. 2013; Mason & Scrivan 2004; Lapointe ym. 2005; Rao ym. 2000). Opettaja voi omalla toiminnallaan parantaa motivaatiota: esimerkiksi huomioimalla oppilaan yksilönä, näin tukien oppijan matematiikkaa kohtaan tunteman itseluottamuksen kehittymistä (mm. Lukin 2013, Aunola ym. 2006).

Vaikka PISA-tulokset olisivat positiivisempia, on ajatus sadantuhannen opiskelijan massiivikurssin läpiviennistä hyvällä motivaatiolla on turhan ruusuinen: keskeytysprosentti massiivikursseilla on ja tulee olemaan merkittävä ennen kuin oppijan ohjeistukseen saadaan motivoiva yksilöllinen ulottuvuus. Flow-teorian (mm. Csikszentmihalyi 1990) mukaisesti paras motivaation lähde on sisäinen kiinnostus oppia lisää. Tämä edellyttää haasteiden ja taitotason tasapainoa.

Tämän hetken haasteet

Kun puhutaan itseohjautuvasta oppimisesta, tulee tähän keskusteluun ottaa motivaation ja ryhmäkoon lisäksi vielä kolmas, paljon olennaisempi, ulottuvuus: tutorointi ja ohjaus. Opettaja on luonnollisesti aivan ylivertainen tällaisessa tehtävässä, mutta itsenäisen etenemisen kannalta jonkinlainen 24/7 palveleva verkkotutor olisi tarpeen. Erityisesti, kun huomioidaan seuraavat keskeiset lähtökohdat:

1) Parhaimmillaan oppimisessa tulee olla flow-tunne. Jos oppija joutuu kertaamaan liian pitkään liian yksinkertaisia asioita, hän turhautuu ja lopettaa. Toisaalta, jos oppija laitetaan liian nopeasti liian vaikeiden tai laajojen aiheiden pariin, hän saattaa ahdistua tai päätyä informaatioähkyyn. Flowssa taidot ja haasteet ovat tasapainossa ja oppija tuntee edistyvänsä, mikä puolestaan motivoi häntä. (Kiili & Ketamo 2007; Ketamo, Kiili & Alajääski 2010).

2) Jos oppija ei itse kykene tunnistamaan oppimistarpeitaan, hän tekee pääsääntöisesti entuudestaan tuttuja ja osattuja asioita. Tämän vuoksi uuden oppiminen suuntautuu vain aikaisemman osaamisen näkökulmasta tulosta tuottaviin teemoihin, jolloin uusien ja mahdollisesti olennaistenkin teemojen välttely on hyvin todennäköistä. Erityisesti, jos oppimistarve on jokin perustaito, saattaa tällainen välttelyn myötä kumuloituva oppimistarve viedä motivaation koko oppimisesta. (Ketamo & Alajääski 2008; Ketamo, Alajääski & Kiili 2009.)

3) Jos oppija ei osaa jotain uutta asiaa, hän ei lähtökohtaisesti osaa itse päätellä miksi hän ei sitä osaa. Tästä seuraa se, että oppija ajautuu umpikujaan haastavan teeman kanssa, vaikka oikea ratkaisu saattaisi olla jokin teeman yksittäinen ja helppo osataito (Ketamo, Alajääski & Kiili 2009, Ketamo 2010).

4) Kun taidot ja haaste eivät ole tasapainossa (flow), oppija turhautuu ja saattaa lopettaa. Huomionarvoista kuitenkin on, että massiivikursseilla keskeyttäminen tai pudokkuus eivät niinkään liity suorituksen hylkäämiseen vaan erityisesti motivaation hiipumiseen.

Näihin, ryhmäkoon skaalautuvuuden ja opiskelijan itseohjautuvuuden kannalta keskeisiin, teemoihin on haettu ratkaisuja ja muun muassa Luotsi-kehitysprojektissa 2003–2008 (mm. Hiltunen, Ketamo & Sankila 2006). Tässä projektissa/tuotannossa kehitetty teknologia ratkaisi edellä mainittujen kolmen pääongelman koneellista käsittelyä todennäköisesti paremmin kuin mikään muu julkaistu teknologia sillä hetkellä.

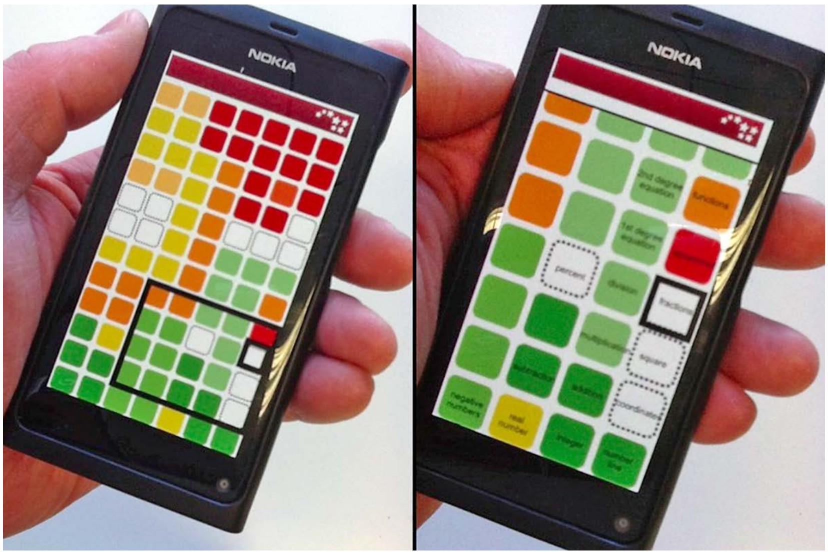
Oppimistulokset Luotsista olivat positiivisia: Erityisen hyvin se näytti sopivan lähtötasoltaan keskitasoisille oppijoille. Kun opiskelijoiden työskentelyprosesseissa tapahtuneita muutoksia tarkasteltiin ajassa muuttuvien rakenneyhtälöiden avulla, huomattiin, että yksilötasolla toimintaprosessit olivat varsin vakiintuneita. Ajassa tapahtunut muutos oli kuitenkin selvä: Mitä enemmän opiskelija oli parantanut osaamisprofiiliaan Luotsissa, sitä varmemmin hän oli lisännyt säännönmukaisesti tehtävien tekemiseen ja sisältöjen lukemiseen käyttämäänsä aikaa. Parhaimmillaan Luotsin ehdottamat kohdistetut esimerkit ja sisällöt olivat kannustaneet opiskelijaa perehtymään paremmin tehtäviin ennen niiden ratkaisuyritystä.

Pelkkä teknologia ja siihen perustunut tuotekokonaisuus eivät kuitenkaan muuttaneet opetuskäytäntöjä ja Luotsi jäi tuhansien käyttäjien prototyypiksi. Viimeisen viiden vuoden aikana sekä massiivikurssit että käänteisen opetuksen pedagogiikka, Flipped Learning, ovat näyttäneet suuntaa opetuksen uudistumisessa ja nyt aika on kypsempi myös itseohjautuvien tukiteknologioiden käytölle.

Flipped Learning -opetusta on tehty usealla toteutustavalla (mm. Freeman & Hancock 2013; McLaughin ym. 2014; Ketamo 2014a), mutta kaikille toteutuksille yhteisenä perusajatuksena voidaan pitää, että kotitehtävänä katsotaan video, luetaan teksti tai pelataan opetuspeliä. Luokkaan tullaan oppimaan yhdessä ryhmätöiden ja aktiivisen keskustelun vauhdittamana. Tällöin tiedon rakentaminen tapahtuu sosiaalisessa vuorovaikutuksessa ja oppijalla on koko ajan ryhmän ja opettajan tuki uusia asioita sisäistäessään. Aikaisemman tutkimuksen perusteella opettajan työn ja opiskelijan etenemisen kannalta osaamisen näkyväksi tekeminen on kuitenkin ensiarvoisen tärkeää (mm. Ketamo 2014b).

Osaamisen näkyväksi tekeminen käänteisen opetuksen pedagogiikassa

Learning Fingerprint (osaamisen sormenjälki) mallintaa oppijan käsitteellistä ajattelumallia (käsiteverkostoja) ja pyrkii näin muodostamaan visualisoitavissa olevan kuvan oppijan osaamisesta suhteessa tavoitteisiin ja opittavaan kokonaisuuteen (kuva 1). Käsitteellisestä mallista voidaan paikantaa tavoitteen kannalta olennaiset oppimistarpeet, jolloin oppijaa voidaan ohjata tarpeellisen tiedon lähteille jo ennen turhautumista. Learning Fingerprint on mobiililaitteessa tai internetselaimessa toimiva plug-in, joka toimii varsinaisen oppimisympäristön tukena ja lisäarvona.

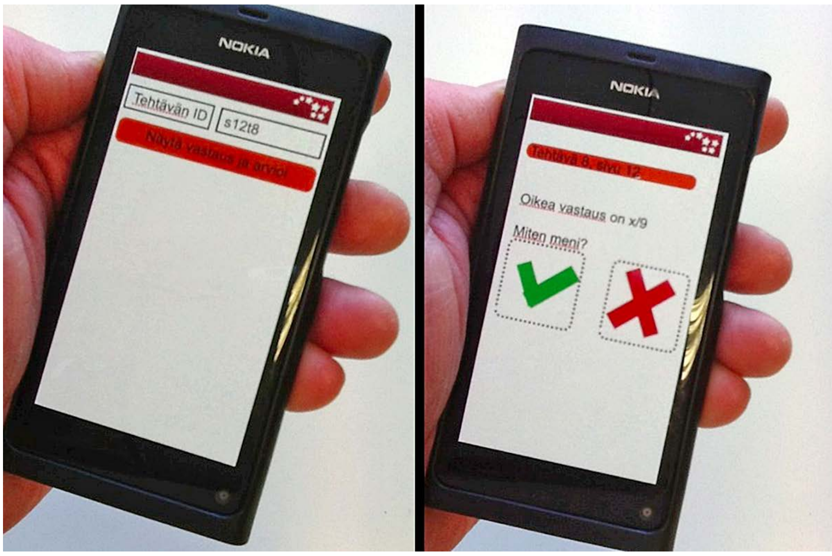


Kuva 1. Learning Fingerprintin pääkäyttöliittymän prototyyppi. Vasemmalla koko kuva; oikealla zoomattuna käsitetasolle.

Kuvassa 1 on esitetty Learning Fingerprintin pääkäyttöliittymän prototyypin päänäkymä. Vasemmalla näkyy koko kyseisen kokonaisuuden semanttinen kartta. Yksi ruutu edustaa yhtä käsitettä tai käsitekokonaisuutta. Vierekkäiset käsitteet ovat tässä kontekstissa vahvasti sidoksissa toisiinsa ja mitä lähempänä toisiaan käsitteet yleensäkin ruudulla ovat, sitä enemmän ne liittyvät toisiinsa. Värit puolestaan kuvaavat opiskelijan havaitun osaamisen: Tyhjä ruutu kuvaa, ettei kyseisen käsitteen piiriin kuuluvaa osaamista ole vielä mitattu, punainen väri puolestaan kertoo, että osaamista ei ole, tai opiskelijalla on suuri väärinymmärryksen riski tämän käsitteen alueella. Vihreä ja keltainen puolestaan kuvaavat hyvää osaamistasoa. Keltainen väri sallii vielä pieniä epäselvyyksiä, kun taas vihreä osoittaa jo hyvää asian hallintaa.

Opiskelija suorittaa kurssin tekemällä kaiken aikaa työskentelyyn liittyviä itsearviointeja (kuva 2) sekä mahdollisesti järjestelmään kirjattuja tehtäviä. Learning Fingerprint pitää kirjaa tehtävien suorittamisesta sekä itsearvioinneista, joiden perusteella se muodostaa käsityksen hänen osaamisestaan. Tämän pohjalta Learning Fingerprint optimoi lisä- tai täydentävän opiskelun suositusten antoa niin, että opiskelijalle tarjotaan kehittymisen kannalta tarpeellinen taustoitus. Tehdessään itsearviointeja tai tehtäviä opiskelija näkee itse osaamisprofiilinsa kehittyvän eri aihealueissa. Koska tehtävien anto perustuu aikaisempaan toimintaan, jokaisen opiskelijan oppimispolku ja suositukset ovat yksilöllisiä.

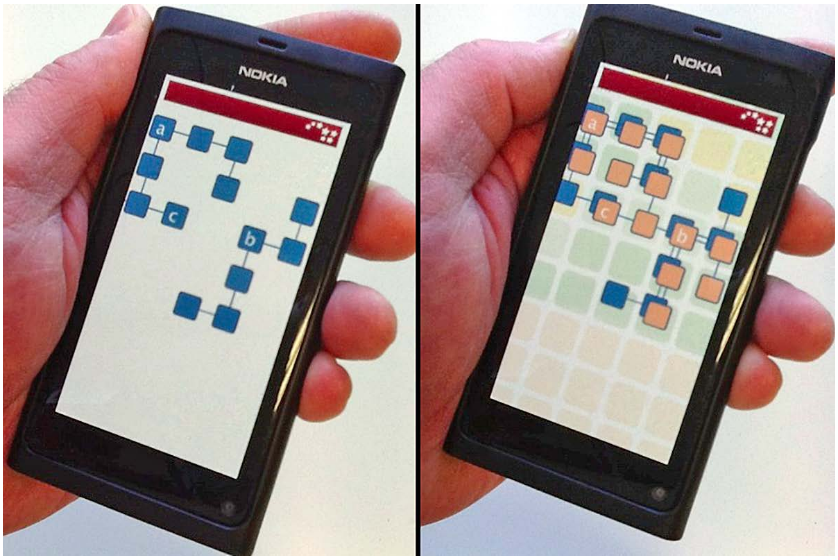
Huomionarvoista on, että itsearvioinnissa opiskelija voi huijata järjestelmää ilmoittamalla aina osaavansa kaikki asiat. Tästä syystä Learning Fingerprintiä ei sellaisenaan tule pitää tutkinnon tai kurssin arvioinnin välineenä. Kun Learning Fingerprintin käytössä korostetaan oman oppimisen tukemista ja helpottamista, ei opiskelijalle muodostu tarvetta edes harkita järjestelmän manipulointia, koska silloin huijaisi lähinnä itseään.



Kuva 2. Itsearvioinnin ja tehtävien tarkistuksen käyttöliittymä. Vihreä painike: Osaan/ymmärrän, punainen painike: en ymmärrä/osaa asiaa.

Learning Fingerprintin suositukset ja visualisoinnit perustuvat yksityiskohtaiseen osaamisprofiiliin. Osaamisprofiili ei kerro vain kyseessä olevan oppisisällön osaamisesta vaan aiheen osaamisesta yleensä. Tällöin, jos opiskelija on jo osoittanut osaamisensa esimerkiksi trigonometriassa, välittyy osoitettu osaaminen muihinkin trigonometriaa käsitteleviin aiheisiin. Kun oppijan taidot kehittyvät, erityisesti käsitteellisen muutoksen yhteydessä, Learning Fingerprint visualisoi osaamisen kehittymisen oppijalle. Oman osaamisen ymmärtämisen ja osaamisprofiilin kehittymisen on todettu nostavan opiskelijoiden motivaatiota sekä auttavan opiskelijoita saavuttamaan parempia oppimistuloksia.

Kun osaaminen saadaan mallinnettua yksilöllisesti, opiskelija voi hakea itselleen sopivaa vertaisryhmää Learning Fingerprintin avulla. Kuvassa 3 vasemmalla on opiskelijan osaaminen korostettuna tehtävän ratkaisun kannalta keskeisin osin. Opiskelijalta puuttuu joitakin olennaisia tiedon palasia yhdistäviä osaamisia. Kuvan 3 oikeassa kuvassa opiskelija on löytänyt kaveripiiristään toisen opiskelijan, jolla on parempi kokonaiskuva tästä tehtävästä. Osaamiset ovat kuitenkin toisiaan täydentäviä, joten molemmilla on mahdollisuus oppia toisiltaan.



Kuva 3. Täydentävän osaamisen etsiminen ryhmässä oppimisen näkökulmasta.

Vastaavalla tavalla voidaan optimoida myös suurempia opintopiirejä, joiden pedagogisesti optimaalinen muodostaminen on perinteisin menetelmin erittäin työlästä. Kun opiskelijat lähtökohtaisesti opettavat toisiaan ja täydentävät toistensa osaamista, kaikki oppivat. Ryhmätyön ei tulisikaan olla parhaan opiskelijan tehtävien kopioimista, vaan yhteistoiminnallista tiedon rakentamista.

Plug-in -luonteestaan johtuen Learning Fingerprint on integroitavissa lähes kaikkiin sisältöihin: painettuun sisältöön, jakelutavasta riippumatta digitaaliseen sisältöön tai vaikkapa opetuskeskusteluun. Olennaista on, että kyseinen sisältöpalanen voidaan tunnistaa ja todentaa yksikäsitteisesti ja siitä voidaan antaa palautetta (palaute ohjaajalta tai oppijan itsearviointina). Nämä vaatimukset liittyvät Learning Fingerprintin tekniseen toimintaan, josta voi lukea tarkemmin kirjoittajan aikaisemmista tutkimuksista (esim. Ketamo 2009).

Yhteenveto

Aikaisempien tulostemme perusteella voidaan todeta, että parhaimmillaan adaptiivinen oppimateriaali pystyy ohjaamaan digitaalisen oppimisympäristön ja oppisisällön käyttöön liittyviä toimintaprosessia yksilöllisen oppimisen kannalta hyvään suuntaan. Personoidut ohjeet ja sisällöt sekä yksilölliset oppimispolut antavat mahdollisuuden tarjota monipuolinen kuva opittavasta aiheesta ilman että opiskelija hautautuu informaatiotulvan alle. Loppukäyttäjille tarkoitettuja Leaning Fingerprint -sovelluksia on tällä hetkellä työn alla perinteisiin painettuihin oppikirjoihin, sähköisiin oppimateriaaleihin, MOOC-kursseille sekä kirjastoon. Kirjastoon suunnattu sormenjälki oppii lukijan kirjallisia mielenkiinnon kohteita mahdollistaen mielenkiintoiseksi koetussa aihepiirissä pysymisen, mutta ennen kaikkea uuden tuntemattoman löytämisen.

Lähteet

Aunola, K., Leskinen, E. & Nurmi, J.-E. 2006. Developmental dynamics between mathematical performance, task motivation, and teacher's goals during the transition to primary school. British Journal of Educational Psychology, 76, 21–40.

Csikszentmihalyi, M. 1990. Flow: The psychology of optimal experience. New York: Harper & Row.

Freeman, M. & Hancock, P. 2013. Milking MOOCs: Towards the right blend in accounting education. Academic Leadership Series, Vol 4, 86–100.

Hiltunen, H., Ketamo, H. & Sankila, T. 2006. Navigator – Self-Directed Learning Material for Mathematics. In proceedings of Online Educa Berlin 2006, 29.11.–1.12.2006.

Ketamo, H. 2014a. Opettamalla oppii. In Niemi, H. & Multisilta, J. eds. Rajaton Luokkahuone. Jyväskylä, PS-Kustannus, 253–269.

Ketamo, H. 2014b. Games as Learning Environments. In Kuuskorpi, M. ed. Perspectives from Finland – Towards new learning environments. Finnish National Board of Education, 23-46.

Ketamo, H. 2013. Learning Fingerprint: A method to produce conceptual level analytics and recommendations in real time. In proceedings of Online Educa Berlin 2013, 4–6 December, Berlin Germany.

Ketamo, H. 2010. Educational Data Mining: Tools to Support Learning 3.0. In proceedings of Online Educa Berlin 2010, 1–3 December, Berlin, Germany.

Ketamo, H., Kiili, K. & Alajääski, J. 2010. Reverse market segmentation with personas. In proceedings of 6th International Conference on Web Information Systems and Technologies, WEBIST 2010, 7–10 April 2010, Valencia, Spain, vol 2, 63–68.

Ketamo, H., Alajääski, J. & Kiili, K. 2009. Self-Organizing Learning Material on Teacher Education. In Proceedings of EdMedia 2009, 22–26.6.2009, Honolulu, Hawaii, 3658–3667.

Ketamo, H. 2009. Self-organizing content management with semantic neural networks. In Recent Advances in Neural Networks: Proceedings of the 10th WSEAS International Conference on Neural Networks NN'09, Prague, Czech Republic, 23–25.3. 2009, pp. 63–69.

Ketamo, H. & Alajääski, J. 2008. Revising Basic Mathematics in a Network Environment, an Empirical Study with Finnish Technology University Students. Journal of Computers in Mathematics and Science Teaching, vol 27 (21), 149–162.

Kiili, K. & Ketamo, H. 2007. Exploring the Learning Mechanism in Educational Games. Journal of Computing and Information Technology, vol. 15(4), 319–324.

Lapointe, J., Legault, F. & Batiste, S.J. 2005. Teacher interpersonal behavior and adolescents' motivation in mathematics: A comparison of learning disabled, average, and talented students. International Journal of Educational Research, vol 43, 39–54.

Lukin, T. 2013. Motivaatio matematiikan opiskelussa – seurantatutkimus motivaatiotekijöistä ja niiden välisistä yhteyksistä yläkoulun aikana. Publications of the University of Eastern Finland. Dissertations in Education, Humanities, and Theology, no 47.

Mason, L. & Scrivani, L. 2004. Enhancing students' mathematical beliefs: an intervention study. Learning and Instruction, vol 14, 153–176.

McLaughlin, J.E., Roth, M.T., Glatt, D.M., Gharkholonarehe, N., Davidson, C.A., Griffin, L.M., Esserman, D.A. & Mumper, R.J. 2014. The Flipped Classroom: A Course Redesign to Foster Learning and Engagement in a Health Professions School. Academic Medicine, Vol 89(2), 236–243.

Murayama, K., Pekrun, R., Lichtenfeld, S. & vom Hofe, R. 2013. Predicting Long-Term Growth in Students' Mathematics Achievement: The Unique Contributions of Motivation and Cognitive Strategies. Child Development, Vol 84(4), 1475–1490.

Pitkälä, A. 2013. Pisa opettaa ja ojentaa. Opetushallitus, blogikirjoitus 4.12.2013. [OnLine: http://www.oph.fi/ajankohtaista/101/0/pisa_opettaa_ja_ojentaa, luettu 10.2.2014]

Rao, N., Moely, B.E. & Sachs, J. 2000. Motivational Beliefs, Study Strategies, and Mathematics Attainment in Highand Low-Achieving Chinese Secondary School Students. Contemporary Educational Psychology, vol 25, 287–316.

Välijärvi, J. 2013. PISA 2012 ensituloksia. Koulutuksen tutkimuslaitos, Jyväskylän yliopisto. [OnLine: http://www.aka.fi/Tiedostot/Tiedostot/LAPSET/V%C3%A4lij %C3%A4rvi,%20SKIDI%20041213.pdf, luettu 10.2.2014]

Klikkerit oppituntien aktivointivälineinä

Hannu Turunen, FM, lehtori, Metropolia Ammattikorkeakoulu

hannu.turunen@metropolia.fi

Klikkerien avulla perinteinen oppitunti saadaan muutettua helposti opiskelijoita aktivoiviksi. Samalla saadaan välitöntä palautetta oppimisesta.

Mitä klikkerit ovat?

Klikkerit ovat sähköisiä vastauslaitteita, joiden avulla opiskelijat voivat vastata anonyymisti opettajan esittämiin kysymyksiin. Vastausjakauma saadaan haluttaessa heti näkyviin koko opiskelijaryhmälle. Näin sekä opettaja että opiskelijat saavat välittömästi palautteen oppimisesta.

Klikkerijärjestelmä koostuu kolmesta pääosasta:

- lähettimestä (klikkeri)
- vastaanottimesta
- tietokoneohjelmasta. (Kuva 1.)

Kuva 1. Klikkerijärjestelmän osat.

Järjestelmän käyttäminen on hyvin yksinkertaista eikä se lisää oppitunnin valmisteluaikaa lukuun ottamatta klikkerikysymysten laatimista. Käytettävässä tietokoneessa tulee olla asennettuna klikkeriohjelma, joka käynnistetään oppitunnin aluksi. Vastaanotin kytketään tietokoneen USB-porttiin. Lähettimet eli klikkerit jaetaan opiskelijoille heti oppitunnille saavuttaessa. Lähettimessä ovat valintapainikkeet 1–9, joka rajoittaa vastausvaihtoehtojen maksimimäärän yhdeksään. Kun on klikkerikysymyksen aika, ohjelma aktivoidaan esille ja opiskelijat painavat klikkerin valintapainiketta. Opettaja näkee tietokoneella kuinka moni on vastannut ja vastausaika voidaan lopettaa kun riittävä määrä opiskelijoita on vastannut kysymykseen. Ohjelman avulla vastausjakauma saadaan näkyville esimerkiksi pylväsdiagrammeina.

Haluttaessa klikkeri voidaan rekisteröidä tietylle opiskelijalle ja kaikki vastaukset voidaan tallentaa myöhempää tarkastelua varten. Tällöin ohjelma voi pisteyttää klikkerikysymysten vastaukset ja pisteitä voidaan käyttää hyväksi arvioinnissa. Myös seuraavan vastaavan kurssin suunnittelun yhteydessä voidaan tarkastella mitkä kysymykset ovat olleet yleisesti helppoja tai vaikeita ja tämän perusteella muokata opetusta.

Klikkerijärjestelmiä löytyy markkinoilta useita. Jotkin järjestelmät integroituvat MS PowerPointiin, jolloin kysymykset voidaan laatia suoraan omaan esitykseen. Kysymysten esittämistapa ei ole kuitenkaan rajoitettu ja periaatteessa kysymykset voidaan esittää millä tavalla tahansa (taululla, kalvolla, suullisesti, jne.)

Miten klikkereitä käytetään?
Klikkerikysymyksiä voidaan esittää monella tapaa. Yksinkertaisimmillaan opettaja esittää monivalintakysymyksen. Kysymys on useimmiten käsitteellinen kysymys, mutta se voi olla myös laskutehtävä. Opiskelijat miettivät vastausta ensin yksin ja sitten parin kanssa tai pienissä ryhmissä. Jo ennen ryhmäkeskustelua voidaan pitää ”äänestys”, jolloin nähdään miten vastaukset jakautuvat. Vastausten hajonta toimii hyvin ryhmäkeskustelun motivointina. Keskustelussa opiskelijat perustelevat omaa vastaustaan ja joutuvat näin käyttämään puheessaan käsitteitä ja ajattelemaan asiaa aktiivisesti. Kuunnellessaan parinsa perusteluja opiskelijat voivat huomata myös oman virheellisen päättelyn. Keskustelun jälkeen pidetään uusi ”äänestys” jolloin vastausjakauma useimmiten keskittyy oikeaan vaihtoehtoon. Myös siinä tapauksessa, että vielä keskustelun jälkeenkin vastauksissa on paljon hajontaa, klikkerit tekevät tehtävänsä: opettaja tietää välittömästi, että suurimmalle osalle käsite on vielä epäselvä ja sen käsittelyä tulee vielä jatkaa.

Vastausjakauma antaa hyvän kuvan siitä, kuinka asia on ymmärretty. Jos alle 30 % vastaa oikein, asiaa on syytä käydä vielä opettajan johdolla läpi. Kun oikein vastanneita on 30–70 %, pidetään ryhmäkeskustelu, ja keskustelupariksi kehotetaan löytämään eri tavalla vastannut. Näin ”oikein vastanneita” on riittävästi, jotta vastauksen oikea perustelu leviäsi useammalle. Kun oikein vastanneiden määrä on yli 70 %, voidaan perustelu käydä nopeasti läpi ja jatkaa uuteen aiheeseen.

Valmiita klikkerikysymyksiä voi hakea netistä hakusanoilla: ”Concept tests + aihe” tai ”Clicker questions + aihe”. Osoitteessa www.learningcatalytics.com on paljon valmiita kysymyksiä aihealueittain luokiteltuna. Lisätietoa löytyy aiheeseen keskittyvästä blogisivustosta http://blog.peerinstruction.net

Klikkerit opiskelijan näkökulmasta
Klikkerien avulla oppitunnit muuttuvat opiskelijan kannalta aktiivisimmiksi. Myös kiinnostus opetukseen säilyy paremmin, kun opiskelija tietää, että asiaa kohta testataan klikkerikysymyksellä. Parikeskusteluissa argumentointitaidot sekä oman ajattelun esilletuomisen taidot kehittyvät. Klikkerit luovat turvallisen tilan kysymyksiin vastaamiseen ilman nolaamisen pelkoa ja näin aremmatkin opiskelijat saadaan mukaan oppitunneilla. Opiskelijoiden palaute klikkereiden käyttämisestä opetuksessa on ollut pelkästään positiivista:

> *Klikkerikysymykset olivat loistavia, pitivät mukana luennoilla!*
>
> *Madaltaa kynnystä osallistua, selvästi nostaa kiinnostusta oppitunteja kohtaan.*
>
> *Pidän klikkerikysymyksiä tärkeinä, koska aina ei välttämättä uskalla vastata kysymyksiin luokassa. Klikkerikysymyksillä myös selviää miksi asia on niin, jos joku ei vaikka uskalla kysyä.*

Opiskelijoiden suunnittelemat fysiikan laboratoriotyöt – aihevalintojen ja teoriakytkennän luokittelu

Pasi Junell, TkT, yliopettaja, Seinäjoen ammattikorkeakoulu
pasi.junell@seamk.fi

Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikön (SeAMK Tekniikka) fysiikan opetukseen kuuluu Fysiikan laboratoriotyöt -kurssi. Laboratoriokurssilla opiskelijat tekevät kymmenen työohjeiden mukaan tehtävää laboratoriotyötä sekä yhden opiskelijaryhmässä suunnittelemansa työn. Tässä kirjoituksessa luokitellaan töiden aihevalintoja, tavoitteena saavuttaa kokonaiskuva siitä, millaisia töitä opiskelijat ovat suunnitelleet ja toteuttaneet.

Opiskelijoiden suunnitteleman työn ohjeistus
Ryhmän suunnittelema työ toteutetaan laboratoriokurssilla viimeisenä työnä. Myös opiskelijaryhmän suunnitteleman työn prosessi tulee luonnollisesti ohjeistaa. Prosessin ohjauksen kulmakivi on työn aiheen ideointia hahmotteleva kuvaus:

> *Ryhmän suunnittelema laboratoriotyö voi olla periaatteessa mihin tahansa fysiikkaan liittyvään aiheeseen keskittyvä. Työn pitää kuitenkin olla tieteellinen. Tämä tarkoittaa sitä, että työssä toteutuvat kaksi tieteellisen työn päävaatimusta. Ensiksikin työn pitää perustua mittauksin havaittaviin asioihin tai ilmiöihin, ja mittaukset pitäisivät olla kenen tahansa toistettavissa. Toiseksi, saatujen tulosten selittämiseen on löydyttävä tieteellinen selitys (mielellään fysiikan alueelta oleva teoria). Myös soveltavaa asiaa tai aihetta tarkasteleva mittaus voi toteuttaa tieteellisen työn vaatimukset.*

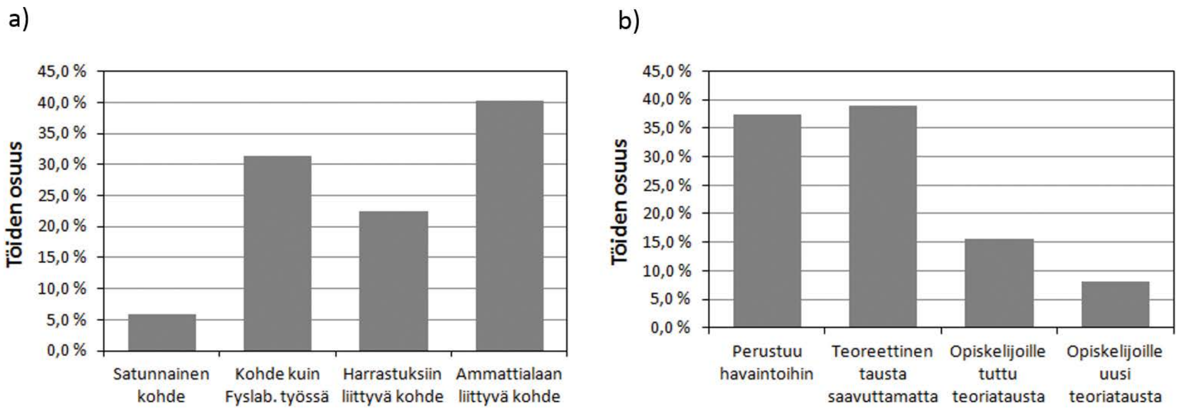
Ideointia koskevan tekstin ohella opiskelijoille kerrotaan työn suunnittelun vaiheista ja siitä, millä aikataululla työ tapahtuu. Opiskelijoilla on työhön käytettävissään kaikki ne mittalaitteet, joita on SeAMK Tekniikan fysiikan laboratoriossa. Myös muita mittalaitteita voi käyttää, jos opiskelijat itse järjestävät mittalaitteet käyttöönsä. Muutama ryhmä on tähän mahdollisuuteen tarttunut, ja toteuttanut suunnittelemansa työn omalla mittalaitteellaan tai jonkin muun SeAMK Tekniikan laboratorion mittalaitteella.

Kuten ohjetekstistä voidaan huomata, päällimmäisenä tavoitteena ryhmän suunnittelemassa työssä on tehdä sellaisia toistettavissa olevia kokeellisia havaintoja, joita voidaan peilata jotain teoriataustaa vasten. Opiskelijoille kuitenkin annetaan myös mahdollisuus suunnitella sellainen työ, jossa mittausten toistettavuutta on vaikea saavuttaa ja teoreettisenkin taustan tarkastelu on mahdotonta. Tällaisessa tapauksessa tarkasteltavan ilmiön tulisi olla opiskelijoille jostain syystä erityisen tärkeä tai mielenkiintoinen. Esimerkkinä tämäntyyppisistä töistä voidaan mainita vaikkapa opiskelijan työpaikallaan tekemät mittaukset. Näissä mittauksissa työpaikan olosuhteet vaikeuttavat mittausten toistettavuutta.

Kuvailluilla ehdoilla opiskelijat ovat toteuttaneet ryhmän suunnittelemia fysiikan töitä kuuden vuoden ajan. Tämän kirjoituksen tarkastelu perustuu kolmen koulutusohjelman eri vuosikurssien toteuttamien töiden luokitteluun. Luokittelussa on kaikkiaan 134 toteutettua työtä, joiden tekemiseen on osallistunut kaikkiaan 316 opiskelijaa.

Opiskelijoiden suunnittelemien töiden luokittelu
Kuvaan 1 on luokiteltu opiskelijoiden tekemiä töitä kahdella eri akselilla. Ensimmäisenä perusteena (a) oli valitun aiheen luonne; työt luokiteltiin neljään kategoriaan. Ensimmäisessä kategoriassa ovat sellaiset työt, joiden aihe on satunnainen. Toiseen kategoriaan sijoittuvat sellaiset työt, joiden mittausten luonne on hyvin saman-

kaltainen kuin tyypillisillä fysiikan laboratoriotöillä. Kolmanteen ja neljänteen kategoriaan laskettiin sellaiset työt, joiden mittausten kohde kumpuaa mittaajien harrastuksista tai ammattialalta.



Kuva 1. Opiskelijoiden suunnittelemien töiden luokittelut a) töiden aiheiden mukaisesti ja b) työn teoreettisen taustan mukaisesti.

Toisena luokitteluperusteena käytettiin töiden teoreettista taustaa (b). Ensimmäiseen luokkaan kuuluvat sellaiset työt, jotka perustuvat havaintoihin tarkasteltavasta aiheesta. Luonnollisesti jokaisen mittauksen takana on aina teoria, jota voi pohtia. Luokittelussa on kuitenkin ollut ajatuksena, että mittauksien perusteella olisi voinut arvioida teorian toimivuutta tarkasteltavassa tilanteessa. Toiseen luokkaan sijoitettiin sellaiset työt, joissa tavoiteltu teoreettisen taustan tarkastelu jäi lopulta saavuttamatta. Kolmannessa kategoriassa ovat työt, joiden teoriatausta oli opiskelijoille entuudestaan fysiikan kursseilta tuttu. Jos tavoiteltu teoreettinen tausta oli opiskelijoille entuudestaan tuntematon, työ sijoitettiin neljänteen kategoriaan.

Taulukosta 1 voidaan lukea luokittelua tarkemmin. Eri aihepiiriluokissa on merkittäviä eroja siinä, millaisiin teoreettisen taustan luokkiin työt jakautuvat. Taulukon prosenttiosuudet kuvaavat osuutta kaikista luokitteluun kuuluneista töistä.

Taulukko 1. Opiskelijoiden suunnittelemien töiden luokittelut molempien tarkasteltujen akseleiden suhteen.

	Satunnainen kohde	Kohde kuin fyslab. työssä	Harrastuksiin liittyvä kohde	Ammattialaan liittyvä kohde	Yht.
Perustuu havaintoihin	5,2 %	0,7 %	12,7 %	18,7 %	37,3 %
Teoreettinen tausta saavuttamatta	0,0 %	13,4 %	7,5 %	17,9 %	38,8 %
Opiskelijoille tuttu teoriatausta	0,7 %	12,7 %	1,5 %	0,7 %	15,7 %
Opiskelijoille uusi teoriatausta	0,0 %	4,5 %	0,7 %	3,0 %	8,2 %
Yht.	6,0 %	31,3 %	22,4 %	40,3 %	

Johtopäätöksiä opettajan näkökulmasta

Aihepiiriluokittelussa suurimman osuuden (40,3 %) luokaksi tulee opiskelijan omaan ammattialaan liittyvät työt. Opettajan näkökulmasta tähän luokkaan sijoittuvat työt lähtökohtaisesti saavuttavat opiskelijoiden suunnittelemalle työlle asetetut laadulliset tavoitteet. Tähän luokkaan sijoittuvat työt heijastelevat onnistunutta laadullista siirtovaikutusta fysiikan opetuksen ja opiskelijan ammattialan välillä. On kuitenkin todettava, että suurin osa tämän luokan töistä perustuu pelkästään havaintoihin. Toiseksi suurin teoreettisen tarkastelun taso tässä luokassa on se, että opiskelijat eivät työn raportoinnin yhteydessä ole onnistuneet yhdistämään mittauksia tarkasteltavaan teoriataustaan. Perusteena teoreettisen tason saavuttamisen epäonnistumiselle tässä luokassa on teorian monimutkaisuus. Periaatteessa mittaukset mahdollistaisivat teoreettisen tarkastelun, mutta opiskelijoilta loppuu joko aika tai osaaminen. Siten työ jää raporttivaiheessa tavallaan kesken.

Aihepiiriluokittelussa hieman yli viidennes opiskelijoiden suunnittelemista töistä sijoittui harrastuksista nouseviin aiheisiin. Luokittelussa harrastusperusteiden aiheiden erittely ammattiaiheista oli jossain määrin vaikeahkoa. Esimerkiksi autoihin keskittyvät työt tulkittiin tähän kastiin kaikilta muilta paitsi autotekniikan opiskelijoilta. Joka tapauksessa tämänkin aiheluokan voidaan hyvin ajatella palvelevan fysiikan opetuksen siirtovaikutuksen toteutumista. Tässäkin luokassa on kuitenkin todettava, että harva työ onnistui kytkemään mittaukset johonkin teoreettiseen taustaan. Tämän luokan teoreettista tasoa kuvastaa pääasiassa havaintoihin pohjautuvuus.

Lähes kolmannes opiskelijoiden suunnittelemista töistä on hyvin samankaltaisia kuin tyypilliset fysiikan laboratoriotyöt. Nykyisessä tietoverkkoympäristössä laboratoriotyöohjeita on opiskelijoilla viljalti käytettävissään. Lisäksi verkosta on ladattavissa fysiikan töiden raportteja. Tämän luokan mittaussuunnitelmien luonne antaa ymmärtää, että luokkaan sijoittuvien töiden pohjalla on jonkin muun ammattikorkeakoulun tai yliopiston fysiikan laboratoriotyö. Tässä suhteessa ei ole yllättävää, että suurin osa luokan töistä onnistuu yhdistämään mittaukset johonkin teoreettiseen taustaan. Opiskelijatöistä 4,5 % uskaltautuu tarkastelemaan sellaista ilmiötä, jonka teoriatausta ei ole opiskelijoille entuudestaan tuttu joko aiemmista fysiikan laboratoriotöistä tai teoriapainotteiselta kurssilta. On kuitenkin todettava, että yllättävän monelta teoreettinen tarkastelu jää työn raporttivaiheessa jostain syystä saavuttamatta.

Opettajan näkökulmasta satunnaisen mittausten kohteen luokka kertoo opiskelijoiden suunnitteleman työn prosessin epäonnistumisesta. Mittauksia ei ole tässä luokassa suunniteltu. Onneksi tähän luokkaan kuuluu vain 6 % luokitelluista töistä. On myös todettava, että tätäkin luokkaa heikompi suunnittelemattomuuden taso on olemassa. Heikomman suunnitelmallisuuden luokka jää opettajan tietoon tekemättä jääneenä ryhmän suunnittelemana työnä.

Opettajan näkökulmasta on hienoinen pettymys, että vain noin neljännes opiskelijoista on onnistunut rakentamaan mittaukset siten, että tulosten pohjalta voi toistettavassa mielessä tarkastella jonkin teorian toimivuutta. Toisaalta erityisesti ammattialaan tai harrastuksiin liittyvissä havaintopohjaisissakin töissä on arvoa sinällään. Esimerkkinä voidaan mainita työ, jossa määritettiin toisen SeAMK Tekniikan laboratorion työskentelyolosuhteet äänitasojen ja valaistuksen osalta. Kyseinen työ oli sen verran hyvin tehty ja dokumentoitu, että saaduista tuloksista oli apua laboratorion riskiarviointia tehtäessä. Toisena esimerkillisenä havaintoihin pohjaavana työnä voidaan nostaa esille työ, jossa opiskelijat kytkivät mittaukset projektipajaopinnoissa tuottamansa laitteen karakterisointiin.

Yhteenveto

Seinäjoen ammattikorkeakoulussa on tehty opiskelijoiden suunnittelemia fysiikan laboratoriotöitä kuuden vuoden ajan. Tässä kirjoituksessa on luokiteltu tehtyjen töiden aiheita kuuteentoista luokkaan työn aiheen ja työn teoreettisen tason mukaisesti. Lyhyesti luokittelun tulokset voidaan kiteyttää siten, että noin kaksi kolmesta työstä toteutetaan opiskelijan ammattiaineen tai harrastuksen mukaisesta aiheesta. Näissä töissä painottuvat töiden havaintoihin pohjautuvuus ja jollain tavalla vajaa teoriatason tarkastelu. Kolmannes opiskelijoista taas valitsee työnsä aiheen hyvin fysiikankurssimaisesti. Näissä töissä todennäköisimmin onnistuu teoriataustan ja mittausten yhteensovittaminen. Sen sijaan kyseenalaiseksi jää opitun fysiikan siirtovaikutus omaan ammattialaan nähden. Puutteistaan huolimatta opiskelijoiden suunnittelemat työt ovat laboratoriokurssin opettavaisinta antia sekä opettajan että opiskelijoiden näkökulmista.

Minimalistista matematiikanopetusta

Jarmo Mäkelä, FT, Senior Lecturer (mathematics and physics), Vaasan ammattikorkeakoulu

jarmo.makela@vamk.fi

Näyttää olevan mahdollista päästä matematiikan opetuksessa hyviin tuloksiin ilman tietokoneita, laskimia, oppikirjoja tai muutakaan oppimateriaalia tai oppimisen apuvälineitä. Niiden pois jättäminen saattaa jopa parantaa oppimistuloksia.

Taustaa

Olen opettanut matematiikkaa ja fysiikkaa insinööriopiskelijoille Vaasan ammattikorkeakoulussa vuodesta 2000 alkaen. Vuoden 2012 syksyllä pidin konetekniikan opiskelijoille kurssin nimeltä *Johdatus tekniikan matematiikkaan.* Kone- ja tuotantotekniikan osastolla oli juuri tehty päätös korvata perinteiset Antti Majaniemen monisteet *Matematiikka I–IV* (Tietokotka Oy) uusilla kurssikirjoilla. Paria poikkeusta lukuun ottamatta kukaan opiskelijoista ei hankkinut uutta kurssikirjaa. Niinpä pidin kurssin ilman kurssikirjaa. En myöskään tuottanut kurssille mitään muuta materiaalia, joten opiskelijoiden oppimateriaali koostui yksinomaan heidän tunneilla tekemistään muistiinpanoista. Tietokonettakaan en käyttänyt lainkaan. Lisäksi kielsin laskinten käytön. Vastoin kaikkia ennakko-odotuksia opiskelijoiden menestys kurssilla oli paljon *parempi* kuin aikaisemmilla kursseilla: arvosanojen keskiarvo oli 3,6 (aikaisempien kurssien pitkäaikainen keskiarvo oli 2,9), eikä kukaan kurssilla aktiivisesti mukana ollut opiskelija reputtanut. Tämä siitä huolimatta, että kurssin vaikeustaso oli jonkin verran korkeampi kuin aikaisemmilla kursseilla.

Kokemukseni rohkaisemana olen myöhemminkin pitänyt matematiikan kursseja samanlaiseen minimalistiseen tapaan ilman kurssikirjoja ja oppimateriaalia. En myöskään käytä tietokoneita, laskimia, enkä taulukkokirjoja. Tulokset ovat joka kerralla olleet täsmälleen samat: Arvosanojen keskiarvo on dramaattisesti kohonnut aikaisempiin kursseihin verrattuna, ja kurssille aktiivisesti osallistuneiden opiskelijoiden hylkäysprosentti on pudonnut lähelle nollaa, samalla kun kurssien vaikeustasoa on nostettu. Saamani kokemukset nostavat esiin kysymyksiä siitä, ovatko kurssikirjat, tietokoneet, laskimet ja muut sellaiset opetuksen apuvälineet ensinkään tarpeellisia matematiikanopetuksessa ammattikorkeakouluissa vai voisiko niistä olla jopa haittaa.

Matematiikan opetus ja opiskelijoiden lähtötaso Vaasan ammattikorkeakoulussa

Vaasan ammattikorkeakoulun matematiikan kurssien nimet eri koulutusohjelmissa vaihtelevat, mutta kaikille insinööriopiskelijoille opetetaan matematiikasta käytännöllisesti katsoen samat asiat. Olen itse kiinnitetty Tieto- ja viestintätekniikan koulutusohjelmaan. Tässä koulutusohjelmassa matematiikan kurssit ovat seuraavat:

1) Johdatus tekniikan matematiikkaan (4 op)
   - perusalgebraa ja -geometriaa, analyyttistä geometriaa ja trigonometriaa

2) Analyyttinen geometria ja lineaarialgebra (2 op)
   - determinantit ja matriisit, vektorit, trigonometriset kaavat ja yhtälöt

3) Matemaattisten ohjelmistojen perusteet (2 op)
   - Mathcad-ohjelmiston käyttö matemaattisten ongelmien ratkaisussa

4) Differentiaalilaskenta (2 op)
   - derivaatan käsite ja sen sovellutukset

5) Analyysi (3 op)
   - integraalilaskentaa, differentiaaliyhtälöt, Laplace-muunnos, sarjaoppia

6) Tilasto- ja todennäköisyyslaskenta (2 op)

Lisäksi opiskelijoille on tarjolla vapaaehtoinen *Teknisen matematiikan moduuli,* joka koostuu seuraavista kursseista:

1) Analyysin jatkokurssi (4 op)
   - monimuuttujafunktiot ja niiden optimointi, Taylorin sarjat, kompleksianalyysiä ja residylaskentaa

2) Integraalimuunnokset (3 op)
   - Fourier-muunnos, Laplace-muunnos, z-muunnos, Mellin-muunnos

3) Vektorianalyysi (3 op)
   - vektorikentät ja niiden integrointi ja derivointi sekä karteesisessa että käyräviivaisessa koordinaatistossa, Greenin, Stokesin ja Gaussin lauseet.

Vuosina 2012 ja 2013 suomenkielisten koulutusohjelmien opiskelijoille pidettiin opintojen alussa alkutesti, jossa testattiin heidän tietomääräänsä peruskoulun *ala-asteen* matematiikassa. Testi kesti 45 minuuttia, ja se koostui neljästä tehtävästä, jotka opiskelijan oli ratkaistava ilman laskinta. Kysymykset sisälsivät perusaritmetiikkaa (kokonais- ja murtolukujen yhteen-, vähennys-, kerto-, ja jakolaskua), prosenttilaskua ja perusgeometriaa, ja ne oli laadittu siten, että tavallisen peruskoulun ala-asteen viidesluokkalaisen olisi periaatteessa mahdollista saada kokeesta maksimipisteet. Kokeen maksimipistemäärä on 12 pistettä, ja koulutusohjelmasta riippumatta testin keskiarvo on yleensä ollut viiden ja kuuden pisteen välillä.

Tulos ei ole erityisen rohkaiseva, ja kokemukseni perusteella sanoisin, että tyypillisen opintojaan aloittavan insinööriopiskelijan todellinen matemaattinen taitotaso – ainakin sikäli, kuin se koskee kykyä soveltaa opittua luovasti – vastaa suunnilleen peruskoulun ala-asteen kolmannen tai neljännen luokan oppimäärää. Syystä tai toisesta insinööriopinnot ammattikorkeakoulussa eivät näytä vetävän puoleensa matemaattisesti lahjakkaita opiskelijoita. Tämä tuo opetukseen omat haasteensa, ja käytännössä ainakin itse joudun aloittamaan matematiikan opetuksen kertaamalla peruskoulun ala-asteen ensimmäisellä luokalla opittuja asioita.

Opetusmenetelmä

Opetusmenetelmääni olen tähän saakka kokeillut kursseilla *Johdatus tekniikan matematiikkaan* sekä *Analyyttinen geometria ja lineaarialgebra.* Tätä kirjoittaessani maaliskuussa 2014 olen testaamassa menetelmääni *Analyysin* kurssilla. Opetusmenetelmäni ydinajatus on, että opiskelija tekee kaiken itse, eikä mitään apuvälineitä käytetä. Opetuksessa ei edelleenkään käytetä tietokoneita eikä oppikirjoja, eikä myöskään mitään muutakaan oppimateriaalia. Laskimien ja taulukkokirjojen käyttö kokeissa on kielletty, eikä niiden käyttö oppitunneillakaan ole suotavaa. Opiskelijat opetetaan laskemaan jopa neliö- ja kuutiojuuria, logaritmeja ja trigonometrisiä funktioita ilman laskinta, ja olen kehittänyt erilaisia numeerisia algoritmeja, joiden avulla tavallinen insinööriopiskelija voi suorittaa tällaiset laskut näppärästi kynällä ja paperilla. Laskiessaan näin vaikkapa kuutiojuurta opiskelijalla on – toisin kuin käyttäessään laskinta tai tietokonetta – tunne siitä, että hän hallitsee prosessia ja ymmärtää, mitä on tekemässä.

Oppitunteja on kahdenlaisia. Suunnilleen puolet oppitunneista on normaaleja luentotunteja ja toinen puoli laskuharjoitustunteja. Koska opetuksessa ei käytetä oppikirjoja, on luentotuntien pitämiseen kiinnitettävä erityistä huomiota: Pyrin kirjoittamaan taululle lyhyen ja selkeän tiivistelmän opittavasta asiasta, käyttäen taulutekstissäni täydellisiä lauseita ja tarkasti harkittuja otsikoita ja väliotsikoita. Annan uusien käsitteiden määritelmät, käsitteitä koskevat perustulokset sekä muutamia esimerkkejä. Kaiken kaikkiaan pyrin siihen, että opiskelijan tekemistä muistiinpanoista muodostuisi lyhyt, tiivistetty oppikirja. Esimerkkejä läpikäydessäni yritän saada opiskelijat mukaan prosessiin esittämällä heille kysymyksiä.

Tärkeässä roolissa ovat laskuharjoitukset. Kursseilla ei ole lainkaan kotiläksyjä, mutta laskuharjoituksissa opiskelijalla on 80 prosentin läsnäolovelvoite. Laskuharjoitukset kestävät tavallisesti kaksi tuntia, ja niistä ilmoitetaan hyvissä ajoin etukäteen. Harjoitusten alussa kirjoitan taululle muutamia laskutehtäviä, ja saadakseen läsnäolomerkinnän opiskelijan on laskettava jokainen lasku täysin virheettömästi. Laskutehtävien lukumäärä ja vaikeustaso pyritään mitoittamaan siten, että heikoimmatkin opiskelijat tarvittaessa avustettuna pystyvät suorittamaan laskut annetussa ajassa. Parhaat opiskelijat laskevat laskut yleensä alle tunnissa. Saatuaan laskut valmiiksi opiskelija näyttää niitä minulle, ja jos ne ovat täysin oikein, opiskelija saa kirjoittaa nimensä läsnäololistaan. Halutessaan opiskelija saa poistua, mutta häntä rohkaistaan pysymään paikalla ja toimimaan muiden opiskelijoiden ”apuopettajana”, minkä monet tekevätkin. Laskuharjoituksissa ei saa käyttää tietokonetta, laskimia eikä taulukkokirjoja, vaan ainoastaan opiskelijan itse tekemiä muistiinpanoja. Opiskelijoiden suhtautuminen laskuharjoituksin – niiden pakollisuudesta huolimatta – on ollut yllättävän myönteistä, ja jotkut opiskelijat ovat jopa sanoneet pitävänsä laskuharjoituksista, koska ”niissä saa tehdä itse”. On oikein hyvä, että laskunsa valmiiksi saaneet opiskelijat saavat joko poistua tai ryhtyä toimimaan ”apuopettajina”, koska silloin opettaja opiskelijoita ohjatessaan voi keskittyä niihin opiskelijoihin, joilla on eniten vaikeuksia.

Oppimistulokset

Uuden opetusmenetelmän vaikutukset oppimistuloksiin kursseilla *Johdatus tekniikan matematiikkaan* (JTM) ja *Analyyttinen geometria ja lineaarialgebra* (AGLA) käyvät ilmi seuraavasta taulukosta:

	pitkäaikainen keskiarvo	2012	2013
JTM	2,9	3,6	3,8
AGLA	2,3	-	3,8

Taulukon ensimmäisessä sarakkeessa on suomenkielisten nuorten opiskelijoiden kursseilla saamien arvosanojen keskiarvo kaikilla Vaasan ammattikorkeakoulussa pitämilläni kursseilla (aikaisemmin JTM::n nimi oli *Algebra ja geometria*). Toisessa sarakkeessa näkyy kone- ja tuotantotekniikan opiskelijoille vuonna 2012 pitämäni kurssin arvosanojen keskiarvo. Kolmannessa sarakkeessa ovat keskiarvot kone- ja tuotantotekniikan opiskelijoille vuonna 2013 pidetyillä kursseilla. On syytä huomata, että laskuissa ovat olleet mukana ainoastaan sellaiset opiskelijat, jotka viimeistään kahden uusintakokeen jälkeen ovat kyenneet läpäisemään kurssin. Minulla ei ole käytettävissäni tilastoja kursseilla ennen vuotta 2012 reputtaneista, mutta vuonna 2012 pidetyllä JTM-kurssilla reputti molempiin kokeisiin osallistuneista 26 opiskelijasta yksi; vuonna 2013 pidetyllä JTM-kurssilla 32 opiskelijasta yksi ja AGLA-kurssilla 25 opiskelijasta niin ikään yksi. Hylkäysprosentti ”uuden” opetusmenetelmän käyttöön oton jälkeen on siis ollut todella pieni.

Kuten taulukosta nähdään, arvosanojen parannus JTM-kurssilla pitkäaikaiseen keskiarvoon nähden oli 0,7 yksikköä vuonna 2012 ja 0,9 yksikköä vuonna 2013 siirryttäessä ”uuteen” opetusmenetelmään. Vieläkin dramaattisempi oli muutos AGLA-kurssilla, jossa parannus pitkäaikaiseen keskiarvoon nähden oli 1,5 yksikköä. Tulosten pitäisi olla keskenään vertailukelpoisia, sillä kurssien oppisisällöt samoin kuin koekysymykset, ovat pysyneet vuodesta toiseen suunnilleen samanlaisina. Itse asiassa vuosina 2012 ja 2013 kurssien asiasisällöt olivat jonkin verran *laajempia* kuin aikaisemmin, ja myös koetehtävät jonkin verran vaativampia. Oppimistulosten paranemista voi siksi pitää sangen merkittävänä.

Joitakin johtopäätöksiä

Kuten taulukosta nähdään, ”uusi” opetusmenetelmä paransi vuonna 2013 arvosanoja kurssilla JTM 31 prosenttia ja kurssilla AGLA 65 prosenttia pitkäaikaiseen keskiarvon verrattuna. On vaikea sanoa, onko päätökselläni jättää opetuksesta pois tietokoneet, laskimet, taulukkokirjat ja jopa oppikirjat ja muukin oppimateriaali pienempi vai suurempi merkitys arvosanojen paranemiselle kuin omaksumillani laskuharjoituskäytänteillä. Kummallakin oli varmasti oma osuutensa: Kun opiskelijan ainoana tietolähteenä toimivat hänen omat muistiinpanonsa, hän on tavallaan pakotettu olemaan läsnä ja seuraamaan opetusta tarkasti myös luentotunnilla, vaikka niillä ei läsnäolopakkoa olekaan. Laskuharjoituksissa taas opiskelija opetetaan laskemaan itse. Toisaalta laskuja saa tehdä myös yhdessä kaverin kanssa, ja kun opiskelijat neuvovat toisia, he oppivat itsekin.

Kaiken kaikkiaan olen sitä mieltä, että matematiikka on aine, jonka opettamisessa kaikkein tärkeintä on saada opiskelija aivan yksinkertaisesti istumaan alas, keskittymään ja ajattelemaan itse. Mitä enemmän tähän prosessiin tuodaan mukaan tietokoneita, laskimia, oppikirjoja ja muita oppimisen apuvälineitä, sitä enemmän opiskelija on vaarassa hämmentyä. Parhaaseen tulokseen päästään, jos opiskelijalle ensin kerrotaan lyhyesti ja yksinkertaisesti tietyt perusasiat, ja laitetaan hänet sen jälkeen harjoittelemaan itse. Tähän ei tosiaankaan tarvita muuta kuin liitu, taulu, kynä ja pala paperia.

Elokuvafysiikkaa

Jari Puranen, diplomi-insinööri, päätoiminen tuntiopettaja, Tampereen ammattikorkeakoulu
jari.puranen@tamk.fi

Johdanto

Elokuvissa harvemmin fysiikan lait ovat suurimmassa roolissa. Newtonin lait eivät päde, energiaa saadaan tyhjästä ja liikemäärän säilymisestä ei olla kuultukaan. Isolla osalla opiskelijoista on käsitys, etteivät elokuvissa esitetyt mallit pidä paikkaansa, mutta harvempi oikeasti ymmärtää, mikä niissä varsinaisesti on pielessä. Elokuvaesimerkkien avulla saa kätevästi samassa paketissa väärinkäsitysten kumoamisen ja oikeiden mallien esittelyn. Tässä artikkelissa esittelen yhden esimerkin elokuvafysiikan käytöstä fysiikan opetuksessa.

Idea elokuvafysiikan käytöstä

Joitakin vuosia sitten ryhdyin pohtimaan tapoja saada omasta opetuksesta innostavampaa opiskelijoille ja samalla itselleni. Sain sattumalta käsiini Lawrence Kraussin kirjan *The Physics of Star Trek*, jossa käsitellään Star Trek -universumin fysiikkaa ja sen yhteyttä todelliseen maailmaan. Kirjasta sain inspiraation lähteä kehittelemään hieman erikoisempia esimerkkejä jonkinlaisiksi välipaloiksi tavanomaisen opetuksen lomaan. Yhden kesäloman aikana juolahti mieleeni useampikin hullunkurinen harjoitustehtävä ja lopulta ajatukset siirtyivät elokuviin. Katselin tuon kesän aikana suuren määrän elokuvia, joista poimin talteen kiinnostavia kohtauksia. Loistavia esimerkkejä löytyi myös televisiosarjasta Mythbusters.

Tehtävän esittely

Ajatellaan, että olen käsitellyt jäykän kappaleen kinematiikkaa, joten suoraviivaisen liikkeen yhtälöt ovat opiskelijoille tuttuja, ja seuraavana aiheena olisi vuorossa heittoliike. Tarkastellaan elokuvasta Speed yhtä kohtausta, jossa bussin pohjaan on viritetty pommi, joka räjähtää mikäli bussin nopeus laskee alle 50 mailin tunnissa. Bussin reitille on vääjäämättä tulossa keskeneräinen siltaosuus, jossa on 50 jalan mittainen aukko. Elokuvassa henkilö välittää bussiin tiedon, että aukon yli on mahdollista hypätä, mikäli bussin nopeus ennen aukkoa on 70 mailia tunnissa. Elokuvan kohtauksessa nähdään, miten matkustajat ja päähenkilöt ovat kauhuissaan aukon lähestyessä, mutta onnekkaasti auto pomppaa ilmaan ja pääsee juuri ja juuri aukon yli.

Kohtauksen tarkastelu

Elokuvassa näytetään selvästi, että silta on aukon kohdalla täysin vaakasuora, eli siinä ei ole minkäänlaista korotusta ennen aukkoa. Elokuvassa tosin kerrotaan, että aukolle johtava tie on ylämäkeä, millä ei tietysti ole mitään merkitystä, jos tie muuten on tasainen. Siitä huolimatta jokin mystinen voima nostaa auton nokan ilmaan aukon reunalla. Toisaalta kuitenkin nähdään, että auto ei liiku kaarevaa rataa, vaan vaakasuoraa linjaa omituisessa, vähän pystyssä asennossa.

Auton liike ei siis vastaa sitä, mitä elokuva yrittää väittää. Koska aukon kumpikin puoli on täysin tasainen, on mahdotonta, että bussi voisi mennä aukon yli, koska välittömästi auton ylittäessä aukon reunan, lähtee auto alaspäin. Kohtauksesta saadaan poimittua kuitenkin tärkeitä tietoja laskennallista analyysiä varten. Auton nopeus on 31,1 m/s ja aukon leveys on 15,2 m. Auton keula nousee juuri ennen aukkoa noin 30 asteen kulmaan.

Tarkempi analyysi

Kohtauksen tarkempaan analysointiin on useita vaihtoehtoja. Voisimme laskea ensin miten pitkä aika bussilta kuluu ylittää aukko. Tämä saadaan tietysti suoraan yhtälöstä

$$t = \frac{x}{v} = \frac{15{,}2\ \mathrm{m}}{31{,}1\ \mathrm{m/s}} = 0{,}49\ \mathrm{s}.$$

Miten pitkän matkan bussi ehtii pudota alaspäin tässä ajassa? Suoraviivaisen liikkeen yhtälöstä

$$y = v_0 \cdot t - \frac{1}{2} \cdot g \cdot t^2$$

saadaan putoamismatkaksi

$$y = -\frac{1}{2} \cdot 9{,}81\ \mathrm{m/s^2} \cdot (0{,}49\ \mathrm{s})^2 = -1{,}2\ \mathrm{m}.$$

Bussin keula on siis yli metrin verran sillan alapuolella kun se pääsee aukon toiselle puolelle!
Toinen analyysitapa on olettaa, että bussi aidosti lähtee väitettyyn noin 30 asteen kulmaan alkunopeudella 31,1 m/s. Mihin bussi tällaisessa tilanteessa lentäisi? Jos unohdamme vastusvoimien vaikutuksen, saadaan heittoliikkeen kantamalle R alkunopeudella v ja lähtökulmalla θ yksinkertainen yhtälö

$$R = \frac{v^2 \cdot \sin(2 \cdot \theta)}{g}.$$

Sijoitetaan tähän elokuvassa annetut lukuarvot, jolloin saadaan

$$R = \frac{(31{,}1\ \mathrm{m/s})^2 \cdot \sin(60°)}{9{,}81\ \mathrm{m/s^2}} = 85{,}4\ \mathrm{m}!$$

Lentomatka olisi valtavasti pitempi kuin elokuvassa annettu aukon mitta. Vaikka olettaisimme, että vastusvoimat lyhentävät matkan puoleen, mikä on ihan reilu oletus, lentäisi bussi silti reippaasti aukon yli. Elokuvan kohtauksessa bussin perä laskeutuu melkein aukon reunalle.

Kolmas tapa tehdä tarkastelu on olettaa tielle jokin pieni kallistuskulma. Viiden asteen nousu pitäisi jo olla selvästi silmin nähtävissä, joten tie voisi olla 2–3 asteen kulmassa. Tällöin kantamaksi saadaan noin 7 metriä. Tässä tavassa on se hauska puoli, että voidaan laskea miten kovaa bussin pitäisi tällaiseen tilanteeseen ajaa, jotta aukon yli päästään. Kohtauksessa esitetyn aukon yli on siis mahdollista hypätä, mutta tien pitää olla kalteva ja nopeuden riittävän suuri. Eri asia onkin sitten missä kunnossa bussi on laskeutumisen jälkeen. Tästä löytyy näyttäviä videoita esimerkiksi YouTubesta.

Loppukommentit

Elokuvafysiikan esimerkit herättävät luokassa aina toivottua keskustelua ja pohdintaa tilanteeseen vaikuttavista suureista ja ilmiöistä. Tällöin on oivallinen tilaisuus käsitellä mitkä suureet ovat keskeisiä ja mitkä suureet voidaan olettaa mitättömän pieniksi. Elokuvaesimerkeissä käsitellyt aiheet ovat myös pienen otokseni perusteella jääneet opiskelijoiden mieliin hieman paremmin kuin perinteisemmillä tavoilla esitetyt. Toisaalta elokuvafysiikan pienenä vaarana on liiallinen viihteellisyys. Parhaimmillaan ne toimivat useamman peräkkäisen oppitunnin keventäjinä.

Olen käyttänyt elokuvafysiikkaa lähes pelkästään mekaniikan opetuksessa, koska aihepiirin ilmiöitä on helppo elokuvista löytää, ja siirryttäessä esimerkiksi sähkömagnetismiin tulee opiskelijoilta nopeasti palautetta, että elokuvafysiikkaa pitäisi saada. Usein joutuu tuottamaan pettymyksen ja toteamaan, että jotain todellisen maailman esimerkkiä käsitellään taas. Mainittakoon myös varoituksena, että elokuvafysiikan harrastaminen saattaa viedä ihmiseltä kyvyn nauttia normaaleista elokuvista, kun joutuu jatkuvasti vahtimaan mahdollisia fysikaalisia epäkohtia.

Paremmalla motivaatiolla parempia oppimistuloksia

Marko Kortetmäki, FL, yliopettaja, Turun AMK

marko.kortetmaki@turkuamk.fi

Teijo Lahtinen, DI, lehtori, Lahden AMK

teijo.lahtinen@lamk.fi

Reijo Manninen, FM, lehtori, Tampereen AMK

reijo.manninen@tamk.fi

Johdanto

Tässä artikkelissa tarkastelemme opiskelijan motivaatioon vaikuttavia tekijöitä matemaattisten aineiden opetuksessa. Keskitymme siihen miten ammatillinen yhteys matemaattisissa aineissa ja arviointi vaikuttavat opiskelijan motivaation ja opintojen etenemiseen. Artikkelissa esitettävä tutkimusaineisto on osa INSSI2-hankkeessa tehtyjä tutkimuksia, joissa yhtenä aiheena oli luonnontieteellisten aineiden kytkeytyminen muihin ammattiaineisiin. Tässä esitetään vain lyhyt tiivistelmä aiheen ja aineiston laajuudesta johtuen.

Tutkimuksen taustatietoja

INSSI2-hankkeessa tutkittiin luonnontieteellisten aineiden kytkeytymistä muihin ammattiaineisiin. Tutkimus tehtiin vuonna 2012 verkkopohjaisena kyselynä sekä opettajille että opiskelijoille. Opettajakysely lähetettiin kaikille tekniikan koulutusta tarjoaville ammattikorkeakouluille ja vastauksia saatiin 69. Opiskelijakysely lähetettiin Metropolian, Lahden, Tampereen ja Turun ammattikorkeakouluihin. Vastauksia saatiin 1222. Tutkimustuloksia on esitetty INSSI2-hankkeen loppujulkaisussa (Kortetmäki, Lahtinen, Manninen & Sarkola 2013, 25) ja käsikirjassa (Kortetmäki, Lahtinen, Manninen & Sarkola 2013, 6).

Yleisiä käsityksiä matemaattisten aineiden merkityksestä

Opiskelijoille tehdyssä kyselyssä esitettiin väittämiä, joilla haluttiin selvittää yleisiä käsityksiä matemaattisista aineista ja niiden merkityksestä osana insinööriopintoja. Väittämiin tuli vastata asteikolla 1…5 (1=täysin eri mieltä, 2=jokseenkin eri mieltä, 3=ei samaa mieltä eikä eri mieltä, 4=jokseenkin samaa mieltä, 5=täysin samaa mieltä). Opiskelijat ovat selkeästi sitä mieltä, että matemaattiset aineet ovat insinöörikoulutuksen perusta (vastausten keskiarvo 3,7). Opiskelijat toivovat opintojaksoihin enemmän alakohtaista painotusta (keskiarvo 4,2), ja opetuksessa tulee myös vahvistaa matemaattisten aineiden yhteyttä muihin ammatillisiin aineisiin (keskiarvo 4,4).

Motivaatioon vaikuttavia tekijöitä

Motivaatio on tunnetusti kaiken opiskelun ja oppimisen perusta. Motivaatio saa opiskelijan toimimaan, tekemään töitä ja saavuttamaan päämääränsä. Motivaation muodostumiseen on kehitetty monenlaisia malleja ja teorioita, joissa usein korostuu kolme perustekijää (Steers & Porter, 6, 68):

1. Mikä saa opiskelijan toimimaan?
2. Mikä suuntaan toimintoja, mistä tulee päämäärä ja tavoite?
3. Kuinka toimintoja ylläpidetään? Opiskelijassa itsessään ja hänen ympäristössä on paljon tekijöitä, jotka joko vahvistavat toimintaa kohti tavoitetta tai muuttavat mielenkiinnon muihin kohteisiin.

Tältä pohjalta kyselyssä haluttiin selvittää sitä, mikä motivoi opiskelijaa opiskelemaan enemmän matemaattisia aineita ja miten näiden opintojen läpäisyä voitaisiin parantaa. Usein matemaattiset aineet ovat niitä, joissa opiskelijoilla on eniten hankaluuksia esimerkiksi motivaation kanssa. Opiskelijoilta kysyttiin muutamalla avoimella kysymyksellä esimerkkejä siitä, miten matemaattisten aineiden yhteys oman alan opintoihin näkyy opetuksessa ja myös esimerkkejä miten yhteyden pitäisi näkyä. Vastauksia avoimiin kysymyksiin saatiin lähes 800 kuhunkin kysymykseen.

Opiskelijoiden kokemusten mukaan opittuja matemaattisia taitoja on tarvinnut myöhemmissä opinnoissa, laboratorio- ja projektitöissä ja matemaattisten aineiden tunneilla on käsitelty omaan alaan liittyviä esimerkkejä. Näillä on luonnollisesti motivaatiota parantava vaikutus. Ne saavat opiskelijan opiskelemaan ja antavat päämäärän toiminnalle. Saamamme aineiston perusteella motivoivia tekijöitä on kuitenkin liian vähän. Noin 800 vastaajan joukosta lähes 60 % toivoo entistä enemmän oman alan esimerkkejä, perustelua ja motivointia miksi jotakin tiettyä asiaa täytyy opiskella. Kun asioiden yhteys omaan alaan on epäselvä, motivaatio opiskeluun on usein heikko. Opiskelijoilta kysyttiin myös miksi matemaattiset aineet jäävät usein helposti ”roikkumaan”. Noin 900 vastaajan joukosta lähes 40 % kokee syyksi sen, että opintoja ei pidetä tarpeellisina tai kiinnostavina ja opinnoilla ei ole ammatillista kytkentää. Matemaattisia aineita pidetään myös vaikeina, koska lähtötaso on monella heikko.

Millä motivaatiota lisää?

Opiskelijat siis toivovat enemmän omaan alaan liittyviä esimerkkejä ja motivointia. Kyselyn perusteella opiskelijat näkevät luonnontieteellisten aineiden kytkeytymisen muihin ammatillisiin aineisiin siinä, että he ovat tarvinneet luonnontieteellisten aineiden osaamista syventävissä ammattiaineissa. Jotta yhteys eri aineiden välillä saataisiin paremmin ja aikaisemmin näkyviin, tulisi luoda käytänteitä, nykyisten resurssien puitteissa, joissa yhteistoimintaa eri aineiden opettajien välillä olisi enemmän. Hyvänä esimerkkinä tästä voisi olla integroidut opintojaksot ja yhteistyössä toteutettavat moduulit. Näissä esimerkeissä sekä suunnitellaan että toteutetaan kokonaisuus yhdessä eri aineiden opettajien kesken. Ammatillisen yhteyden selkeä esiintuominen matemaattisissa aineissa toimii automaattisesti myös motivointina. Tällöin opiskelijat näkevät selvemmin missä ja miten he tulevat tarvitsemaan luonnontieteellistä osaamista.

Myös arvioinnilla ja erilaisilla opetusmenetelmillä voidaan tehokkaasti ohjata opiskelijan toimintaa. INSSI2-hankkeessa tehtiin opiskelijoille myös haastattelu, jossa yhtenä osana kysyttiin arvosanan ja arvioinnin merkitystä. Osalle riittää pelkkä arvosana, moni kuitenkin haluaisi vähän tarkemman perustelun esimerkiksi työselostuksensa arvioinnille. Ennakkotehtävien avulla voidaan ohjata opiskelijaa tutustumaan uuteen aiheeseen jo ennen tunteja tai palauttamaan mieleen aikaisemmin opitut tiedot. Esimerkiksi viikkokokeilla voidaan jakaa arviointia koko opintojakson ajalle. Näin opiskelijat voivat myös itse seurata opintojakson aikana oppimisensa kehittymistä. Arvioinnin merkitykseen ja erilaisiin käytänteisiin voi tutustua myös INSSI2-hankkeen loppujulkaisusta (Hukari & Savander-Ranne 2013, 69).

Lähteet

Hukari S. & Savander-Ranne C. 2013. Arviointi ja palaute ohjaavat. Teoksessa Keskitalo J. (toim.) Tehoa insinöörikoulutukseen INSSI-hankkeella – hyviä ideoita ja käytänteitä oppimisen tueksi. Hämeen ammattikorkeakoulu, bit.ly/inssikirja2013, 69–93.

Kortetmäki M., Lahtinen T., Manninen R. & Sarkola E. 2013. Luonnontieteiden ja matematiikan opetuksen kytkeytyminen muihin ammattiopintoihin: käsityksiä, käytänteitä, toimintatapoja. Teoksessa Keskitalo J. (toim.) Tehoa insinöörikoulutukseen INSSI-hankkeella – hyviä ideoita ja käytänteitä oppimisen tueksi. Hämeen ammattikorkeakoulu, bit.ly/inssikirja2013, 25–47.

Kortetmäki M., Lahtinen T., Manninen R. & Sarkola E. 2013. Yhteistyöllä tehoa ja motivaatiota luma-opetukseen. Teoksessa Tiivistettyä tietoa insinöörien opettajille – INSSI-hanke 2011–2013. Hämeen ammattikorkeakoulu, bit.ly/inssivihko2013, 6–7.

Steers R. & Porter L. 1975. Motivation and work behavior. New York: McGraw-Hill.

Ammattiaineiden ja luonnontieteiden opetuksen integrointi SeAMK Tekniikassa

Pasi Junell, TkT, yliopettaja, Seinäjoen ammattikorkeakoulu

pasi.junell@seamk.fi

Insinöörikoulutuksen luonnontieteiden ja matematiikan opetuksen integroinnista ammattiaineopetuksen kanssa on käyty pitkään keskusteluja. Tässä kirjoituksessa käsitellään yleisellä tasolla integroinnin taustalla olevia tekijöitä sekä sitä ratkaisumallia, joka on Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikössä (SeAMK Tekniikka) valittu integroinnin edistämiseksi. Lisäksi todetaan, että opetuksen kehitystä suunniteltaessa tulisi olla selkeä pyrkimys koulutuksen laadun kehittämiseen.

Luonnontieteiden opetuksen asemasta insinöörikoulutuksessa

> *Insinöörien saamalla, pohjaltaan matemaattis-luonnontieteellisellä koulutuksella on voimakas vaikutus myös heidän asenteisiinsa, ja se on omiaan suorastaan luomaan insinööri-ihmistyypin. On luonnollista, että hänelle, eksaktiseen ajatteluun koulutettuna, on ominaista pyrkimys objektiivisuuteen. Insinööri etsii päätelmilleen täsmällisiä lähtökohtia ja ratkaisuilleen selviä tavoitteita. En luule olevani väärässä, jos sanon, että insinööreille on ominaista eräänlainen idealismi. Sekä työssään että koulutuksessaan hän oppii järkähtämättä pyrkimään parhaaseen ratkaisuun ja korkeaan laatuun…*

Näin vuonna 1960 luonnehtii insinööriä diplomi-insinööri Harva artikkelissaan Insinöörien asema yhteiskunnassa (Harva 1960). On selvää, että yhteiskunta on kuluneen 50 vuoden aikana muuttunut merkittävällä tavalla. Samalla ovat insinöörien työnkuvat muokkautuneet ja monipuolistuneet. Nykyisessä yhteiskunnassa on kuitenkin yhtälailla suuressa arvossa pyrkimys parhaaseen mahdolliseen ratkaisuun ja korkeaan laatuun. Myös pyrkimys objektiivisuuteen on edelleen tärkeää. Eikä tavoitteellinen ratkaisujen tekeminen täsmällisten lähtökohtien perusteella ole menettänyt arvoaan yhteiskunnan muutoksen yhteydessä.

Myös insinöörikoulutuksessa ja koulutusta suunniteltaessa tulisi heijastua pyrkimys parhaaseen mahdolliseen ratkaisuun ja korkeaan laatuun. Luonnontieteet ovat edelleen se perusta, jonka päälle tekniikka rakentuu ja matematiikka on edelleen se kieli, jolla luonnontieteet ovat ymmärrettävissä. Luonnontieteiden ja matematiikan opetuksen määrästä ja sisällöstä on käyty keskustelua jo pitkään. Näissä keskusteluissa on useaan otteeseen noussut esille oppiaineiden integrointi ammatillisten oppiaineiden kanssa. Tässäkin suhteessa tulisi pyrkiä tavoitteellisten ratkaisujen tekemiseen objektiivisesti, täsmällisten lähtökohtien perusteella. Insinöörikoulutuksessa ratkaisujen tavoitteena pitäisi luonnollisesti olla mahdollisimman hyvin tulevassa ammatissaan toimivien insinöörien kouluttaminen.

Integraatio oppiaineiden välillä

Luonnontieteen ja matematiikan (luma-aineet) integraatiosta opiskelijan ammatillisiin oppiaineisiin on keskusteltu verrattain pitkään. Viimeisimpänä voidaan tässä mainita INSSI-hankkeen kirjassa Kortetmäen ja kumppaneiden artikkeli (Kortetmäki, Lahtinen, Manninen & Sarkola 2013). Artikkelissa esiintyvät hyvin samat teemat, jotka laajemminkin ovat olleet keskustelun alla. Keskusteluissa useimmiten kuitenkin jää määrittämättä, missä kulkee luma-aineiden ja ammattiaineiden raja. Substanssimielessä tällainen rajan faktapohjainen määrittäminen lienee mahdotonta. Opettajien näkökulmasta rajan määrittäminen saattaa tapahtua hyvin pragmaattisesti. Luma-aineita ovat ne aineet, joita luma-aineiden opettajat opettavat. Mielenkiintoista on pohtia, miten opiskelijat tekevät rajanvedon. Syntyykö opiskelijoiden mieliin kahtiajako ammattiaineiden ja luma-aineiden välillä substanssisyistä vai opettajien harjoittaman diskurssin perusteella.

Jos luma-aineiden ja ammattiaineiden kahtiajako syntyy opiskelijoiden mieliin substanssisyistä, ongelma saattaa olla hyvin kauaskantoinen. Tällöin luma-aineiden opetuksella on suuri riski jäädä omaksi saarekkeekseen opiskelijan mielessä. Opitun asian käyttöaste saattaa jäädä pieneksi eikä luma-aineiden opetus saavuta tavoitettaan. Ehkäistäessä edellä kuvailtua sirpaletiedon riskiä, opetuksen siirtovaikutukseen on syytä panostaa. Yksi mahdollinen menetelmä siirtovaikutuksen parantamiselle on oppiaineiden keskinäinen integrointi.

Keskusteluissa nousee usein esille myös motivaation puute. Motivaation puute saattaa hyvin olla seurausta siitä, että opiskelija ei koe opiskeltavia asioita tulevan ammattinsa kannalta merkitykselliseksi. Luma-aineet ovat tyypillisesti sijoitettu opintojen alkuvaiheisiin. Tässä vaiheessa opiskelijalla ei ole vielä ehtinyt rakentua valmista kuvaa ammatti-identiteetistään, eikä siitä millaista osaamista tuleva ammatti edellyttää. Todennäköisesti opiskelija ei tiedä miten opiskeltava asia palvelee häntä myöhemmissä opinnoissa tai työelämässä. Jo motivoinninkin nimissä opettajan tehtäviin kuuluu selventää opettamiensa asioiden hyödyntämispolkua opiskelijoille. Tämäkin seikka puoltaa oppiaineiden integraatiota.

Ilmeistä on, että luma-aineiden ja ammattiopintojen välistä kytkentää tulisi nykyisestä lisätä. Samaan johtopäätökseen päätyvät myös Kortetmäki ja kumppanit artikkelissaan (Kortetmäki ym., 2013). Oppiaineintegroinnissa on useita toimintamahdollisuuksia. Toimintatapojen toisessa ääripäässä on luma-opetuksen yhteyteen tuodut esimerkit sekä tehtävät, ja toisessa luma-aineiden täydellinen integrointi ammattiopetuksen yhteyteen. Oman ratkaisuvaihtoehtonsa muodostavat erilaiset opiskelijaprojektityyppiset ratkaisut CDIO-periaatteen (*conceive – design – implement – operate*) mukaan. Kaikilla ratkaisumalleilla on omat hyvät ja huonot puolensa.

Opetusmenetelmien hyviä ja huonoja puolia tulisi arvioida objektiivisesti, ja tavoitteena pitäisi olla käytettävissä olevien resurssien puitteissa paras mahdollinen insinööriosaaminen. Tyypillisesti tuotekehitysprosesseissa tarkasteltava ongelma teoretisoidaan. Myös opetuksen kehityksen yhteydessä olisi hyvä pohtia ongelman teoretisointia. Tässä tapauksessa teoreettinen viitekehys löytyy insinööreille vähemmän tutulta kasvatustieteiden alalta.

Luma-aineiden integrointia SeAMK Tekniikassa

Kortetmäki ja kumppanit päätyivät artikkelissaan (2013) siihen, että luma-opettajien ja ammattiaineopettajien välistä yhteistyötä tulisi lisätä. Perusteena yhteistyön lisäämiselle on näkemysvaje. Luma-opettajat eivät tunne riittävän hyvin sitä, millaisiin töihin valmistuneet insinöörit sijoittuvat, eivätkä ammattiaineopettajat tunne sitä luma-osaamisen tasoa, joka aloittavilla insinööriopiskelijoilla on nykyisin. Myös SeAMK Tekniikassa tämä näkemysvaje tunnistettiin, ja vuonna 2007 silloinen perusopetustiimi purettiin. Yleisaineiden opettajat sijoittuivat tässä yhteydessä eri ammattiaineiden opettajatiimeihin.

Pelkkä opettajatiimirakenne ei luonnollisestikaan ratkaise integroinnin ongelmaa. Tiimirakenne kuitenkin madaltaa opettajien välisen yhteistyön kynnystä. Lisäksi luma-opettajien ohjattavaksi on muutoksen yhteydessä tullut opinnäytetöitä ja opiskelijoiden yrityksille tekemiä projektitöitä. Seurauksena on ollut se, että opettajien kokonaiskuva insinöörikoulutuksesta on parantunut. Opettajilta ratkaisumalli vaatii joustavuutta. Toisaalta ratkaisumalli myös tuo opettajien työkuormasuunnitteluun joustavuutta. Kokonaisuutena ajatellen ratkaisumalli on koettu hyväksi ja toimivaksi. Suurimpina voittajina ratkaisussa ovat opiskelijat. Opettajien on aikaisempaa helpompi rakentaa yhteyksiä eri oppiaineiden välillä.

Esimerkkien ja tehtävien tuomisen ohella luma-opetuksessa on tapahtunut kuluneiden vuosien aikana suhteellisen merkittäviä sisällöllisiä profilointeja eri koulutusohjelmissa. Esimerkkejä on useita. Bio- ja elintarviketekniikassa modernia fysiikkaa on vähennetty ja mittaustekniikan kurssi on poistettu kokonaan. Tilalle on tuotu täysin uusi elintarvikefysiikan kurssi, jossa voidaan keskittyä elintarvikkeiden fysikaalisiin ominaisuuksiin. Teknistä mekaniikkaa on vähennetty ja samalla on lisätty nesteiden mekaniikkaa. Matematiikan puolella vektoriopin osuutta on pienennetty ja tilastomatematiikan osuutta lisätty. Nykyinen elintarviketekniikan lumakokonaisuus palvelee kyseistä insinöörikoulutusta aikaisempaa paremmin. Muissakin koulutusohjelmissa on tehty vastaavanlaisia sisällöllisiä priorisointeja.

Kehittynyt yhteistyö näkyy myös ammattiaineiden opetuksen puolella. Ammattiaineiden opettajat huomioivat opettamiensa aiheiden yhteydet luma-opetukseen aikaisempaa paremmin. Samalla on mainittava, että opettajien välinen yhteistyö on näkynyt myös yksikön henkilökunnan toteuttamien tutkimus- ja kehityshankkeiden puolella. Luma-aineiden opettajat ovat osallistuneet Tekniikan yksikössä toteutettuihin TKI-hankkeisiin aikaisempaa enemmän. Tämäkin seikka edesauttaa opettajien osaamisen ylläpidossa sekä tuo ajantasaista tietoa luma-opetuksen yhteyteen.

Yhteenveto

Tässä kirjoituksessa on jäsennelty luonnontieteiden, matematiikan ja ammatillisten aineiden opetuksen integrointia insinöörikoulutuksessa. Oppiaineiden integrointiin on useita menetelmiä lähtien esimerkki- ja tehtävätason integroinnista aina kokonaisten opintokokonaisuuksien integrointiin. Seinäjoen ammattikorkeakoulun Tekniikan yksikössä on integrointikysymykseen vastattu henkilöstön tiimirakennemuutoksella. Tästä seuranneella opettajien tiivistyneellä yhteistyöllä on saavutettu useita positiivisia tuloksia opetuksen muuttamisessa aikaisempaa merkityksellisemmäksi.

Integrointikysymystä, ja laajemmassakin mielessä opetuksen kehitystä on pohdittava myös tulevaisuudessa. Opetuksen kehityksessä olisi hyvä noudattaa insinöörimäistä lähestymistapaa, jossa pyritään tunnistamaan lähtökohdat. Tämän jälkeen tulisi tehdä objektiivisesti tavoitteellisia ratkaisuja koulutuksen laadun parantamiseksi.

Lähteet

Harva, M. 1960. Insinöörien asema yhteiskunnassa. Teknillinen aikakauslehti, 184, 5.

Kortetmäki, M., Lahtinen, T., Manninen, R., Sarkola, E. 2013. Luonnontieteiden ja matematiikan opetuksen kytkeytyminen muihin ammattiopintoihin: käsityksiä, käytänteitä, toimintatapoja. Teoksessa: J. Keskitalo (toim.) Tehoa insinöörikoulutukseen INSSI-hankkeella, Hämeenlinna: Hämeen ammattikorkeakoulu, 25–47.

Mittauksien ja raportoinnin ohjausta opettajien yhteistyöllä

Anja Salo, diplomi-insinööri, lehtori, Tampereen ammattikorkeakoulu
anja.salo@tamk.fi

Opintojakson suunnittelua
Syksyllä 2013 TAMKissa otettiin käyttöön uudet osaamisperustaiset opetussuunnitelmat, joihin liittyy osaamiskokonaisuuksien tiimiopettajuus. Osaamiskokonaisuus koostuu samaan aikaan samalle opiskelijaryhmälle opetettavista opintojaksoista, jotka on suunniteltu yhteisten tavoiteltujen osaamisten ympärille.

Fysiikan laboratoriotöitä lähdettiin suunnittelemaan tiimiopettajuuden kautta. Aiemmin fysiikan opettajat ovat opettaneet opiskelijoita mittaamaan, laskemaan tuloksia ja raportoimaan, mutta laskeminen on matematiikkaa ja raportin kirjoittaminen viestintää. Mittaamisen ja raportoinnin opettajatiimi lähti näin ollen luontevasti rakentumaan fysiikan, matematiikan ja viestinnän opettajista.

Opintojakson rakenne nyt
Mittaamisen ja raportoinnin perusteet -opintojakso on kolmivaiheinen, jonka yksi vaihe koostui kolmesta erilaisesta lähiopetuskerrasta: mittaamisesta, tulosten ja virheiden laskemisesta sekä raportoinnista (Taulukko 1).

Taulukko 1. Opintojakson viikkoaikataulu.

vko	aihe
1	info
2	1. mittaus
3	matematiikkaa
4	raportointia
5	2. mittaus
6	1. reflektio
7	matematiikkaa
8	raportointia
9	3. mittaus
10	matematiikkaa
11	2. reflektio
12	raportointia
13	koonti

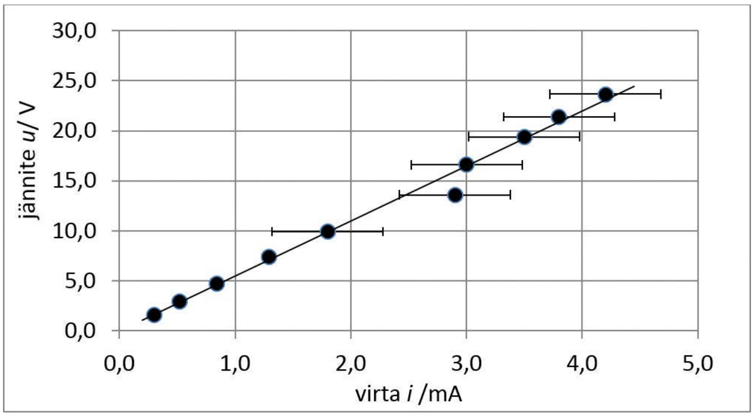
Ensimmäisenä mittauksena toteutettiin tuntemattoman kappaleen materiaalitiheyden mittauksia tarkemmalla ja epätarkemmalla menetelmällä käyttäen kahdenlaisia mittausvälineitä. Lopputulosten tarkkuudet arvioitiin laskemalla tiheyden suhteellinen ja absoluuttinen virhe seuraavalla matematiikan tunnilla.

Lopputulosten oikea merkitsemistapa, esimerkiksi ρ = (530 ± 20) kg/m³, oli myös yksi ensimmäisen työn osaamistavoitteista. Opiskelijat oppivat, kuinka käytettyjen mittalaitteiden mittaustarkkuudet vaikuttavat lopputuloksen tarkkuuteen.

Viestinnän tunnilla opiskelijat kirjoittivat tuloksiaan raporttiin. Raportin pohjana käytettiin TAMKin opinnäytetyön pohjaa. Näin varmistetaan, että raportointityyli pysyy samana koko opiskeluajan. Opettajien antaman raporttipalautteen jälkeen opiskelijat tallensivat raporttinsa TAMKin virtuaaliseen oppimisympäristöön Tabulaan. Ensimmäisen työn palautteet annettiin kuudennen viikon reflektio- eli palautekerralla. Työ arvioitiin asteikolla ”hyväksytty” tai ”lisättävää”.

Toisen työn aiheena oli eri opetusryhmillä joko kitkakertoimen tai tuntemattoman vastuksen resistanssin määrittäminen. Yhteisenä tulosten käsittelytapana molemmissa töissä käytettiin lineaarista regressiota. Näistä kahdesta työstä resistanssin määrittäminen oli suositumpi. Yhtenä syynä on se, että staattinen sähkö voi aiheuttaa kitkamittauksissa mittausvirheitä.

Resistanssin määrittämisessä käytettiin virta- ja jännitemittauksia, joissa kirjattiin ylös vastuksen läpimenevä virta sekä vastuksen yli oleva jännite. Vastuksen resistanssi määritettiin usealla eri tavalla: värikooditulkinnalla, suoralla mittauksella yleismittarin avulla, $u(i)$-kuvaajan kulmakertoimen avulla sekä lineaarista regressiota käyttäen. Regressiokuvaajat tehtiin ohjatusti Excel-ohjelmalla matematiikan tunnilla (Kuva 1).



Kuva 1. Regressiokuvaaja vastuksen resistanssin määrityksestä.

Toiseen työhön liittyvällä viestinnän tunnilla kerrattiin tyyli- ja oikeakielisyysseikkoja, opeteltiin teksti- ja lähdeviitteiden merkitsemistä sekä perehdyttiin kuviin, kuvioihin ja taulukoihin liittyvään viittaustekniikkaan. Toisesta raportista viestinnän opettaja antoi hyväksytyille töille arvosanan asteikolla 1–5.

Kolmas vaihe alkoi uusilla mittauksilla, jotka valittiin opiskelijaryhmän koulutusohjelman mukaan. Biotuote- ja prosessitekniikan opiskelijaryhmien työnä mitattiin glyserolivesiliuoksen dynaamista viskositeettia rajanopeusmenetelmällä.

Rajanopeusmenetelmässä pieni teräskuula pudotetaan glyserolivesiliuokseen ja määritetään kuulan laskeutumisnopeus mittaamalla laskeutumisaika ja -matka. Laskeutumisnopeus v on kääntäen verrannollinen liuoksen dynaamiseen viskositeettiin η (lauseke 1).

$$\eta = \frac{2r^2 g(\rho_t - \rho_n)}{9v}$$

Lausekkeessa 1 ρ_t on teräksen tiheys, ρ_n on liuoksen tiheys, r on teräskuulan säde ja g putoamiskiihtyvyys. Liuoksen tiheys mitattiin areometrillä ja kuulan halkaisija digitaalisella työntömitalla. Menetelmän luotettavuutta arvioitiin laskemalla Reynoldsin luku Re_d (lauseke 2), jonka tulisi olla tällä menetelmällä määritettynä pienempi kuin 1.

$$Re_d = \frac{\rho_n v d}{\eta}$$

Lopputuloksen epätarkkuutta arvioitiin laskemalla virhe kokonaisdifferentiaalin avulla. Tulokset ja virhelaskenta tarkastutettiin matematiikan opettajalla ennen raportin tallentamista Tabulaan. Tämän kolmannen työn raportin arvioi puolestaan fysiikan opettaja.

Opintojakson toteutuksen ensikokemuksia

Opintojakson päättää koontitilaisuus, jossa annetaan palautetta kolmannesta työstä. Lisäksi kerätään opiskelijoilta palautetta siitä, millaisena he kokivat kolmivaiheisten töiden teon ja raportoinnin. Tämä vaihe on artikkelia kirjoittaessa vielä edessäpäin.

Opettajat ovat tehneet hyvää yhteistyötä sekä oman oppiaineen että yhteisen opintojakson sisällä. Uuden opetussuunnitelman tiimiopettajuus on toteutunut opintojakson kohdalla hyvin. Fysiikan laboratoriotyöt jatkuvat tämän kurssin jälkeen kolmen opintopisteen opintojaksolla ensi syksynä, jolloin on luvassa jälleen jotain uutta sekä opiskelijoille että opettajille.

Moottorikäytön vääntövärähtelyn demolaitteisto

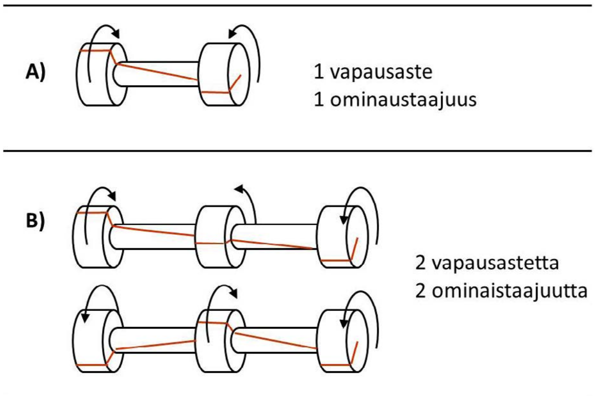
Sami Suhonen, TkT, yliopettaja, Tampereen ammattikorkeakoulu,
sami.suhonen@tamk.fi

Johdanto

Vääntövärähtely on kappaleen, tyypillisesti moottorikäytön akselin, pituusakselin suunnassa tapahtuvaa värähtelyä. Vääntövärähtelyn demonstroimiseksi ja mittaamiseksi rakennettiin laitteisto akkuporakoneesta, kahdesta vauhtipyörästä ja pyörimisliikeanturista.

Taustaa

Akseleissa ja vaihteistoissa esiintyvä vääntövärähtely on tunnettu jo pitkään ja sitä on tutkittu ja mallinnettu laajasti (Dimarogonas 1981, 439–444, Kahraman 2001, 953–971, Papadopoulos 1987, 257–266, Nestorides 1958, Papadopoulos 1987, 81–93). Akselin vääntövärähtelyn herätteenä voi toimia esimerkiksi moottorin vääntömomentin muutos tai kuormassa tapahtuvat muutokset. Näin ollen kaikissa moottorikäytöissä esiintyy jonkin verran vääntövärähtelyä ainakin käynnistyksen ja pysäytyksen yhteydessä. Mitä monimutkaisempi akselijärjestelmä on kyseessä, sitä useampia vääntövärähtelyn vapausasteita, värähtelymoodeja ja ominaistaajuuksia akselilla on (kuva 1) Vääntövärähtely voi aiheuttaa vaihteiston ja laakerien kulumista ja pahimmillaan vaihteiston hammasvaurioita ja jopa akselin poikkikiertymisen.

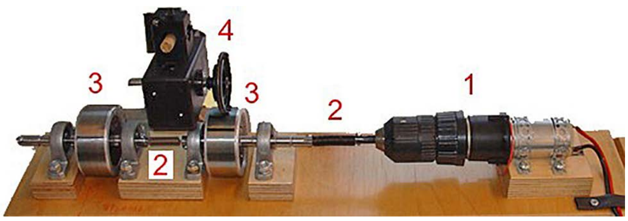


Kuva 1. Kiertovärähtelyn vapausasteita ja värähtelymoodeja.

Vääntövärähtely ei aina tuota merkittävää määrää tärinää, koska kiertymisliike tapahtuu pituusakselin suunnassa. Tämä tekee sen havaitsemisesta, mittaamisesta ja demonstroimisesta hankalaa. Tampereen ammattikorkeakoulussa värähtelymekaniikan perusteet opiskellaan fysiikan opintojaksoilla. Sekä fysiikan että sähkötekniikan osaamistarpeista syntyi ajatus rakentaa vääntövärähtelyn mittaamiseen ja demonstroimiseen pienen mittakaavan laitteisto, jossa värähtely olisi niin hidasta, että sen mittaaminen onnistuisi pyörimisanturilla. Lisäksi eri värähtelymoodien ja ominaistaajuuksien mittaaminen ja havainnointi haluttiin mahdolliseksi. Pedagogisena tavoitteena oli saada abstrakti ilmiö havainnollistettua ja mitattua siten, että siitä syntyy käsitys ainakin käsitteellisellä tasolla, vaikka ilmiön matemaattinen mallintaminen onkin ammattikorkeakoulun ensimmäisten vuosikurssien opiskelijoille haastavaa.

Demolaitteisto

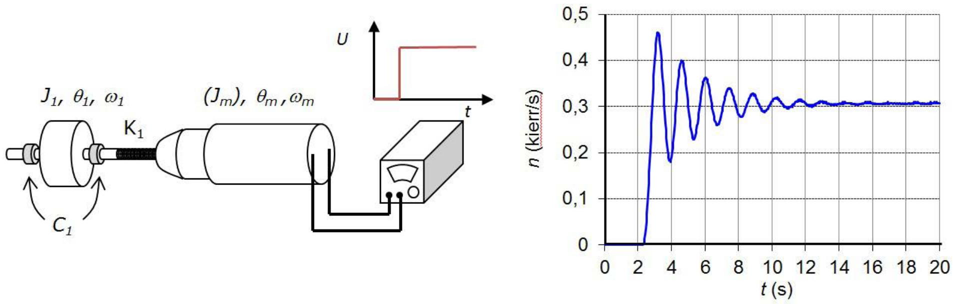
Laitteisto muodostuu akkuporakoneen moottorista alennusvaihteineen sekä kahdesta vauhtipyörästä, jotka toimivat kuormana (kuva 2). Akseleina ovat vääntöjouset. Akseleiden löysyys mahdollistaa sen, että vääntövärähtelyn ominaistaajuudet ovat niin matalia, että kulmanopeudet pysyvät pyörimisanturilla mitattavina. Pyörimistä mitattiin Vernierin ”Rotary Motion Sensor” -anturilla, ja ”LoggerPro”-ohjelmalla kulma-asemasta laskettiin edelleen kulmanopeus ja pyörimisnopeus. Toinen vauhtipyöristä voidaan helposti kiinnittää järjestelmään ja irrottaa siitä. Näin voidaan valita, onko systeemillä yksi vai kaksi ominaistaajuutta. Pyörimisanturin kumipintainen kiekko lepää anturin omalla painolla vauhtipyörän päällä, joten mittauskohdan vaihtaminen kuorman 1, kuorman 2 ja moottorin välillä on helppoa.



Kuva 2. Vääntövärähtelyn demolaitteisto: 1) akkuporakoneen moottori alennusvaihteineen, 2) akseleina toimivat jouset, 3) vauhtipyörät, 4) pyörimisanturi.

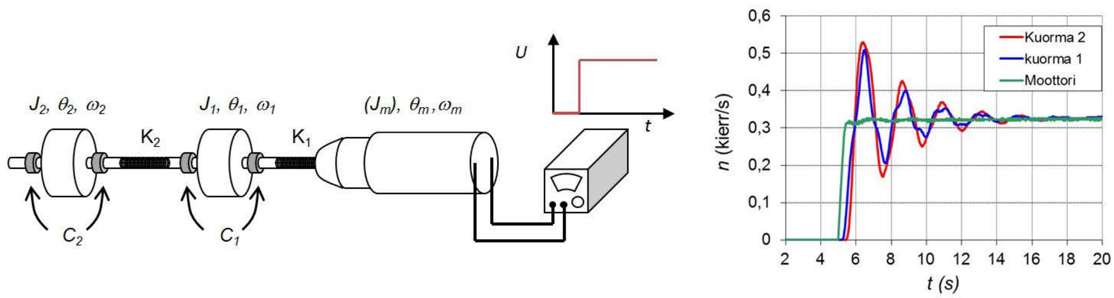
Mittausesimerkkejä

Kuvassa 3 on esitetty laitteiston askelvaste tilanteessa, jossa kuormana on vain yksi vauhtipyörä. Ominaistaajuuksia on tällöin vain yksi ja värähtely on sinimuotoista.



Kuva 3. Askelvaste yksi kuorma kytkettynä.

Kuvan 4 tilanteessa taas molemmat vauhtipyörät ovat kytkettynä ja tällöin ensimmäisestä vauhtipyörästä (sininen) mitataan selkeästi puhtaasta siniaallosta poikkeava askelvasteen värähtely. Taajuuskomponentteja on nyt kaksi ja ne voidaan selvittää esimerkiksi FFT:llä (Fast Fourier Transform). Toinen taajuuskomponentti on jälkimmäisestä vauhtipyörästä mitattaessa selvästi heikompi (punainen). Kuvaajassa vihreällä on esitetty moottorin pyörimisnopeus. Kuten kuvaajasta havaitaan, alennusvaihteen ansiosta moottorin pyörimisnopeus ei juuri muutu voimakkaasta vääntövärähtelystä huolimatta ja näin ollen sisäänmenona on lähes askelmainen pyörimisnopeuden ja vääntömomentin muutos.



Kuva 4. Askelvaste kaksi kuormaa kytkettynä. Mittaukset on tehty 1. vauhtipyörästä (sininen), 2. vauhtipyörästä (punainen) ja moottorista (vihreä).

Koska moottori ei juuri myötää kuorman vääntövärähtelyn seurauksena, voidaan pyörimisen liikeyhtälöt esittää seuraavasti:

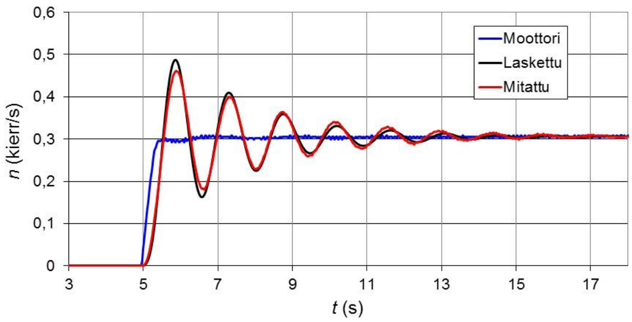
Moottori: $$\omega = \text{vakio}$$

Kuorma 1: $$(\theta_m - \theta_1)K_1 + (\theta_2 - \theta_1)K_2 - C_1 \frac{d\theta_1}{dt} = J_1 \frac{d^2\theta_1}{dt^2}$$

Kuorma 2: $$(\theta_1 - \theta_2)K_2 - C_2 \frac{d\theta_2}{dt} = J_2 \frac{d^2\theta_2}{dt^2}$$

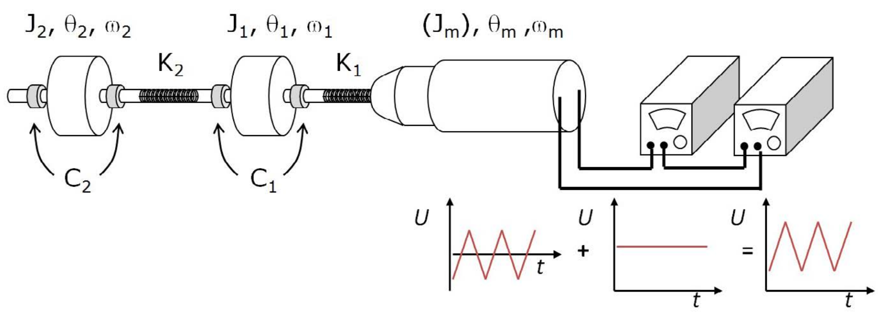
missä: θ_1 = kuorman 1 kulma-asema, rad
θ_2 = kuorman 2 kulma-asema, rad
θ_m = moottorin kulma-asema, rad
K_1, K_2 = akseleiden vääntöjousivakiot, Nm/rad
C_1, C_2 = laakereiden vääntövaimennukset, Nm/(rad/s)
J_1, J_2 = vauhtipyörien hitausmomentit, kgm^2

Liikeyhtälöt voidaan ratkaista numeerisesti. Kuvassa 5 on esitetty liikeyhtälöihin perustuen Excelillä laskettu ensimmäisen vauhtipyörän pyörimisnopeus. Kuten havaitaan, laskettu ja mitattu pyörimisnopeus vastaavat kohtalaisen hyvin toisiaan. Pienet erot selittyvät muun muassa akseleista tulevalla hystereesillä, joita laskentamalli ei huomioi. Lisäksi moottori myötää hieman kuorman liikkeisiin. Laskentamallissa moottorin pyörimisnopeus oletettiin vakioksi.

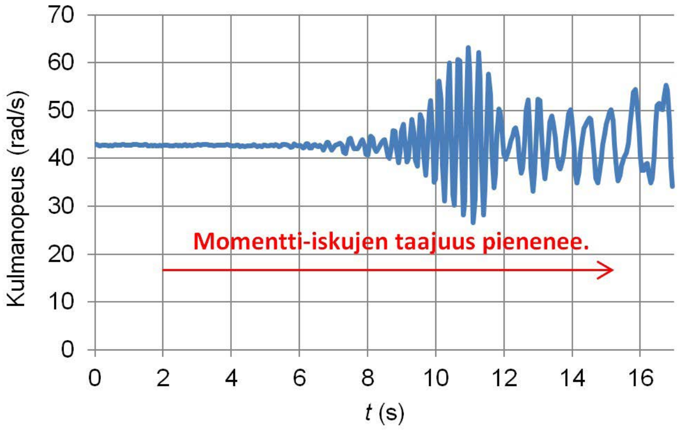


Kuva 5. Numeerisesti Excelillä laskettu 1. vauhtipyörän pyörimisnopeus (vihreä) ja mitattu pyörimisnopeus (punainen).

Resonanssi-ilmiöiden havainnollistamiseksi demolaitteiston sähkömoottoriin voidaan syöttää jaksollisesti vaihteleva jännite, jolloin saadaan aikaiseksi sykkivä vääntömomentti (kuva 6). Tällä sykkivällä vääntömomentilla pystytään simuloimaan esimerkiksi polttomoottoreiden tuottamaa vääntömomenttia. Käytännössä tämä on toteutettavissa siten, että käytetään yhtä aikaa tasajännitelähdettä ja funktiogeneraattorilla ohjattua jännitelähdettä, joiden jännitteiden summa syötetään moottorille. Funktiogeneraattorin avulla voidaan muuttaa momentti-iskujen taajuutta. Keskimääräinen pyörimisnopeus pysyy tällöin kuitenkin vakiona. Kun momentti-iskujen taajuus lähestyy systeemin jotakin resonanssitaajuutta, havaitaan vääntövärähtelyn kasvavan voimakkaasti (kuva 7).



Kuva 6. Momentti-iskujen vaikutuksen havainnollistamiseksi moottorille syötetään jaksollisesti vaihteleva jännite, jonka taajuutta voidaan muuttaa.



Kuva 7. Momentti-iskujen taajuus pienenee kuvaajassa oikealle mentäessä. Voimakas resonanssi havaitaan taajuuden lähestyessä kuorman kiertovärähtelyn ominaistaajuutta.

Yhteenveto

Vääntövärähtelyn demonstroimiseksi rakennettiin yksinkertainen laitteisto akkuporakoneesta, kahdesta vauhtipyörästä ja pyörimisliikeanturista. Vääntövärähtelyilmiöitä päästään sen avulla tarkastelemaan helposti kvalitatiivisella tasolla tekemällä mittauksia askelvasteesta, pyörimisnopeuden muutoksesta ja taajuuden vaikutuksesta värähtelyn amplitudiin. Mittauksia vastaavia suureita voidaan tarvittaessa laskea numeerisesti Exceliä käyttäen.

Lähteet

Papadopoulos, C. A. & Dimarogonas, A. D. 1987. Coupled longitudinal and bending vibrations of a rotating shaft with an open crack. Journal of Sound and Vibration, Volume 117, Issue 1, 81–93.

Papadopoulos, C. A. & Dimarogonas, A. D. 1987. Coupling of bending and torsional vibration of a cracked Timoshenko shaft, Ingenieur-Archiv, Volume 57, Issue 4, 257–266.

Nestorides, E. J. 1958. A Handbook on Torsional Vibration, Cambridge University Press, UK.

Dimarogonas, A. & Massouros, G. 1981. Torsional vibration of a shaft with a circumferential crack, Engineering Fracture Mechanics, Volume 15, Issues 3–4, 439–444.

Kahraman, A. 2001. Free torsional vibration characteristics of compound planetary gear sets, Mechanism and Machine Theory, Volume 36, Issue 8, 953–971.

Virtausmittauslaitteisto ilmanvaihto-osista

Pasi Arvela, FM, pt. tuntiopettaja, Tampereen ammattikorkeakoulu
pasi.arvela@tamk.fi

Juhani Pitkänen, laboratoriomestari, Tampereen ammattikorkeakoulu
juhani.pitkanen@tamk.fi

Tässä artikkelissa kuvataan Tampereen ammattikorkeakoulun fysiikan laboratoriossa yleisistä ilmanvaihtokomponenteista koottu ilmavirtamittauslaitteisto. Lisäksi esitellään laitteistolla tehtäviä monipuolisia virtausmittauksia, joissa myös mittausepävarmuus on hallittu.

Taustaa

Fysiikan laboratoriotöissä virtausmittausten tavoitteena on usein osoittaa Bernoullin lain pätevyys. Selkeintä on tällöin pysyä laminaarisella alueella, joka toteutuu helposti nestevirtausta käyttävissä laitteissa. Ilmavirtaukset käytännöllisillä mitta- ja virtausalueilla ovat kuitenkin turbulentteja. Tästä taas seuraa, että ilmavirtauksilla on käytettävä osin kokeellisesti määritettyjä yhtälöitä ja normien mukaisia mittauksia. Kun sopivassa standardissa on määritelty myös menetelmän mittausepävarmuus, soveltuu työ hyvin myös fysiikan laboratorioon.

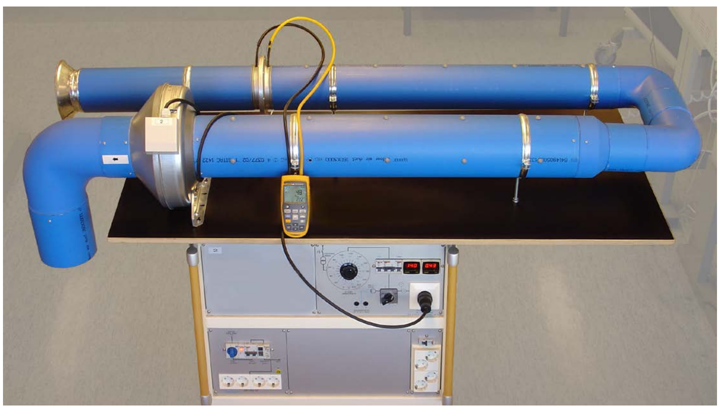
Ilmavirtauslaitteiston ylläpitoasiat ja edellytykset laboratoriotiloille ovat helpommin järjestettävissä kuin nesteitä käyttäville laitteille. Tilantarve ilmavirtauskanaville on kuitenkin tyypillisesti suurehko. Käytössämme oli ennestään myös virtalähdevaunuja varustettuna suunnitellun laitteiston käyttöön sopivalla säädettävällä jännitelähteellä.

Näistä lähtökohdista suunniteltiin ja toteutettiin tässä kuvattu laitteisto, jolla voidaan osana fysiikan laboratoriotöitä tehdä hallittuja toisiinsa verrattavia virtausmittauksia.

Laitteiston osat ja kokoonpano

Tässä esiteltävä laitteisto koostuu kaupallisista ilmanvaihtokomponenteista. Mittarit ovat ammattilaisille tarkoitettuja kohtuuhintaisia kenttäkäyttöön soveltuvia laitteita. Suunnittelun erityisenä tavoitteena oli, että laitteistolla voidaan tehdä monipuolisia mittauksia.

Kuvassa 1 esitetyn laitteiston pääosat ovat 1,0 m 125 mm ja 1,0 m 160 mm Uponor-ilmanvaihtoputkea sekä kolme 90 asteen kulmaa samasta materiaalista.



Kuva 1. Tampereen ammattikorkeakoulun Fysiikan laboratoriossa valmistettu ilmavirtausten mittauslaitteisto, jossa on käynnissä IRIS-säätimen paine-eromittaus. (Kuva Juhani Pitkänen)

Ilmavirta aikaansaadaan 160 mm ja maksimiteholtaan 105 W:n kanavapuhaltimella, jolle käyttöjännite saadaan virtalähdevaunun säätömuuntajalta. Kuvan laitteiston alusta, joka on 1,5 m x 0,7 m vanerilevy, lepää Telemerkin virtalähdevaunun päällä.

Imupuolen kojeessa on verkko, jotta paperit ja muut kevyet esineet eivät joudu kanavaan. Poistokanava on suunnattu alaspäin, jotta puhallus ei häiritse lähiympäristöä. Kanavapuhaltimen käyttöjännitteen lisäksi virtausta voidaan säätää 125 mm IRIS-säätimellä, jota voidaan käyttää myös virtauksen mittaamiseen.

Mittalaitteista
IRIS-säädin on varustettu valmiiksi asennetuilla yhteillä paine-eron mittausta varten. Kuvassa 1 on Fluke 922 -paine-eromittari kytkettynä mittaamaan paine-eroa. Tilavuusvirta voidaan määrittää valmistajan taulukon mukaan tai käyttää käsikirjoista löytyvää kaavaa ja aukkosuhteesta riippuvaa vastuskerrointa.

8 mm Pitot -putkella ja paine-eromittarilla voidaan mitata virtausprofiileja kanavan eri kohdissa. Tätä varten kanavissa on valmiiksi reikiä vaaka- ja pystyprofiilien mittaamiseksi. Kuvassa ne näkyvät harmailla tulpilla suljettuina. Tilavuusvirran mittaus voidaan tehdä esimerkiksi standardin SFS 5512 mukaisesti monen pisteen mittauksella. Standardi määrittää myös mittauksen luotettavuuden, joka luonnollisesti paranee pisteiden lukumäärää lisättäessä.

Kanavan imu- tai poistopuolelta voidaan tehdä mittaus myös siipipyörä-anemometrillä. Tavallisesti tällöin käytetään mittalaitteen kanavakokoon sovittavaa kartiota.

Laitteistolla tehtäviä kokeita
Perustyössä mitataan tilavuusvirtaa kanavapuhaltimen jännitteen funktiona eri menetelmillä. IRIS-säädin pidetään vakioasennossa, mitataan paine-ero ja siitä lasketaan tilavuusvirta esimerkiksi valmistajan ilmoittamien kertoimien mukaan.

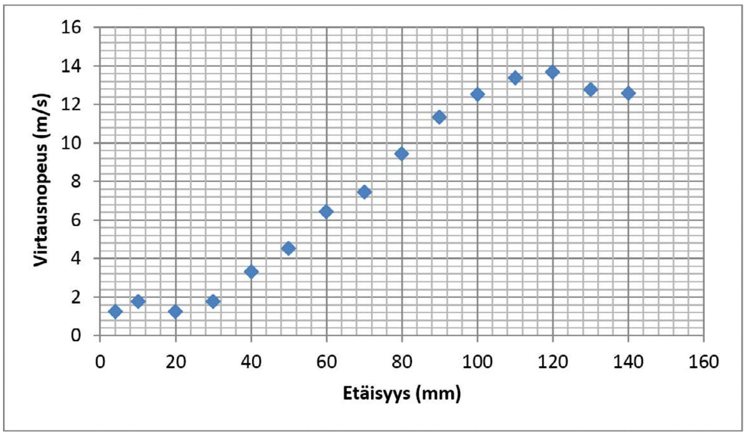
Pitot-putkella mitataan virtausnopeus 5 tai 12 pisteen menetelmällä ja lasketaan tilavuusvirta edellä mainitun standardin mukaan. Standardi määrittää myös sopivat mittausetäisyydet häiriölähteistä. Yksittäisissä pisteissä virtaussuureet saadaan paine-erosta Bernoullin yhtälöstä johtamalla.

Siipipyörä-anemometrillä saadaan tilavuusvirta, kunhan laitteelle on ilmoitettu virtauksen poikkipinta-ala. Tuloksia vertailtaessa havaitaan muun muassa, että siipipyörä-anemometri myös kuristaa jonkin verran virtausta.

Tulokset ilmoitetaan graafisesti ja kullekin menetelmälle tehdään virhetarkastelu. Mittausten epätarkkuuksina otetaan huomioon laitevalmistajien ilmoitukset ja arvioidaan esimerkiksi IRIS-säätimen aukon ja sitä vastaavan asteikon epätarkkuus. Monen pisteen menetelmille on standardissa esitetty kuvaaja kulloisenkin menetelmän epätarkkuudelle, joka riippuu etäisyydestä häiriölähteeseen. Häiriölähde on mutka tai supistusosa virtauksen tulosuunnassa.

Kun tulokset esitetään samassa graafisessa esityksessä, voidaan tehdä johtopäätelmiä esimerkiksi mittausmenetelmien vaikutuksesta tuloksiin tai tarkastella standardin soveltuvuusrajoituksia.

Myös virtausprofiileja voidaan mitata eri etäisyyksillä häiriölähteistä. Kuvassa 2 on esimerkiksi mitattu virtauksen vaakaprofiili heti mutkan ja laajennusosan jälkeen. Useimmille havaitsijoille tulee yllätyksenä virtauksen näin voimakas jakautuminen häiriön jälkeen.



Kuva 2. Vaakasuunnan virtausnopeuksia, joiden sijainti on mitattu etäisyys 160 mm kanavan takaseinästä.

Palautteesta

Tässä esiteltyä virtausmittauslaitteistoa on käytetty Tampereen ammattikorkeakoulun Fysiikan laboratoriossa vuodesta 2011. Työ on kuulunut esimerkiksi talo-, rakennus-, sähkö- ja ajoneuvotekniikan sekä koneautomaation koulutusohjelmiin.

Useimmilla tekniikan koulutusohjelmilla työ on helposti mielletty kuuluvaksi omaan alaan. Erityisesti rakentamiseen liittyvillä aloilla on koettu hyväksi tuttuja osia sisältävä kokonaisuus.

Virhetarkastelua on monitahoisuutensa vuoksi pidetty usein haastavana. Esitysmuotona on suosittu virhepalkkeja. Vaikka eri menetelmillä saadut tulokset samasta virtauksesta hieman eroavatkin, ovat mittaajat kokeneet onnistumisena sen, että graafisesti esitetyt tulokset ovat yhteneviä virherajat huomioiden.

Muita mittauksia

Virtausmäärää voidaan mitata IRIS-säätimen asennon mukaan ja esimerkiksi mitata samalla melutasoa. Laitteisto soveltuu myös erilaisten tulo- ja poistoilmakojeiden ominaisuuksien mittaamiseen. Kojeista voidaan mitata niiden säätöominaisuuksia ja virtaussuureita eri menetelmillä. Lisäksi näilläkin voidaan tehdä äänitasomittauksia tilavuusvirran suhteen.

Osa kanavasta voidaan vaihtaa myös läpinäkyväksi, jolloin myös pienimittakaavaiset tuulitunnelikokeet ovat mahdollisia.

Fysiikan harjoitustyöt insinööriosaamisen perustana

Timo Tommila, FT, yliopettaja, Satakunnan ammattikorkeakoulu

timo.tommila@samk.fi

Johdanto

Insinöörikoulutuksen kivijalkana on perinteisesti nähty vahva käytännön osaaminen. Tekniikan luonnontieteellisen perustan oppiminen edellyttää teoreettisten tietojen hallitsemisen lisäksi myös panostusta mittaamiseen ja kädentaitojen harjoittamiseen. Tämä toteutuu erinomaisesti fysiikan laboraatiotöiden avulla, jotka tutustuttavat opiskelijat mittaamiseen ja matemaattis-fysikaalisen mallintamisen periaatteisiin. Fysiikan laboraatiot ovat ensimmäinen askel polulla kohti ammattialakohtaisen teknisen suunnitteluosaamisen hallintaa. Käytännön harjoitusten kautta opiskelijat oppivat luonnon lainalaisuuksien lisäksi erilaisten mittausten suunnittelua, toteutustapoja ja tulosten analysoinnin alkeet.

Tänä päivänä useat ammattikorkeakouluihin tulevat pojat eivät enää ole purkaneet tai korjanneet mopoja eivätkä muitakaan kodin piiristä löytyviä koneita tai laitteita. Tämän tyyppisiä harrastuksia on ollut vielä vähemmän insinöörikoulutukseen tulevilla tytöillä. Koska fysiikan laboraatiotyöt sisältävät erilaisia mittauksia laajasti tekniikan eri alueilta, ne sopivat erinomaisesti parantamaan näitä puutteita.

Satakunnan ammattikorkeakoulussa on kehitetty fysiikan laboraatiotöiden suoritustapoja vuosikymmenten ajan. Harjoitustöiden toteutuksessa on kokeiltu erilaisia lähestymistapoja kuten esitehtävien käyttöä, työvuorolle pääsyn edellyttämiä aloitustestejä, loppukuulustelua, vapaasti suunniteltavia mittauksia, erilaisia raportointitapoja jne. Näistä kokeiluista on jalostunut nykyinen tehokas toteutustapa.

Toteutustapa

Opiskelijat tutustuvat etukäteen työohjeisiin verkon välityksellä. Kaikkien fysiikan harjoitustöiden ohjeet löytyvät Moodlesta tai vaihtoehtoisesti opiskelijat voivat ladata Fysiikan laboraatiot -kirjasen iBooks- tai pdf-muodossa. Kirjasen iBooks-muoto sisältää myös kuhunkin harjoitustyöhön liittyviä helppoja kysymyksiä oman osaamisen testaamiseksi. Ohjeita selaamalla opiskelijat valitsevat itselleen sopivimmat ja kiinnostavimmat fysiikan harjoitustyöt. Tarjolla on runsaasti vaadittua suoritusmäärää enemmän harjoitustöitä. Työt on ryhmitelty eri luokkiin ja opiskelijoiden on valittava vähintään yksi harjoitustyö kustakin luokasta mittausten monipuolisuuden takaamiseksi.

Harjoitustyöt tehdään parityönä siten, että mittausten suoritus ja raportointi on kummankin yhteisvastuulla. Opiskelijat valitsevat itse työparinsa, joka voi olla eri henkilö kullakin työkerralla, sekä varaavat työvuoronsa itse. Yleisin tapa on tehdä harjoitustyöt saman parin kanssa. Harjoitustyön voi tehdä toki yksinkin, jos sopivaa työparia ei jollakin kerralla ole tarjolla. Työparien muodostamista helpottaa se, että opiskelijat voivat olla eri koulutusaloilta tai jopa eri vuosikursseilta. Kahta opiskelijaa suurempia tiimejä ei kuitenkaan sallita, jotta kukin opiskelija osallistuu tehokkaasti sekä mittausten suoritukseen että analysointiin.

Kaikki opiskelijat tekevät ensimmäiseksi Perusmittauksia-työn, jossa harjoitellaan muun muassa mittausten epävarmuuden analysointia, lopputuloksen esittämistä sekä Excelin käyttöä graafiseen esittämiseen. Näitä taitoja tarvitaan lähes jokaisen harjoitustyön suorittamiseksi. Ensimmäisellä kerralla tutustutaan myös laboratoriotyöskentelyn turvallisuusohjeisiin.

Kilpavarausperiaate
Harjoitustyövuorot on toteutettu kilpavarausperiaatteella: Jokaiselle luokalle on lukujärjestykseen merkitty oma harjoitustöiden suoritusaikansa, johon heillä on etuvarausoikeus. Tavallisesti opiskelijat varaavat seuraavan harjoitustyönsä heti edellisen valmistuttua. Etuvarausoikeus ei ole enää voimassa työvuoroa edeltävänä päivänä. Tällöin kuka tahansa voi varata työvuoron itselleen, mikäli laboratoriossa on tilaa. Tämä mahdollistaa muiden luokkien harjoitustyövuorojen käytön joustavasti rästivuoroina.

Kilpavarausperiaate koskee myös töiden varausta jokaisella vuorolla: opiskelijoiden tulee itse huolehtia siitä, että eivät varaa jo varattuna olevaa työtä. Varattuna saa olla vain yksi työvuoro kerrallaan opiskelijaa kohden, jotta varattavia töitä riittää kaikille. Mikäli opiskelijat eivät tarvitse varaamaansa vuoroa, heidän tulee muistaa peruuttaa se ajoissa, jotta muut opiskelijat voivat tulla töihin. Varaussysteemi on toiminut oikein hyvin. Suunnitelmissa on siirtää varausjärjestelmä verkkoon ja laajentaa se koskemaan ammattikorkeakoulun kaikkia tekniikan laboraatioita sekä laitevarauksia liittyen myös TKI-projektien tarpeisiin.

Harjoitustyöt
Harjoitustyöt voi tehdä lähes missä järjestyksessä tahansa. Osan töistä voi tehdä useampi työpari yhtä aikaa. Tämä ei kuitenkaan tarkoita, että ko. työt tehtäisiin suurryhmissä, vaan joko työn eri osiot tehdään vuorottelemalla tai sitten työn suoritukseen löytyy useampia välineitä samanaikaista suoritusta varten.

Tämänhetkinen fysiikan harjoitustöiden laajuus on 5 op. Jokainen opiskelija tekee 20 harjoitustyötä. Nämä jakautuvat ensimmäiselle kevätlukukaudelle, jolloin on tavoitteena tehdä 12 harjoitustyötä, ja seuraavalle syksylle, jolloin tehdään loput 8 harjoitustyötä. Tämä järjestely tullee muuttumaan uusien opetussuunnitelmien myötä.

Fysiikan harjoitustyöt -työpäiväkirja
Jokaisella opiskelijalla on henkilökohtainen päiväkirja, johon valvoja kuittaa töiden suoritukset ja selostusten palautukset. Aiemmin tehdyn harjoitustyön hyväksyminen on edellytys uuden harjoitustyön tekemiselle. Edellisen harjoitustyön valmiin raportin voi tuoda mukanaan hyväksyttäväksi seuraavan työvuoron alussa tai aikaisemminkin kenelle tahansa käynnissä olevan harjoitustyövuoron valvojalle. Näin töiden suoritukset onnistuvat sujuvasti.

Harjoitustyöpäiväkirjan siirtämistä verkkoon on harkittu ja se kenties voidaan toteuttaa varausjärjestelmän verkkototeutuksen yhteydessä.

Harjoitustyön suoritus
Työvuoron alussa molempien työparin jäsenten tulee olla paikalla ennen työn aloitusta ja luonnollisesti työn suorituksen aikana. Työpäiväkirjan pitää olla mukana töihin tultaessa, jotta voidaan nopeasti tarkastaa onko edellinen harjoitustyö hyväksytty.

Lähes kaikista harjoitustöistä on olemassa raportointilomakkeet. Mittaustulokset kirjataan lomakkeeseen, johon tehdään myös vaaditut analyysit. Tarvittavat laskut lasketaan joko laskimella tai mahdollisesti Excelillä. Lopuksi Excelillä tehdyt graafiset esitykset lisätään raportointilomakkeen liitteiksi. Kulujen säästämiseksi tulosteiden määrää on viime aikoina pyritty pienentämään. Tämä onnistuu, kun valvoja tarkastaa suoraan tietokoneen näytöltä laskujen ja graafisten esitysten kelvollisuuden ilman paperitulostetta.

Työpari tekee mittaukset ja työselostuksen aina yhdessä. Lopuksi jokaisen työselostuksen etusivulle merkitään työhön liittyvien mittausten oleelliset lopputulokset epävarmuuksineen. Valmis selostus palautetaan valvojalle, joka tarkastaa ja hyväksyy sekä kuittaa palautuksen työpäiväkirjaan. Tämän jälkeen opiskelijat saavat tehdä varauksen seuraavan työkerran harjoitustyöstä.

Raporttilomakkeet ovat ensimmäinen askel mittaustulosten raportoinnin hallitsemiseen. Omien loppuraporttien kirjoittaminen onnistuu myöhemmin helpommin, kun on omaksunut raportoinnin perusmallin näillä lomakkeilla.

Harjoitustöiden onnistunut läpivienti vaatii aluksi valvojilta runsaasti opiskelijoiden ohjausta yksityiskohtaisista työohjeista huolimatta, mutta yhteispelillähän se sujuu. Töiden edetessä opiskelijoiden suoritukset paranevat selvästi. Nykyopiskelijat suoriutuvatkin harjoitustöistä entisiin aikoihin verrattuna erittäin hyvin: opintojakso jää ”roikkumaan” vain harvoin.

Yhteenveto

Fysiikan laboraatiotyöt tarjoavat erinomaisen lähestymistavan mittaamisen, mittausten analysoinnin ja raportoinnin omaksumiseen. Tehokkaalla ja opiskelijan valintoja korostavalla tavalla voidaan tutustua tärkeisiin käytännön toimintatapoihin laboratorioissa. Jokaisen opiskelijan suorittaessa fysiikan harjoitustyöt parityönä opitaan ryhmätyötaitoja samalla kun tehdään mittauksia. Opintopistettä kohden opiskelijoiden työmäärä ja panostus ovat varmasti keskimääräistä teoreettista opintojaksoa parempia. Tämä luo hyvän pohjan syvällisten insinööritaitojen omaksumiselle.

Minkä materiaalin valitsen? CES EduPack -ohjelmisto auttaa

Jarmo Hautaniemi, FT, yliopettaja, Satakunnan ammattikorkeakoulu
jarmo.hautaniemi@samk.fi

CES EduPack -ohjelmisto käsittää tietopankin tekniikan prosesseissa käytettävistä materiaaleista ja niiden prosessoinnista. Materiaalien valinta voidaan tehdä tarkkaan annettujen kriteerien pohjalta. Ohjelmistoa voidaan käyttää opetuksen apuna niin materiaalitekniikassa ja -suunnittelussa kuin kemiassa ja fysiikassa.

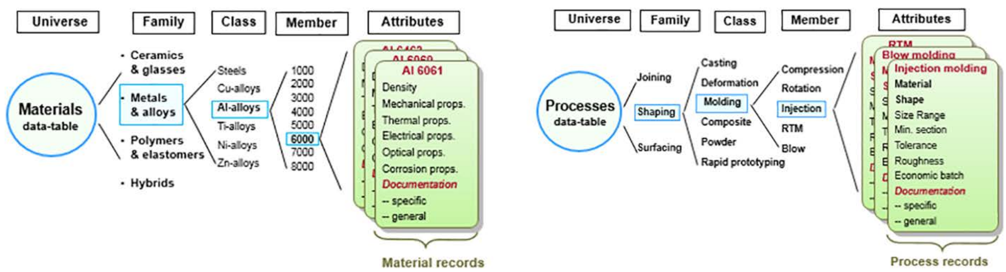
Tietokannan sisältämien materiaalien määrä riippuu siitä, miten laajat oikeudet ohjelmistoon hankkii (tasot 1–3). Tasoilla 1 ja 2 materiaalien kokonaismäärät ovat 69 ja 100. Ne soveltuvat hyvin insinööriopintojen perusopetukseen. Tason 2 yleistietokanta alle 100 opiskelijalle maksaa noin 1000 euroa vuodessa.

Mikäli halutaan tehdä kattavampia tutkimuksia, taso 3 tarjoaa tiedot jo yli 3900 materiaalista ja mahdollistaa varsin laajojen projektien toteutuksen. Paitsi materiaaleja, ohjelmisto sisältää laajat tiedot materiaalien valmistuksesta ja muokkauksesta. Tasoilla 1–3 prosessointien määrä vaihtelee 77:stä aina 230:een.

Kaiken tämän lisäksi löytyvät omat tietokannat erityisalojen materiaaleista (bioteknologia, avaruusteknologia, energiatuotanto, kemiantekniikka. ilmailuteollisuus, biomateriaalit, teollinen suunnittelu, arkkitehtuuri, kestävä kehitys ym.). Ohjelmisto päivitetään vuosittain ja yhä uusien erityisalojen materiaaleja ja prosesseja lisätään ohjelmistoon.

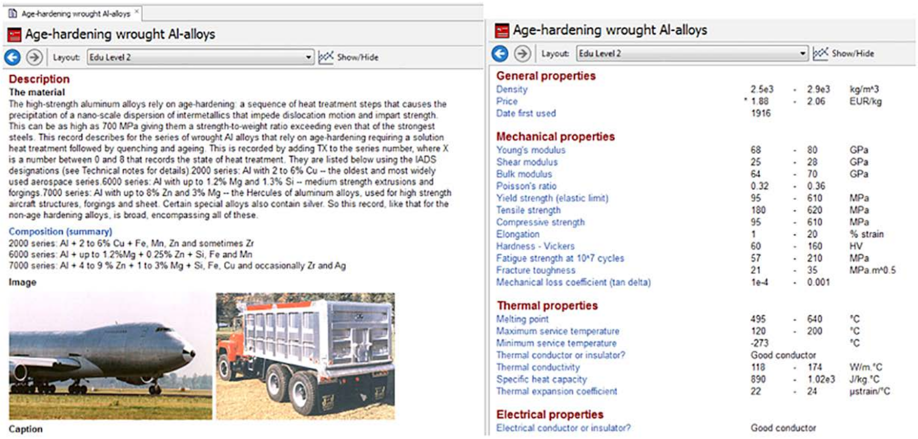
Materiaalien luokittelu

Kuvassa 1 näkyy miten materiaalit on luokiteltu neljään pääryhmään: keraamit ja lasit, metalliseokset, polymeerit ja elastomeerit sekä komposiittimateriaalit. Materiaalien käsittelyt on jaettu kolmeen pääryhmään: liittäminen, muotoilu ja pintakäsittelyt.



Kuva 1. Materiaalien ja prosessien luokittelu.

Yksittäisistä materiaaleista on annettu tarkat tekniset tiedot (kuva 2). Ominaisuudet on luokiteltu kuuteen pääryhmään: yleiset, mekaaniset, termiset, sähköiset, optiset ja korroosionkestävyyteen liittyvät ominaisuudet. Lisäksi löytyy paljon muuta tietoa esimerkiksi materiaalien yleisimmistä käyttösovellutuksista. Vastaavanlaiset erittelyt on tehty materiaalien valmistuksesta.



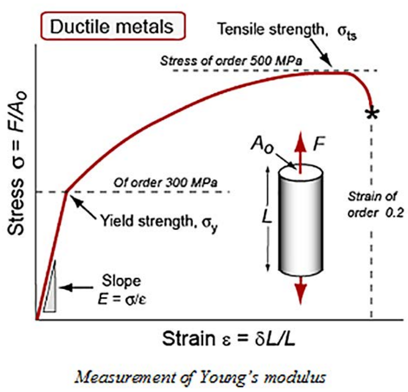
Kuva 2. Tietoja alumiiniseoksista.

Ohjelmiston yhtenä etuna on se, että se linkittää materiaalit ja materiaalien valmistuksen ja muokkauksen. Jos esimerkiksi jollain kriteerillä on valikoitunut tietty määrä sopivia muovikandidaatteja ja halutaan tietää mitkä kyseisistä materiaaleista voidaan valmistaa suulakepuristuksella, ohjelmisto pystyy tähän vastaamaan.

Teoreettista taustatietoa

Eri ominaisuuksien fysikaalis- kemiallista taustaa on selostettu tarkemmin. ns. Science Note -osiossa. Kuvassa 3 on selostettu jännitys/venymäpiirroksen avulla mitä eri mekaaniset ominaisuudet tarkoittavat ja miten ne on mitattu metalleille. Kun vetosauvaa aletaan vetää, tapahtuu palautuvaa venymistä kunnes saavutetaan noin 300 MPa jännitys. Tämän suoran kulmakertoimesta mitataan aineen kimmomoduuli E, joka on kappaleen jäykkyyden mitta. Jännitysarvoa, jossa alkaa tapahtua pysyvää plastista muodonmuutosta, kutsutaan myötörajaksi (yield strength). Maksimijännitys (tensile strength), joka tarvitaan vetokappaleen murtamiseen, on vetolujuus.

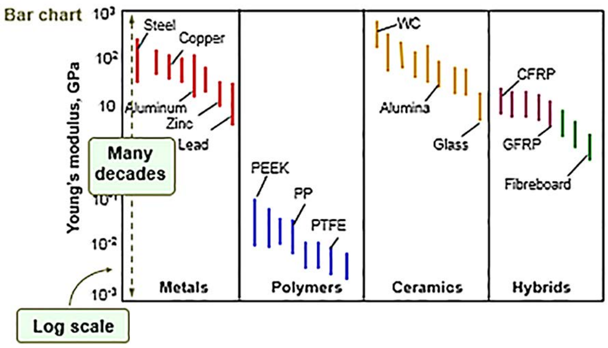
Tämän esimerkin mukaisesti opiskelija pystyy ohjelmistoa käyttäessään kertaamaan keskeiset materiaaliopilliset suureet ja niiden merkityksen. Sama pätee fysiikan ja kemian suureisiin.



Kuva 3. Jännitysvenymä-piirros Science Note -osiossa.

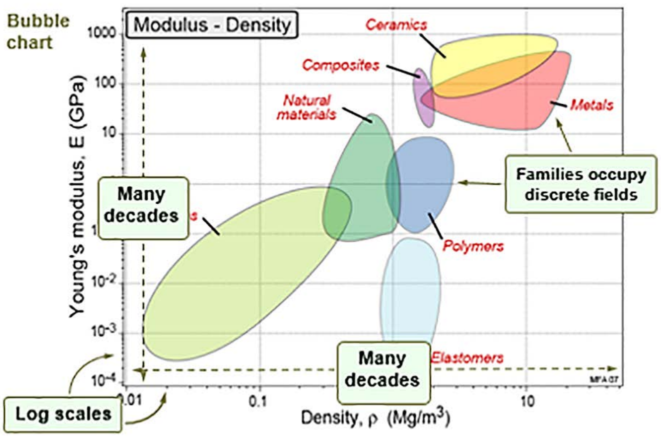
Graafiset esitykset

Materiaaleja ja materiaaliryhmiä voidaan esittää graafisesti joko pylväs- tai kupladiagrammeina (bar, bubble). Pylväsdiagrammeissa halutut materiaalit on esitetty jonkin ominaisuuden perusteella kuten kuvassa 4 kimmokerroin E (Young's modulus). Materiaalit voidaan vielä esittää ryhmittäin mikä selkeyttää esitystä. Ohjelmassa voidaan valita onko asteikko lineaarinen vai logaritminen; tällöin on helppo havainnollistaa näiden eroja käytännön sovelluksen alla. Jos opiskelijaa haluaa tarkempaa tietoa esimerkiksi PP-muovista, hänen tarvitsee vain klikata kyseistä materiaalia, jolloin sivusto aukeaa.



Kuva 4. Esimerkki pylväsdiagrammista: Kimmokertoimen E arvoja eri materiaaleille.

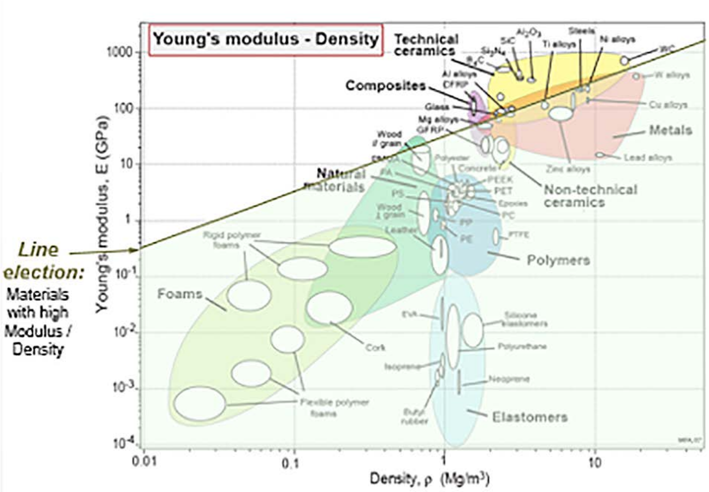
Kuva 5 esittää, miten materiaaliryhmät (metallit, keraamit jne.) sijaitsevat ns. kupladiagrammissa. Pystyakselina on kimmokerroin, joka on kappaleen jäykkyyden mitta, ja vaaka-akselina tiheys. Materiaaliryhmät sijoittuvat omille diskreeteille alueilleen. Kuplien sisällä näkyvät itse materiaalit. Tällaisia kuvaajia voidaan hyödyntää esimerkiksi valittaessa mahdollisimman kevyttä ja jäykkää materiaalia. x- ja y-akseleille voidaan valita myös jokin funktio. Jos esimerkiksi halutaan tietää äänen etenemisnopeus eri väliaineissa, esitetään pylväsdiagrammi jossa y-akselina on $v = \sqrt{\frac{E}{\rho}}$



Kuva 5. Kupladiagrammi.

Materiaalien valinta

Yleisimmin ohjelmistoa käytetään materiaalien valintaan liittyvissä tehtävissä. Tiettyyn käyttötarkoitukseen suunnitellun materiaalin täytyy usein täyttää tiukat reunaehdot. Nämä tiedot syötetään ohjelmaan, joka antaa kaikki annetut kriteerit täyttävät materiaalit. Usein materiaalin toimivuutta tietyssä sovelluksessa kuvataan niin sanotun toimivuusindeksin avulla, joka näkyy suorana diagrammissa (Kuva 6). Kaikki materiaalit, jotka sijaitsevat samalla suoralla ovat kyseisen sovelluksen kannalta samanarvoisia; ne, jotka sijaitsevat sen yläpuolella ovat parempia. Analyysissä valikoituu yleensä muutama kandidaatti, joiden soveltuvuutta pitää vielä erikseen tutkia.



Kuva 6. Toimivuusindeksin käyttö materiaalien valinnassa.

Yhteenveto

CES EduPack -ohjelmisto tarjoaa erinomaisen työkalun materiaalien valintaan ja vertailuun liittyviin tehtäviin. Lisäksi ohjelmiston hankkijalle tarjoutuu pääsy suureen määrään oheismateriaaleja powerpoint- esityksistä ja teoriakatsauksista aina harjoitustehtäviin ja ratkaisumanuaaleihin. Ohjelmisto soveltuu niin insinööriopintojen perusopintoihin kuin haastavampiin materiaalienvalintatehtäviin.

Lähteet

Kuvat: http://teachingresources.grantadesign.com-sivustolta

Kokemuksia melun sekä ilman epäpuhtauksien leviämismallien käytöstä ympäristötekniikan opetuksessa

Erkki Mäkinen, DI, lehtori, Tampereen ammattikorkeakoulu
erkki.makinen@tamk.fi

Jarmo Lilja, TkT, lehtori, Tampereen ammattikorkeakoulu
jarmo.lilja@tamk.fi

Tampereen ammattikorkeakoulun ympäristötekniikan opetuksessa on otettu käyttöön SoundPLAN-ohjelmistot melun sekä ilman epäpuhtauksien leviämistilanteiden simulointiin. Tavoitteena on, että opiskelija osaa soveltaa mallinnusta ja mittauksia päästöjen leviämisen arviointiin sekä ennustamiseen ja saa ensikokemuksen ammattiohjelmistosta suunnittelun työkaluna. Artikkelissa tarkastellaan ensikokemuksia ohjelmiston hyödyntämisestä oppimistyökaluna.

Ohjelmistohankinnan tausta

Melun ja ilman epäpuhtauksien leviämisen kartoittamiseen ja ennustamiseen käytetään työelämässä mittauksia ja mallinnusta. Viime vuosina on tehty useita ammattikorkeakoulun opinnäytetöitä konsulttiyritysten suunnitteluprojekteissa (esim. Salmela 2013) ja opiskelijoita on työllistynyt mallinnusta hyödyntäviin suunnittelutöihin.

Päästöjen leviämisen ennustaminen ja niiden mittaaminen ovat olleet keskeisinä sisältöinä ympäristötekniikan ja ympäristöfysiikan opintojaksoissa. Ympäristöministeriön ohjeistusta käyttäen on mitattu liikennemelua sekä mallinnettu vastaavia tilanteita manuaalisesti Pohjoismaisen melunlaskentamallin mukaisesti. Ilmanlaatumittauksia on tehty kannettavilla laitteilla sekä ELPI-analysaattoria käyttäen liikuteltavassa mittausvaunussa (Hilla-Lukkarinen 2009).

Mallinnuksen vaativuudesta johtuen manuaalisesti on ollut perusteltua käsitellä vain hyvin yksinkertaisia tilanteita, kuten vapaan kentän piste- tai viivalähdettä ja suoraa tietä maaston piirteitä ja valleja radikaalisesti yksinkertaistaen.

Syksyllä 2013 otettiin käyttöön SoundPLAN- ja SoundPLAN Air Pollution -ohjelmistot tietokoneluokkakäytössä. Mallinnusohjelmiston käytöllä pyritään kokonaisvaltaisempaan mallinnus- ja mittausmenetelmien oppimiseen sekä tutustumaan nykyaikaiseen ammattiohjelmistoon, mikä edistää työllistymistä. Toisaalta tarkoitus on soveltaa ohjelmistoa oppimisympäristönä, jolla voidaan tutkia käytännön tilanteissa eri tekijöiden vaikutuksia ohjelmiston simulaatiomahdollisuuksia hyödyntäen.

Esimerkkejä oppimistehtävistä

Opiskelijaryhmä ja opintojaksot

Opiskelijat olivat Environmental Engineering -koulutusohjelman kolmannen vuosikurssin opiskelijoita ja kansainvälisiä vaihto-opiskelijoita. Fysiikan perusopinnot olivat esitietovaatimuksina. Käyttö jakaantui kahteen opintojaksoon: Noise and radiation (3 op) ja Air pollution (3 op). Koska osa opiskelijoista osallistui molemmille jaksoille, ohjelmistojen käyttöliittymien samankaltaisuudesta oli etua.

Jaksojen ohjelmaan sisältyi teoriatunteja, mittauksia, mallinnustyöskentelyä ja itsenäistä työskentelyä. Tulokset raportoitiin seminaarissa ja kirjallisena raporttina.

Pelkistetty melumallinnustehtävä

Työnantajapalautteen mukaan on tärkeää, että menetelmiä opiskeltaessa suhtaudutaan tuloksiin kriittisesti. Tämän kehittämiseksi mallinnustyö aloitettiin pelkistetyillä tehtävillä. Jotta tuloksia voitiin verrata teoriaan, ensimmäiseksi tehtäväksi annettiin tilanne, jossa kunkin ryhmän piti selvittää yhden muuttujan vaikutusta kerrallaan (Taulukko 1).

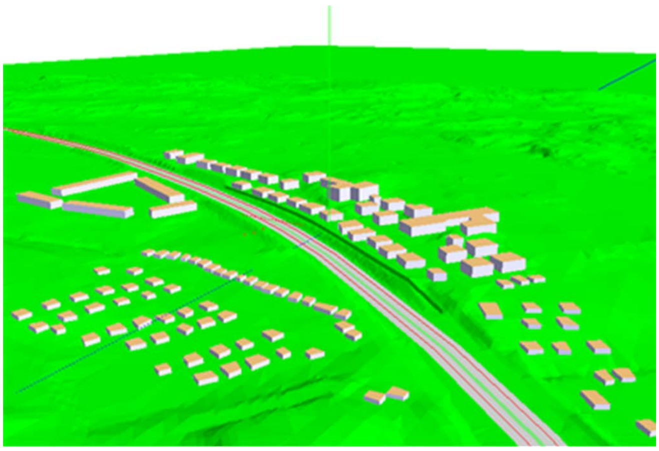
Taulukko 1. Esimerkkejä mallinnuksen perustehtävistä.

Tapaus	Lähde	Lähteen sijainti korkeudella (m)	Laskentakorkeus (m)	Tutkittava riippuvuus
1	Piste	10,0	10,0	Etäisyys
2	Piste	10,0	10,0	1-4 kpl lähteitä
3	Suora tie	0,0	2,0	Etäisyys
4	Suora tie	10,0	10,0	Etäisyys
5	Suora tie	0,0	2,0	Maa kova tai pehmeä
6	Suora tie	0,0	2,0	Meluseinä
7	Suora tie	0,0	2,0	Liikennevirta
8	Suora tie	0,0	2,0	Ajoneuvojen nopeus
9	Suora tie	0,0	2,0	Kasvillisuus

Tieliikennemelun mallintaminen lähiympäristössä

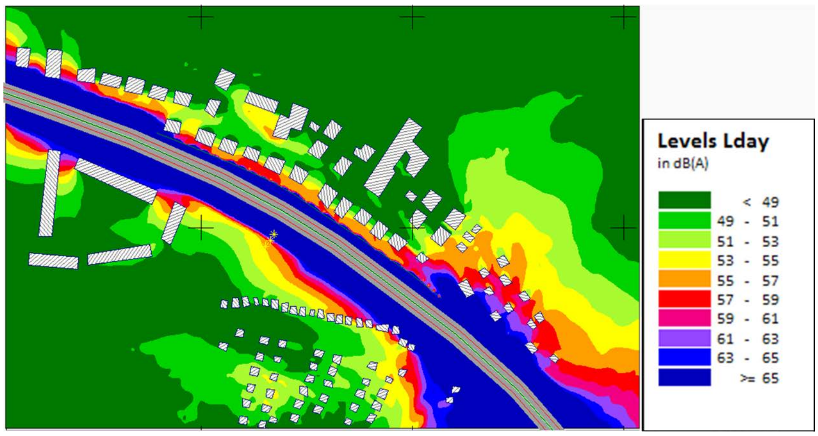
Vaativammassa tehtävässä tarkasteltiin tieliikennemelun leviämistä lähiympäristössä. Tavoitteena oli mallintaa useita muuttujia, kuten maanpinnan korkeus, rakennusten paikka ja korkeus, liikennevirta ja joitakin meluvalleja. Osa lähtötiedoista jäi karkeiksi arvioiksi. Paikan päällä käytiin tekemässä vertailumittauksia.

Kuvassa 1 on esitetty esimerkkinä mallinnuksen 3D-kuva, josta näkyy maasto, tie, rakennukset ja yksi lisätty melueste. Kokeellisten mittausten tarkistuspisteet olivat maavallin päällä ja takana.



Kuva 1. Mallinnetun alueen 3D-näkymä (Post, Pokka & Mattila 2013, 15).

Liikenneviraston liikennevirtatietoja käyttäen alueelle laskettiin kuvan 2 mukainen melukartta päiväajan keskitasolle.



Kuva 2. Mallinnetun esimerkkialueen melukartta (Post, Pokka & Mattila 2013,15).

Ilman epäpuhtauksien leviämismallinnus

Ilman epäpuhtauksien leviämismallinnuksessa oli käytettävissä SoundPLAN Air Pollution -ohjelman kaksi mallinnusmenetelmää Gauss ja Austal, joista jälkimmäinen on kehittyneempi ja myös vaativampi menetelmä. Kurssissa päädyttiin Gaussin malliin, koska se soveltui paremmin opiskelijalle mallinnuksen perusperiaatteiden oppimiseen.

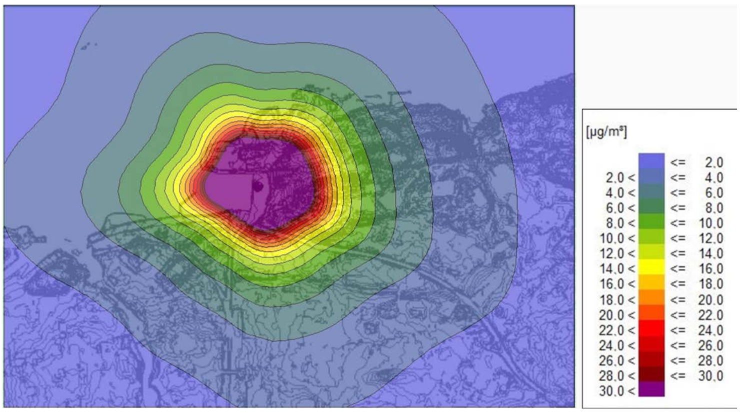
Mallinnusta sovellettiin todelliseen karttapohjaan, jossa sijaitsi yksi pistemäinen päästölähde eli savuhormilla varustettu voimalaitos. Mallinnukseen annettiin lähtötietona voimalaitoksen keskimääräiset vuosipäästöt. On huomattava, että Gaussin malli ei esimerkiksi ota huomioon ympärillä olevien rakennusten vaikutusta leviämiseen. Myöskään liikenteen päästömallinnus ei kuulu kyseisen Gaussin mallinnusmenetelmän ominaisuuksiin.

Oppimistehtävissä kahden hengen ryhmät saivat valita tarkastelun kohteeksi joko PM10- tai NOx-päästöt. Lisäksi oli valittavissa erilaisia virtuaalisia tilanteita, joissa esimerkiksi tuulen suuntaa tai savupiipun pituutta muutettiin. Raportissa tuli esittää johtopäätöksiä ja kriittisiä arvioita mallinnuksen käytöstä sekä sen soveltuvuudesta päästöjen leviämisen kuvaamiseen todellisissa tilanteissa.

Kuvassa 3 (a) on esimerkkinä mallinnustehtävä, jossa voimalaitoksen PM10-hiukkaspäästöjen leviämistä arvioitiin päästölähteen eli savupiipun päästä mitattuna viiden metrin korkeudelta. Kuva 3 (b) esittää, miten hiukkaset leviävät maanpinnan yläpuolella kahden metrin korkeudella.

(a)

(b)



Kuva 3. Pistemäisen päästölähteen keskimääräinen PM10 hiukkasten leviäminen eri korkeuksilla: (a) 5 m savuhormin yläpuolelta, (b) 2 m korkeudelta maanpinnasta (Post, Pokka & Mattila 2013, 10–11).

Kokemukset

Oppimistilanteen suunnittelussa pyrittiin saamaan esille seuraavia mallinnuksen etuja:

- Mallin kanssa työskentely on opiskelijaa aktivoivaa.
- Mallinnus auttaa monimutkaisten tilanteiden simuloinnissa, joissa laskentakaavat olisivat monimutkaisia. Tällöin vähemmänkin matemaattisesti suuntautuneet onnistuvat tutkimaan tilanteita.
- Voidaan toteuttaa myös yksinkertaisia perusfysiikan tilanteita, verrata teoriaan, havainnollistaa ja lisätä muuttujia vähitellen. Opiskelija saa oikein valittujen tilanteiden avulla käsityksen eri muuttujien vaikutuksien suuruusluokista.
- On mahdollisuus käyttää eri maiden standardeja ja ajan tasalla olevia menetelmiä.
- Opiskelija huomaa työskentelynsä kautta sen, että vaikuttavat muuttujat ja tarvittavat lähtötiedot ovat moninaiset.

Yhteenvetona palautteista ilmeni innostuneisuutta, mutta myös pientä tuskastumista ohjelmiston vaativuuteen:

- Itsenäisesti toimiva opiskelija innostuu 3D-mallin rakentamisesta, tietojen hakemisesta ja saa onnistumisen elämyksiä.
- Työelämän työkalun oppimista arvostettiin.
- Vaatii hyvää tietokoneen käyttötaitoa, kärsivällisyyttä ja paneutuvaa ohjelman käyttöä.

- Pelimäinen vastauksien ajattelematon klikkailu voi johtaa eksyksiin tai mahdottomiin laskentatilanteisiin, joihin ohjelmistossa ei välttämättä ole varauduttu. Kärsimätön käyttäjä voi tuskastua.
- Kun vastaus oli saatu, vertailutiedon hakeminen teoriasta tai muista lähteistä saattoi olla ns. ”pakkopullaa”.
- Mallintaminen voi olla työläämpää kuin pelkällä teoriatentillä suorittaminen.

Kaiken kaikkiaan kokeilu oli rohkaiseva. Pisimmälle toteutuneet mallinnukset olivat käytettyyn aikaan nähden laadukkaita. Seuraavissa toteutuksissa huomiota on kiinnitettävä enemmän perustehtävien liittämiseen teoriaan, jotta päästäisiin paremmin sisälle mallin laskentaperiaatteisiin. Myös mallien rajoitusten esille tuominen on tärkeää.

Tietokoneen käyttötaidoistakin johtuen käyttäjät pääsevät eri tasoille ohjelman soveltamisessa. Arviointia voidaan kehittää suuntaan, jossa tarjotaan erilaisia tehtäviä eri arvosanatavoitteisiin nähden.

Kokeilussa perustehtävät jäivät joillakin liikennemallinnuksen varjoon ja viimeiseksi. Opintojakson ajoitusta voidaan kehittää siten, että teoria, mittaukset ja mallinnukset limittyvät sopivammin ajallisesti toisiinsa, jolloin eri osa-alueilta saatavat tulokset tukisivat paremmin oppimista.

Air Pollution -kurssin toteutuksessa oli valittavissa vaihtoehtona myös kenttämittausten osuus, jossa opiskelijan valitseman alueen hiukkaspitoisuuksia mitattiin kannettavalla mittalaitteella. Näistä mittauksista tehtiin myös leviämistä kuvaava värikartta. Tulevaisuudessa pyritään paremmin yhdistämään mallinnus ja reaalimittaukset, jolloin menetelmien kriittinen vertailu tulisi kurssissa paremmin esille.

Lähteet

Salmela, A. 2013 Osayleiskaavatasoinen meluselvitys ja siihen liittyvät epävarmuustekijät. Opinnäytetyö, Tampereen ammattikorkeakoulu.

Hilla-Lukkarinen, M. 2009. Pienhiukkasten lukumääräpitoisuus ja terveysvaikutukset (aktiivinen pinta-ala) vuosina 2005–2008 Tampereen keskustassa. Tampereen kaupunki, Ympäristönsuojelun julkaisuja 3/2009.

Post, O.,Pokka, L.,Mattila, A-M. 2013. Measurement and Modeling of Road Traffic Noise. Harjoitustyö, Tampereen ammattikorkeakoulu.

Post, O.,Pokka, L.,Mattila, A-M. 2013. Emission modeling PM10. Harjoitustyö, Tampereen ammattikorkeakoulu.

Laskennallinen älykkyys

Cimmo Nurmi, FT, vararehtori/TKIY, Satakunnan ammattikorkeakoulu
cimmo.nurmi@samk.fi

Satakunnan ammattikorkeakoulussa on Suomen johtava laskennallisen älykkyyden tutkimusryhmä, joka on tehnyt useita vuosia tuloksellista yhteistyötä yritysten kanssa. Tutkimusryhmän saavuttamat tieteelliset tulokset ovat kansainvälisesti arvostettuja.

Laskennallisella älykkyydellä (computational intelligence) tarkoitetaan luonnosta inspiraationsa saaneita laskennallisia menetelmiä, joilla pyritään ratkaisemaan erittäin monimutkaisia käytännön ongelmia esimerkkinä kansainvälisen lentoliikenteen järjestelyt. Nämä menetelmät sisältävät yleensä keinotekoista oppimista (artificial learning), jonka idea on saatu niiden biologisesta vastinparista. Esimerkkejä tällaisista menetelmistä ovat neuroverkot (neural networks) (Hecht-Nielsen 1990), sumea logiikka (fuzzy logic) (Novák ym. 1999), geneettiset algoritmit (genetic algorithms) (Goldberg 1989), muurahaisalgoritmit (ant algorithms) (Colorni ym. 1991) ja harmoninen etsintä (harmony search) (Geem ym. 2001).

Laskennallisen älykkyyden menetelmät ovat erityisen käyttökelpoisia vaativien kombinatoristen ja operaatioanalyyttisten optimointiongelmien ratkaisemisessa. Esimerkkejä tällaisista optimointikohteista ovat

- työvoiman hallinta
- tuotantolinjat
- tuotantoprosessit
- kuljetukset
- pakkaaminen
- varastonhallinta
- lukujärjestykset
- ammattilaisliigojen sarjaohjelmat.

Nämä optimointikohteet ovat viimeisen kymmenen vuoden aikana saaneet paljon huippututkijoiden huomiota. Merkittävin syy tähän on se, että mainittujen optimointikohteiden manuaalinen tai Excel-pohjainen ratkaiseminen on tullut käytännössä mahdottomaksi, mikäli halutaan löytää hyviä ratkaisuja. Välttämätön perusta laskennallisen älykkyyden käytölle on ollut tietokoneiden kehittyminen riittävän tehokkaiksi, jotta ne kykenevät tekemään monimutkaisia ja aikaa vieviä matemaattisia laskutoimituksia käytännön sovelluksille hyväksyttävässä ajassa.

Matematiikan, fysiikan ja kemian opettajien huomio kiinnittynee ensin lukujärjestysten optimointiin (Nurmi and Kyngäs 2007). Eli miten tehdään automaattisesti optimaalisia lukujärjestyksiä nappia painamalla. Optimaalinen voisi tarkoittaa esimerkiksi, että

- opiskelijat pääsevät valitsemilleen kursseille
- tiloja käytetään tehokkaasti
- opettajien työaikatoiveet on huomioitu.

Joitakin lukijoita kiinnostanee ammattilaisliigojen sarjaohjelmien optimointi (Kyngäs ym. 2014). Kyseessä on siis tehtävä, jossa pitää määritellä, mikä joukkue pelaa mitäkin joukkuetta vastaan minäkin päivänä ja kumpi joukkueista pelaa kotona. Sarjaohjelman optimoinnissa pitää huomioida muun muassa seuraavia asioita:

- Pelien katsojamäärät tulee maksimoida.
- Peräkkäisten kotipelien määrä tulee minimoida.
- Jotkut joukkueet haluavat pelata kotipelinsä mieluummin arkisin yritysmyynnin näkökulmasta.
- Samojen joukkueiden tulisi kohdata toisensa suhteellisen tasaisesti läpi kauden.
- Jäähallit ovat usein muussa käytössä eli kotipelejä ei voi pelata tiettyinä aikoina.

Joku saattaa ihmetellä, miten jääkiekon sarjaohjelman tekeminen voi olla niin vaikeaa. SM-liigassa on yhteensä neljätoista joukkuetta, joille voidaan tehdä 10 miljardia miljardia miljardia (10^{27}) erilaista single round robin (jokainen jokaista vastaan kerran) -sarjaohjelmaa. Maailman tehokkaimmalla supertietokoneella menisi näistä parhaan vaihtoehdon valitsemiseen miljoonia vuosia, ja SM-liigassa pelataankin jokainen jokaista vastaan neljä kertaa plus vielä kasa lisäpelejä, jolloin ongelman vaikeustaso nousee dramaattisesti. Vaikka jokaisella maailmankaikkeuden protonilla olisi supertietokone käytettävissä, niin parasta sarjaohjelmaa ei olisi löytynyt ensimmäisen ihmisen syntymästä laskettuna.Tämäkään ei vielä riitä, sillä SM-liigalla ja joukkueiden toimitusjohtajilla on kymmeniä ja taas kymmeniä erilaisia toiveita sarjaohjelmaan liittyen. Lukijoita kiinnostanee myös tietää, että eräs amerikkalainen tutkijakollegamme voitti avoimen kilpailun USA:n baseball-liigan sarjaohjelman tekemisestä ja sai vaivanpalkaksi lähemmäs seitsennumeroisen määrän dollareita.

Kyseessä on siis mahdoton tehtävä. Ongelmaa ei voi ratkaista optimaalisesti, joten sen ratkaisemiseksi täytyy käyttää laskennallista älykkyyttä. SAMKin tutkimusryhmä on kehittänyt PEAST-algoritmin (Kyngäs ym. 2013), jolla voidaan ratkaista kaikkia edellä mainittuja optimointiongelmia. Sitä käytetään esimerkiksi jääkiekon SM-liigan sarjaohjelman tekemiseen sekä Helsingin bussiliikenteen työvuorojen optimointiin. PEAST-algoritmi käyttää hyväkseen aiemmin mainittuja luonnon keinotekoisen oppimisen menetelmiä: miten luonnonvalinta suosii vahvoja yksilöitä, miten muurahaiset löytävät yhteisen lyhimmän polun ja miten kalojen liikkuminen parvissa tapahtuu.

Yhtenä laskennallisen älykkyyden sovellusalueena mainittu työvoiman hallinta (Nurmi ym. 2013) liittyy olennaisesti tulevaisuuden työhön, jolle on ominaista joustavuus, ketteryys ja pirstaleisuus. Ihmisten elämäntilanteet vaihtelevat ja heidän mahdollisuutensa ja toiveensa työskennellä vaihtelevan mittaisina työjaksoina ja työaikoina ovat jo nykypäivää. Suurissa henkilöstövaltaisissa organisaatioissa on operatiivisen työvoiman hallintaprosessissa usein suuria puutteita, jolloin kustannustehokkuuden saavuttaminen nykyvälineillä on lähes mahdotonta. Esimerkkejä tällaisista puutteista ovat tulevaisuuden työvoimatarpeiden huono ennakointi, jatkuva yli/aliresursointi, työvuorosuunnittelun haasteellisuus ja siitä johtuva tehottomuus, riittämätön työntekijöiden toiveiden huomiointi ja mahdollisesti epäyhdenmukainen kohtelu, päivittäisen töiden järjestelyn kontrolloimattomuus ja tehottomuus, TES-tulkintojen mahdollisuuksien hyödyntämättä jättäminen sekä johdon reaaliaikaisten työvälineiden puuttuminen.

Liikkuvan työn optimointi on aivan viime aikoina noussut sekä akateemisessa maailmassa teoreettisena kohteena että yritysten käytännön kehittämiskohteena merkittäväksi sovellusalueeksi. Liikkuvassa työssä työntekijät käyvät asiakkaiden luona suorittamassa tehtäviä ja tavoitteena on muodostaa samaan aikaan sekä kustannustehokkaat että työntekijöiden ja asiakkaiden kannalta sopivat työvuorot, joissa liikkumiseen kuluva aika on minimoitu. Esimerkkejä tällaisesta työstä ovat kotihoitopalvelut, siivouspalvelut, vartiointipalvelut, asennuspalvelut, sanomalehtien jakelu ja jätehuolto.

Työvoiman hallinnan optimoinnilla on mahdollista saavuttaa keskimäärin 5 prosentin kustannussäästöt verrattuna manuaaliseen työvoiman hallintaan. Lisäksi työntekijöiden toiveiden parempi huomioiminen ja tasapuolinen kohtelu voivat vähentää sairauspoissaoloja yhden prosenttiyksikön verran eli toimialasta riippuen jopa 25 prosenttia.

Lähteet

Colorni, A., Dorigo, M. & Maniezzo, V. 1991. Distributed optimization by ant colonies. Proceedings of the first European conference on artificial life. Vol. 142.

Geem, ZW., Kim, JH. & Loganathan, GV. 2001. A New Heuristic Optimization Algorithm: Harmony Search. Simulation.
Goldberg, D.E. 1989. Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning. Kluwer Academic Publishers.
Hecht-Nielsen, R. 1990. Neurocomputing, Addison Wesley.

Kyngäs, N., Nurmi, K. & Kyngäs, J. 2013. Crucial Components of the PEAST Algorithm in Solving Real-World Scheduling Problems. Journal of Lecture Notes on Software Engineering. Vol.1(3).

Kyngäs, N., Nurmi, K. & Kyngäs, J. 2014. Scheduling the Highly Constrained Finnish Major Ice Hockey League. Lecture Notes in Engineering and Computer Science: Proceedings of the International MultiConference of Engineers and Computer Scientists, Hong Kong.

Novák, V., Perfilieva, I. & Močkoř, J. 1999. Mathematical principles of fuzzy logic. The Springer International Series in Engineering and Computer Science. Vol. 517.

Nurmi, K. & Kyngäs, J. 2007. A Framework for School Timetabling Problem. In Proceedings of the 3rd Multidisciplinary Int. Scheduling Conference: Theory and Applications (MISTA), Paris, France.

Nurmi, K., Kyngäs, J & Kyngäs, N. 2013. Solving real-world workforce scheduling problems. In Proceedings of the 3rd World Conference on Innovation and Computer Sciences (INSODE), Antalya, Turkey.

A Visual Method in Teaching Pythagorean Triples

Mikael Lumme, PhD, Senior Lecturer, Satakunta University of Applied Sciences

Abstract: A visual method is introduced to describe Pythagorean triples. This facilitates learning the basics as well as constructing the triples. Some of the known properties of both primitive and non-primitive Pythagorean triples become obvious almost without proofing. For a student this is both time saving and helpful in understanding the concepts.

Introduction

A Pythagorean triple consists of three positive integers a, b, and c, such that $a^2 + b^2 = c^2$, and is commonly written as (a, b, c). A great number of results regarding the triples are known as well as methods for generating the triples. If (a, b, c) is a triple, so is also $(ha, hb, hc) = h(a, b, c)$ where h is any positive integer. This is why most interest lies on primitive triples, i.e., triples where a, b, and c are coprime.

A simple way to visualize a triple is to use squares. In Figure 1 is shown one example: the Pythagorean triple (3, 4, 5).

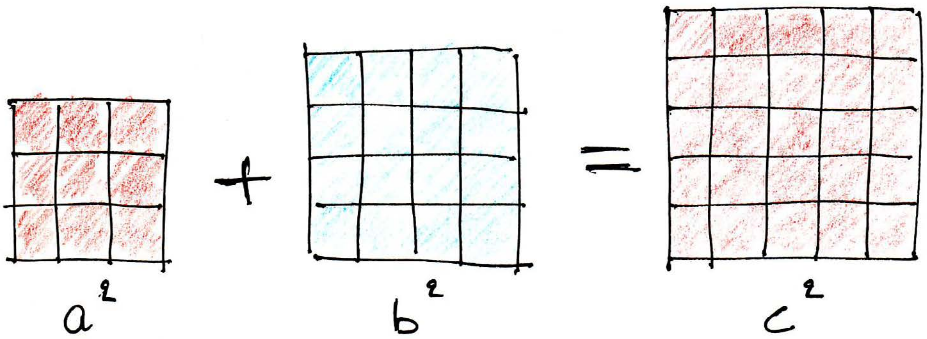


Fig. 1. Visual presentation of the Pythagorean triple (3, 4, 5).

The square c^2 can be presented in two ways. Figure 2 shows how the square a^2 is converted into a "shell" with the thickness of d. The square b^2 fits in this shell. In the last picture on the right b^2 has a shell form and a^2 is in this shell.

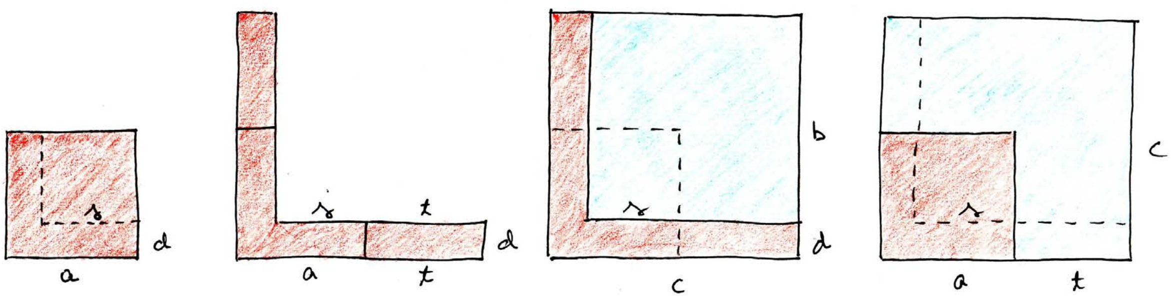


Fig. 2. Pythagorean triple (a, b, c) = (85, 132, 157). Here d = 25, t = 72 and s = 60.

In Figure 2 a = 85 = 5·17. From the shell form it is easy to see that the shell thickness d divides evenly a^2 giving the only possible values for d to be 1, 5, 17, or 25. Also d = 85 divides a^2 but in that case s = 0.

Once a and d are selected, everything else can be calculated as follows:
$a = 85$
$d = 25$
$s = a - d = 60$
$t = s^2 / (2d) = 72$
$b = s + t = 132$
$c = b + d = 157$ or $c = a + t = 157$

Both a and b are not odd numbers

We now deduct one well known feature of primary Pythagorean triples, i.e., a is odd and b is even, or vice versa. Let us first assume that a and b are both odd. This leads to c being even and both $d = c - b$ and $t = c - a$ being odd. From Figure 2 we can see that $s^2 = 2dt$. Now s is even and so 4 divides s^2 and thus 2 divides the odd product dt which is impossible.

We can now conclude that for all primary Pythagorean triples a and c are odd and b is even.

Triples constructed based on a prime odd a

From Figure 2 we can see that the problem of finding a Pythagorean triple can be replaced by the problem of converting a square into a shell. The question is now: given any number a, is there a shell with the area a^2? In order to cover all possible situations we will start by answering the question step by step.

Let first a be an odd prime number. Now a^2 is odd and thus $a^2 - 1$ is even. The square a^2 can be presented as a shell where the thickness is $d = 1$ and the length of the legs is $b = (a^2 - 1) / 2$. This is illustrated in Figure 3 for $a = 5$.

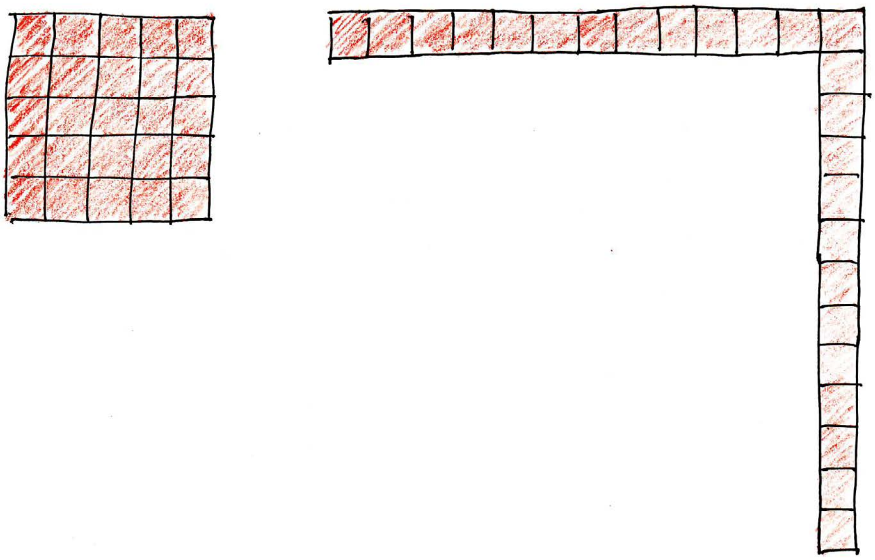


Fig 3.The square $a^2 = 5^2$ and the shell $a^2 = 1 + 2 \cdot 12 \cdot 1$.

If the shell thickness d is greater than one, then the shell can be represented as $a^2 = d^2 + 2bd$, where b is the length of the legs. However, now $a^2 = d(d + 2b)$ which is impossible since a is a prime number. The conclusion is that, for any odd prime number a, there is exactly one Pythagorean triple (a, b, c) where $b = (a^2 - 1)/2$ and $c = b + 1$.

Triples constructed based on a non-prime odd *a*

Let then a be a product of two odd prime numbers $a = p_1 p_2$, where $p_1 < p_2$. The shell thickness d divides a^2 and it is clear that $d < a$. This gives the following four possibilities for d: 1, p_1, p_2 and p_1^2. From Figure 2 we see that $a^2 = d^2 + 2bd$ which gives

(1) $b = (a^2 - d^2)/(2d) = (a^2/d - d)/2$.

All Pythagorean triples for $a = 3 \cdot 5 = 15$ are shown in Table 1.

Table 1. Pythagorean triples for a = 15.

d	b	c	(a, b, c)
1	112	113	(15, 112, 113)
3	36	39	(15, 36, 39) = 3·(5, 12, 13)
5	20	25	(15, 20, 25) = 5·(3, 4, 5)
9	8	17	(15, 8, 17)

The table shows that in the cases where d is not a square, the triples are not primitive. This is a general result. Let now a be a product of odd prime numbers

(2) $a = p_1^{k_1} \cdot p_2^{k_2} \cdot \ldots \cdot p_n^{k_n}$.

Since $d \mid a^2$ we can write

(3) $d = p_1^{l_1} \cdot p_2^{l_2} \cdot \ldots \cdot p_n^{l_n}$, where $0 \le l_i \le 2k_i$

If there is one l_i such that $0 < l_i < 2k_i$ then both a^2/d and d on the right side of equation (1) can be divided by p_i which means that also b can be divided by p_i and a and b are not coprime.

We may now conclude that for any odd number a there is one or more primary Pythagorean triples. If the number a is presented by equation (2), then the shell thickness is given by equation (3) where each l_i is either 0 or $2k_i$. For both primary and non-primary triples, b and c are as follows:

(4) $b = (a^2 - d^2)/(2d)$ and $c = (a^2 + d^2)/(2d)$.

Conclusions

Any odd number a can be used to construct a primitive Pythagorean triple (a, b, c). The trivial way to do this is to select the shell thickness $d = 1$ leading to $b = (a^2 - 1) / 2$ and $c = b + 1$. For non-prime numbers there are more than one primitive Pythagorean triples. In order to find them all, the values of the thickness d presented by equation (3) and with the restriction that l_i is either 0 or $2k_i$ must be calculated bearing in mind that $d < a$. The triple can be constructed by using equation (4).

All primitive Pythagorean triples can be found by this method. However, a question remains: For any even number b, is there a primitive triple? The answer to this question will be given later.

Talousveden ja materiaalien vuorovaikutukset

Riika Mäkinen, FT, erikoistutkija, Satakunnan ammattikorkeakoulu/Vesi-Instituutti WANDER
riika.makinen@samk.fi

Merja Ahonen, FT, erikoistutkija, Satakunnan ammattikorkeakoulu/Vesi-Instituutti WANDER
merja.ahonen@samk.fi

Talousvesi on kosketuksissa useiden erilaisten materiaalien kanssa kulkiessaan vesilaitokselta kuluttajalle. Vesi ja materiaalit ovat keskenään vuorovaikutuksessa, jonka seurauksena veden laatu saattaa heiketä ja toisaalta vedellä saattaa olla epäedullisia vaikutuksia materiaaleihin. Verkostoon johdettavan veden ja verkostomateriaalien ominaisuudet sekä ilmiöt veden ja materiaalien kosketuspinnalla vaikuttavat kuluttajan saaman veden laatuun ja verkostomateriaalien käyttöikään.

Talousveden laatu

Hanasta tulevan talousveden laatuun vaikuttavat monet tekijät, kuten raakaveden laatu (pohja-, pinta-, tekopohjavesi), vedenkäsittely sekä ilmiöt jakelu- ja kiinteistöverkostoissa. Pintavettä käyttävät vesilaitokset käsittelevät ja desinfioivat verkostoon johdettavan veden. Pohjavesilaitoksilla veden käsittely on monesti kevyempää tai sitä ei tehdä lainkaan, samoin kuin kaivovettä käyttävissä kotitalouksissa.

Vesilaitokselta verkostoon johdettava talousvesi on Suomessa yleensä laadultaan hyvää. Matkalla laitokselta kuluttajalle talousvesi voi kuitenkin viipyä pitkiäkin aikoja jakeluverkostoissa ja kiinteistöjen putkissa, jossa se on jatkuvassa monimutkaisessa vuorovaikutuksessa verkostomateriaalien kanssa. Vuorovaikutus koostuu monista ilmiöistä, joita ovat muun muassa aineiden liukeneminen materiaaleista, materiaalien ikääntyminen ja korroosio, mikrobitoiminta biofilmeissä ja vedessä, aineiden tarttuminen pinnoille sekä saostumien kertyminen. Ilmiöiden reaktionopeuteen vaikuttavat monet fysikaaliset ja kemialliset tekijät kuten veden virtaus ja viipymä, lämpötila sekä vedessä olevien yhdisteiden pitoisuus. Vuorovaikutusilmiöiden seurauksena veden terveydellinen ja esteettinen käytettävyys sekä verkostomateriaalien kestävyys voivat heikentyä.

Kuva 1. Suomessa kuluttajat nauttivat yleensä hyvälaatuisesta talousvedestä.

Suomessa ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laatua säätelee sosiaali- ja terveysministeriön asetus 461/2000 talousveden laatuvaatimuksista ja valvontatutkimuksista (Sosiaali- ja terveysministeriö 2000), joka pohjautuu Euroopan Neuvoston direktiiviin 98/83/EY (Euroopan unionin neuvosto 1998). Talousvesiasetuksen mukaan vesi ei saa aiheuttaa haitallista syöpymistä tai haitallisten saostumien syntymistä vesijohdoissa ja vedenkäyttölaitteissa. Asetuksessa ei ole kuitenkaan määritelty, mitä on syövyttävä vesi. Käytetyistä materiaaleista ei saa asetuksen mukaan liueta veteen epäpuhtauksia niin paljon, että se vaarantaa asetuksen mukaisten talousveden laatuvaatimusten täyttymisen.

EU:ssa ollaan valmistelemassa tuotehyväksyntämenettelyä, joka tulee koskemaan uusiin järjestelmiin asennettavia, juomaveden kanssa kosketuksissa olevia rakennustuotteita (materiaaleja). Tulevan tuotehyväksynnän tavoitteina on rakennustuotteiden turvallisuus elinikäisessä käytössä ja toisaalta kaupan esteiden purkaminen ja vapaan kilpailun edistämien. Valmistelutyö on luonut tarpeen suomalaiselle materiaali- ja veden laatutiedolle, jota kattamaan Satakunnan ammattikorkeakoulun Vesi-Instituutti WANDERissa on tehty kaksi selvitystä suomalaisen talousveden laadusta (Keinänen-Toivola ym. 2007, Ahonen ym. 2008) sekä selvitykset verkostomateriaaleista (Kekki ym. 2007) ja niiden vaurioista (Kekki ym. 2008).

Biofilmit

Biofilmejä muodostuu mikrobitoiminnan seurauksena kaikille pinnoille, myös vesijohtoverkostojen pinnoille. Biofilmien mikrobit hyödyntävät ravinteita virtaavasta vedestä ja materiaalista, johon ne ovat kiinnittyneinä. Vaikka talousvesi puhdistetaan ja desinfioidaan vedenkäsittelylaitoksella, on verkostossa aina mikrobeja, jotka muodostavat nopeasti biofilmin kaikille talousveden kanssa kosketuksissa oleville materiaaleille.

Biofilmien muodostumisen edellytyksenä ovat mikrobit, orgaaniset ja epäorgaaniset ravinteet, lämpö, kiinnityspinta sekä vesi. Veden käsittelytekniikoilla ja verkoston olosuhteilla talousvesi pyritään tekemään mahdollisimman epäedulliseksi mikrobien kasvulle. Desinfioinnilla kuten kloorauksella, otsonoinnilla ja UV-säteilytyksellä pyritään tuhoamaan talousvedessä elävät mikrobit. Verkostoissa mikrobien kasvuun vaikuttavat lämpötila ja virtausolosuhteet. Biofilmien kasvun ehkäisemiseksi kylmän veden tulisi olla mahdollisimman kylmää (<20 ºC) ja lämpimän veden mahdollisimman lämmintä (>55 ºC). Lisäksi on viitteitä siitä, että tietyt materiaalit kuten kupari ja ruostumaton teräs (molybdeeni) estävät mikrobien kasvua.

Kuva 2. Biofilmiä putkessa.

Talousveden biofilmien mikrobisto koostuu pääosin terveydelle haitattomista heterotrofisista bakteereista, jotka ovat sopeutuneet vallitseviin mataliin lämpötiloihin ja ravinnetasoihin. Biofilmeillä on kuitenkin suuri merkitys ihmisen terveyden kannalta, koska biofilmeissä terveydelle haitalliset eli patogeeniset mikrobit ovat suojassa desinfiointikemikaaleilta. Paineiskujen seurauksena biofilmiä ja muita verkostojen saostumia voi irrota aiheuttaen veteen haju-, maku- ja värivirheitä. Mikrobit voivat käyttää materiaalista liukenevia aineita aineenvaihdunnassaan joko energianlähteenä (esim. rautabakteerit) tai välttämättöminä hivenaineina. Metallipinnoilla tapahtuva mikrobiologinen toiminta voi myös aiheuttaa korroosiota.

Talousveden ja verkostomateriaalien vuorovaikutus

Suomessa on nykyisin käytössä useita erilaisia vesijohtomateriaaleja sekä vedenjakeluverkostoissa että rakennusten vesijohtoverkostoissa. Melkein kaikkia materiaaleja, joita on joskus asennettu, on edelleen käytössä. Vesi-Instituutin selvityksen mukaan vesilaitosten jakeluverkostojen uudisrakennuksessa käytetyimmät putkimateriaalit ovat polyeteeni (HDPE), pallografiittirauta ja polyvinyylikloridi (PVC), myös teräsputkia asennetaan (Kekki ym. 2007). Asennettavat pallografiittirauta- ja teräsputket ovat yleensä sisäpuolelta sementtilaastilla pinnoitettuja. Kiinteistöjen uudisasennuksissa käytetyimmät putkimateriaalit ovat kupari, polyeteenit (PEX) ja monikerrosmuovi. Pinnoitteissa ja tiivisteissä käytetään muun muassa erilaisia muoveja ja kumeja.

Kaikista verkostomateriaaleista (metallit, sementtipohjaiset ja orgaaniset materiaalit), voi liueta veteen sen laatua muuttavia aineita. Liukenevat aineet saattavat vaikuttaa veden esteettisiin (haju, maku) ja terveydellisiin ominaisuuksiin sekä mikrobikasvuun verkostomateriaaleilla. Orgaanisista materiaaleista (muovit, kumit) voi liueta mikrobiravinteina hiiltä ja fosforia sekä erilaisia apuaineita, joita kaikkia ei tunneta. Sementtipohjaisista materiaaleista voi liueta kalkkia, joka nostaa veden pH:ta. Veden kanssa kosketuksissa olevan materiaalin pinta-alan laajuus ja reaktiivisuus sekä talousveden ominaisuudet vaikuttavat merkittävästi liukenevien aineiden määrään. Putkien pinnoilta liukeneminen voi olla hidasta, mutta irtoava kokonaismäärä voi olla suuri. Toisaalta tiivisteet voivat päästää lävitseen saastuneen maaperän kemikaaleja kymmeniäkin kertoja nopeammin kuin itse putkimateriaali.

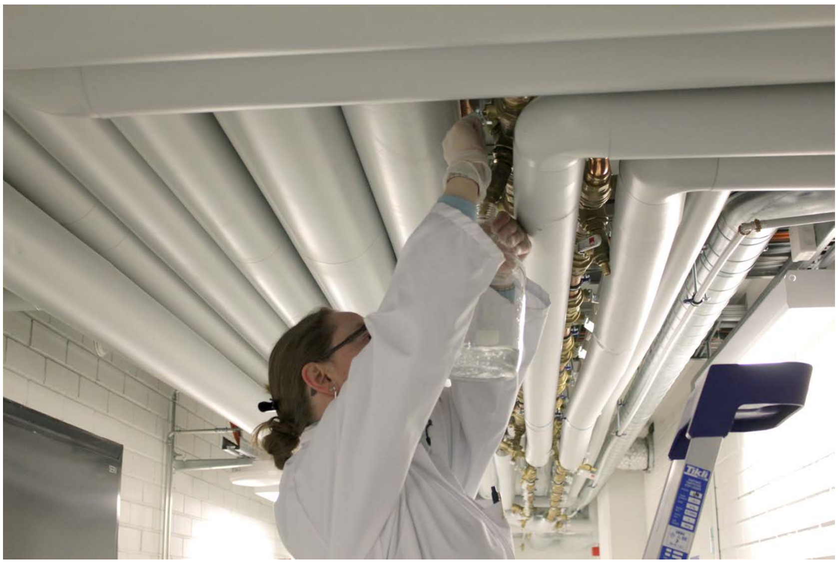
Veden syövyttävyyteen eli tekniseen laatuun vaikuttaviin tekijöihin kuuluvat pH, alkaliteetti, kovuus, kloridien ja sulfaattien pitoisuus, sähkönjohtavuus ja hiilidioksidi. Vesi-Instituutin vesijohtoverkostojen vaurioselvityksessä (Kekki ym. 2008) määritettiin kirjallisuuteen perustuen kaikkien verkostomateriaalien kestävyyden kannalta hyvälaatuisen veden suositusarvot: pH $\geq$7,5, kloridipitoisuus $<$100 mg/l, sulfaattipitoisuus $<$100 mg/l, alkaliteetti $>$1 mmol/l, kovuus $>$0,5 mmol/l ja vapaa hiilidioksidi $<$15 mg/l. Esitettyjä veden laadun suositusarvoja ei voi käyttää materiaalivalinnan perusteena, koska suositusten ulkopuolelle jäävä vesi ei ole kaikissa tilanteissa syövyttävää.

Teknologiatalo Sytytin Raumalla

Raumalle maaliskuussa 2011 valmistuneeseen Teknologiatalo Sytyttimeen on rakennettu ainutlaatuinen tutkimuskäyttöön soveltuva täyden mittakaavan kiinteistön vesijohtoverkosto kylmälle ja lämpimälle vedelle. Tutkimusverkosto on osa talon omaa normaalia verkostoa ja se on SAMKin Vesi-Instituutti WANDERin tutkimustoiminnan kivijalka. Tutkimusverkosto koostuu kupari-, PEX- ja monikerros- eli komposiittiputkista. Verkostoon on asennettu normaaliin kiinteistön vesiverkostoon nähden ylimääräisiä näytteenottohanoja, jatkuvatoimisia ja etäluettavia vesimittareita sekä putkikeräimiä. Nämä lisäasennukset mahdollistavat materiaalien vertailun ja vesinäytteiden ottamisen. Lisäksi Sytyttimessä Vesi-Instituutin tiloissa on toteutettu sisäympäristön hygienian tutkimusta myös sisäilman ja pintojen osalta. Sytyttimessä onkin toteutettu jo lukuisia talousveden, talousvesiverkoston ja sisäympäristön tutkimuksia, jotka ovat johtaneet useisiin julkaisuihin ja opinnäytetöihin. Esimerkiksi:

- Jenni Inkinen, Tuija Kaunisto, Anna Pursiainen, Ilkka T., Jaana Kusnetsov, Kalle Riihinen, Minna M. Keinänen-Toivola. 2013. Drinking water quality and formation of biofilms in an office building during its first year of operation, a full scale study. Water Research, Volume 49, 1 February 2014, Pages 83–91, ISSN 0043-1354. http://dx.doi.org/10.1016/j.watres.2013.11.013.
- Kaunisto T. Kiinteistöjen vesijärjestelmien riskienhallinta. Vesi-Instituutin raportteja 5. Vesi-Instituutti WANDER, Prizztech Oy. 42 s. http://www.samk.fi/download/27217_Kiinteisto_jen.pdf

- Ahonen M., Heinonen J., Inkinen J., Kleemola H., Kukka M. ja Mäkinen R. Kiinteistöjen hygieniakonsepti HYGTECH, Hankkeen loppuraportti. SAMKin julkaisusarja B. 2013/2014. https://www.theseus.fi/handle/10024/70248



Kuva 3. Näytteenotto Sytyttimen tutkimusverkostosta.

Talousveden ja verkostomateriaalien vuorovaikutus merkittävä terveydellisesti ja kansantaloudellisesti

Talousveden ja verkostomateriaalien välinen jatkuva vuorovaikutus on monimutkainen kokonaisuus, jonka kaikkia tekijöitä ei vielä tunneta riittävästi. Selvää kuitenkin on, että veden ominaisuudet vaikuttavat materiaalien liukenemiseen, kestävyyteen ja käyttöikään, ja materiaalit puolestaan veden terveydellisiin ja esteettisiin ominaisuuksiin. Verkostoissa käytettävien materiaalien valinnalla voidaan vaikuttaa käyttäjän hanasta tulevan veden laatuun. Toisaalta vedenkäsittelytekniikoiden avulla voidaan suunnata veden laatua siten, ettei verkostossa kulkeva vesi lyhentäisi käytettyjen materiaalien käyttöikää ja sitä kautta rasittaisi tarpeettomasti kansantaloutta.

Viitteet

Ahonen M. H., Kaunisto T., Mäkinen R., Hatakka T., Vesterbacka P., Zacheus O. & Keinänen-Toivola M. M. 2008. Suomalaisen talousveden laatu raakavedestä kuluttajan hanaan vuosina 1999–2007. Vesi-Instituutin julkaisuja 4, Vesi-Instituutti/Prizztech Oy.

Euroopan unionin neuvosto 1998. Neuvoston direktiivi 98/83/EY ihmisten käyttöön tarkoitetun veden laadusta. 98/83/EY.

Keinänen-Toivola M.M., Ahonen M.H. & Kaunisto T. 2007. Talousveden laatu Suomessa vuosina 1984–2006. Vesi-Instituutin julkaisuja 2. Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, Turku.

Kekki T. K., Kaunisto T., Keinänen-Toivola M. M. & Luntamo M. 2008. Vesijohtomateriaalien vauriot ja käyttöikä Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 3, Vesi-Instituutti/Prizztech Oy.

Kekki T.K., Keinänen-Toivola M.M., Kaunisto T. & Luntamo M. 2007. Talousveden kanssa kosketuksissa olevat verkostomateriaalit Suomessa. Vesi-Instituutin julkaisuja 1, Vesi-Instituutti/Prizztech Oy, Turku.

LIITE 1

(Artikkeli Tietotekniikan ja elektroniikan opiskelijoiden matemaattiset lähtötasotaidot Turun ammattikorkeakoulussa 1999–2013, Raija Tuohi)

Lähtötasotestin tehtävät

Nimi:________________________________

Merkitse nimesi paperin oikeaan yläkulmaan.
Kirjoita saamasi tulos tälle paperille kunkin tehtävän kohdalle. Lisää rasti tuloksen perään ruudukkoon ilmaisemaan, miten varma olet vastauksesi oikeellisuudesta (varmasti oikein = 3, epävarma = 2, hyvin epävarma, arvaus = 1).
Tehtävien suorituksen aikana saa esillä olla vain kirjoitusvälineet.

Sievennä seuraavat lausekkeet 1–9:

1. $|-6| + |+5| =$

1	2	3

2. $\dfrac{\frac{1}{3} - \frac{1}{7}}{4} =$

1	2	3

3. $\sqrt{3^2 + 4^2} =$

1	2	3

4. $\dfrac{2x+2}{5} - \dfrac{x+1}{5} =$

1	2	3

5. $a^2 - (a+1)^2 + 2a =$

1	2	3

6. $\dfrac{a^2 - b^2}{a-b} =$

1	2	3

7. $\sin\left(\dfrac{\pi}{2}\right) =$

1	2	3

8. $\sin^2 x + \cos^2 x =$

1	2	3

9. $\ln x^2 - 2\ln x =$

1	2	3

10. Järjestä pienimmästä suurimpaan murtoluvut $\frac{2}{7}, \frac{2}{6}, \frac{1}{7}, \frac{1}{6}$.

1	2	3

11. Ratkaise R kaavasta $U = E - IR$.

1	2	3

12. Ratkaise x yhtälöstä $x^2 - 2 = 0$.

1	2	3

13. Ratkaise x yhtälöstä $x^2 - 2x = 0$.

1	2	3

14. Alla on esitetty yhtälöt A, B, …, L.

Minkä yhtälön kuvaaja on

a) nouseva suora, joka leikkaa y-akselin kohdassa 5

1	2	3

b) alaspäin aukeava paraabeli

1	2	3

c) origokeskinen ympyrä, jonka säde on 5

1	2	3

A. $y = 2x + 5$
B. $y = -x + 5$
C. $y = 5 - 2x$
D. $y = 2 + 5x$
E. $y = 2x^2 + 5$
F. $y = -2x^2 + 5$
G. $y = x^2 - 2x + 5$
H. $y = x^2 - 5$
I. $x^2 + y^2 + 25 = 0$
J. $x^2 + y^2 - 5 = 0$
K. $x^2 - y^2 + 5 = 0$
L. $x^2 + y^2 - 25 = 0$

15. Määritä vektorin $6\vec{i} - 8\vec{j}$ pituus.

1	2	3

16. Laske $\vec{a}-\vec{b}$, kun $\vec{a}=2\vec{i}-3\vec{j}$ ja $\vec{b}=-5\vec{i}-2\vec{j}$.

1	2	3

17. Derivoi x:n suhteen x^3+2x-1 .

1	2	3

18. Määritä $\dfrac{dV}{dr}$, kun $V=\frac{4}{3}\pi r^3$.

1	2	3

19. Määritä $\int 2x\,dx$.

1	2	3

20. Määritä $\int_0^1 e^x\,dx$.

1	2	3

Saadaanko matemaattinen osaaminen paremmaksi tietoteknisin apuvälinein? Miltä toimintaelokuvien kohtaukset näyttävät fyysikon silmin? Miten huomioidaan lähtötasoiltaan ja motivaatioiltaan erilaiset opiskelijat? Millaisia laboratoriotehtäviä opiskelijat suunnittelevat itse itselleen? Miten opitaan ymmärtämään fysiikan peruslainalaisuuksia – tai miten tietokoneohjelmisto voi auttaa suunnittelevaa insinööriä valitsemaan tarvitsemansa materiaalin? Näiden asioiden lisäksi tässä vuoden 2014 Matematiikan, fysiikan ja kemian AMK-opettajapäivien julkaisussa puhutaan muun muassa hyvistä kokemuksista matemaattis-luonnontieteellisten aineiden yhdistämisestä tekniikan koulutusalakohtaisiin sekä viestinnän opintoihin, laskennallisesta älykkyydestä ja puhtaasta vedestä.

Julkaisua suositellaan matematiikan, fysiikan ja kemian opettajille, muille opetuksen, opetussuunnitelmien ja yhteistyön kehittäjille sekä monilta osin myös kiinnostuneille maallikoille.

samk

ISSN 1457-0718
ISBN 978-951-633-120-4 (painettu)
ISSN 2323-8372
ISBN 978-951-633-121-1 (verkkojulkaisu)