

Tutkimus noviisien olio-ohjelmien suoritusta koskevista mentaalisista malleista

Taina Tikansalo

12.6.2008

Joensuun yliopisto
Tietojenkäsittelytiede
Pro gradu -tutkielma

Tiivistelmä

Tässä pro gradu -tutkimuksessa tutkittiin ohjelmoinnin noviisiopiskelijoiden muodostamia mentaalisia malleja olio-ohjelmien suorittamisesta. Tutkimusta varten kerättiin ohjelmoinnin alkeiskurssilla olleiden opiskelijoiden piirtämiä ohjelmatilannepiirroksia Joensuun, Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistoista. Kolmen henkilön muodostama työryhmä analysoi piirrokset erityisen analysointilomakkeen avulla sekä muodosti piirrosten pohjalta myös lisäkohtia, joita ilmeni piirroksissa, mutta joiden olemassaoloa ei osattu ennakoida ennen analysointia. Neljästä eri yliopistosta kerättyjen ohjelmatilannepiirrosten pohjalta tehty analyysi osoitti, että opiskelijoilla on hankaluuksia mieltää olio-ohjelmointi ja sen keskeiset käsitteet sekä ohjelmien suoritustapa niin hyvin kuin heidän tulisi osata alkeiskurssilla heille opettujen asioiden jälkeen. Opiskelijoiden muodostamat mielikuvat esimerkiksi viittauksista ja metodikutsuista paljastavat, etteivät he ole sisäistäneet olio-ohjelmoinnin tapaa toteuttaa asiat, vaan he järkeilevät toiminnot virheellisesti reaali maailman kautta.

ACM-luokat (ACM Computing Classification System, 1998 version): K.3.2, D.m

Avainsanat: olio-ohjelmointi, noviisiopiskelijat, mentaaliset mallit, visualisointi, ohjelmatilannepiirros

Esipuhe

Vaikka gradun kirjoittajan paikalla komeileekin vain yhden henkilön nimi, ei tämä työ olisi valmistunut ilman muiden ihmisten apua ja tukea. Haluankin kiittää kaikkia heitä, jotka ovat edistäneet työni valmistumista joko suoraan tai välillisesti.

Suurimmat kiitokset graduni valmistumisesta kuuluvat minua asiantuntevasti ohjanneelle professori Jorma Sajaniemelle sekä lehtori Marja Kuittiselle, jotka muodostivat kanssani piirroksia ahkerasti analysoineen työryhmän. Vaikka ohjelmatilannepiirrosten analysointityö olikin välillä hankalaa, ellei jopa raskasta, oli se samalla hyvin opettavaista ja antoisaa.

Kiitokset kuuluvat myös Joensuun, Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen ohjelmoinnin alkeiskurssien luennoitsijoille, jotka järjestivät piirrostilaisuudet ja toimitivat piirrokset analysoitaviksi. Kiitokset myös piirrostilaisuuksiin osallistuneille opiskelijoille, jotka tarjosivat monta mielenkiintoista ja haastavaakin piirrosta ihmeteltäväksi.

Kiitos lähipiirille, ystäville ja sukulaisille sekä Toivo ja Aili Rädyn rahastolle työni tukemisesta.

Sisältö

| | |
|--|-----------|
| 1 Johdanto | 1 |
| 2 Kirjallisuus | 5 |
| 2.1 Mentaalisten mallien tutkimustavoista | 5 |
| 2.2 Väärinymmärtäminen ja visualisointi | 6 |
| 2.3 Vastaavat tutkimukset | 7 |
| 3 Tutkimuksen esittely | 10 |
| 3.1 Osallistujat | 10 |
| 3.2 Tehtävät ja materiaalit | 11 |
| 3.3 Analysointimenetelmä | 12 |
| 3.3.1 Menettelytapa | 13 |
| 3.3.2 Analysointilomake | 14 |
| 3.3.3 Lisäkohdat | 16 |
| 3.4 Tulokset | 20 |
| 4 Tarkastelu | 30 |
| 4.1 Tulosten tulkinta | 30 |
| 4.1.1 Muoto | 30 |
| 4.1.2 Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa | 33 |
| 4.1.3 Lähestymistapa | 34 |
| 4.1.4 Virheet | 41 |
| 4.1.5 Sisältö | 45 |
| 4.1.6 Yleistulkinta | 77 |
| 4.2 Tutkimuksen validiteetista | 84 |
| 5 Yhteenveto | 88 |
| Viitteet | 90 |
| Liite 1: Analysointilomake | |

1 Johdanto

Ohjelmoinnin noviisiopiskelijoille opetettiin aikaisemmin ohjelmointia proseduraalisten kielten avulla, mutta nykyisin heidät tutustutetaan alkeisohjelmoinnin kursseilla suoraan olio-ohjelmointiin ja pääasiassa Javaan. Muutos on aiheuttanut ristiriitaisia tunteuksia, sillä vaikka siirtymä proseduraalisten kielten opettamisesta oliokielen opettamiseen on varsin luonnollinen ottaen huomioon teknologian jatkuva kehittyminen ja työelämän vaatimukset, aiheuttaa abstraktin olioajattelun opettaminen huomattavasti suurempia haasteita sekä opettajille että opiskelijoille konkreettisempiin proseduraalisiin kieliin verrattuna. Vaikka olio-ohjelmoinnin opettaminen jo heti ensimmäisistä kursseista lähtien mahdollistaakin opiskelijoille pidemmän kokemuspohjan olio-ohjelmoinnissa, saattavat jo alkeiskurssit olla joillekin opiskelijoille liian haastavia, sillä kaikilla opiskelijoilla ei ole välttämättä lainkaan kokemusta ohjelmoinnista ennen ohjelmoinnin alkeiskurssia.

Weir et al. (2005) ovat tuoneet esille eri maista olevien tutkijoiden havaitsemia olio-ohjelmoinnin oppimiseen ja opettamiseen liittyviä vaikeuksia. Eräs tällainen vaikeus on esimerkiksi se, että olio-ohjelmoinnin opettamisen tueksi on hankala löytää yhtä toimivia ja havainnollistavia esimerkkejä kuin proseduraalisten kielten opettamisessa. Olio-ohjelmoinnin huomattavasti korkeampi abstraktiotaso tekee sopivien esimerkkien laatimisesta hyvin hankalaa, ja esimerkiksi vastuun hajauttamisen opettaminen reaali-maailmasta tuttujen asioiden avulla johtaa vääriin oppimistuloksiin.

Vaikka olio-ohjelmoinnin opettamista jo alkeiskurssilla kritisoidaankin muun muassa sen hankalan opettamisen takia, ovat Madden ja Chambers (2002) tutkimuksessaan tulleet siihen tulokseen, ettei Java ole liian vaikea ensimmäiseksi ohjelmointikieleksi. He kysyivät mielipidettä asiasta yliopisto-opiskelijoilta, jotka olivat joko juuri suorittamassa tai vasta suorittaneet ensimmäisen Java-kurssinsa. Opiskelijoista osa oli opetellut aikaisemmin muun muassa C:tä, C++:aa tai Visual Basicia, ja osalla ei ollut ollenkaan ohjelmointikokemusta. Opiskelijoiden mielestä Javan opetteleminen ja kirjoittaminen ei ollut sen vaikeampaa kuin esimerkiksi C:n, C++:n ja Visual Basicin. Helppimmiksi Javasta opeteltaviksi asioiksi opiskelijat arvioivat itse syntaksin, metodit, taulukot ja merkkijonot, ja vaikeimmiksi säikeet, tiedostojen käsittelyt, poikkeukset ja olio-ohjelmoinnin, eli muun muassa perinnän ja polymorfismin. Opiskelijoista mel-

kein sama määrä arvioi olioiden määrittämisen ja käyttämisen opettelemisen helpoksi (30%) ja vaikeaksi (28%). Tästä tuloksesta Madden ja Chambers päättelivät, etteivät olioiden opettaminen jo heti kurssin alussa ja opetuksen oliokeskeisyys ole opiskelijoille liian vaikeita asioita ymmärtää, mutta on mahdollista, että johtopäätös ei ehkä ole vedenpitävä. Haastatelluista opiskelijoista osalla oli ohjelmointikokemusta, jonka perusteella ainakaan heillä ei olisi pitänyt olla suuria vaikeuksia opetella melkein mitä tahansa uutta ohjelmointikieltä. Javan helpoksi ja vaikeaksi arvioineiden opiskelijoiden osuudet erosivat vain kahden prosenttiyksikön verran, jolloin tulosten erot eivät olleet kovinkaan selkeät. Jotta Madden ja Chambers olisivat voineet tehdä varmemman johtopäätöksen siitä, ettei Java ole liian vaikea ensimmäiseksi ohjelmointikieleksi, olisi heidän ensinnäkin tullut haastatella sellaisia noviisiopiskelijoita, joilla ei olisi ollut lainkaan ohjelmointikokemusta ennen Java-kurssia, ja toiseksi, jotta saatujen tulosten pohjalta olisi voinut tehdä kunnollisia päätelmiä Javan helppouden puolesta, olisi Javan helpoksi mieltäneiden osuuden tullut olla todellakin suurempi kuin vaikeaksi mieltäneiden osuuden.

Muun muassa Clark et al. (1998) ja Cooper et al. (2003) ovat puolestaan osoittaneet oliokeskeisten käsitteiden, kuten luokkien, metodien ja olioiden, olevan olio-ohjelmoinnin opiskelijan kannalta keskeisimmät opeteltavat käsitteet. Madden ja Chambers (2002) muistuttavat, ettei olio-ohjelmoinnin opettaminen proseduraalisin keinoin ole suotavaa, sillä olioiden käyttäminen Javassa on väistämätöntä ja olioiden piilotusyritykset aiheuttavat hämmennystä ja tuskastumista, varsinkin heikoimpien opiskelijoiden keskuudessa.

Sajaniemi et al. (2007) mukaan olio-ohjelmoinnin noviisiopiskelijoilla on ohjelmien kirjoittamisen, ymmärtämisen ja testaamisen lisäksi hankaluuksia ymmärtää olio-ohjelmoinnin keskeisiä käsitteitä. Tämä perusasioiden ymmärtämättömyys voi aiheuttaa hyvinkin suuria ongelmia olio-ohjelmoinnin kunnollisessa oppimisessa (Clark et al., 1998; Cooper et al., 2003). Opiskelijoiden oppimista mitataan kurssien aikana tai niiden jälkeen järjestettävillä kokeilla, mutta niillä ei välttämättä saada selville, miten oppi on oikeasti mennyt perille ja millaiset asiat ovat olleet vaikeita ymmärtää. Kokeilla ei myöskään saada selville mahdollisia olio-ohjelmointiin liittyviä väärinkäsityksiä, joita opiskelijoilla saattaa olla, vaikka he onnistuisivatkin tuottamaan koetilanteessa halutunlaisen vastauksen. Naps et al. (2003) suosittelevat, että opiskelijoiden mentaa-

lisia malleja voisi tutkia pyytämällä heitä kirjoittamaan ohjelmakuvauksia, mutta se on liian raskas tapa kurssiarvosanojen selvittämiseksi.

Olio-ohjelmoinnin opettamisesta noviisiopiskelijoille löytyy runsaasti mielipiteitä ja perusteluita sekä puolesta että vastaan. On siis selvää, että aihe vaatii vielä lisää tutkimuksia, jotta olio-ohjelmoinnin opettamista voitaisiin kehittää parempaan suuntaan. Nykyisen alkeisopetuksen mahdollisesti aiheuttamat ongelmat opiskelijoiden oppimisessa olisi syytä minimoida tai poistaa kokonaan, jos olio-ohjelmoinnin opettamista noviisiopiskelijoille halutaan jatkaa ilman suurta ja osin myös aiheellistakin vastakriittikkä. Siksi olisikin tärkeää tutkia tarkemmin esimerkiksi sitä, miten nykyinen olio-ohjelmoinnin opetus vaikuttaa opiskelijoiden oppimiseen sekä mentaalisten mallien muodostumiseen ja kehittymiseen, jotta opetusta voitaisiin muuttaa toimivammaksi.

Tämä pro gradu -tutkimus keskittyy opiskelijoiden oppimisen selvittämiseen, sillä siinä tutkitaan noviisiopiskelijoiden muodostamia mentaalisia malleja olio-ohjelmien suorittamisesta. Tutkimuksessa hyödynnetään ohjelmakuvausten analysointimenetelmää, jonka perusideana on pyytää osallistujia laatimaan vapaamuotoinen kuvaus tai yhteenveto ohjelmakoodista, johon he ovat juuri tutustuneet (Byckling et al., 2004). Kun osallistujille ei anneta tarkkaa ohjetta ohjelmakuvauksen kirjoittamisesta, he kirjoittavat kuvauksen omien mieltymystensä mukaisesti, jolloin tuloksena saadaan paljon erilaisia kuvauksia. Myös ajan rajoittaminen vaikuttaa kuvauksiin, sillä osallistujat joutuvat aloittamaan niistä asioista, jotka heidän mielestään ovat tehtävässä keskeisiä. Näitä kuvauksia analysoimalla voidaan saada selville esimerkiksi osallistujien käyttämät mentaaliset mallit, joita he hyödyntävät ohjelmien toimintojen ymmärtämiseen. Menetelmän avulla saadaan vältettyä sellaiset ongelmat ja väärät tulokset, joita esiintyy yleensä kyllä-ei-väittämällä toteutetuissa kyselyissä, ja samalla vältetään luotettavien monivalintakysymysten suunnittelemisen vaikeudelta (Good ja Brna, 2004). Byckling et al. (2004) mukaan analysoinnissa tärkeintä ei ole kuvauksen oikeellisuus, vaan kuvauksessa käytetyt abstraktiotasot ja informaatiotyypit, joiden avulla osallistujien mentaaliset mallit voidaan saada selville.

Tutkimus suoritettiin Joensuun, Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen ohjelmoinnin alkeiskurssille osallistuneilla opiskelijoilla. Tutkimukseen osallistuneille opiskelijoille annettiin lyhyt ohjelmakoodi ja ohjeeksi piirtää kyseiseen ohjelmakoodiin merkityllä hetkellä olemassaolevat oliot ja metodit sekä niiden väliset suhteet.

Tässä tutkimuksessa osallistujia pyydettiin tuottamaan kuvaus ohjelman tilasta piirtämällä, kun Byckling et al. (2004) ja Good ja Brna (2004) tekemissä tutkimuksissa osallistujia pyydettiin kirjoittamaan koko ohjelmasta. Näin saaduista piirroksista analysoitiin niiden sisältämien asioiden, kuten olioiden, metodien, luokkien, attribuuttien ja muuttujien, esiintymät sekä näiden asioiden väliset suhteet. Analysoinnin aikana ei puututtu sen tarkemmin piirrosten oikeellisuuteen, ellei jokin virhe esiintynyt systemaattisesti useassa piirroksessa, jolloin kyseisen virheen esiintymät otettiin huomioon.

Tutkielman rakenne on seuraavanlainen: Luvussa 2 luodaan katsaus aiheeseen liittyvään kirjallisuuteen, luvussa 3 esitellään tutkimus, ja siitä saatuja tuloksia tarkastellaan luvussa 4. Lopuksi luvussa 5 on yhteenveto. Olio-ohjelmointiin ja Java-kieleen liittyvää käsitteistöä ei käsitellä erikseen, sillä niiden oletetaan kuuluvan tutkielman lukijan perustietoihin.

2 Kirjallisuus

Tässä luvussa on kerrottu aiheeseen liittyvästä kirjallisuudesta. Kohdassa 2.1 on kerrottu artikkeleista, jotka käsittelevät mentaalisten mallien tutkimustapoja, ja kohdassa 2.2 on esitelty artikkeleita, joissa on käsitelty väärinymmärtämistä ja visualisointia. Lopuksi kohdassa 2.3 on kerrottu muista tämän tutkimuksen aihealuetta käsittelevistä tutkimuksista.

2.1 Mentaalisten mallien tutkimustavoista

Ohjelmoinnin opiskelijoiden oppimista voidaan tutkia esimerkiksi tarkastelemalla heidän muodostamiaan mentaalisia malleja ohjelmoinnista ja sen keskeisistä käsitteistä. Pennington (1987) tutki noviisi- ja eksperttiohjelmoijien ohjelmanympärrystaitoja pyytämällä heitä tekemään muutoksia erään ohjelman koodiin. Tutustuttuaan koodiin osallistujia pyydettiin ensin kirjoittamaan kuvaus ohjelmasta ja sen toiminnasta, vastaamaan muutama ohjelman ymmärtämistä koskevaan kysymykseen sekä selittämään vastauksensa, jonka jälkeen he tekivät muutokset ohjelmakoodiin. Ohjelmaan vaaditut muutokset tehtyään osallistujat kirjoittivat uuden ohjelmakuvauksen sekä vastasivat toisiin ohjelman ymmärtämistä koskeviin kysymyksiin. Ohjelmakuvauksista ja vastauksista muodostettiin analyysit, ja yhdistämällä ne osallistujien ohjelmointikokemukseen Pennington saattoi tehdä päätelmiä noviisien ja eksperttien erilaisista tavoista ymmärtää ohjelmia.

Good (1999) muodosti Penningtonin menetelmän pohjalta oman ohjelmakuvausten analysointimenetelmän, jonka avulla ohjelmoijien mentaaliset mallit voidaan selvittää paremmin. Ohjelmakuvauksista analysoidaan niiden sisältämät informaatiotyypit ja viittaustavat, joiden pohjalta voidaan muodostaa päätelmiä noviisi- ja eksperttiohjelmoijien erilaisista ohjelmien ymmärrystavoista tutkimalla heidän käyttämiään abstraktiotasoja ohjelman eri asioiden kuvaamiseen. Byckling et al. (2004) arvioivat Goodin analysointimenetelmän toimivuutta kolmen arvioijan kesken samasta materiaalista. He löysivät menetelmästä vielä muutamia puutteita, joiden vuoksi analysoijien saamat tulokset erosivat toisistaan. Tulostensa perusteella Byckling et al. tarjosivat korjausehdotuksia Goodin menetelmään, jotta se palvelisi paremmin käyttötarkoitustaan.

Ma et al. (2007) tutkivat, kuinka kelvollisia mentaalisia malleja opiskelijoille kehitty ohjelmoinnin alkeiskurssin aikana arvojen ja viittausten sijoituksista. Opiskelijat täyttivät kyselylomakkeen, jossa heidän tuli vastata avoimeen kysymykseen, jossa he kuvailivat lyhyen ohjelman suoritusta, ja monivalintakysymyksiin, jossa he valitsivat oikean vaihtoehdon ohjelmien mahdollisista tuloksista. Ma et al. huomasivat että noin kolmasosalle opiskelijoista oli kehittynyt kurssin aikana epäkelvollisia mentaalisia malleja arvojen sijoittamisesta, ja vain 17%:lle opiskelijoista oli kehittynyt kelvollisia mentaalisia malleja viittausten sijoituksista. Verrattaessa tuloksia opiskelijoiden koemenestykseen Ma et al. huomasivat, että ne opiskelijat, joille oli muodostunut kelvollisia mentaalisia malleja, pärjäsivät kokeissa paremmin kuin ne, joille oli muodostunut epäkelvollisia mentaalisia malleja. Myöhemmissä tutkimuksissa Ma et al. (2008) ovat ehdottaneet muun muassa, että opiskelijoiden mentaalisten mallien parantamiseksi tulisi opetuksessa hyödyntää joko visualisointivälineitä tai opiskelijoiden mentaalisten mallien haastamista, jolloin he joutuvat kehittämään mallejaan itse toimivammiksi.

2.2 Väärinymmärtäminen ja visualisointi

Naps et al. (2003) toteavat artikkelissaan, että visualisointi auttaa opiskelijoita oppimaan asioita, mutta tutkimukset osoittavat, etteivät opettajat ole innokkaita ja kykeneväisiä hyödyntämään sitä opetuksessaan. Visualisoinnin on osoitettu parantavan opiskelijoiden oppimista, ja siksi sen käyttö opetuksessa olisikin suotavaa. Sekä visualisointivälineiden yleinen käyttö että opiskelijoiden hyvät oppimistulokset vaikuttaisivat Naps et al. mukaan siihen, että visualisoinnilla olisi mahdollista saavuttaa merkittäviä vaikutuksia ohjelmoinnin opettamisessa.

Sanders ja Thomas (2007) tutkivat noviisiopiskelijoiden kirjoittamia ohjelmia, ja poimivat niistä kirjallisuudessa listattuja olio-ohjelmoinnin keskeisiä käsitteitä ja väärinymmärryksiä. He myös kokosivat artikkeliinsa monesta eri lähteestä yleisimpiä opiskelijoiden tekemiä olio-ohjelmointiin liittyviä virheitä, jotta ohjelmoinnin opettajien olisi helpompi löytää nämä virheet opiskelijoiden ohjelmista. Väärinymmärrykset liittyivät muun muassa luokkien ja niiden instanssien välisiin sekaannuksiin, abstraktio-ongelmiin ja luuloon, että oliot ovat vain tiedon säilyttäjiä. Sanders ja Thomas huomasivat, että vaikka opiskelijoiden ohjelmat olivatkin toimivia, niistä löytyi siitä huo-

limatta lukuisia väärinymmärryksiä, joilla voi olla haittavaikutuksia monimutkaisempien ohjelmien suunnittelussa ja toteutuksessa.

Ragonis ja Ben-Ari (2005) tutkivat yläasteikäisten oppimista olio-ohjelmoinnin kursilla, jossa oppimisen apuvälineenä käytettiin BlueJ-ympäristöä. Vaikka oppilaat ymmärsivätkin kurssin päätteeksi olio-ohjelmoinnin peruskäsitteet, oli heille samalla ehtinyt muodostua lukuisia väärinymmärryksiä, jotka haittasivat heidän ymmärrystään kokonaisista Java-ohjelmista. BlueJ-ympäristö oli toiminut hyvänä apuna muun muassa olioiden ja `main`-metodin periaatteiden opettamisessa, mutta siirryttäessä varsinaisen ohjelman toiminnan opettamiseen, eli dynaamisiin asioihin, oli staattisen ympäristön käyttämisestä enemmän haittaa kuin hyötyä. Käyttämällä staattista ympäristöä oppilaat olivat oppineet olio-ohjelmoinnin peruskäsitteet, mutta siitä huolimatta he eivät ymmärtäneet, että olion tilan voi muuttaa, metodeita voi kutsua milloin vain ja kuinka monta kertaa tahansa ja että syötteiden vastaanottamiseen tarvitaan omat syöttölauseet. He eivät myöskään käsittäneet, mistä parametrit tulevat, minne palautusarvo menee ja kuinka ohjelman suoritus etenee. Ragonis ja Ben-Ari toteavatkin, että vaikka BlueJ onkin hyvä väline olio-ohjelmoinnin perusasioiden opettamiseen noviiseille, sen käyttämä staattinen ympäristö aiheuttaa ongelmia dynaamisten asioiden opettelemisessa, ja siksi opettamisessa tulisi käyttää hyväksi myös dynaamisia visualisointivälineitä.

2.3 Vastaavat tutkimukset

Tähän pro gradu -tutkimukseen liittyvistä aihepiireistä ovat tehneet tutkimusta muun muassa Teif ja Hazzan (2006), jotka tutkivat yläasteikäisten ymmärrystä luokista ja olioista kyselylomakkeiden, haastatteluiden, videonauhoitusten ja oppimispäiväkirjojen avulla. Kyselylomakkeen yksi osio käsitti piirtämistehtävän, jossa oppilaita pyydettiin ilmaisemaan olion ja luokan välinen suhde. Oppilaat myös saivat kertoa piirroksestaan myöhemmin järjestetyssä haastattelutilaisuudessa. Teif ja Hazzan huomasivat, että oppilaat sekoittivat luokan ja olion käsitteen muun muassa joukon ja osajoukon sekä kokonaisuuden ja osan käsitteisiin. Oppilaat saattoivat antaa esimerkin luokista ja olioista siten, että ”eläimet” oli luokka ja ”linnut” ja ”nisäkkäät” olivat sen olioita. He myös saattoivat esimerkiksi kuvata luokan ja olion piirroksessaan siten, että kissa kuvasi luokkaa ja kissan silmä oliota. Vaikka oppilaiden vastaukset ja piirrookset eivät

kuvanneet suoraan mitään olio-ohjelmia tai niiden suoritusta, antoivat ne silti hyvän kuvan oppilaiden tekemistä luokkien ja olioiden välisiin suhteisiin liittyvistä ymmärrysvirheistä.

Ford (1993) tutki noviisiohjelmoijien tapoja ilmaista ohjelmat visuaalisesti. Hän pyysi ohjelmoinnin opiskelijoita muodostamaan kahdesta neljään hengen ryhmiä ja antoi ryhmille tehtäväksi tuottaa 12 animaatiota erilaisista ohjelmoinnin rakenteista erityisen visualisointivälineen avulla. Ryhmille kerrottiin, että heidän tekemänsä animaatiot videoitaisiin ja niitä käytettäisiin tulevan noviisiohjelmoitukurssin opetusmateriaalina. Lopuksi osallistujia haastateltiin tehtyjen animaatioiden osalta. Ford kertoo, kuinka opiskelijat saattoivat ilmaista esimerkiksi muuttujat perinteisellä suljetulla laatikkomallilla, jossa muuttujan nimi on laatikon ulkopuolella ja arvo ilmaistaan laatikon sisäpuolella, mutta myös avonaisella laatikkomallilla sekä laatikolla, jonka kansi on hieman auki. Kahden jälkimmäisen kuvaustavan syyksi opiskelijat kertoivat halun kuvata, että muuttujan arvo voi muuttua milloin vaan. Opiskelijat myös halusivat ilmaista muuttujien erilaiset tyypit esimerkiksi erilaisten muotojen tai värien avulla, ja ehtolauseille ja silmukoille löytyi muutamia erilaisia visuaalisia ilmaisutapoja.

Vaikka Ford ei varsinaisesti analysoinutkaan tuloksia, teki hän niiden pohjalta viisi päätelmää. Ensinnäkin opiskelijat käyttivät useita abstraktioita visualisoimiseen, toiseksi ohjelmoijien visualisaatioista tehty tutkimus tarjoaa täydentävän näkemyksen tekstipohjaisten empiiristen tutkimusten lisäksi, kolmanneksi ohjelmoijat esittivät usein saman tekstillisen ohjelmarakenteen erilaisissa visuaalisissa muodoissa, neljänneksi visualisaatio tarjoaa kehyksen opiskelijoiden väärinymmärrysten tutkimiseen ja viidenneksi visualisaatioharjoitukset vaikuttavat edistävän opiskelijoiden ohjelmointitaitoja. Fordin muodostamat päätelmät tukevat tämän pro gradu -tutkimuksen aihetta.

Sajaniemi et al. (2007) tarkastelivat ohjelmoinnin noviisiopiskelijoiden ohjelmakuvauksen visualisaation kehitystä olio-ohjelmoinnin alkeiskurssin aikana. Sajaniemi et al. suorittivat kurssin aikana neljä tutkimuskertaa, joista ensimmäisessä opiskelijat vain arvioivat omaa osaamistaan sekä selittivät omin sanoin, mitä olio ja luokka ovat, ja kolmella muulla kerralla he tekivät itsearviointin ja selitystehtävän lisäksi myös piirrostetävän. Kolmella piirroskerralla Sajaniemi et al. käyttivät kahta eri ohjelmakoodia, joista toista käytettiin ensimmäisellä piirroskerralla ja toista kahdella muulla piirroskerralla. Käyttämällä samaa ohjelmaa kahdesti oli mahdollista seurata hieman opis-

kelijoiden ohjelmakäsitteiden oppimista ja mentaalisten mallien kehittymistä kurssin aikana. Tutkimukseen osallistuneet opiskelijat käyttivät kurssin aikana ohjatusti kah- ta visualisointivälinettä, metafora-animaatiota ja Jeliot-ohjelmaa, ja tutkimuksessa tar- kasteltiin myös näiden välineiden vaikutuksia opiskelijoiden piirroksiin.

Sajaniemi et al. huomasivat, että noviisiopiskelijoilla on varsin epämääräinen käsitys olio-ohjelmista ja niiden suorittamisesta. Alkeiskurssin edetessä ja tiedon karttuessa opiskelijoiden mentaaliset mallit sekä laajentuivat että muuttuivat, ja opiskelijoiden piirroksista oli havaittavissa erilaisten visualisointivälineiden vaikutukset. Tutkimus myös toi esille uusia kysymyksiä liittyen noviisiopiskelijoiden oppimiseen ja tiettyi- hin virheellisiin tapoihin esittää esimerkiksi olioviittaukset. Tämä pro gradu -tutkimus jatkaa omalta osaltaan Sajaniemi et al. tutkimusta vertailemalla eri yliopistojen novii- siopiskelijoiden tekemiä ohjelmatilannepiirroksia.

3 Tutkimuksen esittely

Tässä luvussa on kerrottu tutkimuksesta, jonka tarkoituksena oli tutkia ohjelmoinnin noviisiopiskelijoiden muodostamia mentaalisia malleja olio-ohjelmoinnista. Tutkimukseen osallistui opiskelijoita neljästä yliopistosta kevään 2007 aikana. Opiskelijoille annettiin piirtämistehtävä, jossa piti kuvata olio-ohjelman tila tiettyinä ajanhetkinä. Piirroksia analysoitiin opiskelijoiden ohjelman tilaa koskevien mentaalisten mallien selvittämiseksi. Kaikille osallistujille annettiin tehtäväksi sama tehtävä, mutta alkeiskurssin opetuksessa on ymmärrettävästi ollut eroja eri yliopistojen välillä. Myös tutkimukseen osallistuminen oli hoidettu eri yliopistoissa hieman eri tavoilla.

Kohdassa 3.1 on kerrottu tutkimuksen osallistujista, ja kohdassa 3.2 on kerrottu osallistujille annetuista tehtävistä sekä tutkimukseen käytetyistä materiaaleista. Kohdassa 3.3 on kuvattu analysointiin käytetty menetelmä, ja lopuksi kohdassa 3.4 on kerrottu tutkimuksessa saaduista tuloksista.

3.1 Osallistujat

Osallistujia oli yhteensä 171 kappaletta, ja he koostuivat Joensuun, Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen ohjelmoinnin alkeiskurssien opiskelijoista. Joensuussa piirrostehtävään osallistui 29, Helsingissä 57, Jyväskylässä 45 ja Kuopiossa 40 opiskelijaa. Osallistujilla ei välttämättä ollut ollenkaan aikaisempaa kokemusta ohjelmoinnista ennen kurssia, sillä sitä ei kursseilla edellytetty. Alkeiskursseilla opettavana ohjelmointikielenä oli Java.

Piirrostehtävä esitettiin kaikilla kursseilla samassa opetusvaiheessa, jolloin opiskelijoille oli vastoitain opetettu muun muassa attribuutit ja metodit. Joensuussa opiskelijat osallistuivat yhteensä kolmeen eri piirroskertaan (Sajaniemi et al., 2007), joista tähän tutkimukseen käytettiin vain toista piirroskertaa, sillä sen tehtävä oli sama kuin kaikissa muissa yliopistoissa, joissa tehtävä teetettiin vain kerran.

Joensuussa opiskelijat osallistuivat tutkimukseen pakollisena osana demonstraatioharjoituksia, harjoitustilaisuuden alussa. Helsingissä tutkimukselle järjestettiin luentojen jälkeen erillinen tilaisuus, johon osallistumisesta oli mahdollisuus saada lisäpisteitä

demonstraatioharjoituksiin. Vastauspaperit palautettiin nimettöminä, ja lisäpisteet varmistettiin kierrättämällä osallistujien keskuudessa nimilistaa. Jyväskylässä tutkimus suoritettiin vapaaehtoisena luennon viimeisellä puolituntisella osana luentoa. Osallistujille luvattiin lisäpisteitä, jos he kirjoittivat nimensä vastauspaperiin ja vastaus oli erinomainen, mutta nimiä oli vain muutamassa paperissa. Kuopiossa tutkimus suoritettiin normaalin luennon osana.

Tutkimukseen osallistuneiden yliopistojen ohjelmoinnin alkeiskurssien opetuksessa on luonnollisesti ollut pieniä eroja, ja koska kurssien luennoille ei ole ollut osallistumispakkoa, kaikki kokeeseen osallistuneet eivät olleet välttämättä käyneet lainkaan luennoilla. Toisin kuin muissa yliopistoissa, Joensuun yliopistossa opiskelijat olivat käyttäneet demonstraatioharjoituksissa ohjatusti kahta erilaista ohjelmakoodin toimintaa visualisoivaa ohjelmaa, Jeliotia ja metafora-animaatiota (Sajaniemi et al., 2007).

3.2 Tehtävät ja materiaalit

Tutkimuksessa hyödynnettiin Sajaniemi et al. (2007) tekemää ohjelmatilannepiirrosten analysointitutkimusta, joka suoritettiin Joensuun yliopistossa. Kyseisestä materiaalista käytettiin tähän tutkimukseen toisen piirroskerran tuloksia, jossa tehtävä oli sama kuin muissa yliopistoissa suoritettussa kokeessa.

Tutkimukseen osallistuville opiskelijoille jaettiin nelisivuinen lomake, jonka he palauttivat pääosin nimettöminä. Jokaisen sivun täyttämiseen oli aikaraja, eivätkä opiskelijat saaneet siirtyä seuraavalle sivulle ennen opettajan antamaa lupaa. Lomakkeen ensimmäisillä kolmella sivulla tiedusteltiin opiskelijoiden omaa arviota ohjelmointiosaamisestaan erilaisten kysymysten avulla, ja neljännellä sivulla oli Kuvassa 1 kuvattu piirrostehtävä, josta saadut piirrokset analysoitiin tässä tutkimuksessa.

Piirrostehtävässä opiskelijoita pyydettiin tutustumaan tehtävänannon mukana olleeseen lyhyeen ohjelmakoodiin ja piirtämään siihen merkityn kohdan tilanteessa olemassaolevat oliot ja metodit sekä niiden väliset suhteet tehtäväpaperin piirrosalueelle. Aikaa kyseisen tehtävän suorittamiseen annettiin 15 minuuttia. Tehtävänanto oli lyhyt ja piirrosaika rajattu, jotta opiskelijoita ei ohjattaisi liikaa piirtämisessä (Good ja Br-

Piirrä paperin alaosaan kuva, josta ilmenee **olemassaolevat oliot ja metodit sekä näiden väliset suhteet** tilanteessa, jossa pääohjelmassa merkityn metodikutsun suoritus on edennyt metodissa ”syota” merkittyyyn kohtaan.
(Aikaa tehtävän tekemiseen on 15 minuuttia.)

| | |
|---|--|
| <pre> public class Kaupunki { public static void main (String[] args) { Omistaja omistaja_a = new Omistaja("Matti",50); Omistaja omistaja_b = new Omistaja("Pekka",20); Lemmikki koira1 = new Lemmikki("Peni", omistaja_a); Lemmikki koira2 = new Lemmikki("Retu", omistaja_a); Lemmikki koira3 = new Lemmikki("Tiko", omistaja_b); omistaja_b.lisaaRuokaa(100); koira1.nalka(5); // <--- Tämän metodikutsun aikana koira3.nalka(4); } } // ----- class Lemmikki { private String nimi; private Omistaja omistaja; public Lemmikki (String n, Omistaja om) { nimi = n; omistaja = om; } public void nalka (int toive) { int annettu; annettu = omistaja.syota(toive); System.out.println(nimi + ": " + annettu); } } </pre> | <pre> class Omistaja { private String etuNimi; private int ruokaa; public Omistaja (String n, int r) { etuNimi = n; ruokaa = r; } public int syota (int toivottu) { int annos = toivottu; if (toivottu > ruokaa) annos = ruokaa; ruokaa = ruokaa - annos; // <-- tässä kohdassa return(annos); } public void lisaaRuokaa (int lisays) { ruokaa = ruokaa + lisays; } } </pre> |
|---|--|

Olemassaolevat oliot ja metodit sekä näiden väliset suhteet kuvana:

Kuva 1: Piirrostehtävän tehtävänanto.

na, 2004) ja jotta he aloittaisivat piirtämisen mielestään kaikista tärkeimmistä asioista (Sajaniemi et al., 2007).

3.3 Analysointimenetelmä

Tässä kohdassa on kuvattu tutkimuksen analysointimenetelmä. Alakohdassa 3.3.1 on kerrottu menettelytapa ja alakohdassa 3.3.2 on kerrottu analysointiin käytetystä lo-

makkeesta. Lopuksi alakohdassa 3.3.3 on kuvattu analysointilomakkeen kohtien lisäksi analysoinnin loppuvaiheessa muodostetuista lisäkohdista.

3.3.1 Menettelytapa

Saadut tulokset analysoitiin kolmen henkilön työryhmässä, joista yksi oli professori, yksi lehtori ja yksi graduvaiheen opiskelija. Analysoinnissa käytettiin hyväksi erityistä Ohjelmatilannepiirroksen analysointilomaketta (kts. Liite 1), joka muodostettiin Sajaniemi et al. (2007) käyttämän analysointilomakkeen pohjalta.

Sajaniemi et al. käyttämän analysointilomakkeen avulla työryhmä suoritti aluksi esianalyysin, jossa arvioitiin 20 piirrosta, jotka oli valittu poimimalla jokaisesta yliopistosta saaduista piirroksista viisi satunnaista piirrosta. Samalla kirjattiin ylös sellaisia kohtia, joita materiaalissa esiintyi, mutta niitä ei ollut lomakkeessa. Tämän jälkeen lomakkeeseen tehtiin muutoksia lisäämällä siihen esianalyysissä havaitut uudet kohdat, poistamalla sellaiset kohdat, joiden ei arvioitu esiintyvän piirroksissa ollenkaan, muuttamalla joidenkin alkuperäisten kohtien sanamuotoja kuvaavammiksi sekä jakamalla muutamia kohtia useampaan osaan. Lomakkeeseen lisättiin alkuperäisessä lomakkeessa olleiden muotoa, havaittavissa olevan esitystavan vaikutusta ja sisältöä käsittelevien osioiden lisäksi virheitä käsittelevä osio, ja lähestymistapaa käsittelevää osiota tarkennettiin.

Kaikki piirrokset analysoitiin valmiin lomakkeen avulla viidellä analysointikerralla. Kaikkien yliopistojen piirrokset jaettiin viiteen osaan, ja jokaisella analysointikerralla oli käytössä jokaisesta yliopistosta yksi osa. Työryhmän jäsenet tekivät ensin itsenäisen analyysin samasta osasta materiaalia, jonka jälkeen saadut tulokset käytiin läpi yhteisessä analysointitilaisuudessa, jossa analyysit yhtenäistettiin. Erilaisista analysointituloksista hyväksyttiin pääsääntöisesti ne, joissa ainakin kaksi ryhmän jäsentä oli ollut samaa mieltä asiasta, ja tulkinnanvaraisten piirrosten kohdalla sovittiin tapauskohtainen yhteinen linja.

Koko materiaalin analysoimisen jälkeen ryhmä kävi piirrokset vielä kertaalleen läpi yhdessä. Piirroksista poimittiin analysoinnin aikana ilmenneet lisäkohdat, joille myös annettiin yhtenäiset ja selkeät kuvausmuodot. Tämän jälkeen analysointilomakkeiden

merkinnät kirjattiin tekstitiedostoihin, jotka käsiteltiin analysointia varten rakennetulla ohjelmalla kokonaistulosten saamiseksi.

3.3.2 Analysointilomake

Ryhmän käyttämä Ohjelmatilannepiirroksen analysointilomake (kts. Liite 1) koostui viidestä osiosta, jotka olivat *Muoto*, *Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa*, *Lähestymistapa*, *Virhe* ja *Sisältö*. Kaikissa osioissa oli yhteensä 107 analysoitavaa kohtaa. Piirroksista analysoitiin vain ne osat, jotka kuuluivat tehtävänantoon, eli kuvasivat ohjelmassa merkityssä kohdassa olemassaolevia olioita ja metodeja sekä niiden välisiä suhteita, tai yrittivät muuten kuvata ohjelman toimintaa. Esimerkiksi jos osallistuja oli piirtänyt tehtävänantoon selkeästi kuulumattomia osia tai symboleita, niitä ei otettu analysoinnissa huomioon.

Muoto-osiossa (form) piirroksista poimittiin niiden sisältämät visuaaliset elementit, kuten tekstit (F01), numerot (F02), suorakaiteet (F05), soikiot (F06), viivat (F12 ja F13) ja nuolet (F08 – F11). Viidentoista erilaisen valmiin muodon lisäksi piirroksista oli mahdollista poimia sen sisältämät metaforiset elementit (F16), ja lisäksi oli myös kohta jollekin muulle muodolle, joka ei sopinut aikaisempiin kohtiin (F17). Erilaisten muotojen lukumäärät merkittiin ylös, ja esimerkiksi erilaisissa teksteissä tuli olla selvästi erilaiset fontit, kuten lihavoinnit tai kursivoinnit, tai selkeästi eri kokoiset tekstit.

Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa -osiossa (impact) tarkasteltiin piirroksen mahdollisesti sisältämiä elementtejä ja kuvaustapoja, jotka olisivat olleet tyypillisiä Jeliotille (I01), metafora-animaatiolle (I02), UML:lle (I03) tai jollekin muulle visualisointivälineelle tai -menetelmälle (I04). Näistä kahta ensimmäistä esiintymistapaa etsittiin lähinnä vain Joensuun yliopiston opiskelijoiden piirtämistä piirroksista (Sajaniemi et al., 2007). Jotta piirroksista voitiin merkitä löytyvän UML-vaikutteita, tuli niiden olla selkeästi UML-tyylin mukaisia, kuten esimerkiksi assosiaatiosuhteista kertovat nuolet tai ohjelman toimintaa kuvaava sekvenssikaavio. Jos piirroksista löytyi jonkin esitystavan vaikutus, tuli se myös perustella.

Lähestymistapa-osiossa (approach) piirroksista selvitettiin niiden keskeisimmät osat, eli ne osat, joista osallistujat olivat osien sijoittelun tai piirtotavan perusteella aloitta-

neet piirtämisenä. Lähestymistapaa arvioitaessa oli käytössä kolme tasoa, joita kuvattiin numeroilla 1, 2 ja 3. Näistä numero 1 kuvasi piirroksen keskeisimpiä asioita, joita siis saattoi olla useampia, numero 2 keskeisimmille asioille alisteisia asioita ja numero 3 alisteisille asioille alisteisia asioita. Erilaisia lähestymistapoja saattoivat olla muun muassa luokat (A09) tai kaikki tai vain aktiiviset oliot tai metodit (A01 – A04). Lisäksi oli myös kohta jollekin muulle lähestymistavalle (A12).

Virhe-osion (error) kohdat analysoitiin aina viimeisenä, sillä sen kohtien ilmenemisiin vaikuttivat hyvin voimakkaasti *Sisältö*-osion kohdat. *Virhe*-osiossa tarkasteltiin piirroksista löytyneitä oliokäsitteellisiä tai ohjelman toimintaan liittyviä virheitä. Näitä olivat muun muassa olioviittauksen suunnan virheellisyys (E01) ja attribuutin päivitykseen liittyvä virhe (E05). Lisäksi piirroksista oli mahdollisuus poimia myös muita oliokäsitteisiin tai ohjelman toimintaan liittyviä väärinymmärryksiä (E06 ja E07).

Osiosta *Sisältö* (content) oli kaikista suurin, sillä se sisälsi 67 analysoitavaa kohtaa. Kohtien merkitsemiseen käytettiin numeroita 1, 2 ja 3, jos ne esiintyivät piirroksessa. Näistä numero 1 tarkoitti kohdassa kuvatun asian ilmenemistä piirroksessa käsitteellisesti väärin, numero 2 kohdassa kuvatun asian ilmenemistä käsitteellisesti oikein, mutta väärin ohjelman yksityiskohtien kannalta, ja numero 3 kohdassa kuvatun asian ilmenemistä täysin oikein. Osa osion kohdista oli luonteeltaan virheellisiä, ja ne olikin ilmaistu lomakkeessa tunnuksella ”(erhe)”, kuten esimerkiksi kohdassa C13. Näissä kohdissa merkintänä voitiin käyttää vain numeroa 1.

Piirroksista poimittiin ensin sellaiset kohdat, jotka eivät liittyneet ohjelman toimintaan tai oliokäsitteisiin, mutta olivat kuitenkin analysoinnin kannalta tärkeitä. Näitä olivat muun muassa metateksti (C01), relaationuolen luonteen kuvaava teksti (C04), tietotyypin (C06) ja sovellusalueen terminologialla oleva teksti (C09). Samalla piirroksista oli mahdollista merkitä analysoiduiksi sellaiset kohdat, jotka eivät liittyneet suoraan oliokäsitteisiin tai ohjelman toimintaan. Tämä helpotti analysointia varsinkin epäselvien piirrosten kohdalla.

Oliokäsitteisiin liittyvien asioiden poimiminen aloitettiin etsimällä piirroksista niiden sisältämät luokat (C10) ja oliot (C11) sekä niihin liittyvät asiat (C12 – C16). Tämän jälkeen piirroksista analysoitiin attribuuttien (C17 – C24) ja metodien (C25 – C38) staattiset ja dynaamiset olemassaolot sekä suhteet. Seuraavaksi tarkasteltiin parametrien,

muuttujien ja palautusarvojen olemassaoloja joko nimen kanssa tai ilman sekä niiden mahdollisia kuulumisia metodeihin tai olioihin (C39 – C56). Sen jälkeen tarkasteltiin *main*-metodin olemassaoloa (C57) ja sen mahdollista suhdetta johonkin piirroksen kohtaan (C58). Lopuksi piirroksista poimittiin niiden sisältämät muut ohjelmaan ja sen suoritukseen liittyvät asiat, kuten *this*-muuttujan olemassaolo (C59), ohjelman suorituskohta (C61), ohjelman tulostus (C65) ja toimenpiteiden suoritusjärjestys (C66). Jos piirroksessa oli vielä näiden kohtien jälkeen joitain analysoimattomia kohtia, ne kirjattiin muu, mikä -kohtaan (C67).

3.3.3 Lisäkohdat

Sekä *Sisältö*-osion kohtaan C67 että *Virhe*-osion kahteen avoimeen kohtaan (E06 ja E07) kerääntyneet asiat koottiin yhteen viimeisellä analysointikerralla, jossa kaikki analysointilomakkeet käytiin vielä kertaalleen läpi. Jos piirroksista oli löytynyt joitain käsitteiden tai ohjelman toiminnan ymmärtämisen kannalta hyvinkin tärkeitä asioita, joita ei voinut merkitä lomakkeessa jo olemassaoleviin kohtiin, niille muodostettiin omat lisäkohdat yhtenäisine ja selkeine kuvausmuotoineen. Näin saatiin poimittua muun muassa uusia systemaattisia virheitä, joiden esiintymisiä ei voitu etukäteen arvata. Taulukossa 1 on kuvattu viimeisellä analysointikerralla muodostetut lisäkohdat, joille annettiin kirjainkoodit väliltä A–T.

Taulukko 1: Viimeisellä analysointikerralla muodostetut lisäkohdat. Kohdat jaoteltiin kuuteen eri kategoriaan, niille annettiin kirjainkoodit A–T, ja ne luokiteltiin kuuluvaksi joko *Virhe*-osioon (E) tai *Sisältö*-osioon (C). C-luokituksen saaneista kohdista osa oli luonteeltaan virheellisiä, ja E-luokituksessa luonnollisesti kaikki kohdat olivat virheellisiä.

| Koodi | Selitys | Luokitus | Erhe |
|----------------------|--|----------|------|
| <i>main</i> , luokat | | | |
| A | <i>main</i> = Kaupunki | E | • |
| B | Kaupunki-luokkaa koskeva väärinkäsitys (ei voi olla edellisen, mutta voi olla seuraavan kohdan kanssa) | E | • |

Taulukko 1: Lisäkohdat (jatk.).

| Koodi | Selitys | Luokitus | Erhe |
|---|---|----------|------|
| C | Luokkien välistä suhdetta koskeva väärinkäsitys (voi olla edellisen kohdan kanssa) | E | • |
| D | Luokkien välinen suhde oikein | C | |
| Metodit ja oliot | | | |
| E | Metodin / Konstruktorin suoritus olion sisällä | C | |
| F | Metodi olion sisällä UML-tyyliin; ei koodia | C | |
| G | Jälkimmäisellä metodilla ei oliota | C | • |
| H | Nuoli metodista kutsutun metodin olioon | C | |
| I | Kontrolli kulkee olioiden ja metodien välillä; metodit ja oliot suorittavina yksilöinä | C | • |
| J | Nälkä-syötä-syndrooma | C | • |
| K | Metodikutsut viestinvälityksenä | C | |
| Metodit ja attribuutit | | | |
| L | Metodissa olevan attribuuttikäsitteilyn yhteneväisyys oliossa olevan attribuutin kanssa | C | |
| M | Metodin vaikutus oliossa olevan attribuutin arvoon | C | |
| Attribuuttien päivityksen esitystekniikka | | | |
| N | Attribuutin päivitys oliokopioinnilla | C | |
| Metodit | | | |
| O | Metodikutsun ja metodin välinen suhde näkyvissä | C | |
| P | Kutsupino | C | |
| Q | Kutsuttujen metodien suhde luokkiin | C | |
| Olioviittaus | | | |
| R | Olioviittaus kulkee toisen olioviittauksen kautta | E | • |
| S | main:in muuttujat nuolilla | C | |
| T | Olio -> metodi -> metodi (dynaaminen) | C | • |

Lisäkohdat kuuluivat kuuteen kategoriaan, jotka olivat main-metodiin ja luokkiin liittyvät kohdat, metodien ja olioiden välisiin suhteisiin liittyvät kohdat, metodien ja attribuuttien välisiin suhteisiin liittyvät kohdat, attribuutin päivityksen esitystekniikkaan

liittyvät kohdat, metodeihin liittyvät kohdat ja olioviittauksiin liittyvät kohdat. Kaikki lisäkohdat jaoteltiin kuuluviksi joko *Virhe*- tai *Sisältö*-osioon. *Virhe*-osioon luokiteltiin kohdat A, B, C ja R, ja *Sisältö*-osioon kohdat D–Q, S ja T. Luonteeltaan virheellisiä *Sisältö*-osioon kuuluvia kohtia olivat G, I, J ja T.

main-metodiin ja luokkiin liittyvissä kohdissa (koodit A–D) tarkasteltiin *main*-metodin ja luokkien käyttöön liittyviä asioita. Koodi A, eli ”*main* = Kaupunki”, tarkoitti tilanteita, joissa piirtäjä oli sekoittanut *main*-metodin ja Kaupunki-luokan esimerkiksi piirtämällä *main*-nimisen luokan tai Kaupunki-nimisen metodin. B-koodilla merkittiin kaikki Kaupunki-luokkaa koskevat väärinkäsitykset, mutta sitä ei saanut merkitä A-koodin kanssa, joka oli oma erikoistapauksensa. B-koodin kanssa yhtä aikaa sai merkitä C-koodin, joka tarkoitti luokkien välistä suhdetta koskevaa väärinkäsitystä. Tällainen väärinkäsitys saattoi ilmetä piirroksissa esimerkiksi luokkien välisenä toimintasuhteena. D-koodi tarkoitti piirroksia, joissa luokkien välinen suhde oli merkitty täysin oikein ilman minkäänlaisia käsitteellisiä virheitä.

Metodien ja olioiden välisiin suhteisiin liittyviä kohtia (koodit E–K) oli lisäkohdissa eniten, seitsemän kappaletta. Koodi E tarkoitti piirroksia, joissa metodi tai konstruktori oli piirretty tai kirjoitettu oliion sisälle, jossa se myös suoritettiin. Koodi F merkittiin piirroksiin, joissa metodit oli ilmaistu olioiden sisällä UML-tyylisesti, eli niiden yhteydessä ei ollut suorituksesta kertovaa koodia. Koodi G tarkoitti piirroksia, joissa *nalka*-metodi oli piirretty kuulumaan esimerkiksi *koiral*-nimiselle oliolle (joka oli oikea omistussuhde), mutta kyseisen metodin kutsumaa *syota*-metodia ei oltu piirretty kuulumaan millekään oliolle. Koodilla H merkittiin sellaiset piirrokset, joissa olioiden ja metodien välisistä suhteista kertovat nuolet oli piirretty siten, että *nalka*-metodista kulki nuoli *omistaja_a*-nimiseen oliioon, jonka metodia *syota* kutsuttiin. H-koodin saaneissa piirroksissa ei kuitenkaan ollut välttämättä mitään yhteyttä *omistaja_a*-oliioon ja *syota*-metodin välillä. Koodilla I merkittiin sellaiset piirrokset, joissa suoritussuhteesta kertovat nuolet oli selkeästi piirretty kulkemaan olioiden ja metodien välillä, joka oli käsitteellisesti väärä tapa merkitä tapahtumien kulkua. Koodi J, eli ”Nälkä-syötä-syndrooma”, tarkoitti piirroksia, joissa *koiral*-oliosta tai pahimmillaan sen metodista *nalka* oli piirretty nuoli, jossa luki sana ”nälkä”, joko *omistaja_a*-oliioon tai suoraan sen *syota*-metodiin. Piirroksissa *syota*-metodia kutsuttiin virheellisesti komennolla ”nälkä”, kun sitä olisi tullut kutsua oikeaoppisesti

komennolla ”syötä”. Kategorian viimeinen koodi K tarkoitti piirroksia, joissa metodikutsut tai metodien nimet oli kirjoitettu esimerkiksi olioiden välille piirrettyjen nuolien yhteyteen.

Metodit ja attribuutit -kategoriassa (koodit L ja M) tarkasteltiin metodien ja attribuuttien välisiä suhteita. Koodi L annettiin piirroksille, joissa metodissa oleva attribuuttikäsitteily oli yhteydessä oliossa olevan attribuutin kanssa esimerkiksi yhteydestä kertovien nuolien tai sekä metodiin että attribuutin yhteyteen kirjoitettujen samojen laskutoimitusten avulla. Koodi M merkittiin piirroksiin, joissa oli esillä metodin vaikutus oliossa olevan attribuutin arvoon. Vaikutus ilmaistiin yleensä nuolella metodista attribuuttiin, jolloin attribuutti sai uuden arvon ja entinen arvo yliviivattiin.

Attribuuttien päivityksen esitystekniikkaa tarkastelevassa kategoriassa oli vain yksi kohta. Koodi N tarkoitti piirroksia, joissa attribuutin päivitys tapahtui olion kopioimisella. Piirroksiin oli piirretty oliota, mutta jos niiden attribuuttien arvoihin tuli muutoksia, oliot piirrettiin uudelleen muuten samanlaisina, mutta muuttunut attribuutti oli saanut uuden arvon. Vanhan ja uuden olion välillä ei välttämättä ollut mitään yhteyttä, esimerkiksi nuolia, ja vanhaa oliota ei ollut välttämättä yliviivattu, vaan se oli olemassa piirroksessa yhtä aikaa uuden olion kanssa.

Metodit-kategoriassa tarkasteltiin metodeihin ja niiden toimintaan liittyviä asioita (koodit O–Q). Koodi O merkittiin piirroksiin, joissa metodikutsun ja metodin välinen suhde oli näkyvissä. Metodikutsu oli merkitty suoraan ohjelmakoodista otetulla komennolla, esimerkiksi `koiral.nalka(5);`, ja sillä oli viivoilla tai nuolilla yhteys erikseen piirrettyyn tai kirjoitettuun metodiin. Koodi P, eli ”Kutsupino”, tarkoitti piirrosta, jossa metodien nimet tai metodikutsut oli kirjoitettu pinomaisesti allekkain, siten että `main`-metodi oli pinossa alimmaisena ja kaikki muut kutsutut metodit sen yläpuolella kutsumisjärjestyksessä. Koodilla Q merkittiin sellaiset piirrokset, joissa oli kuvattu suhde kutsuttujen metodien ja luokkien välillä esimerkiksi nuolten avulla.

Viimeisessä kategoriassa tarkasteltiin olioviittauksiin liittyviä asioita (koodit R–T). Koodi R merkittiin piirroksiin, joissa olioviittaus oli piirretty kulkemaan toisen olioviittauksen kautta. Tällaisia olivat tilanteet, joissa olioviittaus osoitti erheellisesti olion tunnisteeseen, joka oli piirretty oliosta erilleen, mutta oli yhdistetty olioon viittauksesta kertovan viivan tai nuolen avulla. Koodi S merkittiin piirroksiin, joissa `main`:in muut-

tujen tunnistetut oli yhdistetty nuolilla niitä vastaaviin olioihin. Viimeinen koodi, eli T, merkittiin piirroksiin, joissa oli kuvattu olion ja kahden metodin välille dynaaminen suhde, joka alkoi oliosta. Tällainen oli esimerkiksi dynaaminen suhde `koiral`-olion, `nalka`-metodin ja `syota`-metodin välillä.

3.4 Tulokset

Vastauspapereita oli yhteensä 171 kappaletta, joista 166 piirrosta oli analysoitavissa olevia, eli piirrostehtävän vastauspaperi ei ollut tyhjä tai piirrosta ei oltu yliviivattu. Joensuun yliopiston vastauksista analysoitavissa olevia piirroksia oli 27 kappaletta 29:sta, Helsingin yliopistosta kaikki piirrokset, eli 57 kappaletta, Jyväskylän yliopistosta 44 kappaletta 45:stä ja Kuopion yliopistosta 38 kappaletta 40:stä. Piirroksista muodostettujen analysointilomakkeiden sisältämät koodit kirjattiin ylös yliopistojen mukaan neljään tekstitiedostoon, jotka ajettiin analysointia varten kirjoitetun erityisen analysointiohjelman läpi. Ohjelma muodosti tekstitiedostojen sisältämien koodien pohjalta kohtien lukumäärät ja esiintymien prosenttiosuudet.

Taulukoissa 2, 3, 4, 5 ja 6 on esitelty analysointiohjelman avulla saatuja tuloksia eri osioista sekä yliopistokohtaisesti että koko materiaalista. Eri yliopistot kuvataan kaikissa taulukoissa kaupunkien kolmikirjaimisilla tunnuksilla, jolloin Joensuun yliopisto on JNS, Helsingin yliopisto on HKI, Jyväskylän yliopisto on JKL ja Kuopion yliopisto on KUO. Taulukossa 2 on kuvattu osion kohtien keskiarvot ja esiintymäprosentit, ja taulukoissa 3 ja 5 on kuvattu osion kohtien lukumäärät ja esiintymäprosentit. Esiintymäprosentti kertoo, kuinka monessa prosentissa lomakkeita kyseisessä kohdassa oli jokin arvo, ts. kohdan arvo ei ollut nolla. Taulukoissa 4 ja 6 jokaisesta kohdasta on esitetty kohdan saamien kolmen arvon (1, 2 ja 3) prosentuaaliset esiintymät jokaiselle arvolle erikseen sekä kaikille arvoille yhteensä. *Esiintymäprosentti, jonka vaikutus havaittavissa ja Lähestymistapa*-osiossa oli yksi ja *Sisältö*-osiossa kolme kohtaa, joiden kuvaamia asioita ei esiintynyt missään piirroksessa (I04, A07, C44, C46 ja C53). Kaikista osioiden kohdista on mainittu vain niiden koodit. Kohtien koko nimet löytyvät Liitteestä 1 ja lisäkohtien nimet Taulukosta 1.

Taulukko 2: *Muoto*-osion kohtien keskiarvot ja esiintymäprosentit sekä yliopistokohtaisesti (JNS, HKI, JKL, KUO) että koko materiaalista (YHT).

| Kohta | Keskiarvo | | | | | Esiintymä (%) | | | | |
|-------|-----------|------|------|------|------|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | JNS | HKI | JKL | KUO | YHT | JNS | HKI | JKL | KUO | YHT |
| F01 | 1,26 | 1,49 | 1,25 | 1,21 | 1,33 | 100 | 100 | 100 | 100 | 100 |
| F02 | 0,89 | 0,96 | 1,00 | 0,82 | 0,93 | 89 | 89 | 93 | 82 | 89 |
| F03 | 0,19 | 0,51 | 0,45 | 0,18 | 0,37 | 19 | 49 | 45 | 18 | 36 |
| F04 | 3,26 | 3,07 | 3,48 | 3,16 | 3,23 | 85 | 82 | 82 | 92 | 85 |
| F05 | 1,11 | 0,58 | 1,61 | 1,00 | 1,04 | 67 | 42 | 91 | 74 | 66 |
| F06 | 0,22 | 0,82 | 0,20 | 0,18 | 0,42 | 19 | 67 | 18 | 18 | 35 |
| F07 | 0,07 | 0,00 | 0,05 | 0,03 | 0,03 | 7 | 0 | 2 | 3 | 2 |
| F08 | 1,07 | 1,05 | 1,41 | 1,00 | 1,14 | 67 | 82 | 93 | 84 | 83 |
| F09 | 0,00 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 0 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| F10 | 0,07 | 0,16 | 0,16 | 0,16 | 0,14 | 7 | 16 | 16 | 16 | 14 |
| F11 | 0,04 | 0,00 | 0,02 | 0,00 | 0,01 | 4 | 0 | 2 | 0 | 1 |
| F12 | 0,33 | 0,44 | 0,59 | 0,53 | 0,48 | 30 | 42 | 50 | 39 | 42 |
| F13 | 0,07 | 0,07 | 0,09 | 0,03 | 0,07 | 7 | 7 | 7 | 3 | 6 |
| F14 | 0,04 | 0,00 | 0,09 | 0,00 | 0,03 | 4 | 0 | 9 | 0 | 3 |
| F15 | 0,26 | 0,42 | 0,09 | 0,18 | 0,25 | 26 | 40 | 9 | 18 | 25 |
| F16 | 0,04 | 0,26 | 0,00 | 0,24 | 0,15 | 4 | 9 | 0 | 11 | 6 |
| F17 | 0,11 | 0,12 | 0,07 | 0,11 | 0,10 | 7 | 12 | 7 | 11 | 10 |

Taulukko 3: *Esiintymä*, jonka vaikutus havaittavissa -osion kohtien lukumäärät ja esiintymäprosentit sekä yliopistokohtaisesti että koko materiaalista.

| Kohta | Lukumäärä | | | | | Esiintymä (%) | | | | |
|-------|-----------|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | JNS | HKI | JKL | KUO | YHT | JNS | HKI | JKL | KUO | YHT |
| I01 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| I02 | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 11 | 0 | 0 | 0 | 2 |
| I03 | 0 | 6 | 5 | 6 | 17 | 0 | 11 | 11 | 16 | 10 |
| I04 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

Taulukko 4: *Lähestymistapa*-osion kohtien prosentuaaliset esiintymät sekä yliopistokohtaisesti (JNS, HKI, JKL, KUO) että koko materiaalista (YHT). Jokaisen yliopiston kohdalla on kohtien prosentuaaliset esiintymät esitetty yhteenlaskukaavalla $K + A + AA = Y$. K: Piirroksen keskeisimmät asiat, joita siis saattoi olla useampia. A: Keskeisimmille asioille alisteiset asiat. AA: Alisteisille asioille alisteiset asiat. Y: Yhteensä.

| Kohta | JNS | | | | HKI | | | | JKL | | | | KUO | | | | YHT | | | |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| | K | A | AA | Y | K | A | AA | Y | K | A | AA | Y | K | A | AA | Y | K | A | AA | Y |
| A01 | 81 | 4 | 0 | 85 | 84 | 5 | 0 | 89 | 77 | 20 | 0 | 98 | 82 | 5 | 0 | 87 | 81 | 9 | 0 | 90 |
| A02 | 11 | 0 | 0 | 11 | 9 | 0 | 0 | 9 | 2 | 0 | 0 | 2 | 5 | 3 | 0 | 8 | 7 | 1 | 0 | 7 |
| A03 | 7 | 7 | 0 | 15 | 4 | 16 | 0 | 19 | 2 | 20 | 0 | 23 | 8 | 29 | 3 | 39 | 5 | 19 | 1 | 24 |
| A04 | 37 | 26 | 0 | 63 | 21 | 33 | 2 | 56 | 25 | 25 | 5 | 55 | 21 | 21 | 3 | 45 | 25 | 27 | 2 | 54 |
| A05 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 2 | 0 | 9 | 0 | 3 | 0 | 3 | 2 | 1 | 0 | 4 |
| A06 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 5 | 0 | 5 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| A07 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| A08 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 2 | 0 | 3 | 0 | 3 | 1 | 1 | 0 | 2 |
| A09 | 4 | 0 | 0 | 4 | 12 | 0 | 0 | 12 | 27 | 0 | 0 | 27 | 13 | 0 | 0 | 13 | 15 | 0 | 0 | 15 |
| A10 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 | 5 | 0 | 7 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 4 |
| A11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 9 | 0 | 11 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 | 0 | 3 |
| A12 | 7 | 0 | 0 | 7 | 4 | 0 | 0 | 4 | 7 | 0 | 0 | 7 | 11 | 0 | 0 | 11 | 7 | 0 | 0 | 7 |

Taulukko 5: *Virhe*-osion kohtien lukumäärät ja esiintymäprosentit sekä yliopistokoh-
 taisesti että koko materiaalista. Lisäkohdat A, B, C ja R, jotka luokiteltiin kuuluviksi
Virhe-osioon, on otettu analysoinnissa huomioon osion uusina kohtina E08, E09, E10
 ja E11.

| Kohta | Lukumäärät | | | | | Esiintymä (%) | | | | |
|-------|------------|-----|-----|-----|-----|---------------|-----|-----|-----|-----|
| | JNS | HKI | JKL | KUO | YHT | JNS | HKI | JKL | KUO | YHT |
| E01 | 5 | 5 | 6 | 6 | 22 | 19 | 9 | 14 | 16 | 13 |
| E02 | 6 | 13 | 8 | 8 | 35 | 22 | 23 | 18 | 21 | 21 |
| E03 | 16 | 12 | 20 | 16 | 64 | 59 | 21 | 45 | 42 | 39 |
| E04 | 11 | 10 | 3 | 8 | 32 | 41 | 18 | 7 | 21 | 19 |
| E05 | 7 | 4 | 4 | 2 | 17 | 26 | 7 | 9 | 5 | 10 |
| E06 | 3 | 4 | 2 | 4 | 13 | 11 | 7 | 5 | 11 | 8 |
| E07 | 7 | 10 | 8 | 3 | 28 | 26 | 18 | 18 | 8 | 17 |
| E08/A | 2 | 3 | 6 | 3 | 14 | 7 | 5 | 14 | 8 | 8 |
| E09/B | 0 | 2 | 4 | 4 | 10 | 0 | 4 | 9 | 11 | 6 |
| E10/C | 0 | 2 | 5 | 1 | 8 | 0 | 4 | 11 | 3 | 5 |
| E11/R | 0 | 4 | 1 | 1 | 6 | 0 | 7 | 2 | 3 | 4 |

Taulukko 6: *Sisältö*-osion kohtien prosentuaaliset esiintymät yliopistokohtaisesti ja koko materiaalista. Osioon kuuluviksi luokitellut lisäkohdat D–Q, S ja T on otettu analysoinnissa huomioon uusina kohtina C68–C83. Jokaisen yliopiston kohdalla on kohtien prosentuaaliset esiintymät esitetty yhteenlaskukaavalla $KV + OV + O = Y$. KV: Kohdassa kuvatun asian ilmeneminen käsitteellisesti väärin. OV: Kohdassa kuvatun asian ilmeneminen käsitteellisesti oikein, mutta väärin ohjelman yksityiskohtien kannalta. O: Kohdassa kuvatun asian ilmeneminen täysin oikein. Y: Yhteensä.

| Kohta | JNS | | | | HKI | | | | JKL | | | | KUO | | | | YHT | | | |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y |
| C01 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 14 | 14 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 13 | 13 |
| C02 | 0 | 0 | 33 | 33 | 0 | 0 | 12 | 12 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 13 | 13 | 0 | 0 | 16 | 16 |
| C03 | 0 | 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 12 | 12 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 13 | 13 | 0 | 0 | 11 | 11 |
| C04 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 12 | 12 | 0 | 0 | 14 | 14 | 0 | 0 | 18 | 18 | 0 | 0 | 13 | 13 |
| C05 | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 | 2 | 28 | 30 | 0 | 0 | 27 | 27 | 0 | 0 | 24 | 24 | 0 | 1 | 25 | 25 |
| C06 | 0 | 0 | 22 | 22 | 0 | 0 | 25 | 25 | 0 | 0 | 23 | 23 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 22 | 22 |
| C07 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| C08 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| C09 | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 | 0 | 18 | 18 | 0 | 0 | 14 | 14 | 0 | 0 | 24 | 24 | 0 | 0 | 17 | 17 |

Taulukko 6: *Sisältö*-osion kohtien keskiarvot ja esiintymäprosentit yliopistokohtaisesti ja koko materiaalista (jatk.).

| Kohta | JNS | | | | HKI | | | | JKL | | | | KUO | | | | YHT | | | |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y |
| C10 | 11 | 0 | 15 | 26 | 0 | 2 | 11 | 12 | 0 | 0 | 32 | 32 | 5 | 0 | 13 | 18 | 3 | 1 | 17 | 21 |
| C11 | 0 | 0 | 96 | 96 | 0 | 0 | 98 | 98 | 0 | 0 | 98 | 98 | 0 | 0 | 95 | 95 | 0 | 0 | 97 | 97 |
| C12 | 0 | 0 | 15 | 15 | 2 | 0 | 35 | 37 | 0 | 0 | 55 | 55 | 3 | 3 | 26 | 32 | 1 | 1 | 35 | 37 |
| C13 | 52 | 0 | 0 | 52 | 25 | 0 | 0 | 25 | 32 | 0 | 0 | 32 | 45 | 0 | 0 | 45 | 36 | 0 | 0 | 36 |
| C14 | 19 | 0 | 0 | 19 | 5 | 0 | 0 | 5 | 11 | 0 | 0 | 11 | 5 | 0 | 0 | 5 | 9 | 0 | 0 | 9 |
| C15 | 4 | 4 | 41 | 48 | 0 | 0 | 42 | 42 | 0 | 0 | 45 | 45 | 0 | 3 | 21 | 24 | 1 | 1 | 38 | 40 |
| C16 | 19 | 0 | 37 | 56 | 9 | 2 | 32 | 42 | 14 | 0 | 34 | 48 | 18 | 0 | 37 | 55 | 14 | 1 | 34 | 49 |
| C17 | 0 | 4 | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 3 | 8 | 11 | 0 | 1 | 6 | 7 |
| C18 | 0 | 7 | 44 | 52 | 0 | 9 | 54 | 63 | 0 | 2 | 48 | 50 | 0 | 0 | 42 | 42 | 0 | 5 | 48 | 53 |
| C19 | 0 | 0 | 59 | 59 | 5 | 0 | 47 | 53 | 0 | 0 | 59 | 59 | 3 | 0 | 66 | 68 | 2 | 0 | 57 | 59 |
| C20 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| C21 | 4 | 0 | 85 | 89 | 2 | 0 | 84 | 86 | 0 | 0 | 95 | 95 | 3 | 0 | 87 | 89 | 2 | 0 | 88 | 90 |
| C22 | 11 | 0 | 0 | 11 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| C23 | 7 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0 | 0 | 3 |
| C24 | 26 | 0 | 0 | 26 | 9 | 0 | 0 | 9 | 11 | 0 | 0 | 11 | 5 | 0 | 0 | 5 | 11 | 0 | 0 | 11 |
| C25 | 0 | 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 26 | 26 | 0 | 0 | 25 | 25 | 0 | 0 | 42 | 42 | 0 | 0 | 28 | 28 |
| C26 | 7 | 0 | 74 | 81 | 2 | 0 | 61 | 63 | 0 | 2 | 77 | 80 | 0 | 0 | 63 | 63 | 2 | 1 | 68 | 70 |

Taulukko 6: *Sisältö*-osion kohtien keskiarvot ja esiintymäprosentit yliopistokohtaisesti ja koko materiaalista (jatk.).

| Kohta | JNS | | | | HKI | | | | JKL | | | | KUO | | | | YHT | | | |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y |
| C27 | 0 | 0 | 37 | 37 | 2 | 0 | 25 | 26 | 0 | 2 | 45 | 48 | 0 | 0 | 32 | 32 | 1 | 1 | 34 | 35 |
| C28 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| C29 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| C30 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 11 | 11 | 2 | 0 | 11 | 14 | 0 | 0 | 8 | 8 | 1 | 0 | 10 | 10 |
| C31 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 27 | 27 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 11 | 11 |
| C32 | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 13 | 13 | 0 | 0 | 13 | 13 |
| C33 | 0 | 4 | 26 | 30 | 0 | 0 | 18 | 18 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 13 | 13 | 0 | 1 | 17 | 18 |
| C34 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 2 | 14 | 16 | 2 | 0 | 9 | 11 | 0 | 0 | 13 | 13 | 1 | 1 | 12 | 13 |
| C35 | 0 | 0 | 11 | 11 | 5 | 0 | 4 | 9 | 5 | 0 | 2 | 7 | 5 | 0 | 5 | 11 | 4 | 0 | 5 | 9 |
| C36 | 0 | 0 | 7 | 7 | 2 | 2 | 12 | 16 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 32 | 32 | 1 | 1 | 18 | 19 |
| C37 | 4 | 0 | 52 | 56 | 0 | 0 | 35 | 35 | 0 | 2 | 45 | 48 | 3 | 0 | 39 | 42 | 1 | 1 | 42 | 43 |
| C38 | 19 | 0 | 0 | 19 | 14 | 0 | 0 | 14 | 16 | 0 | 0 | 16 | 18 | 0 | 0 | 18 | 16 | 0 | 0 | 16 |
| C39 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| C40 | 0 | 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 21 | 21 | 0 | 0 | 14 | 14 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 14 | 14 |
| C41 | 0 | 0 | 56 | 56 | 0 | 0 | 32 | 32 | 0 | 0 | 55 | 55 | 3 | 0 | 42 | 45 | 1 | 0 | 44 | 45 |
| C42 | 4 | 0 | 52 | 56 | 0 | 0 | 44 | 44 | 0 | 0 | 52 | 52 | 0 | 0 | 42 | 42 | 1 | 0 | 47 | 48 |
| C43 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 |

Taulukko 6: *Sisältö*-osion kohtien keskiarvot ja esiintymäprosentit yliopistokohtaisesti ja koko materiaalista (jatk.).

| Kohta | JNS | | | | HKI | | | | JKL | | | | KUO | | | | YHT | | | |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y |
| C44 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C45 | 0 | 0 | 33 | 33 | 0 | 0 | 18 | 18 | 5 | 0 | 23 | 27 | 0 | 0 | 13 | 13 | 1 | 0 | 20 | 22 |
| C46 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C47 | 0 | 0 | 22 | 22 | 0 | 0 | 16 | 16 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 16 | 16 |
| C48 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| C49 | 0 | 0 | 74 | 74 | 0 | 0 | 86 | 86 | 0 | 0 | 82 | 82 | 0 | 0 | 66 | 66 | 0 | 0 | 78 | 78 |
| C50 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| C51 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 9 | 9 | 3 | 0 | 5 | 8 | 1 | 0 | 6 | 7 |
| C52 | 44 | 0 | 0 | 44 | 47 | 0 | 0 | 47 | 41 | 0 | 0 | 41 | 47 | 0 | 0 | 47 | 45 | 0 | 0 | 45 |
| C53 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| C54 | 4 | 4 | 4 | 11 | 2 | 0 | 7 | 9 | 5 | 2 | 9 | 16 | 5 | 0 | 3 | 8 | 4 | 1 | 6 | 11 |
| C55 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| C56 | 4 | 0 | 0 | 4 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| C57 | 4 | 0 | 7 | 11 | 4 | 0 | 7 | 11 | 9 | 0 | 14 | 23 | 8 | 0 | 11 | 18 | 6 | 0 | 10 | 16 |
| C58 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 0 | 0 | 2 | 5 | 0 | 0 | 5 | 2 | 0 | 1 | 3 |
| C59 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 0 | 5 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 2 | 2 |
| C60 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 13 | 13 |

Taulukko 6: *Sisältö*-osion kohtien keskiarvot ja esiintymäprosentit yliopistokohtaisesti ja koko materiaalista (jatk.).

| Kohta | JNS | | | | HKI | | | | JKL | | | | KUO | | | | YHT | | | |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|
| | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y |
| C61 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 3 | 3 |
| C62 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 8 | 8 |
| C63 | 0 | 4 | 41 | 44 | 0 | 0 | 23 | 23 | 0 | 0 | 20 | 20 | 0 | 3 | 8 | 11 | 0 | 1 | 22 | 23 |
| C64 | 0 | 0 | 33 | 33 | 0 | 0 | 49 | 49 | 0 | 0 | 23 | 23 | 0 | 3 | 13 | 16 | 0 | 1 | 31 | 32 |
| C65 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0 | 2 | 4 | 5 | 0 | 9 | 2 | 11 | 0 | 8 | 0 | 8 | 0 | 6 | 2 | 8 |
| C66 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| C67 | 11 | 0 | 22 | 33 | 2 | 0 | 5 | 7 | 5 | 0 | 11 | 16 | 5 | 0 | 3 | 8 | 5 | 0 | 9 | 14 |
| C68/D | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| C69/E | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| C70/F | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 6 | 6 |
| C71/G | 30 | 0 | 0 | 30 | 7 | 0 | 0 | 7 | 11 | 0 | 0 | 11 | 13 | 0 | 0 | 13 | 13 | 0 | 0 | 13 |
| C72/H | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 14 | 14 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| C73/I | 7 | 0 | 0 | 7 | 11 | 0 | 0 | 11 | 7 | 0 | 0 | 7 | 13 | 0 | 0 | 13 | 10 | 0 | 0 | 10 |
| C74/J | 7 | 0 | 0 | 7 | 9 | 0 | 0 | 9 | 2 | 0 | 0 | 2 | 3 | 0 | 0 | 3 | 5 | 0 | 0 | 5 |
| C75/K | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| C76/L | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 4 | 4 |
| C77/M | 0 | 0 | 15 | 15 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 10 | 10 |

Taulukko 6: *Sisältö*-osion kohtien keskiarvot ja esiintymäprosentit yliopistokohtaisesti ja koko materiaalista (jatk.).

| Kohta | JNS | | | | HKI | | | | JKL | | | | KUO | | | | YHT | | | |
|-------|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|----|----|-----|----|---|---|-----|----|----|----|
| | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y | KV | OV | O | Y |
| C78/N | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 11 | 11 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 5 | 5 |
| C79/O | 0 | 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 2 | 2 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 8 | 8 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| C80/P | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 7 | 7 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 2 |
| C81/Q | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 14 | 14 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0 | 0 | 7 | 7 |
| C82/S | 0 | 0 | 4 | 4 | 0 | 0 | 19 | 19 | 0 | 0 | 23 | 23 | 0 | 0 | 5 | 5 | 0 | 0 | 14 | 14 |
| C83/T | 26 | 0 | 0 | 26 | 5 | 0 | 0 | 5 | 7 | 0 | 0 | 7 | 8 | 0 | 0 | 8 | 10 | 0 | 0 | 10 |

4 Tarkastelu

Tässä luvussa on kerrottu tulosten tarkastelusta. Kohdassa 4.1 on esitelty saatujen tulosten tulkinta, ja kohdassa 4.2 on arvioitu tutkimuksen validiteettia.

4.1 Tulosten tulkinta

Tässä kohdassa on kerrottu jokaisen osion tulosten tulkinnasta sekä erikseen että yhteisanalysointina. Alakohdassa 4.1.1 on kerrottu *Muoto*-osion lukujen tulkinnasta, alakohdassa 4.1.2 on kerrottu *Esiteystapa, jonka vaikutus havaittavissa* -osion lukujen tulkinnasta, alakohdassa 4.1.3 on kerrottu *Lähestymistapa*-osion lukujen tulkinnasta, alakohdassa 4.1.4 on kerrottu *Virhe*-osion lukujen tulkinnasta, ja alakohdassa 4.1.5 on kerrottu *Sisältö*-osion lukujen tulkinnasta. Lopuksi alakohdassa 4.1.6 on tehty kokonaisanalyysi kaikkien alakohtien tulosten yhteenvetona.

4.1.1 Muoto

Muoto-osion tuloksissa (Taulukko 2) suurin esiintymäprosentti oli kohdalla F01, eli teksti, jota oli käytetty kaikissa piirroksissa (esiintymä 100%). Helsingin yliopiston piirroksissa erilaisia tekstejä, kuten eri kokoisia fontteja, lihavoitteja ja kursivoitteja, käytettiin eniten (ka. 1,49), kun taas Kuopion yliopiston piirroksissa niitä käytettiin vähiten (1,21). Tekstin jälkeen eniten piirroksissa käytettiin numeroita (F02, 89%), erikoismerkkejä (F04, 85%) ja yhdistäviä nuolia (F08, 83%). Näistä erilaisia erikoismerkkejä ja yhdistäviä nuolia oli kaikissa piirroksissa eniten; erilaisia muotoja oli erikoismerkeissä keskimäärin 3,23 ja yhdistävissä nuolissa 1,14 kappaletta.

Yliopistojen väliset erot käytetyissä piirrostekniikoissa alkavat hahmottua jo kohdan F03, eli merkkijonojen esiintymistä kertovissa luvuissa. Merkkijonolla tarkoitettiin lainausmerkeillä ympäröityä tekstiä, joka oli yleensä yksi sana, kuten esimerkiksi ”Matti”. Joensuun ja Kuopion yliopistojen piirroksista merkkijonoja löytyi joka viidennestä piirroksista (JNS: 19%, KUO: 18%), kun Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksista merkkijonoja löytyi melkein joka toisesta piirroksista (HKI: 49%, JKL: 45%).

Lukemista voidaan päätellä, että Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen opiskelijat halusivat kuvata esimerkiksi String-muuttujat lainausmerkeillä ympäröityinä, kun taas Joensuun ja Kuopion yliopistojen opiskelijat käyttivät kyseistä merkintätapaa huomattavasti vähemmän, ja saattoivat näin ollen hyödyntää String-muuttujien esittämiseen muita keinoja.

Piirroksissa käytettiin suhteellisen vähän suorakaiteita ja soikioita, joiden avulla olisi voinut yhdistellä esimerkiksi samaan olioon tai metodiin kuuluvia asioita. Suorakaiteita (F05) oli vain 66%:ssa ja soikioita (F06) 35%:ssa piirroksista. Suorakaiteiden ja soikioiden käytössä oli eroja eri yliopistojen välillä, varsinkin Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa. Suorakaiteita käytettiin Jyväskylän yliopistossa kaikista eniten (91%) ja Helsingin yliopistossa kaikista vähiten (42%). Helsingin yliopiston piirroksissa oli taas muihin yliopistoihin verrattuna eniten soikioita (67%), kun kaikkien muiden yliopistojen piirroksissa niitä oli alle 20%:ssa (JNS: 19%, JKL: 18%, KUO: 18%). Helsingin yliopiston opiskelijoiden piirrokset erosivat siis kaikista eniten muiden yliopistojen piirroksista suorakaiteiden ja soikioiden käytön osalta.

Poistavia merkintöjä (F15) oli 25%:ssa piirroksista, eli joka neljäs piirtäjä oli halunnut kuvata esimerkiksi attribuutin arvon päivittymisen viivaamalla tai ruksimalla edellisen arvon yli. Jos piirtäjä oli ruksinut osan piirroksista tai tekstistä yli, se laskettiin samaksi kuin jos piirtäjä olisi pyyhkinyt ruksitut osat pois, eli ei ollut halunnut sisällyttää niitä piirroksensa, jolloin näitä osia ei otettu huomioon arvioinnissa. Yliopistojen välillä oli eroja poistavan merkinnän käyttämisessä. Joensuun yliopiston piirroksissa esiintymä oli lähellä kaikkien piirrosten keskiarvoa (26%), ja Kuopion yliopiston piirroksissa poistavia merkintöjä oli hieman keskiarvoa vähemmän (18%). Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa olleiden poistavien merkintöjen määrät erosivat eniten sekä keskiarvosta että toisistaan. Helsingin yliopiston piirroksista jopa 40%:ssa oli poistava merkintä kun taas Jyväskylän yliopiston piirroksissa sellainen oli vain 9%:ssa.

Erilaisia metaforisia elementtejä (F16) oli 6%:ssa piirroksista, ja vaikka esiintymäprosentti olikin pieni muihin kohtiin verrattuna, olivat tämän kohdan esiintymien yliopistojen väliset erot siitä huolimatta varsin mielenkiintoiset. Kuten kohdassa 3.1 on kerrottu, Joensuun yliopiston opiskelijat olivat ainoita osallistujia, jotka olivat ohjautti käyttäneet ainakin joko Jeliotia tai metafora-animaatiota ennen piirtämistilaisuutta (Sajaniemi et al., 2007), jolloin heidän piirroksistaan voitiin odottaa löytyvän merkke-

jä jommankumman visualisointivälineen käytöstä. Metaforisten elementtien esiintymää tarkastellessa voidaan huomata, että Joensuun yliopiston piirroksissa niitä oli varsin vähän muiden yliopistojen piirroksiin verrattuna. Jyväskylän yliopiston piirroksista metaforisia elementtejä ei löytynyt lainkaan (0%), mutta Helsingin yliopiston piirroksissa niitä oli 9%:ssa ja Kuopion yliopiston piirroksissa 11%:ssa. Helsingin ja Kuopion yliopistojen esiintymät olivat siis yli kaksinkertaiset Joensuun yliopiston 4% esiintymään verrattuna. Yliopistokohtaisia keskiarvoja tarkastellessa voi huomata, että jos Joensuun yliopiston opiskelija piirsi piirroksensa metaforisia elementtejä, oli niitä todennäköisesti vain yksi kappale (0,04), kun taas Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksissa niitä saattoi todennäköisemmin olla useampi kerralla (0,26 ja 0,24). Tästä voidaan päätellä, että Helsingin ja Kuopion yliopistojen osallistujat käyttivät Joensuun ja varsinkin Jyväskylän yliopiston osallistujia enemmän metaforisia elementtejä ohjelmatilannetta kuvatessaan. Päätelmä saa tukea, kun tarkastellaan analysointilomakkeisiin kirjattuja tarkennuksia siitä, millaisia metaforisia elementtejä piirroksiin oli piirretty. Joensuun yliopiston piirroksista löytyi vain yksi metaforinen elementti, joka oli roska-auto, jollainen esiintyi myös opiskelijoiden näkemässä metafora-animaatiossa. Helsingin yliopiston piirroksista löytyi muun muassa tikku-ukkoja, tikkukoiria ja ruoka-astioita, ja Kuopion yliopiston piirroksista löytyi muun muassa tikku-ukkoja, tikkukoiria ja hautaristi. Tulosten perusteella Helsingin ja Kuopion yliopistojen opiskelijat olivat siis halunneet täydentää ja ehkä myös samalla selkeyttää piirrostaan elementeillä, jotka kuvasivat ohjelmassa olleita asioita, eli omistajia ja koiria, ja yhden Joensuun yliopiston opiskelijan piirtämiseen oli selkeästi vaikuttanut opiskelijoille esitetty metafora-animaatio.

Saatujen tulosten pohjalta oli mielenkiintoista huomata, kuinka erilaisia piirrostekniikoita eri yliopistojen välillä oli käytössä ja kuinka jotkin piirrostavat ovat olleet hieman yleisempiä joissain yliopistossa ja harvinaisempia toisissa. Tähän on oletettavasti vaikuttanut omalta osaltaan luennoitsijoiden erilaiset piirrostavat, josta voidaan päätellä, että opetuksen tukena käytetty piirrostyyli vaikuttaa myös opiskelijoiden piirrostyyliin. Valitettavasti päätelmää ei pystytä vahvistamaan, sillä ei ole tiedossa, millaisia piirrostyyliä luennoitsijat ovat luennoillaan käyttäneet. Tämän olisi voinut saada selville esimerkiksi teettämällä luennoitsijoille saman piirrostehävän kuin opiskelijoille ja vertaamalla opiskelijoiden piirroksia luennoitsijan piirrostekniikkaan.

4.1.2 Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa

Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa -osion arvoissa (Taulukko 3) suurimmat erot tulivat Joensuun ja muiden yliopistojen välillä. Kuten Kohdassa 3.1 on kerrottu, toisin kuin muissa yliopistoissa, Joensuun yliopistossa opiskelijat olivat käyttäneet ohjatusti kahta erilaista ohjelmakoodin toimintaa visualisoivaa ohjelmaa, Jeliotia ja metafora-animaatiota (Sajaniemi et al., 2007). Siksi näiden visualisointivälineiden vaikutuksia etsittiin piirroksista, mutta muiden kuin Joensuun yliopiston piirroksista ei odotettu löytyvän kuin Jeliotin vaikutuksia.

Tuloksista voi nähdä, että Joensuun yliopiston piirroksista löytyi metafora-animaation (I01) vaikutuksia 4%:sta piirroksia ja Jeliotin (I02) vaikutuksia 11%:sta piirroksia, kun muiden yliopistojen piirroksista ei löytynyt edes Jeliotin vaikutuksia. Joensuun yliopiston piirroksista ei yhdestäkään löytynyt UML-vaikutteita (I03), kun taas kaikkien muiden yliopistojen piirroksista niitä löytyi vähintään joka kymmenennestä piirroksista (HKI: 11%, JKL: 11%, KUO: 16%). Vaikka Joensuun yliopiston piirroksista ei löytynytäkään selkeitä UML-vaikutteita, olisi virheellistä tehdä päätelmä, etteivät Joensuun yliopiston osallistujat olisi osanneet UML-notaatiota ja muiden yliopistojen osallistujat taas olisivat osanneet. Tällaisen päätelmän tueksi tarvittaisiin tieto osallistujien UML-osaamisesta tai heidän samanaikaisesti ohjelmoinnin alkeiskurssin kanssa suorittamistaan kursseista, joita tutkimuksessa ei kysytty. Kaikilla osallistujilla on ollut yliopistossaan mahdollisuus osallistua joko ennen ohjelmoinnin alkeiskurssia tai sen aikana muille kursseille, joissa UML-notaatiota olisi opetettu, jolloin on todennäköistä, että Joensuun yliopiston osallistujista osa olisi osannut ainakin hieman UML-notaatiota. Ennemminkin luvuista voi muodostaa päätelmän, että vaikka Joensuun yliopiston osallistujat olisivat osanneet UML-notaatiota, he eivät kokeneet piirroksissaan tarpeelliseksi käyttää esitysapuna sitä, vaan esimerkiksi metafora-animaation esityskäyttöä, kun taas muiden yliopistojen osallistujat, jotka eivät olleet tietyvästi nähneet tai käyttäneet metafora-animaatiota tai Jeliotia, kokivat tarpeelliseksi hyödyntää UML-piirrostekniikkaa ilmaistessaan ohjelman tilaa.

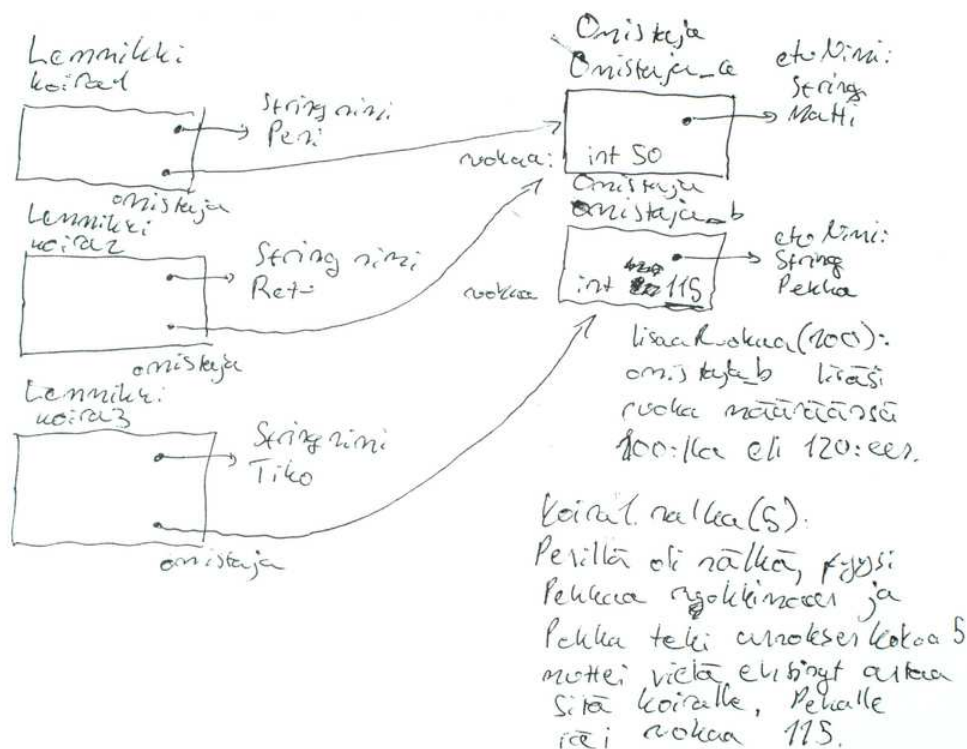
Jeliotin, metafora-animaation ja UML:n lisäksi ei piirroksista löytynyt muita analysointia suorittaneen työryhmän tuntemia esitystapoja (I04, kaikissa 0%). Tämä ei lue pois sitä, ettei joistain yksittäisistä piirroksista olisi kaikesta huolimatta voinut löytyä

vielä jonkin muun esitystavan vaikutuksia, mutta jotta näiden esitystekniikoiden vaikutukset olisivat tulleet huomatuiksi, olisi niiden tullut olla työryhmän tiedossa analysointivaiheen aikana.

4.1.3 Lähestymistapa

Lähestymistapa-osiossa tarkasteltiin piirroksista löytyneitä erilaisia tapoja lähestyä ohjelmatilanteen piirtämistä, eli mitkä asiat piirtäjä koki keskeisimmiksi, mitkä alisteisiksi ja mitkä alisteisille asioille alisteisiksi asioiksi piirroksessaan. Kohdasta saadut tulokset on esitelty Taulukossa 4, ja kohtien eri tasoihin tullaan jatkossa viittaamaan termeillä primaarinen, sekundaarinen ja tertiaarinen lähestymistapa. Kaikkia kohtia löydettiin piirroksista ainakin kerran, paitsi kohtaa A07, eli koko ohjelmakoodia. Kohdan tulos on ymmärrettävä, sillä ensinnäkin tehtävänannossa osallistujia ohjeistettiin piirtämään, jolloin koko ohjelmakoodin kirjoittaminen olisi ollut tehtävänannon vastainen ratkaisu, jota ei kuitenkaan olisi luokiteltu virheelliseksi vastaukseksi, jos joku olisi näin tehnyt. Toiseksi tehtävän suorittamiseen annetussa 15 minuutin aikarajassa olisi koko ohjelmakoodin kirjoittaminen ollut mahdollisesti liian työläs ratkaisuvaihtoehto.

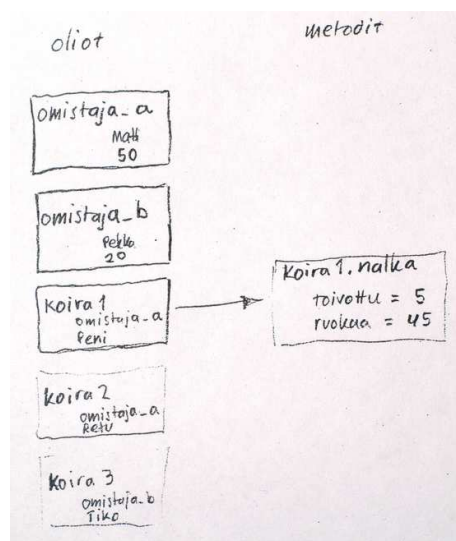
Kaikista yleisin lähestymistapa sekä koko materiaalista että yliopistokohtaisesti tarkasteltuna oli esiintymäprosenttiansa perusteella A01, eli kaikki oliot (JNS: 85%, HKI: 89%, JKL: 98%, KUO: 87%, YHT: 90%). Kuvassa 2 on esitelty piirros, jossa oliot ovat keskeisimpänä lähestymistapana. Tämä oli myös yleisin primaarinen lähestymistapa kaikissa yliopistoissa (JNS: 81%, HKI: 84%, JKL: 77%, KUO: 82%, YHT: 81%). Kaikissa muissa yliopistoissa kohdan prosentuaaliset osuudet esiintymissä ja ensisijaisissa lähestymistavoissa erosivat korkeintaan viisi prosenttiyksikköä, mutta Jyväskylän yliopiston tuloksissa vastaavien arvojen ero oli yli 20 prosenttiyksikköä. Tämä oli varsin mielenkiintoinen tulos, sillä vaikka kyseisen lähestymistavan kokonaisesiintymäprosentti Jyväskylän yliopiston piirroksissa oli 98, eli kaikkiin paitsi yhteen piirroksen (analysoituja piirroksia oli 44 kappaletta) oli piirretty kaikki oliot, oli lähestymistapa primaarinen vain 77%:ssa piirroksista. Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksista noin joka kymmenennessä oli piirretty vain aktiiviset oliot (A02) ja nekin keskeisenä osana piirrosta (JNS: 11%, HKI: 9%). Kuopion yliopiston piirroksissa 8%:ssa piirroksista oli piirretty aktiiviset oliot, mutta keskeisessä asemassa ne olivat



Kuva 2: Esimerkkikuva piirroksista (JKL), jossa keskeisimpänä lähestymistapana ovat kaikki oliot (A01). Piirroksista ei löytynyt muita lähestymistapoja. Metodeista kertovat tekstit oikeassa alakulmassa on luokiteltu suoritusta kuvaaviksi teksteiksi (C05).

5%:ssa ja alisteisessa asemassa 3%:ssa piirroksista. Jyväskylän yliopiston piirroksista vain yhdessä (2%) oli piirretty vain aktiiviset oliot, ja nekin olivat piirroksessa keskeisessä asemassa.

Näistä kohtien A01 ja A02 tuloksista voidaan huomata, että vaikka kaikkien yliopistojen piirroksissa oli selkeästi havaittavissa oliokeskeinen lähestymistapa, ovat tulokset melko samanlaiset Joensuun, Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksissa, lukuun ottamatta aktiivisten olioiden piirtämistä jollekin asialle alisteisena, sillä sitä esiintyi kaikista piirroksista vain Kuopion yliopiston piirroksissa. Jyväskylän piirroksissa oliokeskeisyys on olemassa lähes kaikissa piirroksissa, mutta ei niin voimakkaan keskeisesti kuin muiden yliopistojen piirroksissa. Jyväskylän yliopiston osallistujat piirsivät kaikki oliot muille asioille alisteisiksi joka viidennessä piirroksessa, kun muiden yliopistojen piirroksissa vastaava tilanne esiintyi korkeintaan viidessä prosentissa piirroksista. Tästä voidaan päätellä, että Jyväskylän yliopiston opiskelijat ovat osanneet valita



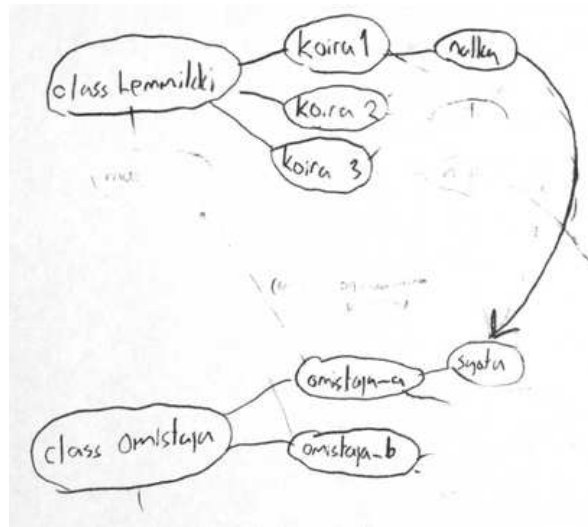
Kuva 3: Esimerkkikuva piirroksesta (JNS), jossa yhtenä primaarisena lähestymistapana ovat aktiiviset metodit (A04). Piirroksessa toisena primaarisena lähestymistapana ovat kaikki oliot (A01).

lähestymistavakseen myös muunlaisen kuin oliokeskeisen tavan, mutta siitä huolimatta he ovat piirtäneet pääsääntöisesti kaikki ohjelman oliot, kun taas muiden yliopistojen opiskelijat ovat voimakkaammin suosineet oliokeskeistä piirrostapaa sekä kaikkien että aktiivisten olioiden tapauksessa.

Yliopistojen väliset erot lähestymistavoissa alkavat näkyä vielä selkeämmin tarkasteltaessa toiseksi yleisintä lähestymistapaa, joka kaikissa yliopistoissa oli A04, eli aktiiviset metodit (JNS: 63%, HKI: 56%, JKL: 55%, KUO: 45%, YHT: 54%). Kuvassa 3 on esitelty piirros, jossa aktiiviset metodit ovat yhtenä keskeisistä lähestymistavoista. Lähestymistapa oli toiseksi yleinen primaarinen lähestymistapa kaikissa muissa yliopistoissa paitsi Jyväskylässä (JNS: 37%, HKI: 21%, JKL: 25%, KUO: 21%, YHT: 25%), jossa toiseksi yleinen primaarinen lähestymistapa esiintymäprosentilla 27 oli A09, eli luokat. Kohdan A04 tuloksia tarkastellessa huomaa, että jokaisen yliopiston piirroksissa kohdan prosentit jakautuvat pääasiassa primaarisen ja sekundaarisen lähestymistavan välille, ja kaikkien muiden yliopistojen paitsi Joensuun yliopiston piirroksista löytyi ainakin muutama piirros, joissa kohta löytyi myös tertiärisenä. Koko materiaalin tuloksissa kohta oli hieman useammin sekundaarisena kuin primaarisena lähestymistapana, ja olikin sekundaarisista lähestymistavoista kaikkein yleisin (prim.

25%, sekund. 27%). Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa kohta esiintyi yhtä usein primaarisena ja sekundaarisena (JKL: prim. 25%, sekund. 25%; KUO: prim. 21%, sekund. 21%), mutta Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksissa oli hajontaa primaarisen ja sekundaarisen lähestymistavan välillä, kuitenkin molemmissa täysin eri tavalla. Joensuun yliopiston piirroksista 37%:ssa aktiiviset metodit olivat primaarinen ja 26%:ssa sekundaarinen lähestymistapa, kun Helsingin yliopiston piirroksissa vastaavat osuudet olivat 21% ja 33%, eli Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan primaarinen lähestymistapa oli yleisempi kuin sekundaarinen ja Helsingin yliopiston piirroksissa tilanne oli päinvastainen. Lukemat ovat hyvin mielenkiintoiset myös siltä osin, että primaarisen ja sekundaarisen lähestymistavan osuuksien erot prosenttiyksiköissä laskettuna ovat melkein samat, 11 ja 12 prosenttiyksikköä. Tuloksista voi nähdä, että Joensuun yliopiston opiskelijat nostivat piirroksissaan aktiiviset metodit keskeisempään asemaan kuin muissa yliopistoissa, ja Helsingin yliopiston opiskelijat piirsivät muiden yliopistojen opiskelijoita useammin aktiiviset metodit joillekin asioille alisteiseksi.

Kolmanneksi yleisin lähestymistapa oli A03, eli kaikki metodit, jonka osuus kaikista piirroksista oli 24%. Kohdan tulokset keskeisyyden osalta osoittavat, että kohta oli sekundaarisena lähestymistapana huomattavasti yleisempi kuin primaarisena (prim. 5%, sekund. 19%). Vastaavat osuudet eri yliopistojen tuloksissa eroavat hieman sekä toisistaan että koko materiaalin tuloksista. Joensuun yliopiston tuloksissa kohta oli yhtä yleinen sekä primaarisena että sekundaarisena lähestymistapana (prim. 7%, sekund. 7%), kun muiden yliopistojen tulokset vastaavat yleisyyden suhteen koko materiaalin tulosta. Suurin kohdan osuus oli Kuopion yliopiston piirroksissa, joissa kohta esiintyi jopa 39%:ssa piirroksista, ja joissa ainoana kohta esiintyi myös tertiaarisena lähestymistapana (prim. 8%, sekund. 29%, tert. 3%). Myös Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa kohta oli paljon yleisempi sekundaarinen kuin primaarinen lähestymistapa (HKI: prim. 4%, sekund. 16%; JKL: prim. 2%, sekund. 20%). Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen opiskelijat sisällyttivät kaikki metodit piirroksiinsa selkeästi useammin jollekin alisteisina kuin Joensuun yliopiston opiskelijat. Etenkin Kuopion yliopiston piirroksissa kaikkien metodien osuus joillekin asioille alisteisina oli muihin yliopistoihin verrattuna varsin suuri.



Kuva 4: Esimerkkikuva piirroksesta (JKL), jossa primaarisena lähestymistapana ovat luokat (A09). Piirroksessa ovat sekundaarisena lähestymistapana kaikki oliot (A01) ja tertiaarisena lähestymistapana aktiiviset metodit (A04). Piirtäjä on pyyhkinyt osan alkuperäisestä piirroksestaan pois.

Neljänneksi yleisin lähestymistapa koko materiaalissa oli A09, eli luokat, esiintymäprosentilla 15. Kuvassa 4 on esitelty piirros, jossa luokat ovat keskeisimpänä lähestymistapana. Kohta oli neljänneksi yleisin piirroksista löytynyt lähestymistapa kaikkien muiden yliopistojen paitsi Joensuun yliopiston piirroksissa (JNS: 4%, HKI: 12%, JKL: 27%, KUO: 13%). Yhteistä kaikkien yliopistojen tuloksille oli, että luokat esiintyivät aina primaarisena lähestymistapana. Jyväskylän yliopiston piirroksissa luokkien osuus primaarisena lähestymistapana oli toiseksi suurin, kun Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksissa luokat olivat kolmanneksi suurin ja Joensuun yliopiston piirroksissa kahden muun kohdan kanssa toiseksi pienin lähestymistapa. Erot luokkien piirtämisen välillä eri yliopistojen piirroksissa olivat siis varsin suuret.

Seuraavaksi tarkastelen lähestymistapoja yliopistokohtaisesti, jonka jälkeen teen lyhyen yhteenvedon koko materiaalin tuloksesta verrattuna yliopistokohtaisiin tuloksiin. Joensuun yliopiston piirroksissa oli käytetty varsin niukasti erilaisia lähestymistapoja, vaikka vain kolme lähestymistapaa ei oltu käytetty lainkaan. Nämä kohdat olivat A06, eli aktiivinen suorituspolku, A07, eli koko ohjelmakoodi, ja A11, eli tärkeät ohjelmakoodin palaset. Tulosten perusteella Joensuun yliopiston opiskelijoiden piirroks-

siin oli suhteellisen usein sisällytetty primaarisena lähestymistapana kaikki oliot (A01: 81%) ja joko myös primaarisena tai sekundaarisena lähestymistapana aktiiviset metodit (A04: prim. 37%, sekund. 26%). Muiden piirroksista löytyneiden kohtien esiintymät olivat huomattavasti pienemmät, suurimpana kuitenkin aktiiviset oliot 11%:n esiintymällä, mutta muuten esimerkiksi kaikkien metodien (A03: prim. 7%, sekund. 7%) tai luokkien (A09: prim. 4%) esiintymät piirroksissa olivat lähestymistapoina hyvin pienet. Joensuun yliopiston piirroksista ei löytynyt yhtään tertiärisestä lähestymistapaa, ja kaikki piirroksissa esiintyneet tavat olivat pääasiassa primaarisia, sillä yhdenkään kohdan sekundaarinen esiintymäprosentti ei ollut primaarisesta esiintymäprosenttia suurempi. Sekundaarisia lähestymistapoja löytyi Joensuun yliopiston piirroksista vain kolme, eli varsin vähän.

Helsingin yliopiston piirroksissa oli erilaisia lähestymistapoja käytetty hieman vähemmän, sillä neljää kohtaa ei löytynyt piirroksista lainkaan. Nämä kohdat olivat A05, eli koko suorituspolku, A07, eli koko ohjelmakoodi, A08, eli aktiivinen ohjelmakoodi, ja A11, eli tärkeät ohjelmakoodin palaset. Helsingin yliopiston opiskelijat eivät siis kokeneet suorituspolun tai ohjelmakoodin sisällyttämistä piirroksensa lainkaan tärkeänä asiana, vaan he halusivat ilmaista ohjelmatilanteen muilla keinoilla. Tulosten perusteella Helsingin yliopiston opiskelijoiden piirroksiin oli varsin usein sisällytetty primaarisena lähestymistapana kaikki oliot (A01: 84%) ja sekundaarisena aktiiviset metodit (A04: 33%). Näiden lisäksi primaarisena lähestymistapana esiintyivät myös luokat (A9: 12%) ja sekundaarisena kaikki metodit (A03: 16%). Aktiiviset metodit (A04) oli piirretty Helsingin yliopiston piirroksiin ainoana tertiärisenä lähestymistapana, ja sekundaarisia lähestymistapoja piirroksista löytyi viisi erilaista.

Jyväskylän yliopiston piirroksista erilaisia lähestymistapoja löytyi eniten, sillä vain kohta A7, eli koko ohjelmakoodi, ei esiintynyt missään piirroksessa. Tulosten perusteella Jyväskylän yliopiston opiskelijoiden piirroksiin oli usein sisällytetty primaarisina lähestymistapoina kaikki oliot (A01: 77%) tai luokat (A09: 27%) ja joko myös primaarisena tai sekundaarisena lähestymistapana aktiiviset metodit (A04: prim. 25%, sekund. 25%). Sekundaarisena lähestymistapana olivat varsin usein myös kaikki oliot (A01: 20%) ja kaikki metodit (A03: 20%). Jyväskylän yliopiston opiskelijat olivat ainoita, jotka olivat sisällyttäneet piirroksiinsa tärkeät ohjelmakoodin palaset, jotka oli piirretty useammin sekundaarisina kuin primaarisina (A11: prim. 2%, sekund. 9%).

Piirroksissa esiintynyt ainoa tertiäärinen lähestymistapa oli sama kuin Helsingin yliopiston piirroksissa, eli aktiiviset metodit (A04: 5%), ja sekundaarisia lähestymistapoja löytyi Jyväskylän yliopiston piirroksista myös viisi erilaista.

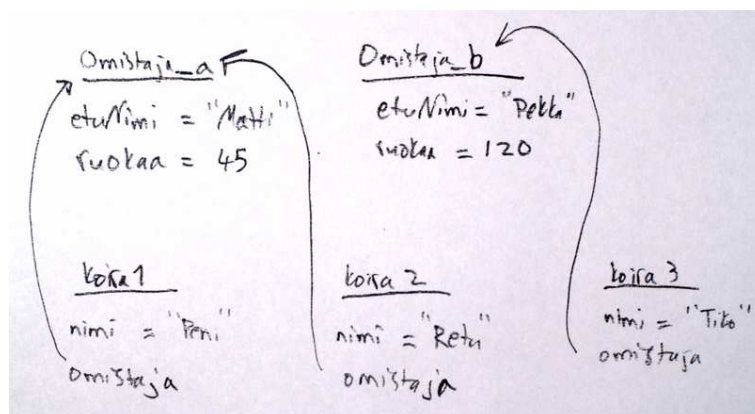
Kuopion yliopiston piirroksista löytyi kaikkia muita paitsi kolmea lähestymistapaa, jotka olivat A07, eli koko ohjelmakoodi, A10, eli vaikutukset olioihin, ja A11, eli tärkeät ohjelmakoodin palaset. Tulosten perusteella Kuopion yliopiston opiskelijoiden piirroksiin oli sisällytetty primaarisina lähestymistapoina kaikki oliot (A01: 82%) tai aktiiviset metodit (A04: 21%), ja sekundaarisena lähestymistapana kaikki tai aktiiviset metodit (A03: 29%, A04: 21%). Erilaisia primaarisia lähestymistapoja oli Kuopion yliopiston piirroksissa kaikista vähiten, vain kuusi, mutta tertiärisia lähestymistapoja oli eniten, eli kaksi erilaista, jotka olivat kaikki ja aktiiviset metodit (A03: 3%, A04: 3%). Kuopion yliopiston piirroksissa oli eniten kohtia, jotka olivat vain sekundaarisina lähestymistapoina, ja piirroksissa oli myös kaikista yliopistoista suurin muiden kohtien osuus (A12: 11%).

Koko materiaalin tulosta tarkastellessa huomaa, että yleisin primaarinen lähestymistapa oli kaikki oliot (A01: 81%) tai kaikki metodit (A04: 25%), kuten oli myös kaikkien yksittäisten yliopistojen tuloksissa. Myös varsin yleinen primaarinen lähestymistapa oli luokat (A09: 15%), jonka kohdalla oli pientä hajontaa yliopistokohtaisissa tuloksissa. Sekundaarisista lähestymistavoista yleisin oli aktiiviset metodit (A04: 27%) ja toiseksi yleisin kaikki metodit (A03: 19%). Yleisyydet olivat samat kaikkien muiden paitsi Kuopion yliopiston tuloksissa, joissa kohdat olivat samat, mutta järjestys eri. Tulosten perusteella voidaankin sanoa, että oliokeskeinen lähestymistapa metodien ollessa alisteisena oli hyvin yleinen sekä koko materiaalissa että yliopistokohtaisesti. Ainoa merkittävä ero yliopistokohtaisissa tuloksissa oli luokkien käyttö piirroksen keskeisenä osana, joka oli huomattavasti yleisempää muiden kuin Joensuun yliopiston piirroksissa. Jyväskylän yliopiston opiskelijat käyttivät erilaisia primaarisia ja sekundaarisia lähestymistapoja hieman laajemmin kuin muiden yliopistojen opiskelijat, ja heidän piirroksissaan jopa 20%:ssa kaikki oliot oli piirretty muille asioille alisteisiksi, kun muiden yliopistojen tuloksissa vastaavat lukemat olivat korkeintaan 5%. Myös luokkien suuri esiintymä erotti Jyväskylän yliopiston opiskelijoiden piirrokset muiden yliopistojen piirroksista. Mahdolliset hyvinkin erilaiset opetustyyliä eri yliopistojen välillä ovat siis havaittavissa tuloksista.

4.1.4 Virheet

Virhe-osiossa tarkasteltiin piirroksista löytyneitä oliokäsitteisiin ja ohjelman toimintaan liittyviä virheitä. Taulukossa 5 on esitelty osion kohtien esiintymien lukumäärät ja esiintymäprosentit sekä yliopistokohtaisesti että koko materiaalista. Lisäkohdat A, B, C ja R, jotka luokiteltiin kuuluviksi *Virhe*-osioon, otettiin analysoinnissa huomioon uusina kohtina E08, E09, E10 ja E11. Tarkastelen seuraavaksi tuloksia ensin koko materiaalista ja sen jälkeen yliopistokohtaisesti kolmen suurimman ja pienimmän esiintymäprosentin saaneen virhekohdan kohdalta. Lopuksi teen lyhyen yhteenvedon tulosten pohjalta.

Koko materiaalin tuloksia tarkastellessa huomaa, että kohta E03, eli olion yksilöiminen viittaavalla olioviitteellä, oli piirrosten yleisin virhe esiintymäprosentilla 39. Kuvassa 5 on esitelty piirros, jossa oliot on yksilöity viittaavalla olioviitteellä. Toiseksi yleisin virhe oli E02, eli olioviittauksen piirtäminen ilman suuntaa, (21%) ja kolmanneksi yleisin virhe oli E04, eli olion yksilöiminen attribuutilla (19%). Piirroksista löytyi vähiten olioviittauksia, jotka olisivat kulkeneet toisen olioviittauksen kautta (E11/R: 4%), luokkien välisiä suhteita koskevia väärinkäsityksiä (E10/C: 5%) ja Kaupunki-luokkaa koskevia väärinkäsityksiä (E09/B: 6%). Yleisimmät piirroksista löytyneet virheet eivät olleet kovinkaan yllättäviä, jos otetaan huomioon, että osallistujat olivat ohjelmoinnin noviisiopiskelijoita. Kaikilla opiskelijoilla ei ole tulosten perusteella ollut niin hyvä olio-ohjelmoinnin tuntemus, jotta he olisivat voineet piirtää annetun ohjelmatilanteen muuten kuin reaali maailmasta tuttujen toimintatapojen avulla. Reaali maailmassa asiat yksilöidään hyvin usein nimen perusteella, jolloin opiskelijat hyödynsivät tähän tarkoitukseen viittaavaa olioviitettä sekä olion attribuuttia, etenkin jos siihen oli sijoitettu jokin nimi, kuten ”Matti” tai ”Tiko”. Olioviittauksen piirtäminen ilman suuntaa kertoo siitä, etteivät opiskelijat täysin ymmärtäneet viittauksen suunnan merkitystä, jolloin he vain yksinkertaisesti yhdistivät toisiinsa liittyvät asiat keskenään kuin esimerkiksi miellekartassa ajattelematta sen tarkemmin yhdistämistävän merkitystä. Pienimmät esiintymäprosentit saaneet virheet olivat sellaiset, että niiden esiintymiseen vaadittiin syvemmin ohjelman toimintaan perehtyvä piirros, joka on voinut olla monelle osallistujalle liian vaikea asia. Siksi tulosten perusteella ei voida tehdä päätelmää, jonka mukaan opiskelijat olisivat osanneet piirtää esimerkiksi luokkien väliset suhteet oikein. Seuraavaksi tarkastelen eri yliopistojen tuloksia.



Kuva 5: Esimerkkikuva piirroksista (HKI), jossa oliot on yksilöity virheellisesti viittaavalla olioviitteellä (E03). Kyseinen virhe oli yleisin piirroksista löytynyt virhe.

Joensuun yliopiston piirroksissa yleisin virhe oli olion yksilöiminen viittaavalla olioviitteellä (E03: 59%), toiseksi yleisin olion yksilöiminen attribuutilla (E04: 41%) ja kolmanneksi yleisimmät virheet olivat attribuutin päivitys vain alkuperäisen paikan ulkopuolella (E05: 26%) ja jokin ohjelman toimintaan liittyvä väärinymmärrys (E07: 26%), kuten koiralla väärä omistaja tai väärä suorituskohta. Joensuun yliopiston piirroksiset olivat ainoita, joista joitain virhekohtia ei löytynyt ollenkaan. Tuloksista voi nähdä, että Joensuun yliopiston opiskelijat onnistuivat piirtämään annetun ohjelmatilanteen siten, ettei niistä yhdestäkään löytynyt Kaupunki-luokkaa koskevia väärinkäsityksiä (E09/B: 0%), luokkien välisiä suhteita koskevia väärinkäsityksiä (E10/C: 0%) tai olioviittauksia, jotka olisivat kulkeneet toisen olioviittauksen kautta (E11/C: 0%). Virheiden prosentuaalisia osuuksia tarkastellessa Joensuun yliopiston piirroksista löytyi jopa viisi virhetyyppiä, joissa esiintymäprosentti oli yli 20, ja tämä määrä oli selvästi suurin muihin yliopistoihin verrattuna (HKI: 2, JKL: 1, KUO: 3). Vaikka Joensuun yliopiston opiskelijoiden piirroksista ei löytynyt lainkaan kohdissa E09/B, E10/C ja E11/R kuvattuja virheitä, olivat muiden kohtien esiintymäprosentit huomattavasti suuremmat kuin muissa yliopistoissa, jolloin tuloksista voidaan päätellä, että Joensuun yliopiston opiskelijoilla on ollut muiden yliopiston opiskelijoita hankalampaa piirtää annettu ohjelmatilanne oikein.

Helsingin yliopiston opiskelijoiden piirroksissa yleisin virhe oli olioviittauksen piirtäminen ilman suuntaa (E02: 23%), toiseksi yleisin virhe oli olion yksilöiminen viittaavalla olioviitteellä (E03: 21%) ja kolmanneksi yleisimmät virheet olivat olion yksi-

löiminen attribuutilla (E04: 18%) ja jokin ohjelman toimintaan liittyvä väärinymmärrys (E07: 18%), kuten väärä ruokintamäärä tai koiralla väärä omistaja. Kuten Joensuun yliopiston piirroksissa, myös Helsingin yliopiston piirroksista löytyneiden kolmen suurimman esiintymäprosentin joukkoon mahtui neljä virhetyyppiä. Helsingin yliopiston opiskelijoiden piirroksista löytyi vähiten Kaupunki-luokkaa koskevia väärinkäsityksiä (E09/B: 4%), luokkien välisiä suhteita koskevia väärinkäsityksiä (E10/C: 4%) ja main-metodin rinnastamista Kaupunki-luokkaan (E08/A: 5%). Vain kahdessa piirroksessa esiintyneessä virhetyypissä oli yli 20%:n esiintymät, ja vaikka Helsingin yliopiston piirroksista löytyikin jokaista virhetyyppiä, jopa seitsemässä virhetyypissä esiintymäprosentti oli alle 10. Joensuun yliopiston piirroksissa alle 20%:n esiintymiin pääsi vain kolme piirroksista löytynyttä virhetyyppiä ja sekä Jyväskylän että Kuopion yliopistojen piirroksissa viisi virhetyyppiä.

Jyväskylän yliopiston piirroksissa yleisimmin esiintynyt virhe oli olion yksilöiminen viittaavalla olioviitteellä (E03: 45%), ja toiseksi ja kolmanneksi yleisimmin esiintyneet virheet olivat olioviittauksen piirtäminen ilman suuntaa (E02: 18%) ja jokin ohjelman toimintaan liittyvä väärinymmärrys (E07: 18%), kuten väärä omistaja tai väärä ruoka-annos. Muiden yliopistojen piirroksissa toiseksi tai kolmanneksi yleisin kohta E04, eli olion yksilöiminen attribuutilla, esiintyi Jyväskylän yliopiston piirroksissa kolmanneksi vähiten (7%). Kohdan kuvaaman virheen lisäksi piirroksista löytyi vähän olioviittauksia, jotka olisivat kulkeneet toisen olioviittauksen kautta (E11/R: 2%), sekä oliokäsitteisiin liittyviä väärinymmärryksiä (E06: 5%), kuten syöta-metodin kuuluminen koiral:lle. Vaikka yleisimmin esiintyneet virheet olivatkin suhteellisen samanlaiset Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirrosten virheiden kanssa, kolmen vähiten esiintymiä omanneiden virhekohtien joukossa oli kaksi sellaista, joita esiintyi Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksissa hieman enemmän. Muidenkin yliopistojen opiskelijoille yleinen virhe E03 oli Jyväskylän yliopiston opiskelijoilla yleinen muiden kohtien esiintymiin verrattuna. Kyseisen kohdan 45%:n esiintymä eroaa loppujen kymmenen kohdan lukemista, joista viidessä esiintymä on alle 20% ja viidessä alle 10%. Tarkastellessa virheiden lukumääriä huomaa, että kohtaa E03 löytyi 20 piirroksista, kun taas muiden piirroksista löytyneiden kymmenen kohdan esiintymien lukumäärät ovat suhteellisen tasaisesti väliltä 1–8. Tuloksista siis selviää hyvin helposti, mikä asia aiheutti Jyväskylän yliopiston opiskelijoille ongelmia esiintymänsä puolesta, mutta muiden kohtien tulokset ovat niin tasaiset, että selkeitä eroja niiden välillä ei kunnolla synny.

Kuopion yliopiston opiskelijoiden piirroksissa yleisin virhe oli olion yksilöiminen viittaavalla olioviitteellä (E03: 42%), ja toiseksi ja kolmanneksi yleisimmät virheet olioviittauksen piirtäminen ilman suuntaa (E02: 21%) ja olion yksilöiminen attribuutilla (E04: 21%). Kuopion yliopiston piirroksista löytyi vähiten luokkien välisiä suhteita koskevia väärinkäsityksiä (E10/C: 3%), olioviittauksia, jotka olisivat kulkeneet toisen olioviittauksen kautta (E11/R: 3%), ja attribuutin päivityksiä vain alkuperäisen paikan ulkopuolella (E05: 5%). Kuopion yliopiston tulokset kolmen eniten ja vähiten esiintymiä saaneiden virhekohtien kohdalla olivat siis varsin samanlaiset verrattuna muihin yliopistoihin, paitsi kohdan E05 esiintymän suuruuden kohdalla. Joensuun yliopiston tuloksissa kyseisen kohdan esiintymäprosentti oli kolmen suurimman esiintymäprosentin joukossa, mutta Kuopion yliopiston tuloksissa vastaavan kohdan esiintymäprosentti sijoittui kolmen pienimmän esiintymäprosentin joukkoon, kun Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen tuloksissa kohta ei ollut kummassakaan ääripäässä.

Tarkasteltaessa kolmen eniten ja vähiten yleisen virheen esiintymiä eri yliopistojen osalta voidaan havaita, että yliopistojen välillä on muutamia selkeitä eroja. Yleisin virhe kaikkien yliopistojen paitsi Helsingin yliopiston piirroksissa oli E03, eli olion yksilöiminen viittaavalla olioviitteellä (JNS: 59%, HKI: 21%, JKL: 45%, KUO: 42%, YHT: 39%). Helsingin yliopiston piirroksista löytynyt yleisin virhe esiintymäprosentilla 23 oli E02, eli piirroksista löytyneillä olioviittauksilla ei ollut lainkaan suuntaa. Kohdan E03 esiintymäprosentti koko materiaalista oli suhteellisen pieni, alle 40 prosenttia. Esiintymäprosentit olivat Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa melko lähellä sekä toisiaan että keskiarvoa, mutta Joensuun yliopiston piirroksissa esiintymäprosentti oli keskiarvoon verrattuna suuri ja Helsingin yliopiston piirroksissa pieni. Joensuun yliopiston piirroksista kuudessa piirroksessa kymmenestä oliot oli yksilöity viittaavalla olioviitteellä, eli olioiden yhteyteen oli kirjoitettu niiden olioviitteet, kuten esimerkiksi `koiral`, vaikka ne olisi pitänyt kirjoittaa oikeaoppisesti `main`-metodiin tai viittaukseksi olioon. Joensuun yliopiston opiskelijoille tällainen virhe oli tulosten perusteella muihin yliopistoihin nähden paljon yleisempi, eikä minkään muun yliopiston kuin Joensuun yliopiston tuloksissa virheprosentti noussut missään kohdassa yli viidenkymmenen.

Jyväskylän yliopiston opiskelijat osasivat piirtää ohjelmatilanteen siten, ettei olion yksilöimistä attribuutilla (E04) löytynyt kuin vain 7%:sta piirroksista, kun taas muiden

yliopistojen piirroksissa kyseinen virhe esiintyi niin useasti, että se oli kolmen yleisimmän virheen joukossa. Myös kohdan E05, eli attribuutin päivitys vain alkuperäisen paikan ulkopuolella, aiheutti eroja varsinkin Joensuun ja Kuopion yliopistojen välille. Kun Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan esiintymäprosentti oli kolmen suurimman joukossa, sijoittui vastaava kohta Kuopion yliopiston piirroksissa kolmen vähiten esiintymiä saaneen kohdan joukkoon.

Virhe-esiintymät ja niiden suuruudet eri kohdissa voidaan ymmärtää opiskelijoiden matalan osaamistason perusteella. Ei pidä myöskään unohtaa luennoitsijoiden vaikutusta opiskelijoiden tekemiin virheisiin piirroksissaan, sillä on mahdollista, etteivät edes luennoitsijat ole osanneet muodostaa luennoillaan oikeaoppisia piirroksia, jolloin opiskelijat ovat saaneet niiltä osin vääriä tietoja. Luennoitsijoiden piirrokset ovat myös voineet olla oikeaoppisia, mutta kuitenkin tarpeeksi vajaita, jolloin opiskelijat ovat itse joutuneet paikkaamaan puuttuvat kohdat, ja piirrokset ovat olleet niiltä osin virheellisiä.

4.1.5 Sisältö

Sisältö-osiossa tarkasteltiin piirroksista löytyneitä oliokäsitteisiin ja ohjelman toiminnan kuvaamiseen liittyviä asioita, kuten olioita, luokkia, metodeita, attribuutteja sekä niiden mahdollisia suhteita toisiinsa. Taulukossa 6 on esitelty osion kohtien prosentuaaliset esiintymät sekä yliopistokohtaisesti että koko materiaalista. Osioon kuuluviksi kohdiksi luokitellut lisäkohdat D–Q, S ja T otettiin analysoinnissa huomioon uusina kohtina C68–C83. Jos kohta esiintyi piirroksessa, sen oikeellisuus arvioitiin numeroilla 1, 2 ja 3, joista 1 tarkoitti kohdassa kuvatun asian ilmenemistä piirroksessa käsitteellisesti väärin, 2 kohdassa kuvatun asian ilmenemistä käsitteellisesti oikein, mutta väärin ohjelman yksityiskohtien kannalta, ja 3 kohdassa kuvatun asian ilmenemistä täysin oikein. Taulukossa näitä numeroita vastaavat kirjainlyhenteet, jolloin numeroa 1 vastaa lyhenne KV (käsitteellisesti väärin), numeroa 2 lyhenne OV (ohjelmallisesti väärin) ja numeroa 3 kirjain O (oikein). Taulukossa on myös ilmaistu jokaisen kohdan saamien arvojen yhteenlasketut esiintymäprosentit, jolle kirjainlyhenne on Y.

Käsittelen seuraavaksi osion kohtien tuloksia numerojärjestyksessä sekä yliopistotaitain että koko materiaalin tulosten osalta. Kohdat oli järjestelty jo analysointilomak-

keeseen siten, että samoihin asioihin liittyvät kohdat olivat lähekkäin, joten käsitte-
len kohtia samanlaisissa kokonaisuuksissa. Lisäkohdat (C68–C83) on käsitelty niiden
kokonaisuuksien yhteydessä, joihin ne on tarkoitettu. Kokonaisuudet ovat seuraavan-
laiset: oliokäsitteisiin liittymättömät yksityiskohdat (C01–C09), luokka ja olio (C10–
C12, C68), olion yksilöinti ja olioviittaukset (C13–C16, C82), attribuutit (C17–C24,
C76–C78), metodien ja konstruktorien olemassaolot (C25–C30), metodikutsujen olio-
suhteet (C31–C35, C69, C70), metodien suhteet (C36–C38, C71–75, C79–C81, C83),
parametrit, muuttujat ja palautusarvot (C39–C56), main-metodi (C57–C58) ja loput
piirroksista löytyneet ohjelman toimintaa kuvaavat kohdat (C59–C67).

Oliokäsitteisiin liittymättömät yksityiskohdat: Kohdat C01–C09 käsitelivät piirroksissa olleita oliokäsitteisiin liittymättömiä yksityiskohtia. Kaikki kohdat olivat yhtä piirrosta lukuun ottamatta oikein kaikissa piirroksissa, joissa kohtia esiintyi. Ainoa piirros, josta löytyi ohjelman yksityiskohtien kannalta virheellinen suoritusta kuvaava teksti (C05), löytyi Helsingin yliopiston piirroksista, eli kyseiseen piirrokseen kirjoitettu ohjelman suoritusta kuvaava teksti oli mennyt väärin ohjelman yksityiskohtien kannalta. Vaikka analysointi koskikin pääasiassa vain piirroksia, eikä piirrokseen kirjoitettuja tekstejä, tekstit katsottiin läpi, ja jos niistä oli selkeästi havaittavissa esimerkiksi piirtäjän tietämättömyys olio-ohjelmoinnin käsitteistä, otettiin nämä asiat mukaan analysoinnissa.

Ensimmäinen kohta (C01) käsiteli piirrosta tai piirtämistä kuvaavan tekstin, eli metatekstin, löytymistä piirroksista. Joensuun yliopiston piirrosten tuloksen tämän kohdan osalta erosivat suuresti muiden yliopistojen piirrosten tuloksista, sillä niistä ei löytynyt yhtään kyseisen kohdan esiintymää (0%), kun muiden yliopistojen piirroksissa esiintymät olivat toisiinsa verrattuna samankaltaiset (HKI: 16%, JKL: 14%, KUO: 16%). Tulokseen on voinut vaikuttaa se, että Joensuun yliopiston opiskelijoille piirrostekstävä oli jo toinen, kun muiden yliopistojen opiskelijat tekivät piirrostekstävän ensimmäistä kertaa. Näin ollen muiden yliopistojen opiskelijoilla on voinut olla hieman suurempi tarve selittää piirrostaan metatekstin avulla. Myös toinen kohta (C02) osoittaa selkeän eron Joensuun yliopiston ja muiden yliopistojen välillä piirrostekniikassa. Joensuun yliopiston piirroksista joka kolmannessa (33%) oli käytetty otsikoita, esimerkiksi ”Metodit” tai ”Oliot”, kun muiden yliopistojen piirroksissa ilmenneet esiintymät kohdan osalta olivat samankaltaiset kuin kohdan C01 tuloksissa (HKI: 12%, JKL: 11%, KUO: 13%).

Elementin lajin kuvaavan tekstin, kuten ”olio” tai ”luokka”, joka ei kuitenkaan ollut ot-sikko, (C03) esiintymissä on havaittavissa samankaltaisuutta Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksissa (HKI: 12%, KUO: 13%) ja pientä eroavuutta keskiarvosta (11%) Joensuun ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa (JNS: 19%, JKL: 5%). Joensuun yliopiston opiskelijoista joka viides on halunnut täsmentää piirrostaan kirjoittamalla elementin yhteyteen sen lajin, kun vastaavalla tavalla piirrostaan on täsmentänyt Helsingin ja Kuopion yliopistoissa noin joka kahdeksas ja Jyväskylän yliopiston opiskelijoista elementtien täsmentämistä on hyödyntänyt vain joka kahdeskymmenes. Vastaavalla tavalla pientä tulosten hajoavaisuutta yliopistojen välillä on havaittavissa myös kohdan C04, eli relaationuolen luonteen kuvaavan tekstin esiintymissä (JNS: 7%, HKI: 12%, JKL: 14%, KUO: 18%, YHT: 13%). Tulosten perusteella eri yliopistojen opiskelijoilla on ollut erilainen tarve selventää piirtämiään elementtejä aputeksteillä.

Kohdan C05, eli suoritusta kuvaavan tekstin, esiintymien kohdalla voidaan taas havaita Joensuun yliopiston piirroksiin mahdollisesti vaikuttanut opiskelijoiden yhden aikaisemman piirtokerran kokemus muihin yliopistoihin verrattuna. Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan esiintymäprosentti oli vain 15, kun taas ohjelman suoritusta kuvaavaa tarkennustekstiä oli muiden yliopistojen piirroksissa paljon useammin (HKI: 30%, JKL: 27%, KUO: 24%, YHT: 25%). Kohta oli ensimmäisen yhdeksän kohdan joukossa ainoa, josta löytyi muitakin kuin vain oikeanlaisia esiintymiä, sillä yhdessä Helsingin yliopiston piirroksessa suoritusta kuvaava teksti oli ollut virheellinen. Kohdan C06 esiintymistä voi huomata, että Joensuun, Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksista löytyi kaikista varsin saman verran erilaisia tietotyyppisiä, kuten `int` tai `string`, kun Kuopion yliopiston piirroksista niitä löytyi hieman vähemmän (JNS: 22%, HKI: 25%, JKL: 23%, KUO: 16%, YHT: 22%). Kohta C07, eli esimerkiksi metodien tai attribuuttien julkisuudesta kertovia tekstejä, kuten `public`- tai `private`, tai vastaavasti UML-tyylisiä ”+”- ja ”-”-merkkejä, ilmeni Joensuun, Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa varsin vähän, kun taas Helsingin yliopiston piirroksista niitä löytyi joka kuudennesta (JNS: 7%, HKI: 16%, JKL: 2%, KUO: 5%, YHT: 8%). Kohta C08, eli vähintään kaksi riviä käsittänyt ohjelmakatkkelma, oli esiintymältään tasaisen harvinaisen kaikkien yliopistojen piirroksissa paitsi Helsingin yliopiston piirroksissa, joista sitä ei löytynyt ollenkaan (JNS: 4%, HKI: 0%, JKL: 9%, KUO: 5%, YHT: 4%).

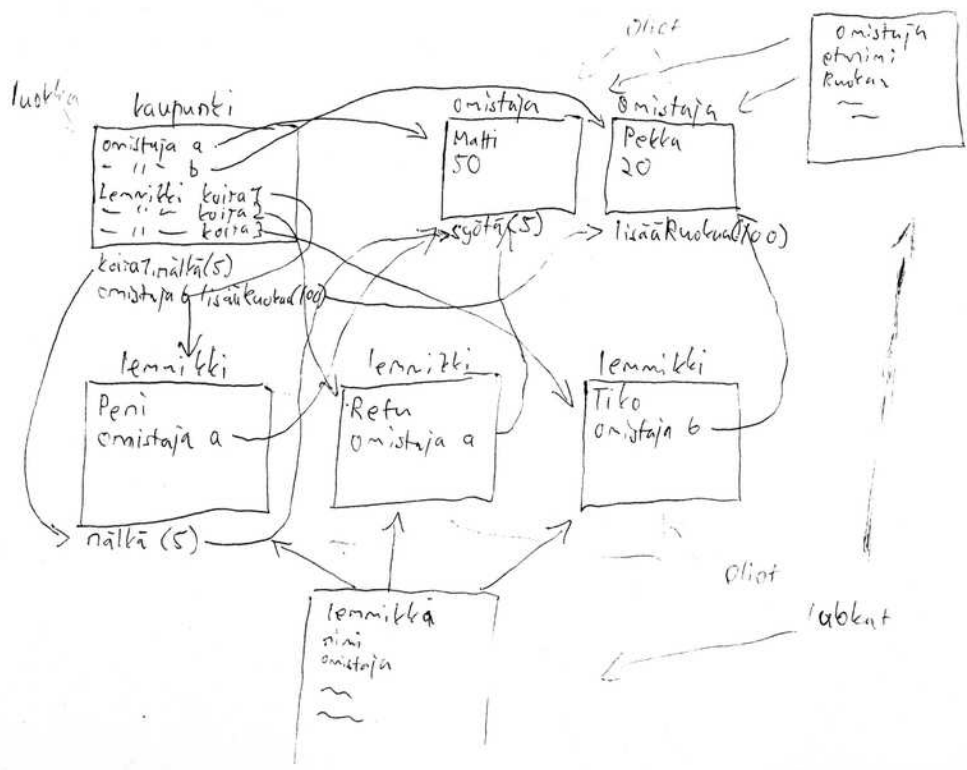
Oliokäsitteisiin ja ohjelman toimintaan liittymättömistä yksityiskohdista viimeinen kohta oli C09, eli sovellusalueen terminologialla oleva teksti, jossa Joensuun, Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen tulokset olivat suhteellisen lähellä toisiaan ja Kuopion yliopiston tulokset olivat muita yliopistoja hieman suuremmat (JNS: 15%, HKI: 18%, JKL: 14%, KUO: 24%, YHT: 17%). Kuopion yliopiston piirroksista melkein joka neljännessä oli kirjoitettu sovellusalueen terminologialla olevaa tekstiä, kun muissa yliopistoissa vastaava kohta esiintyi korkeintaan joka viidennessä piirroksessa. Kaiken kaikkiaan kohtien esiintymät kaikissa piirroksissa eivät olleet kovin suuria, sillä suurimman esiintymäprosentin koko materiaalista saaneella kohdalla (C05), esiintymä oli vain 25%. Suurimmassa osassa piirroksia oli siis keskitytty muihin asioihin kuin esimerkiksi piirrosta tarkentaviin teksteihin.

Luokka ja olio: Kohdissa C10–C12 sekä lisäkohdassa C68/D tarkasteltiin luokan ja olion ilmenemistä sekä olion kuulumista luokkaan. Yliopistojen väliset erot ovat selkeät, kun tarkastellaan luokkien (C10) ilmenemistä ja oikeellisuutta piirroksissa. Luokkia löytyi keskimäärin joka viidennessä piirroksista (21%), mutta jokaisen yliopiston esiintymäprosentit sekä kokonaismäärissä että kohdan oikeellisuuden eri tasojen esiintymissä erosivat toisistaan. Joensuun yliopiston piirroksista löytyi luokkia joka neljännessä piirroksista (26%), mutta oikein menneiden luokkien esiintymäprosentti oli vain 15 ja käsitteellisesti väärin menneiden luokkien jopa 11, eli melkein puolet Joensuun yliopiston piirroksissa olleista luokista oli piirretty käsitteellisesti väärin. Helsingin yliopiston piirroksissa luokkia oli vain 12%:ssa, mutta oikein menneitä luokkia löytyi 11%:sta piirroksia ja ohjelman kannalta väärin menneitä vain 2%:sta. Jyväskylän yliopiston piirroksissa esiintyneet luokat olivat kaikki piirretty täysin oikein, ja luokkia löytyi jopa 32%:sta piirroksia. Jyväskylän yliopiston opiskelijat olivat siis osanneet käyttää luokkia oikein paljon varmemmin kuin muiden yliopistojen opiskelijat, sillä myös Kuopion yliopiston piirroksista löytyi hieman käsitteellisesti väärin piirrettyjä luokkia (5%) ja enemmän oikein piirrettyjä luokkia (13%), vaikka luokkien esiintymäprosentti piirroksissa olikin vain 18. Tuloksista näkee selkeästi, että Jyväskylän yliopiston opiskelijoilla ovat luokat olleet paljon paremmin hallussa kuin esimerkiksi Joensuun yliopiston opiskelijoilla, jotka piirsivät niitä useammin kuin Helsingin tai Kuopion yliopiston opiskelijat, mutta osasivat piirtää luokat oikein vain hieman yli puolessa niistä piirroksista, joissa luokka esiintyi. Jyväskylän yliopiston piirroksista joka kolmannessa oli piirretty luokat, joka kertoo siitä, että opiskelijat ovat myös us-

kaltaneet sisällyttää luokat piirroksensa paremmin kuin muissa yliopistoissa. Tarkasteltaessa kohdan tuloksia koko materiaalista voi huomata, että luokat ovat esiintyneet noin joka viidennessä piirroksessa ja että ne on piirretty varsin usein oikein, mutta muutamissa piirroksissa ne ovat olleet väärin joko käsitteellisesti tai ohjelman kannalta (KV: 3%, OV: 1%, O: 17%, Y: 21%).

Kohdan C11 tulokset olivat erittäin positiiviset, sillä olioiden esiintymäprosentti oli jokaisen yliopiston piirroksissa lähellä sataa prosenttia (JNS: 96%, HKI: 98%, JKL: 98%, KUO: 95%, YHT: 97%), eikä yhdenkään yliopiston piirroksista löytynyt olioita, jotka olisivat olleet väärin joko käsitteellisesti tai ohjelmallisesti. Koko materiaalin tuloksissa vain kolmessa prosentissa piirroksista piirtäjä ei ollut piirtänyt lainkaan olioita, vaan oli käyttänyt muunlaista tapaa ilmaista annettu ohjelmatilanne. Olion kuuluminen luokkaan (C12) oli piirretty vain 37%:ssa piirroksista, ja melkein jokaisessa piirroksessa, jossa kyseinen kohta esiintyi, yhteys oli piirretty oikein (KV: 1%, OV: 1%, O: 35%). Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan esiintymäprosentti oli pienin (15%) ja Jyväskylän yliopiston piirroksissa suurin (55%) Helsingin ja Kuopion yliopistojen esiintymäprosenttien sijoittuessa lähelle koko materiaalin tulosta (HKI: 37%, KUO: 32%). Tulosten perusteella Joensuun yliopiston opiskelijat ilmaisivat piirroksissaan suhteellisen vähän olioiden kuulumisia luokkiin, kun taas Jyväskylän yliopiston opiskelijoista yli puolet oli piirtänyt kyseisen tilanteen. Yhteistä näiden kahden yliopiston tuloksissa on se, ettei kummaltakaan löytynyt kohdasta virheellisiä esiintymiä, kun taas Helsingin yliopiston piirroksista löytyi käsitteellisesti väärää (2%) ja Kuopion yliopiston piirroksista sekä käsitteellisesti (3%) että ohjelmallisesti väärää (3%) kohdan esiintymiä.

Lisäkohdista ensimmäinen (C68/D) käsitteli luokkien välistä suhdetta, joka olisi ollut piirretty oikein, ja kuului näin ollen luokkia ja olioita käsittelevään kokonaisuuteen. Kohta esiintyi vain yhdessä Kuopion yliopiston piirroksessa (3%), joka käsitti 1%:n kaikista piirroksista. Kuvassa 6 on esitelty piirros, jossa luokkien välille on piirretty suhde, joka oli mennyt täysin oikein. Verrattaessa tulosta *Virhe*-osion kohtaan E10/C, jossa tarkasteltiin luokkien välistä suhdetta koskevia väärinkäsityksiä, huomaa, että luokkien välinen suhde oli ollut harvinainen asia piirroksissa lukuun ottamatta Jyväskylän yliopiston piirroksia (JNS: 0%, HKI: 4%, JKL: 11%, KUO: 3%, YHT: 5%). Siitä huolimatta Kuopion yliopiston tulokset olivat luokkien välisissä suhteissa parhaimmat,



Kuva 6: Esimerkkikuva piirroksista (KUO), jossa luokkien välille on piirretty suhde, joka on mennyt täysin oikein (C68/D). Suhde on ilmaistu kuvassa luokkien välisenä rinnastuksena.

sillä esimerkiksi Jyväskylän yliopiston opiskelijoista joka kymmenes oli yrittänyt kuvata luokkien välistä suhdetta, mutta yksikään ei ollut onnistunut siinä.

Kohtien C10–C12 tuloksista voi havaita selkeitä eroja yliopistojen välillä. Jyväskylän yliopiston opiskelijat olivat selkeästi hallinneet luokat, oliot ja olioiden yhdistämisen luokkiin muita yliopistoja paremmin, sillä Jyväskylän yliopiston tuloksissa jokaisen kohdan esiintymäprosentit olivat suurimmat (kohdassa C11 myös Helsingin yliopiston piirroksilla on sama esiintymäprosentti), eikä yhdessäkään kohdassa ollut käsitteellisesti tai ohjelmallisesti väärin kohtien esiintymiä. Suurimmat virheprosentit oli Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan C10 käsitteellisissä virheissä (11%), mutta Kuopion yliopiston piirroksissa oli esiintymiä useimmissa virhekohtissa; kohdan C10 käsitteellisesti väärin esiintymissä (5%) ja kohdan C12 molemmissa virhekohtissa (KV: 3%, OV: 3%). Vaikka Kuopion yliopiston piirroksista löytyikin useita vir-

hekohtia, olivat ne myös ainoita, joista löytyi luokkien välinen suhde, joka oli piirretty oikein (C68/D). Helsingin yliopiston piirroksista löytyi kohdasta C10 ohjelmallisesti väärää asioita (2%) ja kohdasta C12 käsitteellisesti väärää asioita (2%). Vaikka Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksista löytyikin virhe-esiintymiä useammasta kohdasta kuin Joensuun yliopiston piirroksista, oli Joensuun yliopiston opiskelijoilla selkeästi muiden yliopiston opiskelijoita hankalampaa piirtää osion kohdista erityisesti luokat käsitteellisesti oikein.

Olion yksilöinti ja olioviittaukset: Kohdat C13–C16 sekä lisäkohta C82/S käsittelivät olion yksilöintiä ja olioviittauksia, joista kohdat C13 ja C14 olivat jo luonteeltaan virheellisiä. Kohdat C13 ja C14 tarkastelivat olion yksilöivän tunnisteiden esiintymistä piirroksessa käsitteellisesti väärin, eli oliossa tai sen yhteydessä, kun oikea tapa merkitä olion tunniste olisi ollut piirtää tunniste viittaamaan olioon esimerkiksi nuolella. Kohdan C13, eli olion yksilöivä tunniste oliossa, esiintymäprosentti koko materiaalista oli 36, eli kyseinen virhe esiintyi joka kolmannessa piirroksessa. Kohdan tulosten ääripäissä olivat Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirrosten tulokset, joista Joensuun yliopiston esiintymäprosentti oli hieman yli kaksi kertaa yhtä iso kuin Helsingin yliopiston esiintymäprosentti (JNS: 52%, HKI: 25%). Joensuun yliopiston piirroksista joka toisesta löytyi olion yksilöivä tunniste oliosta, kun Helsingin yliopiston piirroksista kyseinen virhe löytyi joka neljännessä piirroksessa. Myös Kuopion yliopiston piirroksissa virheen esiintymäprosentti oli varsin suuri (45%), jolloin virhe esiintyi melkein joka toisessa piirroksessa, ja Jyväskylän yliopiston piirrosten tulos (32%) oli lähellä koko materiaalin keskiarvoa. Kohdan C14, eli olion yksilöivä tunniste olion yhteydessä, esiintymäprosentti koko materiaalista oli 9, joka oli huomattavasti pienempi kuin kohdan C13 vastaava lukema. Myös tämän kohdan yliopistokohtaisissa tuloksissa Joensuun yliopiston esiintymäprosentti oli suurin (19%), mutta pienimmät lukemat olivat sekä Helsingin että Kuopion yliopiston tuloksissa (5%), Jyväskylän yliopiston tuloksen (11%) asettuessa lähelle koko materiaalin keskiarvoa. Kohtien C13 ja C14 tuloksista voi nähdä, että Joensuun yliopistolla on ollut muita yliopistoja enemmän esiintymiä kyseisissä kohdissa, eli Joensuun yliopiston opiskelijat ovat tehneet kohtien kuvaamia virheellisiä merkintöjä useammin kuin muiden yliopistojen opiskelijat. Helsingin yliopiston opiskelijat ovat vastaavasti piirtäneet harvemmin olion yksilöivän tunnisteiden väärin, mutta näiden kohtien esiintymät eivät suoraan kerro sitä, että Helsingin yliopiston opiskelijat olisivat näin ollen osanneet merkitä olion yksilöivän tunnisteiden oikein,

sillä he ovat voineet esimerkiksi jättää tunnisteiden merkitsemättä, ja mahdollisesti myös tästä syystä kohdissa C13 ja C14 on saattanut olla vähemmän merkintöjä.

Lisäkohta C82/S, eli main:in muuttajat nuolilla, kuului oliotunnisteita käsittelevien kohtien joukkoon, ja se esiintyi 14%:ssa kaikista piirroksista. Kohdan esiintymät eri yliopistojen välillä vaihtelivat hyvin paljon, sillä Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa kohtien esiintymiä oli noin joka viidennessä piirroksessa, kun Joensuun ja Kuopion yliopistojen piirroksissa kohta esiintyi reilusti alle kymmenessä prosentissa piirroksia (JNS: 4%, HKI: 19%, JKL: 23%, KUO: 5%). Kohta oli siis vastakohtana kohdille C13 ja C14, joissa olion tunniste oli virheellisesti joko oliossa tai sen yhteydessä, kun sen olisi pitänyt olla ilmaistuna viittauksena olioon, eli kuten kohdassa C82/S. Kun verrataan kyseisen kohdan lukemia kohtien C13 ja C14 lukemiin, voi huomata, että Joensuun yliopiston tulokset kohdissa C13 ja C14 olivat kaikkien yliopistojen suurimmat ja kohdassa C82/S pienimmät. Kohdan C13 pienin tulos oli Helsingin yliopistolla ja kohdan C14 Helsingin ja Kuopion yliopistoilla. Helsingin yliopiston tulos oli kohdan C82/S toiseksi suurin, mutta selkeästi suurempi kuin kaksi pienintä tulosta. Tuloksista voidaan päätellä, että Joensuun yliopiston opiskelijoilla oli ollut käsitteellisesti suuria ongelmia ilmaista olion tunniste, eli main:in muuttuja, oikeaoppisesti, joka olisi ollut Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen opiskelijoiden käyttämä tapa. Vähiten ongelmia olion tunnisteiden ilmaisemisessa oli Helsingin yliopiston opiskelijoilla, joista melkein joka viides oli osannut ilmaista piirroksessaan main:in muuttajat oikein.

Kohtiin C15 ja C16 merkittiin piirroksista löytyneet olioviittaukset, joissa joko oli tai ei ollut viittaavan attribuutin, muuttujan tai parametrin nimi näkyvässä. Olioviittauksia, joissa viittaavan attribuutin, muuttujan tai parametrin nimi oli näkyvässä, (C15) oli 40%:ssa kaikista piirroksista. Kohta oli mennyt täysin oikein 38%:ssa piirroksista, mutta piirroksia, joissa kohta oli mennyt käsitteellisesti ja ohjelmallisesti väärin, oli kumpiakkin 1%:ssa kaikista piirroksista. Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa oli vain oikein menneitä kohtia (HKI: 42%, JKL: 45%), Kuopion yliopiston piirroksissa oli sekä oikein menneitä että ohjelmallisesti väärin menneitä piirroksia (OV: 3%, O: 21%, Y: 24%), ja Joensuun yliopiston piirroksista löytyi oikein menneiden lisäksi sekä käsitteellisesti että ohjelmallisesti väärin menneitä piirroksia (KV: 4%, OV: 4%, O: 41%, Y: 48%). Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan esiintymiä oli suhtees-

sa enemmän kuin muilla yliopistoilla, mutta oikein menneiden esiintymäprosentti oli toiseksi pienin, kun taas Kuopion yliopiston piirroksissa sekä kohdan esiintymäprosentti että oikein menneiden osuus suhteessa kohdan esiintymäprosenttiin oli kaikista yliopistoista pienin. Joensuun yliopiston opiskelijat siis piirsivät piirroksiinsa eniten ja Kuopion yliopiston opiskelijat selkeästi vähiten olioviittauksia, joissa viittaavan attribuutin, muuttujan tai parametrin nimi oli näkyvässä, mutta Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen opiskelijat olivat taas osanneet piirtää kyseisen kohdan täysin oikein joko kaisessa sellaisessa piirroksessa, jossa kohta esiintyi.

Olioviittauksia, joissa viittaavan attribuutin, muuttujan tai parametrin nimi ei ollut näkyvässä, (C16) esiintyi 49%:ssa piirroksista, eli hieman useammin kuin kohtaa C15. Kohdan kuvaamia tapauksia olivat olioviittauksia kuvaavat viivat tai nuolet kahden olion välillä. Kohdalla C16 oli kuitenkin paljon enemmän virhe-esiintymiä kuin kohdalla C15, jolloin oikein menneitä piirroksia oli kohdalla C16 vain 34%, kun kohdalla C15 niitä oli 38%. Ohjelmallisesti väärin menneitä piirroksia oli molemmilla kohdilla saman verran, eli 1%, mutta käsitteellisesti väärin menneitä piirroksia oli kohdalla C16 jopa 14%, kun kohdalla C15 niitä oli vain 1%. Virheiden suuruuden selittää se, että kohdassa otettiin huomioon olioviittauksen, eli nuolen tai viivan, suunta, jos suunta oli edes merkitty. Nuolen suunnan puuttuessa tai ollessa piirretty virheellisesti, eli esimerkiksi omistajasta lemmikkiin, oli piirroksessa kohdan osalta käsitteellinen virhe. Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan C16 esiintymäprosentti oli kaikkien yliopistojen suurin ja Helsingin yliopiston piirroksissa pienin (JNS: 56%, HKI: 42%, JKL: 48%, KUO: 55%). Mielenkiintoista oli, että Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen opiskelijat olivat piirtäneet olioviittauksen molemmilla tavoilla (C15 ja C16) melkein yhtä usein, ja kummallakin yliopistolla virheellisten piirrosten osuus kaikista kohtien esiintymistä oli pienempi kuin Joensuun ja Kuopion yliopistojen tuloksissa, joilla molemmilla kohdan C16 käsitteellisten virheiden osuus oli lähempänä kahtakymmentä prosenttia (JNS: 19%, KUO: 18%). Vain Helsingin yliopiston piirroksissa oli kohta mennyt käsitteellisten virheiden (9%) lisäksi myös ohjelmallisesti väärin (2%), mutta siitä huolimatta Helsingin yliopiston piirroksissa kohdan esiintymät olivat menneet suhteessa useammin oikein kuin muissa yliopistoissa.

Attribuutit: Kohdissa C17–C24 sekä lisäkohdissa C76/L–C78/N tarkasteltiin attribuuttien olemassaoloja, kuulumisia luokkiin ja olioihin, metodien vaikutusta attribuutin

käsittelyyn sekä muutamia attribuutteihin liittyviä virhe-esiintymiä, jolloin luonteeltaan virheellisiä kohtia olivat kohdat C22–C24. Kohta C17, eli attribuutin staattinen olemassaolo, oli esiintymältään suhteellisen harvinainen (JNS: 4%, HKI: 4%, JKL: 11%, KUO: 11%, YHT: 7%), joka voidaan ymmärtää sillä, että noviisiopiskelijoilla ei ole vielä ensimmäisen ohjelmointikurssinsa aikana välttämättä tarpeeksi paljon tietoa staattisuudesta, jotta he voisivat hyödyntää sitä ohjelmatilannepiirroksissa. Yliopistojen väliset erot kohdan oikeellisuudessa olivat kuitenkin varsin mielenkiintoiset, sillä vaikka Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksissa kohdan esiintymäprosentti oli sama, eli 4%, Helsingin yliopiston piirroksista löytyneet kohdan esiintymät olivat kaikki oikein ja Joensuun yliopiston piirroksista löytyneet kohdan esiintymät olivat kaikki ohjelmallisesti väärin. Jyväskylän yliopiston tuloksissa kaikki kohdan esiintymät (11%) olivat myös oikein, mutta Kuopion yliopiston piirroksissa kohta oli oikein 8%:ssa ja ohjelmallisesti väärin 3%:ssa piirroksista. Joensuun yliopiston piirroksiset olivat ainoita, joista ei löytynyt yhtään oikein mennyttä kohdan C17 esiintymää.

Kohdissa C18 ja C19 tarkasteltiin attribuutin dynaamista olemassaoloa, joista kohdassa C18 attribuutin nimi oli piirroksessa mukana ja kohdassa C19 attribuutti oli merkitty ilman nimeä. Kohta C18 esiintyi 53%:ssa piirroksista siten, että 48%:ssa kaikista piirroksista attribuutin dynaaminen olemassaolo oli piirretty oikein ja 5%:ssa ohjelmallisesti väärin. Kuopion yliopiston piirroksissa kohtaa esiintyi vähiten muihin yliopistoihin verrattuna (42%), mutta vain Kuopion yliopiston piirroksissa kohta oli piirretty aina oikein. Helsingin yliopiston piirroksissa oli kaikista yliopistoista suurimmat esiintymäprosentit oikein menneiden ja ohjelmallisesti väärin menneiden piirrosten kohdalla (OV: 9%, O: 54%, Y: 63%). Joensuun yliopiston tuloksissa kohdan esiintymäprosentti oli toiseksi suurin (52%), ja Jyväskylän yliopistolla kohdan esiintymä oli vain hieman Joensuun yliopiston vastaavaa lukemaa pienempi (50%). Kohdan C19 esiintymäprosentti koko materiaalista oli 59, eli hieman isompi kuin kohdan C18 esiintymä (53%). Myös kohdan C19 oikein menneiden esiintymä (57%) oli kohdan C18 esiintymää suurempi (48%), mutta kohdasta ei löytynyt lainkaan ohjelmallisia virheitä, vaan vain muutamia käsitteellisiä virheitä (2%). Kaikilla muilla yliopistoilla kohdan C19 esiintymäprosentit olivat suuremmat kuin kohdan C18, paitsi Helsingin yliopistolla, jonka esiintymäprosentit olivat kymmenen prosenttiyksikköä pienemmät kuin kohdassa C18 (JNS: 59%, HKI: 53%, JKL: 59%, KUO: 68%). Joensuun ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa oli vain oikein menneitä kohdan esiintymiä, eli näiden yliopistojen

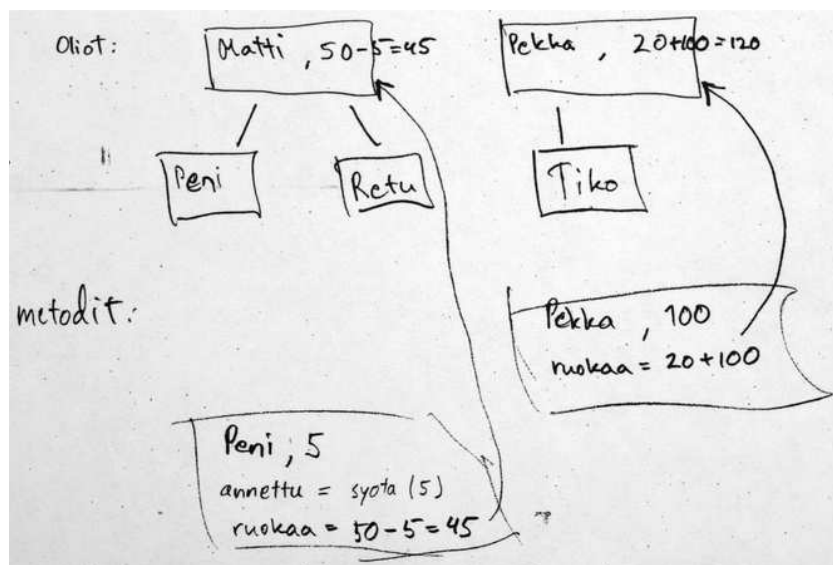
opiskelijat olivat osanneet piirtää attribuutin dynaamisen olemassaolon ilman attribuutin nimeä oikein. Vaikka Kuopion yliopiston piirroksista 3%:ssa oli kohta C19 piirretty käsitteellisesti väärin, oikein menneitä oli jopa 66%:ssa piirroksista. Helsingin yliopiston piirroksissa kohta esiintyi 53%:ssa piirroksista, mutta oikein kohta oli piirretty vain 47%:ssa piirroksista ja käsitteellisesti väärin 5%:ssa piirroksista.

Kohdassa C20 tarkasteltiin attribuutin kuulumista luokkaan, ja kohdan esiintymä koko materiaalissa oli hyvin pieni (7%), vaikkakin jokaisessa piirroksessa, jossa kohta esiintyi, se oli piirretty täysin oikein. Suurimmat kohdan esiintymät olivat Jyväskylän ja Kuopion piirroksissa (molemmissa 11%) ja pienimmät Joensuun ja Helsingin piirroksissa (molemmissa 4%). Esiintymien suuruuksista voi päätellä, että Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen opiskelijoille attribuuttien piirtäminen luokkiin on ollut mahdollisesti hieman tutumpaa ja helpompaa kuin Joensuun ja Helsingin yliopistojen opiskelijoille. Kohdan C21, eli attribuutin kuuluminen olioön, esiintymät sekä koko materiaalissa että yliopistokohtaisesti olivat kohtaa C20 huomattavasti suuremmat (JNS: 89%, HKI: 86%, JKL: 95%, KUO: 89%, YHT: 90%), ja koko materiaalissa oli vain muutama käsitteellisesti väärin mennyt piirros (KV: 2%, O: 88%). Jyväskylän yliopiston piirrokset olivat ainoita, joissa kaikki kohdan esiintymät olivat täysin oikein, mutta vaikka muiden yliopistojen piirroksissa olikin käsitteellisesti virheellisiä piirroksia, olivat virheiden esiintymäprosentit suhteellisen pieniä (JNS: 4%, HKI: 2%, JKL: 0%, KUO: 3%). Kaikkien yliopistojen opiskelijat olivat siis osanneet piirtää oikein attribuuttien kuulumiset olioihin, mutta Jyväskylän yliopiston opiskelijat olivat piirtäneet asian melkein jokaiseen piirrokseen ja joka kerta täysin oikein, eli tuloksista voidaan päätellä, että Jyväskylän yliopiston opiskelijoilla on ollut muiden yliopistojen opiskelijoita vankempi tieto asiasta.

Kohdat C22–C24 olivat luonteeltaan virheelliset, eli niissä piirroksista poimittiin käsitteellisesti väärin menneitä asioita. Kohdan C22, eli attribuutin kuuluminen metodiin tai konstruktoriin, esiintymä koko materiaalissa oli suhteellisen pieni (3%), mutta vain Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa kohdalla ei ollut yhtään esiintymää. Helsingin yliopiston piirroksissa vain 4%:ssa oli kohdan esiintymiä, mutta Joensuun yliopiston piirroksissa esiintymiä oli jopa 11%:ssa piirroksista. Joensuun yliopiston opiskelijat siis sijoittivat muiden yliopistojen opiskelijoihin verrattuna useammin attribuutteja kuuluviksi virheellisesti myös metodeihin. Kohdan C23, eli attribuutin siirtä-

minen metodiin tai metodista, esiintymäprosentti koko materiaalissa oli sama kuin kohdassa C22, eli 3%, mutta jakauma yliopistojen kesken oli hieman erilainen. Kuopion yliopiston piirroksista ei löytynyt myöskään tätä kohtaa, ja toinen ilman kohdan esiintymiä jäänyt yliopisto oli Helsingin yliopisto. Joensuun yliopiston piirroksista kohdan kuvaamaa virhettä löytyi 7%:sta piirroksia, ja samaan esiintymäprosenttilukemaan pääsi myös Jyväskylän yliopisto. Viimeisessä attribuutteihin liittyvässä virhekohdassa (C24) etsittiin attribuuttien päivityksiä attribuutin alkuperäisen paikan ulkopuolella, joita oli 11%:ssa kaikista piirroksista. Kuopion yliopiston piirroksista kohtaa löytyi vähiten (5%), ja Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirrosten esiintymäprosentit olivat lähellä koko materiaalin keskiarvoa (HKI: 9%, JKL: 11%). Joensuun yliopiston opiskelijoista jopa joka neljäs (26%) oli kuvannut piirroksessaan attribuutin päivityksen sen alkuperäisen paikan ulkopuolella, ja lukema olikin muiden yliopistojen tuloksiin verrattuna suuri. Kohtien C22–C24 yhteenvedona voi todeta, että Joensuun yliopiston opiskelijat olivat olleet suhteellisen alttiita kohtien kuvaamille attribuuttien toimintojen väärinymmärryksistä kertoville virheille, kun Kuopion yliopiston opiskelijat olivat tehneet attribuutteihin liittyen huolellisempaa työtä, jolloin heidän piirroksistaan löytyi vain yhden attribuuttivirheisiin liittyvän kohdan esiintymiä, ja niitäkin vain 5%:sta piirroksia.

Lisäkohdat C76/L ja C77/M käsittelivät metodien ja attribuuttien välisiä suhteita. Kohdassa C76/L, eli metodissa olevan attribuuttikäsittelyn yhteneväisyys oliossa olevan attribuutin kanssa, esiintyi 4%:ssa kaikista piirroksista. Selkeästi eniten kohdan esiintymiä oli Joensuun yliopiston piirroksissa (7%), kun muiden yliopistojen esiintymät olivat lähempänä keskiarvoa (HKI: 2%, JKL: 5%, KUO: 3%). Joensuun yliopiston opiskelijat halusivat siis kuvata piirroksissaan muiden yliopistojen opiskelijoita yleisemmin attribuuttikäsittelyn yhteyden sen alkuperäiseen paikkaan esimerkiksi nuolien, viivojen tai selitystekstien avulla (Kuva 7). Vastaavan tyyppinen kohta oli myös kohta C77/M, eli metodin vaikutus oliossa olevaan attribuutin arvoon, joka oli huomattavasti kohtaa C76/L yleisempi sekä yliopistokohtaisesti että koko materiaalissa (JNS: 15%, HKI: 7%, JKL: 11%, KUO: 11%, YHT: 10%). Toisin kuin kohdassa C76/L, tässä kohdassa tarkasteltiin koko metodin vaikutusta attribuutin arvon muuttumiseen. Piirroksissa vaikutus ilmaistiin yleensä nuolella metodista attribuuttiin, jolloin attribuutti sai uuden arvon ja entinen arvo yliviivattiin. Kuten edellisenkin kohdan tuloksissa, myös nyt Joen-



Kuva 7: Esimerkkikuva piirroksista löytyneen kohdan C76/L, eli metodissa olevan attribuuttikäsitelyn yhteneväisyys oliossa olevan attribuutin kanssa, ilmentymästä (JNS). Piirtäjä on ilmaissut metodien vaikutukset attribuuttien arvojen muuttumisiin nuolien ja samojen laskutoimitusten avulla.

suun yliopiston piirrosten esiintymäprosentti oli selkeästi kaikkien yliopistojen suurin ja Helsingin yliopiston pienin.

Ainoa attribuutin päivityksen esitystekniikkaa käsitellyt lisäkohta oli C78/N, eli attribuutin päivitys oliokopioinnilla. Kohta esiintyi 5%:ssa kaikista piirroksista, muttei yhdessäkään Helsingin yliopiston piirroksessa (0%). Kuopion yliopiston piirroksissa esiintymä oli pienin (3%), Joensuun yliopiston esiintymä oli hieman suurempi kuin koko materiaalin keskiarvo (7%) ja Jyväskylän yliopiston keskiarvo oli selkeästi suurin (11%). Tulosten perusteella varsin moni Joensuun ja etenkin Jyväskylän yliopiston opiskelija oli käyttänyt piirroksissaan olion kopioimista, kun he olivat halunneet ilmaista olion attribuutin päivityksen. Kohdan C78/N tulos on Jyväskylän opiskelijoiden osalta varsin suuri verrattaessa sitä kohdan C64, eli attribuutin, muuttujan tai parametrin saamien arvojen sarja, tulokseen, joka oli yliopistoista toiseksi pienin, eli 23%. Koska kohtaan C64 merkittiin kolmen eri asian päivitykset, on attribuuttien osuus kohdan tuloksista ollut mahdollisesti hieman pienempi kuin kohdan koko esiintymä. Attribuutit ovat oletettavasti käsittäneet siitä huolimatta suuren osan kohdan esiintymistä, sillä attribuuttien, varsinkin ruokaa-attribuutin, arvojen muuttuminen oli keskeisem-

mässä osassa ohjelman suoritusta kuin muiden muuttujien tai parametrien muuttuminen. Siksi olikin varsin mielenkiintoista huomata, kuinka moni Jyväskylän yliopiston opiskelija halusi piirtää täysin uuden olion, kun vain sen attribuutin arvo muuttui.

Metodien ja konstruktorien olemassaolot: Kohdat C25–C30 tarkastelivat metodien ja konstruktorien olemassaoloja sekä kuulumista luokkaan. Kohdan C25, eli metodin staattinen olemassaolo, esiintymäprosentti oli 28, eikä kohdan virheellisiä esiintymiä ollut lainkaan. Kuopion yliopiston esiintymäprosentti oli suurin (42%), Joensuun yliopiston pienin (19%) ja Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen esiintymäprosentit olivat hyvin lähellä toisiaan (HKI: 26%, JKL: 25%). Kuopion yliopiston opiskelijat olivat siis hyödyntäneet metodin staattisuutta melkein joka toisessa piirroksessa kun taas Joensuun yliopiston opiskelijat olivat tehneet samoin vain joka viidennessä piirroksessa. Kohdan C26, eli olemassaolevan metodin dynaaminen olemassaolo, koko materiaalin esiintymäprosentti erosi erikoisesti jokaisen yliopiston esiintymäprosentista noin kymmenellä prosenttiyksiköllä, joka johtui siitä, että Joensuun ja Jyväskylän tulokset olivat melkein yhtä suuret ja Helsingin ja Kuopion yliopistojen tulokset täsmälleen samat (JNS: 81%, HKI: 63%, JKL: 80%, JKL: 63%, YHT: 70%). Joensuun ja Jyväskylän yliopistojen piirroksista siis jopa kahdeksan kymmenestä sisälsi olemassaolevia metodeja, kun niitä löytyi vain vajaasta kahdesta kolmasosasta Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksia. Koska tehtävänannossa pyydettiin piirtämään olemassaolevat oliot ja metodit sekä niiden väliset suhteet, oli mielenkiintoista huomata, että Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksista jopa hieman yli yhdessä kolmasosassa ei oltu piirretty lainkaan olemassaolevia metodeja, eli he eivät olleet kokeneet niiden piirtämistä tarpeeksi merkittäväksi asiaksi. Kuopion yliopiston piirrokset olivat ainoita, joissa metodit oli piirretty kaikissa piirroksissa täysin oikein, kun Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksista löytyi käsitteellisesti väärin piirrettyjä metodeja (JNS: 7%, HKI: 2%) ja Jyväskylän yliopiston piirroksista löytyi ohjelmallisesti väärin piirrettyjä metodeja (2%).

Piirroksia, joissa esiintyi kohta C27, eli päättynyt tai tuleva metodi dynaamisena, oli 35%, eli puolet vähemmän kuin kohdan C26 sisältäneitä piirroksia. Virheellisiä piirroksia oli varsin vähän, sillä käsitteellisesti tai ohjelmallisesti väärin olleita piirroksia oli molempia vain 1%:ssa piirroksista. Jyväskylän yliopiston piirroksiin oli päättäneitä tai tulevia metodeja piirretty eniten (48%) ja Helsingin yliopiston piirroksiin vähiten

(26%). Näiden yliopistojen piirroksot olivat myös ainoita, joissa kohta oli piirretty väärin; Jyväskylän yliopiston piirroksissa kohta oli piirretty ohjelmallisesti väärin (2%) ja Helsingin yliopiston piirroksissa käsitteellisesti väärin (2%). Joensuun ja Kuopion yliopistojen piirrosten esiintymäprosentit kohdan osalta olivat lähellä koko materiaalin keskiarvoa (JNS: 37%, KUO: 32%), eikä kummankaan yliopiston piirroksista löytynyt kohdan virheellisiä esiintymiä. Kohtaa C28, eli konstruktorin staattista olemassaoloa, ei löytynyt kuin vain kahden yliopiston piirroksista ja niistäkin vain hyvin pienestä osasta piirroksia (JNS: 0%, HKI: 0%, JKL: 2%, KUO: 3%, YHT: 1%). Myös kohta C29, eli konstruktorin dynaaminen olemassaolo, oli harvinainen, vaikka kohdalla oli esiintymiä jokaisen yliopiston piirroksissa (JNS: 7%, HKI: 2%, JKL: 7%, KUO: 3%, YHT: 4%). Yhteistä näille kahdelle kohdalle oli harvinaisuuden lisäksi myös se, että kohtien kaikki esiintymät oli ilmaistu piirroksissa täysin oikein. Kohta C30, eli metodin tai konstruktorin kuuluminen luokkaan, oli myös suhteellisen harvinainen, sillä sitä esiintyi koko materiaalissa vain joka kymmenennessä piirroksessa (JNS: 7%, HKI: 11%, JKL: 14%, KUO: 8%, YHT: 10%). Kaikkien muiden yliopistojen piirroksissa kohta oli piirretty aina oikein paitsi Jyväskylän yliopiston piirroksissa, joissa kohta oli piirretty käsitteellisesti väärin 2%:ssa piirroksista.

Kohtien C25–C30 tuloksista voi nähdä, että opiskelijat olivat osanneet kuvata metodit piirroksissaan varsin hyvin, vaikka esimerkiksi olemassaolevat metodit esiintyivätkin dynaamisina vain 70%:ssa piirroksista. Vain hyvin harva opiskelija sisällytti piirroksensa konstruktorit, mutta jokaisessa piirroksessa, jossa konstruktoreita esiintyi, ne oli piirretty täysin oikein. Myös staattisia metodeita piirtäneet opiskelijat olivat piirtäneet ne aina oikein. Tuloksista voi nähdä, että metodien ja konstruktorien olemassaolon piirtäminen tai metodien liittäminen luokkiin ei ole noviisiopiskelijoille kovinkaan virheeltis asia, vaikka he eivät sisällyttäisikään niitä piirroksiinsa yleisesti.

Metodikutsujen oliosuhteet: Kohdat C31–C35 sekä lisäkohdat C69/E ja C70/F käsitelivät metodi- ja konstruktorikutsun suhdetta olioon, joka saattoi olla piirroksissa näkyvissä joko metodin ja olion välisenä viivana tai nuolena, metodin ja olion vierekkäisyytenä, metodikutsuna suoraan kahden olion välillä tai metodin ilmenemisellä olion sisällä. Metodien suhde oli siis kuvattu metodin omaan olioon, paitsi kohdassa C35, jossa metodikutsu oli toteutettu olioiden välille viivan tai nuolen sekä metodin nimen avulla.

Kohdan C31, eli nuoli metodista olioon, esiintymiä oli 11%:ssa piirroksista. Kaikissa piirroksissa kohta oli piirretty oikein, mutta hajonta Jyväskylän ja muiden yliopistojen välillä oli varsin suuri. Joensuun, Helsingin ja Kuopion yliopistojen tuloksissa kohdan esiintymä oli kaikissa alle kymmenen prosenttia (JNS: 4%, HKI: 7%, KUO: 5%), mutta Jyväskylän yliopiston piirroksissa kohdan esiintymä oli jopa 27%. Kohdalla C32, eli viiva metodin ja olion välillä, ei myöskään ollut virhe-esiintymiä, ja sen esiintymäprosentti oli 13. Hajonta eri yliopistojen välillä ei ollut yhtä suuri kuin kohdassa C31, mutta Jyväskylän yliopiston tulos sijoittui taas suurimpien esiintymäprosenttien joukkoon (JNS: 15%, HKI: 11%, JKL: 16%, KUO: 13%). Kohdan C33, eli nuoli oliosta metodiin, tuloksissa oli myös mielenkiintoista hajontaa eri yliopistojen välillä (JNS: 30%, HKI: 18%, JKL: 16%, KUO: 13%, YHT: 18%). Joensuun yliopiston esiintymäprosentti oli ylivoimaisesti kaikkien yliopistojen tuloksista suurin, mutta vain sen piirroksista löytyi oikein olleiden kohdan esiintymien lisäksi myös ohjelmallisesti väärää kohdan esiintymiä (OV: 4%, O: 26%).

Kohdan C34, eli metodi kiinni oliossa, esiintymäprosentti koko materiaalista oli 13, eli sama kuin kohdalla C32, mutta oikein olleiden kohdan esiintymien lisäksi piirroksista löytyi sekä käsitteellisesti että ohjelmallisesti väärin menneitä kohdan esiintymiä, kumpiakin 1%:n verran. Yliopistojen välillä ei ollut suurta hajontaa (JNS: 11%, HKI: 16%, JKL: 11%, KUO: 13%), mutta vain Joensuun ja Kuopion yliopistojen piirroksissa ei ollut lainkaan virhe-esiintymiä. Helsingin yliopiston piirroksista löytyi kohdan ohjelmallisesti väärin menneitä piirroksia (2%), ja Jyväskylän yliopiston piirroksista löytyi käsitteellisesti väärin menneitä piirroksia (2%). Viimeinen metodi- ja konstruktorikutsun oliosuhdetta käsittelevä kohta oli C35, jossa metodikutsu oli toteutettu suoraan olioiden välille nuolilla tai viivoilla. Kohdan esiintymäprosentti oli 9, joka oli tämän tyyppisten kohtien pienin, mutta toisin kuin muissa kohdissa, kohdan C35 käsitteellisesti väärin menneiden piirrosten esiintymäprosentti oli muita kohtia suurempi (KV: 4%, O: 5%). Yliopistojen väliset erot kohdan esiintymäprosentteissa eivät olleet kovinkaan suuret (JNS: 11%, HKI: 9%, JKL: 7%, KUO: 11%), mutta virhe-esiintymissä oli eroja. Joensuun yliopiston piirrokset olivat ainoita, joissa ei ollut yhtään kohdan virhe-esiintymää, kun muiden yliopistojen tuloksissa käsitteellisesti väärin menneitä piirroksia oli vähintään yhtä paljon kuin oikein menneitä (HKI: KV: 5%, O: 4%; JKL: KV: 5%, O: 2%; KUO: KV: 5%, O: 5%).

Kohtien C31–C35 tuloksista voi nähdä, että Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksissa yleisin tapa ilmaista metodi- ja konstruktorikutsun oliosuhte oli C33, eli nuoli oliosta metodiin. Jyväskylän yliopiston piirroksissa yleisin tapa oli C31, eli nuoli metodista olioon, ja Kuopion yliopiston piirroksissa ei ollut yhtä selkeästi suosituinta tapaa, vaan kolme eniten käytettyä piirrostapaa olivat C32, C33 ja C34, eli viiva metodin ja olion välillä, nuoli oliosta metodiin ja metodi kiinni oliossa. Kohdista harvinaisin, mutta samalla virhealttein kohta kaikkien muiden yliopistojen paitsi Joensuun yliopiston opiskelijoille oli C35, eli metodikutsu suoraan olioiden välillä viivoilla tai nuolilla piirrettynä.

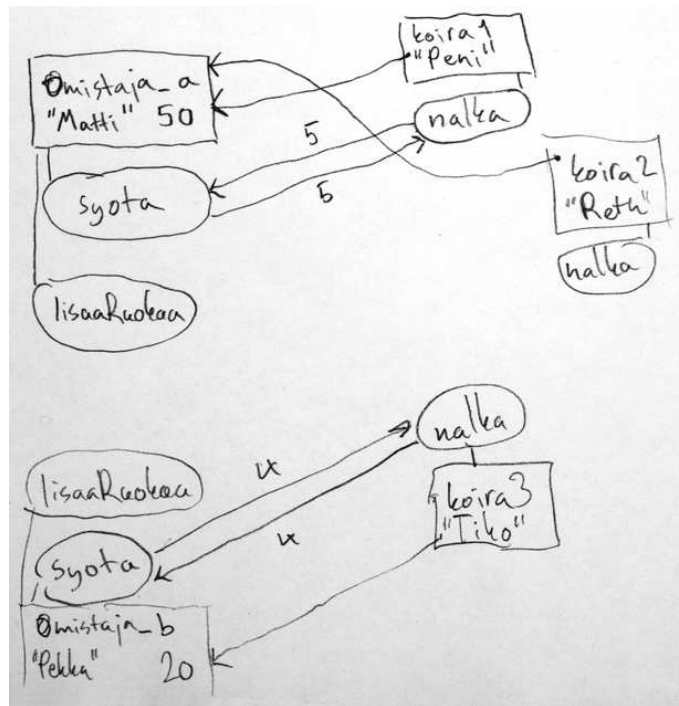
Lisäkohta C69/E, eli metodin tai konstruktorin suoritus olion sisällä, oli luonteeltaan samanlainen kuin kohdat C31–C35, eli se käsitteli metodi- ja konstruktorikutsun oliosuhteita. Kohdan esiintymä oli koko materiaalissa 5%, eli se oli pienempi kuin yhdelläkään kohdan C31–C35 koko materiaalin esiintymäprosentista. Helsingin yliopiston piirroksissa kohdan esiintymäprosentti oli suurin (9%), Jyväskylän yliopiston piirroksissa pienin (2%) ja Joensuun ja Kuopion yliopistojen esiintymäprosentit olivat lähellä koko materiaalin tulosta (JNS: 4%, KUO: 5%). Verrattaessa kohdan tuloksia kohtien C31–C35 tuloksiin huomaa, että Joensuun yliopiston piirroksissa metodin tai konstruktorin piirtäminen olion sisälle oli yhtä yleistä kuin nuolen piirtäminen metodista olioon (C31, 4%), joka taas oli Helsingin yliopiston piirroksissa kohtaa C69/E paljon harvinaisempi (7%). Helsingin yliopiston piirroksissa kohdan C35, eli metodikutsu suoraan olioiden välillä nuolilla tai viivoilla toteutettuna, esiintymäprosentti oli yhtä suuri kuin kohdan C69/E, mutta Jyväskylän yliopiston tuloksissa kaikki kohdat C31–C35 olivat huomattavasti kohdan C69/E tulosta suuremmat. Myös Kuopion yliopiston tulokset kohdissa C31–C35 olivat kohdan C69/E tuloksia suuremmat, mutta lähimpänä oli kohta C31, eli nuolen piirtäminen metodista olioon, 5%:n esiintymällään.

Lisäkohdan C70/F, eli metodi olion sisällä UML-tyyliin, esiintymäprosentit olivat varsin vähäiset kaikkien yliopistojen piirroksissa (JNS: 7%, HKI: 5%, JKL: 5%, KUO: 8%, YHT: 6%). Joensuun ja Kuopion yliopistojen opiskelijat olivat suosineet metodin ilmaisemista oliossa UML-tyylisesti hieman enemmän kuin Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen opiskelijat, ja olisikin hyvin mielenkiintoista tietää, millaiset asiat tähän ovat vaikuttaneet. Valitettavasti tutkimuksessa ei tiedusteltu esimerkiksi opiskelijoiden kurssitaustoja, jolloin esimerkiksi mahdollisten UML-kurssien vaikutuksia olisi

voitu tarkkailla. Kohtien C31–C35 yliopistokohtaisiin esiintymäprosentteihin verrattuna vain Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen esiintymäprosentit noissa kohdissa olivat suuremmat kuin kohdassa C70/F. Joensuun ja Kuopion yliopistojen esiintymäprosentit kohdassa C70/F olivat myös pienemmät noissa kohdissa paitsi kohdassa C31 (JNS: 4%, KUO: 5%), eli näiden yliopistojen opiskelijat olivat hieman mieluummin piirtäneet metodin olion sisälle UML-tyylisesti kuin nuolen metodista olioon.

Metodien suhteet: Kohdat C36–C38 sekä lisäkohdat C71/G–75/K, C79/O–C81/Q ja C83/T käsittelivät metodien ja olioiden välisiä suhteita, metodin dynaamista suhdetta toiseen metodiin, metodin virheellistä suhdetta itseensä sekä metodien esittämistä. Kohta C36, eli metodin staattinen suhde olioon, esiintyi melkein joka viidennessä piirroksessa (19%), mutta esiintymäprosenttien hajonta eri yliopistojen välillä oli varsin suuri. Ylivoimaisesti eniten esiintymiä oli Kuopion yliopiston piirroksissa (32%), kun selkeästi vähiten esiintymiä oli Joensuun yliopiston piirroksissa (7%). Jyväskylän yliopiston piirrosten esiintymäprosentti oli melkein yhtä suuri kuin kaikissa piirroksissa (20%), ja Helsingin yliopiston piirrokset olivat ainoita, joista löytyi myös kohdan virhe-esiintymiä (KV: 2%, OV: 2%, O: 12%, Y: 16%). Verrattaessa tulosta kohdan C25, eli metodin staattinen olemassaolo, lukemiin, ovat kohdan C36 lukemat jokaisen yliopiston tuloksissa hieman pienemmät kuin kohdassa C25, ja kummankin kohdan tuloksissa Kuopion yliopiston esiintymäprosentit ovat muiden yliopistojen esiintymäprosentteja paljon suuremmat ja Joensuun yliopiston esiintymäprosentit kaikista pienimmät.

Kohta C37, eli metodin dynaaminen suhde toiseen metodiin, esiintyi alle puolessa piirroksista (43%). Myös tämän kohdan tuloksissa on eroja eri yliopistojen välillä, sillä eniten kohdan esiintymiä sekä suurin virheprosentti oli Joensuun yliopiston piirroksissa (KV: 4%, O: 52%, Y: 56%), ja vähiten esiintymiä Helsingin yliopiston piirroksissa (35%), joista ei myöskään löytynyt yhtään virhe-esiintymiä. Kuopion yliopiston piirroksissa kohdan esiintymäprosentti oli lähellä keskiarvoa (42%), ja piirroksista löytyi Joensuun yliopiston piirrosten tapaan myös käsitteellisesti väärin piirrettyjä kohdan esiintymiä (3%). Jyväskylän yliopiston piirroksissa kohta esiintyi melkein joka toisessa piirroksessa (48%), ja piirroksista löytyneet virhekohdat olivat ohjelmallisesti väärin menneitä kohdan esiintymiä (2%). Kohta C38, eli metodin suhde itseensä, oli luonteeltaan virheellinen, sillä tämän kohdan sisältäneissä piirroksissa piirtäjä oli virheellisesti



Kuva 8: Esimerkkikuva piirroksista löytyneen kohdan C38, eli metodin suhde itseensä, ilmentymästä (JKL). Piirtäjä on kuvannut virheellisesti samoja metodeita sekä staattisina että dynaamisina.

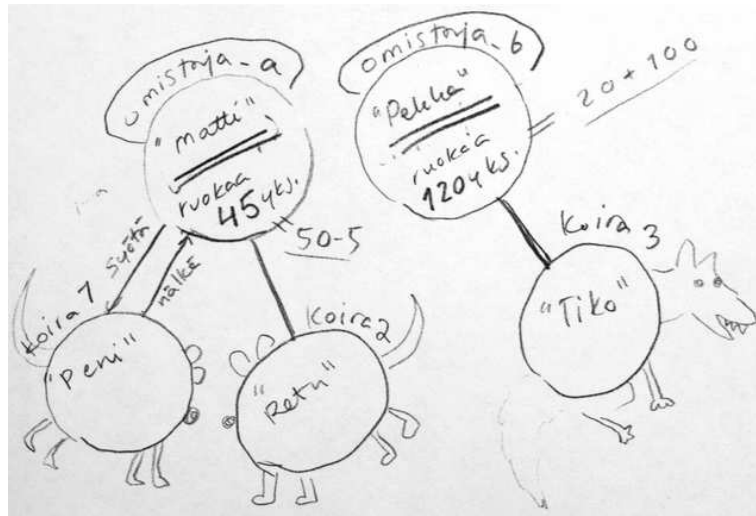
kuvannut saman metodin sekä staattisena että dynaamisena (Kuva 8). Kohdan esiintymäprosentti oli kaikissa piirroksissa 16, ja yliopistojen väliset erot kohdan esiintymisessä eivät eronneet toisistaan kovinkaan paljon, vaikka Joensuun yliopiston piirroksissa kohtaa esiintyikin eniten ja Helsingin yliopiston piirroksissa vähiten (JNS: 19%, HKI: 14%, JKL: 16%, KUO: 18%).

Lisäkohta C71/G, eli jälkimmäisellä metodilla ei oliota, oli luonteeltaan virheellinen. Kohdan esiintymä koko materiaalissa oli 13%, mutta eri yliopistojen välillä oli havaittavissa eroja. Kuopion yliopiston esiintymäprosentti oli lähimpänä keskiarvoa (13%) ja Jyväskylän yliopiston esiintymäprosentti oli sitä hieman pienempi (11%), mutta Helsingin yliopiston esiintymäprosentti oli kaikkein pienin (7%) ja Joensuun yliopiston esiintymäprosentti ylivoimaisesti kaikkein suurin (30%). Joensuun yliopiston opiskelijoista melkein joka kolmas oli tehnyt kohdan kuvaaman virheen, kun muiden yliopistojen piirroksista virhe löytyi korkeintaan joka seitsemännestä piirroksista. Oli siis mielenkiintoista huomata, miten moni Joensuun yliopiston opiskelija oli piirtä-

nyt annetun ohjelmatilanteen siten, että nalka-metodin kutsuessa syota-metodia, ei syota-metodia oltu liitetty mihinkään olioon, vaan se oli piirroksessa irrallisena metodina. Tulos on voinut johtua esimerkiksi opiskelijoiden huolimattomuudesta, jolloin he eivät olleet viitsineet piirtää jälkimmäistä metodia kuuluvaksi millekään oliolle. Toisaalta opiskelijat eivät mahdollisesti olleet osanneet hahmottaa ohjelman toimintaa ja varsinkin oliokäsitteitä oikein, eli he eivät ole saattaneet aivan täysin ymmärtää, että jokainen metodi kuuluu jollekin oliolle, joka on täytynyt luoda, ennen kuin metodia voidaan käyttää. Joensuun yliopiston piirroksista löytynyt kohdan esiintymien määrä on joka tapauksessa varsin suuri, etenkin jos sitä vertaa muiden yliopistojen tuloksiin.

Lisäkohta C72/H, eli nuoli metodista kutsutun metodin olioon, esiintyi 7%:ssa kaikista piirroksista. Kohta siis ei ollut sama kuin C31, eli nuoli metodista olioon, jossa nuoli oli piirretty metodista sen omaan olioon. Eniten kohdan esiintymiä oli Helsingin yliopiston piirroksissa (14%), Joensuun yliopiston piirroksissa esiintymäprosentti oli sama kuin koko materiaalin keskiarvo (7%) ja Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa kohta oli hyvin harvinainen (JKL: 2%, KUO: 3%). Helsingin yliopiston opiskelijat olivat siis kuvanneet piirroksissaan muihin yliopistoihin verrattuna useimmin tilanteen, jossa nalka-metodilla on jokin suhde siihen Omistaja-luokan instanssiin, jonka syota-metodia kutsutaan. Sen sijaan tästä tilanteesta pidemmälle piirretty versio, jossa kontrolli oli piirretty kulkemaan olioiden ja metodien välillä, eli oliot ja metodit toimivat suorittavina yksiköinä, (C73/I), oli luonteeltaan virheellinen, sillä oliot eivät ole suorittavia yksiköitä, vaan pelkästään metodit. Virhe esiintyi 10%:ssa piirroksista, ja eniten esiintymiä oli Kuopion yliopiston piirroksissa (13%). Joensuun ja Jyväskylän yliopistojen piirroksista kohtaa löytyi vähiten (molemmissa 7%), ja Helsingin yliopiston piirrosten esiintymäprosentti oli lähellä keskiarvoa (11%). Kuopion yliopiston opiskelijat olivat siis ilmaisseet muiden yliopistojen opiskelijoita useammin kontrollin kulkemisen olioiden ja metodien välillä, mutta virheen suuruus muihin yliopistoihin verrattuna ei kuitenkaan ollut kovinkaan paljoa suurempi, vaan myös muiden yliopistojen opiskelijoista osa oli käsittänyt asian väärin.

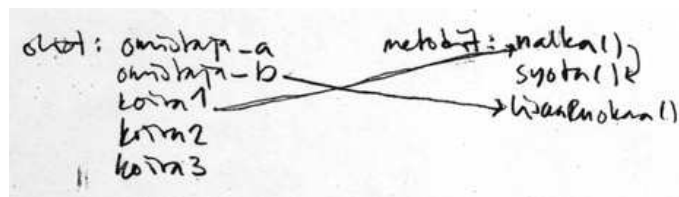
Lisäkohta C74/J, eli nälkä-syötä-syndrooma, oli luonteeltaan virheellinen. Kohdan esiintymä koko materiaalissa oli 5%, mutta yliopistojen välillä oli pieniä eroja. Eniten kohdan esiintymiä oli Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksissa (JNS: 7%, HKI: 9%) ja vähiten Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa (JKL: 2%, KUO:



Kuva 9: Esimerkkikuva piirroksista löytyneen kohdan C74/J, eli nälkä-syötä-syndrooman, ilmentymästä (HKI). Piirtäjä on piirtänyt virheellisesti koiraa1:n kutsumaan omistaja_a:ta ilmaisulla ”nälkä”, johon tämä vastaa ilmaisulla ”syötä”.

3%). Joensuun ja Helsingin yliopistojen opiskelijoista osa oli ilmaissut metodien välisen kutsun virheellisesti reaali maailman sääntöjen mukaisesti, eli koira oli piirretty pyytämään ruokaa omistajaltaan ”nälkä”-ilmaisulla ja omistaja antamaan ruokaa ”syötä”-toiminnolla (Kuva 9). Oikeaoppisesti koiran nalka-metodin olisi pitänyt kutsua omistajan syota-metodia, joka olisi palauttanut halutun annoksen takaisin nalka-metodille. Tämä oikeaoppinen ajatusmalli oli ollut 5%:lle opiskelijoista liian vaikea hahmottaa, jolloin he olivat piirtäneet tilanteen virheellisesti reaali maailman mukaisesti. Lisäkohta C75/K, eli metodikutsut viestinvälityksenä, oli harvinainen, sillä se esiintyi vain 2%:ssa piirroksista. Kohta esiintyi vain Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa (HKI: 4%, JKL: 5%), eli niissä metodikutsut tai metodien nimet oli kirjoitettu esimerkiksi olioiden välille piirrettyjen nuolien yhteyteen.

Lisäkohta C79/O, eli metodikutsun ja metodin välinen suhde näkyvässä, esiintyi 7%:ssa kaikista piirroksista, mutta yliopistojen väliset erot olivat suhteellisen suuret. Joensuun yliopiston piirroksissa kohdan esiintymä oli jopa 19%, kun muiden yliopistojen esiintymät jäivät alle kymmenen prosentin (HKI: 2%, JKL: 7%, KUO: 8%). Kyseessä oli siis tilanne, jossa piirroksessa oli näkyvässä erikseen metodikutsu, josta oli yhteys viivalla tai nuolella samannimiseen metodiin, ja jopa joka viides Joensuun yliopiston opiskelija oli käyttänyt tätä piirrostopaa. Lisäkohta C80/P, eli kutsupino, esiintyi vain Jyväsky-



Kuva 10: Esimerkkikuva piirroksista löytyneen kohdan C83/T, eli olio->metodi->metodi, ilmentymästä (JNS). Piirtäjä on kuvannut virheellisesti olion (koira1) ja kahden metodin (nalka() ja syota()) välille dynaamisen suhteen, joka alkaa oliosta.

län yliopiston piirroksissa (JKL: 7%, YHT: 2%). Tuloksesta voidaan tehdä päätelmä, jonka mukaan Jyväskylän yliopiston opiskelijoille on mahdollisesti luennoilla esitetty jonkinlainen pinomainen metodien suoritusrakenne, sillä vain he käyttivät tällaista piirrostapaa. Myös lisäkohta C81/Q, eli kutsuttujen metodien suhde luokkiin, oli kaikista yleisin Jyväskylän yliopiston piirroksissa (JNS: 4%, HKI: 5%, JKL: 14%, KUO: 3%, YHT: 7%). Vaikka kaikkien yliopistojen piirroksista löytyi muutamia kohdan esiintymiä, voidaan tuloksen perustella päätellä, että Jyväskylän yliopiston opiskelijoille on esitetty metodien suhteita luokkiin useammin kuin muissa yliopistoissa, jonka takia niinkin moni Jyväskylän yliopiston opiskelija sisällytti kohdan kuvaaman tilanteen piirroksensa.

Viimeinen lisäkohta C83/T, eli olio->metodi->metodi, oli luonteeltaan virheellinen, ja se esiintyi 10%:ssa kaikista piirroksista. Kohta oli kaikista yleisin Joensuun yliopiston piirroksissa, joissa kohta esiintyi jopa joka neljännessä piirroksessa, kun muiden yliopistojen piirroksissa kohdan esiintymäprosentit olivat alle kymmenen (JNS: 26%, HKI: 5%, JKL: 7%, KUO: 8%). Tulosten perusteella varsin suuri osa Joensuun yliopiston opiskelijoista oli ilmaissut piirroksessaan käsitteellisesti virheellisen tilanteen, jossa oli kuvattu olion ja kahden metodin välille dynaaminen suhde, joka alkoi oliosta (Kuva 10). Vaikka muidenkin yliopistojen piirroksista löytyi kohdan esiintymiä, niitä ei ollut suhteellisesti niin suuressa määrässä kuin Joensuun yliopiston piirroksissa. Tulosten perusteella voisi siis tehdä päätelmän, jonka mukaan Joensuun yliopiston opiskelijoille on mahdollisesti esitelty jossain vaiheessa kyseinen virheellinen tapa tai he ovat jossain muussa yhteydessä sisäistäneet vääränlaisen tavan kuvata metodikutsuja, koska kohdan esiintymä piirroksissa on niin suuri.

Parametrit, muuttujat ja palautusarvot: Kohdissa C39–C56 tarkasteltiin parametrien, muuttujien ja palautusarvojen staattisia ja dynaamisia olemassaoloja sekä kuulumisia metodeihin ja olioihin. Kohdat C39–C43 käsittelivät parametreja, ja osion ensimmäinen kohta (C39) parametrin staattista olemassaoloa. Kohdan esiintymä oli varsin pieni (8%), ja suurimmat esiintymät olivat Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksissa (molemmissa 11%). Jyväskylän yliopiston esiintymäprosentti oli lähellä keskiarvoa (7%), ja Kuopion yliopiston piirroksissa kohta esiintyi kaikista vähiten (5%). Tulos oli mielenkiintoinen, sillä Kuopion yliopiston piirroksilla oli selkeästi suurin esiintymäprosentti kohdassa C25, eli metodin staattinen olemassaolo, (42%), jolloin olisi voinut olettaa, että samoin käy myös staattisten parametrien esiintymäprosenttien kohdalla. Tuloksesta voidaan päätellä, että vaikka Kuopion yliopiston opiskelijat sisällyttivät piirroksiinsa muiden yliopistojen opiskelijoita useammin staattisia metodeja, he piirsivät nämä metodit hyvin usein ilman staattisia parametreja. Varsin mielenkiintoinen tulos on myös kohdassa C40, eli parametrin dynaaminen esiintymä ilman nimeä, sillä Kuopion yliopiston piirroksista ei löytynyt yhtään kohdan esiintymää (JNS: 19%, HKI: 21%, JKL: 14%, KUO: 0%, YHT: 14%). Sen sijaan Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksista kohta löytyi noin joka viidennestä piirroksista ja Jyväskylän yliopiston piirroksista joka seitsemänneistä.

Jokaisen yliopiston tuloksissa kohdan C41, eli parametrin dynaaminen esiintymä nimellä, esiintymäprosentti oli kohdan C40 vastaavaa huomattavasti isompi, paitsi Helsingin yliopiston tuloksissa, joissa kohtien esiintymäprosenttien välinen ero oli vain kymmenen prosenttiyksikköä (JNS: 56%, HKI: 32%, JKL: 55%, KUO: 45%, YHT: 45%). Kuopion yliopiston piirroksista löytyivät kohdan ainoat käsitteelliset virheet, joita oli 3%:ssa piirroksista. Kohdan C42, eli parametrin kuulumisen metodiin, tulokset erosivat yliopistoittain jonkin verran (JNS: 56%, HKI: 44%, JKL: 52%, KUO: 42%, YHT: 48%). Eniten kohdan esiintymiä oli Joensuun yliopiston piirroksissa, joista löytyivät ainoana myös kohdan käsitteellisesti väärin menneet piirrokset (4%). Kohda C43, eli parametrin kuulumisen olioon, oli luonteeltaan virheellinen, ja sitä esiintyi vain 2%:ssa kaikista piirroksista ja vain kahden yliopiston piirroksissa (HKI: 2%, JKL: 5%). Yleisesti ottaen parametreja oli piirretty tulosten mukaan suhteellisen usein, eli opiskelijat halusivat tuoda parametrit esille piirroksissaan, jolloin he pitivät niitä merkittävinä asioina.

Kohdat C44–C48 käsittelivät muita ohjelmassa esiintyneitä muuttujia kuin main-metodin muuttujia, jollainen oli esimerkiksi nalka-metodin muuttuja annettu. Staattisia muuttujia (C44) ei löytynyt mistään piirroksista, kuten ei myöskään ilman nimeä olleita dynaamisia muuttujia (C46). Dynaamisia muuttujia, joissa nimi oli mukana, (C45) oli 22%:ssa kaikista piirroksista, ja 1%:ssa piirroksista muuttujat oli ilmaistu käsitteellisesti väärin. Tällaisia virheellisiä piirroksia oli vain Jyväskylän yliopiston piirroksissa (5%), joissa kohdan esiintymä oli toiseksi isoin (JNS: 33%, HKI: 18%, JKL: 27%, KUO: 13%). Joensuun yliopiston piirroksissa joka kolmannessa oli piirretty nimellisiä dynaamisia muuttujia, kun Kuopion yliopiston piirroksista vastaavia asioita löytyi vain joka seitsemännestä piirroksista. Piirroksissa esiintyneet muuttujat oli piirretty kuuluviksi metodeihin (C47) 16%:ssa piirroksista. Eniten kyseisen kohdan esiintymiä oli Joensuun yliopiston piirroksissa ja selkeästi vähiten Kuopion yliopiston piirroksissa, joissa kohta esiintyi alle kymmenessä prosentissa piirroksista (JNS: 22%, HKI: 16%, JKL: 20%, KUO: 8%). Kohtien C45 ja C47 tulosten perusteella Helsingin yliopiston opiskelijat olivat piirtäneet useimmiten muuttujat kuuluviksi metodeille, sillä heillä kohdan C45 esiintymä oli 18% ja kohdan C47 jopa 16%, kun muuttujat oli piirretty kuuluviksi metodeille suhteessa vähiten Kuopion yliopiston piirroksissa (C45: 13%, C47: 8%). Muuttujia oli piirretty virheellisesti olioihin kuuluviksi (C48) vain Joensuun ja Helsingin yliopistojen piirroksissa (JNS: 4%, HKI: 2%, YHT: 1%). Muita kuin main-metodin muuttujia oli piirretty kaikkien yliopistojen piirroksiin varsin vähän, mutta melkein kaikissa piirroksissa, joissa muuttujia esiintyi, ne olivat menneet oikein. Vain Kuopion yliopiston piirroksissa ei ollut lainkaan kohtien virhe-esiintymiä.

Kohdat C49–C52 käsittelivät main:in muuttujien ilmenemistä sekä kuulumista metodeihin tai virheellisesti olioihin. Kohta C49, eli main:in muuttujien ilmeneminen dynaamisesti nimen kanssa, oli näistä kohdista selkeästi yleisin 78%:n esiintymällään, ja kaikkien yliopistojen piirroksissa kohta oli ilmaistu vain oikein (JNS: 74%, HKI: 86%, JKL: 82%, KUO: 66%, YHT: 78%). Kuopion yliopiston piirrosten 66%:n esiintymä oli muihin yliopistoihin verrattuna pieni, ja tuloksen mukaan vain kahdessa kolmasosassa piirroksista oli merkitty main:in dynaaminen muuttuja nimen kanssa, jollaisia siis olivat esimerkiksi omistaja_a ja koira3. Kuopion yliopiston opiskelijat eivät siis olleet kokeneet tärkeäksi mainita näiden muuttujien nimiä piirroksissaan niin yleisesti kuin muiden yliopistojen opiskelijat. Sen sijaan Kuopion yliopiston piirrokset olivat

ainoita, joista löytyi kohdan C50, eli main:in dynaamisten muuttujien ilmenemisiä ilman nimeä, esiintymiä (KUO: 3%, YHT: 1%).

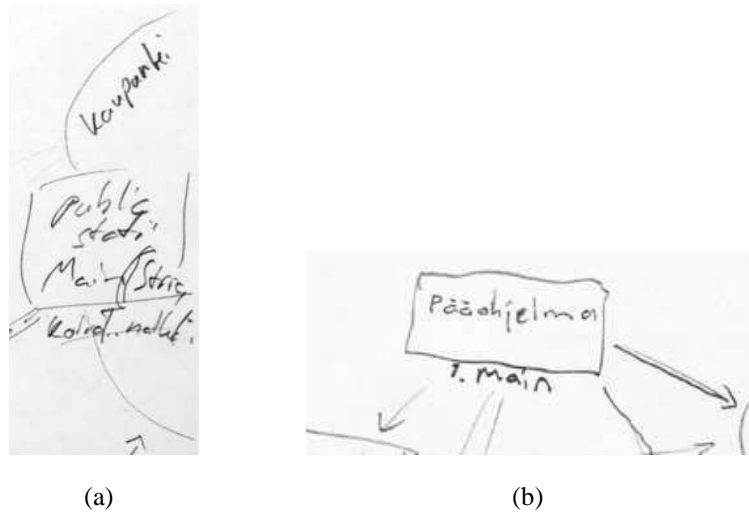
Kohta C51, eli main:in muuttujan kuuluminen metodiin, ilmeni vain 7%:ssa piirroksista; 6%:ssa kohta oli mennyt oikein ja 1%:ssa käsitteellisesti väärin. Väärin menneet piirrokset löytyivät Kuopion yliopiston piirroksista (KV: 3%, O: 5%, Y: 8%), ja Jyväskylän piirroksista löytyneiden kohteen esiintymien osuus oli kaikkein suurin (JNS: 4%, HKI: 5%, JKL: 9%). Kohta C52, eli main:in muuttujan kuuluminen olioon, oli luonteeltaan virheellinen, ja se esiintyi jopa 45%:ssa piirroksista. Jokaisen yliopiston esiintymäprosentti oli varsin lähellä koko materiaalin keskiarvoa kaikkien poiketessa siitä enintään neljän prosenttiyksikön verran ja suurimman ja pienimmän esiintymäprosentin välisen eron ollessa vain kuusi prosenttiyksikköä (JNS: 44%, HKI: 47%, JKL: 41%, KUO: 47%). Oli siis hyvin mielenkiintoista huomata, miten samankaltaiset eri yliopistojen tulokset olivat kohdan esiintymän suhteen, varsinkin kun kyseessä oli luonteeltaan virheellinen kohta. Koska melkein puolet jokaisen yliopiston opiskelijoista piirsi main-metodin muuttujan kuuluvaksi olioon, olisi kiinnostavaa tietää, olivatko luennoitsijat mahdollisesti käyttäneet epähuomiossa tällaista virheellistä tapaa havainnollistaessaan oliokäsitteitä vai onko osalle noviisiopiskelijoista tyypillistä yhdistää main-metodin muuttuja olioon, jolloin se toimisi mahdollisesti opiskelijan mielestä loogisena olion tunnisteena. Ensimmäiseen kysymykseen saisi vastauksen liittämällä vastaavanlaiseen tutkimukseen ohjelmoinnin alkeiskurssin tarkkailun, jolloin luennoitsijoiden käyttämät piirrostekniikat saataisiin tarkasti ylös, ja toiseen joko opiskelijoiden ääneenajattelumahdollisuus piirtämisen aikana tai opiskelijoiden haastatteluja piirtämistilaisuuden jälkeen.

Kohdat C53–C56 käsittelivät palautusarvojen ilmenemistä staattisina tai dynaamisina ilman nimeä, kuulumista metodiin tai virheellisesti olioon. Kohtaa C53, eli palautusarvon staattista olemassaoloa, ei löytynyt yhdestäkään piirroksista, joka ei toisaalta ollut mikään yllätys, sillä sellainen olisi saattanut olla käsitteenä aivan liian vaikea noviisiopiskelijalle. Kohdan C54, eli palautusarvon dynaaminen esiintymä ilman nimeä, esiintymäprosentti oli 11. Piirrosten, joissa kohta oli mennyt oikein, esiintymä oli 6%, käsitteellisesti virheellisiä piirroksia oli 4% ja ohjelmallisesti virheellisiä piirroksia 1%. Kohta oli ollut kaikkien yliopistojen opiskelijoille hankala, sillä jokaisen yliopiston piirroksissa oli kohdan virhe-esiintymiä. Joensuun yliopiston piirrosten esiintymäpro-

sentit olivat oikein menneille kohdan esiintymille, käsitteellisesti virheellisille ja ohjelmallisesti virheellisille piirroksille samat, eli 4%. Helsingin yliopiston opiskelijat olivat osanneet piirtää palautusarvon kaikkien yliopistojen opiskelijoista parhaiten, sillä oikein menneitä oli 7%:ssa ja ohjelmallisesti väärin menneitä 2%:ssa piirroksista. Jyväskylän yliopiston piirroksissa kohdan esiintymäprosentti oli suurin (16%), mutta opiskelijoiden piirrokset jakautuivat sekä oikein että väärin menneisiin piirroksiin (KV: 5%, OV: 2%, O: 9%). Kuopion yliopiston tulokset olivat oikeellisuuden kannalta huonoimmat, sillä käsitteellisesti väärin menneitä piirroksia oli 5%, kun oikein menneitä oli 3% piirroksista. Vaikka palautusarvon sisällyttäminen piirrokseen ei kuulunutkaan suoranaisesti tehtävänantoon, oli osa opiskelijoista halunnut piirtää sen, vaikka lopputulos olikin suhteellisen usein virheellinen. Parhaiten palautusarvon olivat ilmaisseet Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen opiskelijat, sillä vain heidän tuloksissaan oikein menneiden piirrosten määrä oli suurempi kuin virheellisten piirrosten määrä.

Kohta C55, eli palautusarvon kuuluminen metodiin, oli esiintymältään harvinainen (1%), eikä kohdan esiintymiä ollut kuin vain Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa (JKL: 2%, KUO: 3%). Samoin harvinainen oli luonteeltaan virheellinen kohta C56, eli palautusarvon kuuluminen olioon (1%). Kohdan C55 tuloksiin verrattuna oli erikoista, että kohdan esiintymiä löytyi vain Joensuun ja Helsingin piirroksista (JNS: 4%, HKI: 2%), eli päinvastoin kuin kohdassa C55. Palautusarvon sisällyttämisestä joko metodiin tai olioon ei voida kuitenkaan tehdä yliopistokohtaisia päätelmiä, sillä esiintymät olivat varsin pienet.

main-metodi: Kohdissa C57 ja C58 tarkasteltiin main-metodin olemassaoloa ja sen mahdollista suhdetta johonkin. Kohta C57, eli main-metodin olemassaolo, esiintyi vain joka kuudennessa piirroksessa (16%). Käsitteellisesti väärin main-metodi oli piirretty 6%:ssa piirroksista ja täysin oikein 10%:ssa piirroksista. Eniten kohdan esiintymiä oli Jyväskylän yliopiston piirroksissa (23%), joissa kohta oli piirretty käsitteellisesti väärin 9%:ssa piirroksista ja oikein 14%:ssa piirroksista. Kuopion yliopiston piirroksissa esiintymäprosentti oli 18, ja käsitteellisesti väärä kohdan ilmentymiä oli 8%:ssa ja oikein menneitä ilmentymiä 11%:ssa piirroksista. Joensuun ja Helsingin yliopistojen tulokset olivat täsmälleen samanlaiset (KV: 4%, O: 7%, Y: 11%), ja vertailtaessa yliopistojen välisiä tuloksia huomaa, että jokaisen yliopiston piirroksista, joissa main-metodi esiintyi, kolmasosa oli piirretty käsitteellisesti väärin. Tuloksista voi



Kuva 11: Kaksi esimerkkikuvaa piirroksista löytyneiden kohdan C58, eli ”main-metodin suhde johonkin, mihin”, ilmentymistä. Piirroksista on otettu mukaan vain oleelliset osat. (a) main-metodin suhde Kaupunki-luokka-olioon (HKI). (b) main-metodin suhde pääohjelman oloon (KUO). Suhde on piirretty käsitteellisesti väärin.

päätellä, että opiskelijoilla on ollut vielä hieman hatara käsitys main-metodista, jonka takia he eivät olleet välttämättä osanneet, halunneet tai uskaltaneet sisällyttää sitä piirroksiinsa, ja jos he olivat piirtäneet main-metodin, oli joka kolmas piirtänyt sen väärin. Koska kohdan C57 esiintymäprosentti oli varsin pieni, ei ollut yllättävää, että kohta C58, eli main-metodin suhde johonkin, oli harvinainen (3%). Kohta oli myös mennyt koko materiaalin tuloksissa hieman useammin väärin kuin oikein (KV: 2%, O: 1%), mutta tarkasteltaessa yliopistokohtaisia tuloksia huomaa, että Joensuun ja Helsingin yliopistojen tuloksissa oli vain kohdan oikein menneiden piirrosten esiintymiä ja Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen tuloksissa vain käsitteellisesti väärin menneiden piirrosten esiintymiä (JNS: 4%, HKI: 2%, JKL: 2%, KUO: 5%). Kuvassa 11 on esitelty piirroksista löytyneitä main-metodin suhteita. main-metodin suhteeksi laskettiin vain ylöspäin suuntautuvat suhteet, eli suhteet piirroksessa main-metodia korkeammaksi piirrettyihin asioihin, jollaisia olivat suhteet esimerkiksi Kaupunki-luokkaan, Kaupunki-luokka-olioon (Kuva 11(a)), tai pääohjelman oloon (Kuva 11(b)). Ne opiskelijat, jotka olivat piirtäneet main-metodille suhteen johonkin, olivat siis ymmärtäneet, että main-metodi liittyy jotenkin Kaupunki-luokkaan tai että sillä on jotain tekemistä pääohjelman kanssa, mutta he eivät silti ole olleet täysin varmoja asiasta, jolloin lopputulos on ollut osassa piirroksista käsitteellisesti virheellinen.

Loput piirroksista löytyneet ohjelman toimintaa kuvaavat kohdat: Kohdissa C59–C67 käsiteltiin loppuja piirroksista löytyneitä ohjelman toimintaa kuvaavia kohtia, kuten lausekkeiden ja tulostusten ilmenemistä. Kohta C59, eli *this*-muuttujan olemassaolo, oli harvinainen koko materiaalissa (2%), ja sitä esiintyikin vain muutamissa Helsingin yliopiston piirroksissa (7%), josta voi päätellä, ettei asiaa ehkä ole opetettu ollenkaan muissa yliopistoissa. Kohta oli piirretty käsitteellisesti väärin 2%:ssa ja oikein 5%:ssa Helsingin yliopiston piirroksista. Myös kohdan C60, eli merkkijono olioina, tuloksissa on havaittavissa mahdollisia yliopistokohtaisia opetuseroja, sillä vaikka kaikissa yliopistoissa kohta olikin piirretty oikein, olivat kohdan esiintymät Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksissa huomattavasti suuremmat kuin Joensuun ja Kuopion yliopistojen piirroksissa (JNS: 4%, HKI: 19%, JKL: 20%, KUO: 3%, YHT: 13%). Kohdan tuloksista voikin siis päätellä, että Helsingin ja Jyväskylän yliopistoissa opiskelijoille on mahdollisesti havainnollistettu luennoilla merkkijonoja siten, että ne ovat olleet omina olioinaan, kun Joensuun ja Kuopion yliopistoissa merkkijonot ovat mahdollisesti olleet vain yhtenä osana olioita.

Kohta C61, eli ohjelman suorituskohta, oli esiintymältään harvinainen sekä koko materiaalissa että yliopistoittain (JNS: 0%, HKI: 2%, JKL: 7%, KUO: 3%, YHT: 3%). Joensuun yliopiston piirroksista kohtaa ei löytynyt ollenkaan, ja kaikki piirrokset, joista kohta löytyi, oli se piirretty aina oikein. Helsingin ja Kuopion yliopistojen tuloksiin verrattuna Jyväskylän yliopiston piirrokseen oli merkitty varsin usein ohjelman suorituskohta, eli Jyväskylän yliopiston opiskelijoista hieman suurempi osa oli halunnut tarkentaa, mitkä osat heidän piirroksistaan vastasivat juuri sitä ohjelmakoodiin merkittyä kohtaa, jonka osoittama tilanne heidät oli ohjeistettu piirtämään.

Kohta C62, eli lausekkeen tai ehdon olemassaolo, esiintyi Jyväskylän yliopiston piirroksissa eniten ja Joensuun yliopiston piirroksissa vähiten (JNS: 4%, HKI: 7%, JKL: 11%, KUO: 8%, YHT: 8%). Joensuun yliopiston pieni esiintymäprosentti muiden yliopistojen tuloksiin verrattuna saattaa selittyä sillä, että Joensuun yliopiston opiskelijoille piirtotilanne oli jo toinen, eivätkä he siksi mahdollisesti kokeneet niin suurta tarvetta lisätä piirrokseensa kohdan kuvaamia tarkentavia elementtejä kuin muiden yliopistojen opiskelijat. Sen sijaan Joensuun yliopiston opiskelijat sisällyttivät muiden yliopistojen opiskelijoita huomattavasti useammin piirrokseensa lausekkeitä tai ehtoja tietyillä arvoilla (C63), jolloin he ilmaisivat lausekkeet ja ehdot mieluummin suoraan

arvojen avulla kuin niiden välivaiheilla, eli ohjelmakoodissa olleiden muuttujien nimillä (JNS: 44%, HKI: 23%, JKL: 20: KUO: 11%, YHT: 23%). Kuopion yliopiston piirroksista kohta löytyi vain 11%:sta piirroksia, ja 3%:ssa piirroksia kohta oli mennyt ohjelmallisesti väärin ja 8%:ssa piirroksia oikein. Myös Joensuun yliopiston piirroksissa oli ohjelmallisesti väärin menneitä piirroksia (OV: 4%, O: 41%, Y: 44%), kun Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksista ei löytynyt kuin vain oikein menneitä kohdan esiintymiä. Tuloksen perusteella voi todeta, että Joensuun yliopiston opiskelijat kokivat muiden yliopistojen opiskelijoihin verrattuna paljon tärkeämmäksi sisällyttää piirroksiinsa lausekkeita ja ehtoja niiden arvoilla, kun taas Kuopion yliopiston opiskelijat eivät pitäneet tätä asiaa kovinkaan tärkeänä.

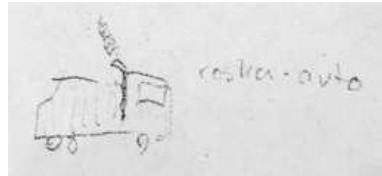
Koska piirrostehtävässä annetussa tilanteessa muutaman attribuutin ja muuttujan arvot olivat muuttuneet ohjelman suorituksen aikana, oli mielenkiintoista huomata, että kyseinen asia (C64) esiintyi eri yliopistojen piirroksissa hyvinkin vaihtelevasti (JNS: 33%, HKI: 49%, JKL: 23%, KUO: 16%, YHT 32%). Helsingin yliopiston piirroksista kohta löytyi joka toisesta piirroksista ja Joensuun yliopiston piirroksista joka kolmannesta, kun Kuopion yliopiston piirroksista kohta löytyi vain joka kuudennesta piirroksista. Kuopion yliopiston piirrokset olivat ainoita, joista löytyi myös kohdan virhe-esiintymiä (OV: 3%, O: 13%, Y: 16%). Tulosten perusteella Helsingin ja Joensuun yliopistojen opiskelijat olivat pitäneet arvojen muuttumisen ilmaisemista piirroksissaan tärkeänä asiana, ja he olivatkin piirtäneet kohdan aina oikein, kun taas Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen opiskelijat eivät olleet pitäneet kohtaa yhtä merkittävänä, ja Kuopion yliopiston opiskelijat ovat myös olleet hieman huolimattomampia arvojen päivityksen oikeellisuuden suhteen.

Kohta C65, eli ohjelman tulostus, löytyi 8%:sta piirroksia, ja kohta oli mennyt useammin ohjelmallisesti väärin kuin oikein (OV: 6%, O: 2%). Joensuun ja Kuopion yliopistojen piirroksista löytyi vain ohjelmallisesti väärin menneitä kohdan esiintymiä (JNS: 7%, KUO: 8%), kun Jyväskylän yliopiston piirroksista virheellisiä piirroksia löytyi eniten (OV: 9%, O: 2%, Y: 11%). Helsingin yliopiston piirrokset olivat ainoita, joissa kohdan oikein menneitä esiintymiä oli hieman enemmän kuin väärin menneitä (OV: 2%, O: 4%, Y: 5%). Tulokset osoittavat, että osalla opiskelijoista oli ollut hankaluuksia lukea ohjelmakoodista, mitä ohjelma oikeasti tulosti. Osassa tapauksista virheelliseen tulokseen on voinut vaikuttaa huolimattomuus tai koko ohjelman lukeminen väärin,

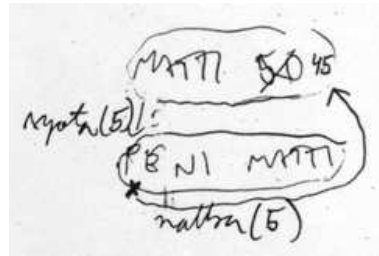
jolloin opiskelija on päättänyt ohjelman tulosteeseen tulleet arvot väärin. Kohta C66, eli toimenpiteiden suoritusjärjestys, esiintyi keskimäärin joka kymmenennessä piirroksessa (11%). Kaikista yliopistoista vähiten kohdan esiintymiä oli Helsingin yliopiston piirroksissa, joissa kohdan esiintymä oli 2%, kun muiden yliopistojen esiintymäprosentit olivat huomattavasti suuremmat (JNS: 11%, JKL: 9%, HKI: 11%). Joensuun, Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen opiskelijat halusivat siis tarkentaa piirroksiaan lisäämällä niihin toimenpiteiden suoritusjärjestyksen, kun Helsingin yliopiston opiskelijat eivät kokeneet asiaa yhtä tarpeelliseksi.

Viimeinen kohta, eli C67, oli avoin, johon merkittiin sellaiset piirroksista vielä löytyneet asiat, joita ei voinut kuvata muiden kohtien avulla. Tästä kohdasta poimittiin viimeisellä analysointikerroilla pois sellaiset kohdat, jotka olisivat kuuluneet luonteeltaan jo joidenkin muiden kohtien yhteyteen tai niiden esiintymät olivat suhteellisen suuria, jolloin niille muodostettiin omat lisäkohdat. Näin saadut lisäkohdat otettiin myöhemmin analysoinnissa huomioon kohtina C68–C83. Kohdan C67 esiintymiä jäi tämän prosessin jälkeen vielä 14%:in koko materiaalista, ja 5%:ssa piirroksista kohdan esiintymät oli piirretty käsitteellisesti väärin ja 9%:ssa oikein. Eniten kohdan esiintymiä jäi Joensuun yliopiston piirroksiin, joista 33%:ssa esiintyi joitain asioita, joita ei voinut kuvata jo olemassa olevien kohtien tai lisäkohtien avulla. Käsitteellisesti väärää kohdan esiintymiä oli Joensuun yliopiston piirroksissa 11%:ssa ja oikein menneitä 22%:ssa piirroksista, kun muiden yliopistojen vastaavat lukemat olivat huomattavasti pienemmät (HKI: KV: 2%, O: 5%, Y: 7%; JKL: KV: 5%, O: 11%, Y: 16%; KUO: KV: 5%, O: 3%, Y: 8%). Kuopion yliopiston piirrokset olivat ainoita, joissa muiden piirroksista löytyneiden kohtien virhe-esiintymä oli suurempi kuin oikein olleiden esiintymä. Kuvissa 12, 13, 14 ja 15 on esitelty muutamia esimerkkejä yliopistojen piirroksista löytyneistä kohdan C67 esiintymistä.

Joensuun yliopiston piirroksissa olleita kohdan C67 oikeellisia esiintymiä olivat muun muassa erikseen piirretty kuvan ulkoreuna, roska-auto (Kuva 12(a)), jollainen oli myös opiskelijoiden näkemässä metafora-animaatioissa kuvaamassa Javan roskienkeruujärjestelmää (Sajaniemi et al., 2007), metodikutsun suhde tulostukseen ja toiminnan aloituskohta (Kuva 12(b)), ja käsitteellisesti väärää luokkien välinen kutsu ja metodikutsun suhde luokkiin. Helsingin yliopiston piirroksissa olleita kohdan oikeellisia esiintymiä olivat muun muassa olion suhde palautusarvoon (Kuva 13(a)), arvon siirtyminen pai-

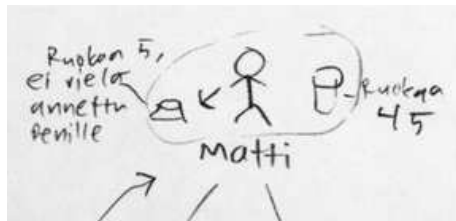


(a)



(b)

Kuva 12: Kaksi esimerkkikuvaa Joensuun yliopiston piirroksista löytyneiden kohdan C67, eli ”muu, mikä”, ilmentymistä. Piirroksista on otettu mukaan vain oleelliset osat. (a) Roska-auto. (b) Toiminnan aloituskohta, joka on kuvattu piirroksessa rastilla nuolen alussa.

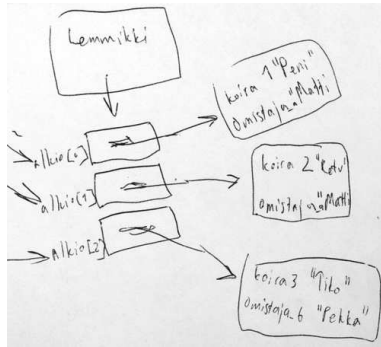


(a)

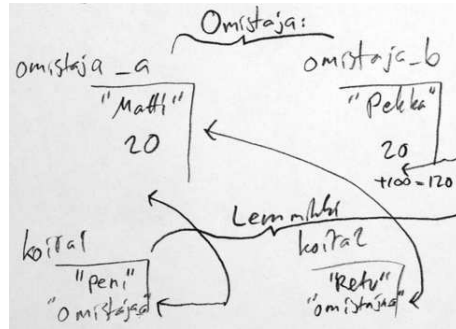


(b)

Kuva 13: Kaksi esimerkkikuvaa Helsingin yliopiston piirroksista löytyneiden kohdan C67, eli ”muu, mikä”, ilmentymistä. Piirroksista on otettu mukaan vain oleelliset osat. (a) Olion suhde palautusarvoon, joka on kuvattu piirroksessa nuolella tikku-ukon ja ruoka-astian välillä. (b) Parametrin dynaaminen suhde luokkaan, joka on kuvattu piirroksessa kuvan vasemmassa laidassa olevana nuolena ”Toive”-nimisestä parametrista ”Omistajat”-nimiseen luokkaan.

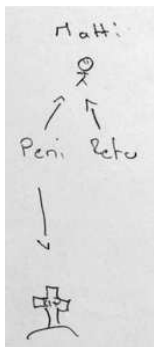


(a)

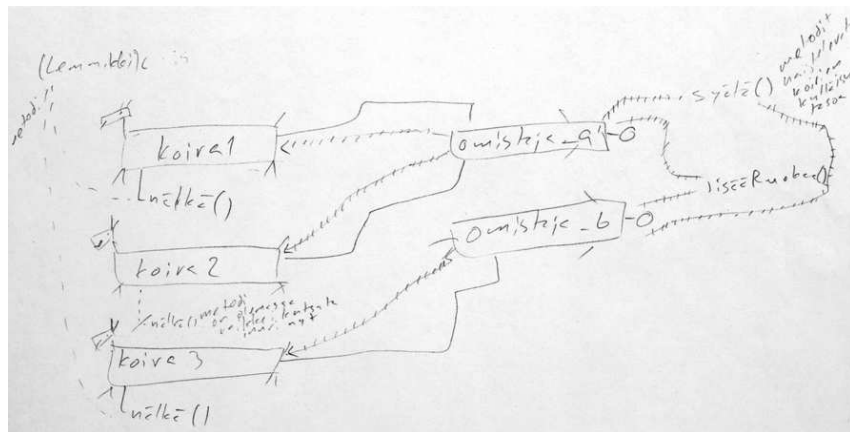


(b)

Kuva 14: Kaksi esimerkkikuvaa Jyväskylän yliopiston piirroksista löytyneiden kohdan C67, eli ”muu, mikä”, ilmentymistä. Piirroksista on otettu mukaan vain oleelliset osat. (a) Lista luokan olioista. (b) Olioviite merkkijonona. Koirien omistajat on ilmoitettu piirroksessa vastaavalla tavalla kuin nimet, eli merkkijonona.



(a)



(b)

Kuva 15: Kaksi esimerkkikuvaa Kuopion yliopiston piirroksista löytyneiden kohdan C67, eli ”muu, mikä”, ilmentymistä. Piirroksista (a) on otettu mukaan vain oleellinen osa. (a) Penin suhde kuolemaan. (b) ”Haistelevat metodit.” Piirroksen oikeassa yläkulmassa olevan selitystekstin mukaan ”metodit haistelevat koirien kylläisy[ys]tasoaa”.

kasta toiseen ja oliot yhdistävä alue, ja kohdan ainoa käsitteellisesti väärä esiintymä oli parametrin dynaaminen suhde luokkaan (Kuva 13(b)). Jyväskylän yliopiston piirroksissa olleita kohdan oikeellisia esiintymiä olivat muun muassa olioviitteen kuuluminen luokkaan, lista luokan olioista (Kuva 14(a)), attribuuttien päivitystaulukko ja todellisen ja muodollisen parametrin yhteys, ja käsitteellisesti väärä olioviite merkkijonona (Kuva 14(b)) ja *main*:in muuttujien kuuluminen luokkaan. Kuopion yliopiston piirroksissa ollut kohdan ainoa oikeellinen esiintymä oli paluu metodista, ja käsitteellisesti väärät esiintymät olivat Penin suhde kuolemaan (Kuva 15(a)) ja ”haistelevat metodit” (Kuva 15(b)). Kohtaan C67 kertyneiden merkintöjen perusteella osa opiskelijoista halusi tarkentaa ohjelmatilannepiirrostaan lisäämällä sinne omien malliensä mukaisia erilaisia elementtejä, jotka eivät kuitenkaan olleet kategorisoitavissa oliokäsitteisiin tai ohjelman toiminnan kuvaamiseen liittyviksi asioiksi.

4.1.6 Yleistulkinta

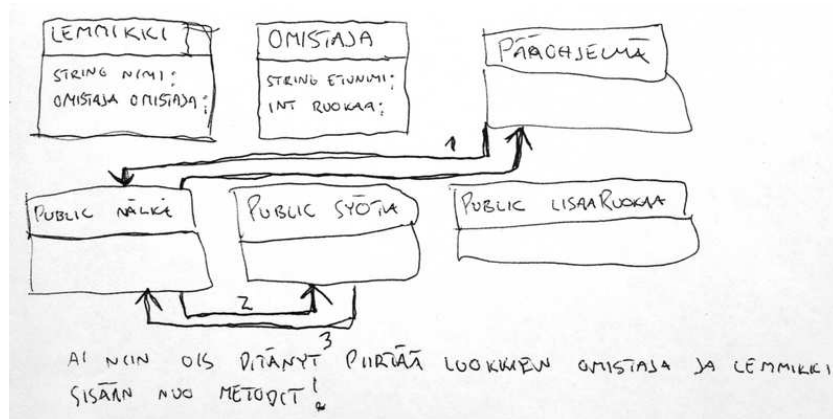
Edellä olen tarkastellut saatuja tuloksia osiokohtaisesti. Eri osioissa oli kohtia, jotka viittasivat samantyyppisten asioiden ilmenemisiin piirroksissa. Esimerkiksi osioissa *Lähestymistapa*, *Virhe* ja *Sisältö* oli samanlaisiin asioihin keskittyviä kohtia, kuten esimerkiksi *Lähestymistapa*-osion kohta A09 ”luokat” ja *Sisältö*-osion kohta C10 ”luokka”. Käsittelem seuraavaksi muutamien tällaisten osioiden välisten yhteisten aiheiden tuloksia sekä tarkastelen lyhyesti osioiden tuloksia yleisesti.

Muoto-osion kohdan F16, eli ”metaforinen elementti, mikä”, ja *Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa* -osion kohdan I02, eli ”metafora-animointi, mikä piirre”, tuloksissa on huomattavissa varsin mielenkiintoinen asia; vaikka Joensuun yliopiston piirroksiset olivatkin ainoita, joista löytyi metafora-animaation vaikutuksia, ei Joensuun yliopiston piirroksista löytyneiden kohdan I02 esiintymän prosenttiarvo (11%) vastaa laisinkaan kohdan F16 esiintymäprosenttia (4%). Paljon lähempänä Joensuun yliopiston kohdan I02 prosenttilukemaa kohdan F16 tuloksista ovat Helsingin ja Kuopion yliopistojen esiintymäprosentit (HKI: 9%, KUO: 11%), vaikka niistä ei löytynyt lainkaan kohdan I02 esiintymiä. Tulos saattaa vaikuttaa ristiriitaiselta, mutta asia selittyy, kun tarkastellaan, mitä erityisiä kohtien esiintymiä on löytynyt piirroksista. Piirroksista löytyneitä metafora-animointiin viittaavia piirteitä olivat roska-auto ja metodi olion kyljessä, ja

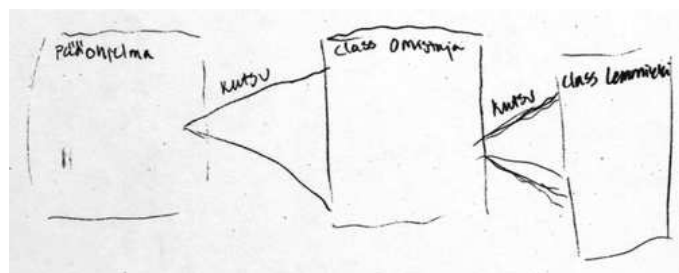
metaforisia elementtejä olivat roska-auto, tikku-ukko, tikkukoira, ruoka-astia ja hautaristi. Koska piirroksista löytyneistä metaforisista elementeistä vain roska-auto esiintyi metafora-animaatioissa ja metodin piirtäminen olion kylkeen oli piirrostekninen asia, on ymmärrettävää, että näistä piirteistä jälkimmäinen ei kerryttänyt kohdan F16 esiintymäprosenttia, vaan pelkästään kohdan I02 esiintymäprosenttia. Vaikka Helsingin ja Kuopion yliopistojen piirroksissa oli metaforisia elementtejä enemmän kuin Joensuun yliopiston piirroksissa, ne eivät olleet metafora-animaatioissa esiintyneitä elementtejä. Nämä asiat selittävät kohtien F16 ja I02 väliset erot tuloksissa.

Lähestymistapa-osiossa tarkasteltiin luokkien käyttöä eräänä lähestymistapana (A09), ja *Sisältö*-osiossa tarkasteltiin ylipäätään luokkien löytymistä piirroksista (C10). Luokkia löytyi 21%:sta piirroksista, ja ne olivat olleet lähestymistapana 15%:ssa piirroksista — aina primaarisena. Verrattaessa kohtien välisiä eroja yliopistokohtaisesti, voi huomata joitain eroja eri yliopistojen välillä. Joensuun yliopiston opiskelijat olivat piirtäneet luokat 26%:iin piirroksista, kun primaarisena lähestymistapana ne olivat olleet vain 4%:ssa piirroksista. Helsingin yliopiston piirroksissa kohtien A09 ja C10 esiintymäprosentit olivat täsmälleen samat (A09: 12%, C10: 12%), ja Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen piirroksissa kohdan A09 esiintymäprosentti oli vain hieman pienempi kuin kohdassa C10 (JKL: A09: 27%, C10: 32%; KUO: A09: 13%, C10: 18%). Tulosten perusteella Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistojen opiskelijat olivat piirtäneet luokat yhtenä selkeänä lähestymistapana paljon useammin kuin Joensuun yliopiston opiskelijat, jotka olivat ilmaisseet luokat piirroksissaan useimmiten siten, ettei niitä voinut pitää yhtenä käytetyistä lähestymistavoista.

Tehtävänannossa opiskelijoita pyydettiin piirtämään kuva, josta ilmeni olemassaolevat oliot ja metodit sekä niiden väliset suhteet ohjelmakoodiin merkityssä kohdassa. Melkein kaikissa piirroksissa oli olioita (C11: 97%), ja metodeita oli piirretty joko staattisina (C25: 28%) tai dynaamisina käsittäen olemassaolevat metodit (C26: 70%) sekä menneet tai tulevat metodit (C27: 35%). Niissä piirroksissa, joissa ei oltu kuvattu lainkaan olioita, esiintyi metodeita ja niiden välisiä suhteita sekä luokkia. Osassa tällaisista piirroksista piirtäjä oli nähtävästi piirtänyt luokkien ja metodien väliset suhteet eräänlaisella abstraktilla tasolla, eli kuinka suhteet menevät yleisesti ottamatta huomioon luokkien instansseja, ja jättänyt ehkä juuri siksi oliot pois (Kuva 16), mutta osassa piirroksista oli nähtävissä, ettei opiskelijalla ollut ollut kunnollista käsi-



Kuva 16: Esimerkkikuva piirroksesta (KUO), jossa ei ole käytetty lainkaan olioita. Piirtäjä on kuvannut suhteet eräänlaisella abstraktilla tasolla.



Kuva 17: Esimerkkikuva piirroksesta (JNS), jossa ei ole käytetty lainkaan olioita. Piirtäjällä ei ole ollut kunnollista käsitystä olioiden ja luokkien välisistä eroista.

tystä olioiden ja luokkien välisistä eroista (Kuva 17). Tällaisten olioita sisältämättömien piirrosten osuus kaikkien yliopistojen tuloksissa oli hyvin tasainen, sillä Joensuu, Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen piirroksista löytyi yksi olioita sisältämätön piirros ja Kuopion yliopiston piirroksista kaksi. Ohjelmoinnin noviisiopiskelijalle tällainen olioiden ja luokkien sekoittaminen varsinkin termistötasolla on ymmärrettävä erehdys, jonka toivotaan korjaantuvan viimeistään alkeiskurssin päätyttyä. Koska tällaisia virheitä löytyi jokaisen yliopiston piirroksista hyvin vähän, on tulos niiltä osin varsin positiivinen.

Metodin tapahtumien vaikutus attribuutin päivitykseen sekä tämän yhteyden oikeellisuuden liittyviä asioita oli käsitelty *Virhe*-osion kohdassa E05, eli attribuutin päivitys vain alkuperäisen paikan ulkopuolella, sekä *Sisältö*-osion kohdissa C23, eli attribuutin siirtäminen metodiin tai metodista, C24, eli attribuutin päivitys attribuutin alkuperäi-

sen paikan ulkopuolella, C76/L, eli metodissa olevan attribuuttikäsitteilyn yhteneväisyys oliossa olevan attribuutin kanssa, ja C77/M, eli metodin vaikutus oliossa olevan attribuutin arvoon. Näistä kohdat E05, C23 ja C24 kuvasivat virheellistä piirrostapaa. Kaikkien kohtien tulokset koko materiaalissa olivat suhteellisen vähäiset, sillä attribootit esiintyivät joko staattisina (C17) tai dynaamisina joko nimen kanssa (C18) tai ilman (C19) ainakin joka toisessa piirroksessa (C17: 7%, C18: 53%, C19: 59%), ja kohtien E05, C23, C24, C76/L ja C77/M esiintymäprosentit koko materiaalissa olivat enintään 11 (E05: 10%, C23: 3%, C24: 11%, C76/L: 4%, C77/M: 10%). Mainittakoon, että *Sisältö*-osion kohta C64 käsitteli attribuutin, muuttujan tai parametrin saamien arvojen sarjaa, ja sen esiintymäprosentti koko materiaalista oli 32. Vaikka tämän kohdan tulos olikin kohtien E05, C23, C24, C76/L ja C77/M tulosta paljon suurempi en käsittele kohtaa tässä yhteydessä tämän tarkemmin, sillä ensinnäkin kohdassa ei tarkasteltu sitä, mikä oli arvojen muutokseen vaikuttava tekijä, ja toiseksi siihen merkittiin myös muiden kuin vain attribuuttien arvojen muutokset. Kohtien E05, C23, C24, C76/L ja C77/M sekä C17, C18 ja C19 tulosten perusteella ainakin joka toinen opiskelija oli kokenut attribootit tarpeeksi tärkeäksi asiaksi, jotta oli sisällyttänyt ne piirroksensa, mutta vain joka kymmenes oli kuvannut attribuutin päivitykseen laajemmin liittyviä asioita.

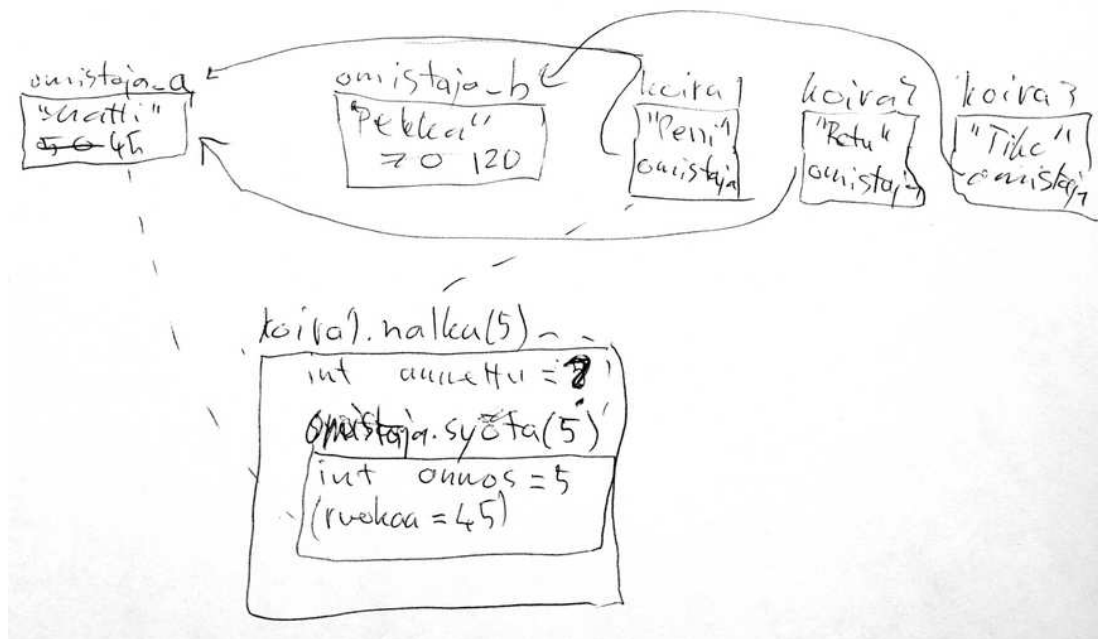
Vertailtaessa kohtien E05, C23, C24, C76/L ja C77/M tuloksia yliopistokohtaisesti voi huomata muutamia samankaltaisuuksia ja eroja eri yliopistojen välillä. Helsingin ja Kuopion yliopistojen tulokset olivat varsin lähellä toisiaan ja kaikissa kohdissa hieman keskiarvoa pienemmät paitsi kohdassa C77/M, jossa Kuopion yliopiston tulos oli hieman keskiarvoa suurempi (HKI: E05: 7%, C23: 0%, C24: 9%, C76/L: 2%, C77/M: 7%; KUO: E05: 5%, C23: 0%, C24: 5%, C76/L: 3%, C77/M: 11%). Kummankaan yliopiston piirroksissa ei esiintynyt kohtaa C23, eli attribuutin siirtäminen metodiin tai metodista. Jyväskylän yliopiston tulokset olivat kaikkien kohtien toiseksi suurimmat, ja kaikissa kohdissa paitsi kohdassa C23 tulokset olivat lähellä koko materiaalin keskiarvoa (E05: 9%, C23: 7%, C24: 11%, C76/L: 5%, C77/M: 11%). Joensuun yliopiston tulokset jokaisessa kohdassa olivat kaikista yliopistoista suurimmat, ja virhekohtien E05 ja C24 esiintymäprosentit olivat Joensuun yliopiston piirroksissa yli kaksinkertaiset sekä koko materiaalin keskiarvoon että kohtien toiseksi suurimpiin esiintymäprosentteihin verrattuna (E05: 26%, C23: 7%, C24: 26%, C76/L: 7%, C77/M: 15%). Vaikka Joensuun yliopiston opiskelijoiden piirroksista löytyi eniten myös oikeellisia kohtia C76/L

ja C77/M, voi tulosten perusteella sanoa, että Joensuun yliopiston opiskelijat olivat tehneet kaikista yliopistoista eniten virheitä attribuutin arvon päivitykseen liittyvien asioiden kuvaamisessa, sillä heidän piirroksissaan joka neljännessä attribuutin päivitys oli tehty alkuperäisen paikan ulkopuolella.

Tarkasteltaessa yliopistojen välisiä eroja kaikkien osioiden tuloksissa voi huomata muutamia piirteitä, jotka esiintyvät tietyillä yliopistoilla varsin useassa osiossa ja jotka erottavat muutamat yliopistot toisistaan. Eräs kaikista selkein erotteleva tekijä yliopistojen välillä oli piirrosten oikeellisuus, eli kuinka usein yliopistokohtaisista piirroksista löytyi kohtien oikein menneitä esiintymiä ja kuinka usein kohtien käsitteellisesti tai ohjelmallisesti väärin menneitä esiintymiä tai jo luonteeltaan väärin olleiden kohtien esiintymiä. Yleisesti ottaen Jyväskylän yliopiston opiskelijat piirsivät ohjelmatilannepiirroksensa kaikista yliopistoista oikeellisimmin, vaikka sortuivatkin muiden yliopistojen opiskelijoita hieman useammin esimerkiksi main-metodin ja Kaupunki-luokan sekoittamiseen (E08/A), kun Joensuun yliopiston piirroksissa oli muihin yliopistoihin verrattuna suurimmat virhe-esiintymät.

Jyväskylän yliopiston piirrokset erottuivat muista myös piirrostyylissä jo lähestymistavan perusteella, sillä niissä oli käytetty primaarisena lähestymistapana paljon useammin luokkia (A09) ja kaikki oliot (A01) oli piirretty joillekin asioille alisteisiksi jopa neljä kertaa yhtä usein kuin muiden yliopistojen piirroksissa. Kuopion yliopiston piirroksissa oli kuvattu eniten attribuuttien (C17) ja metodien staattisia olemassaoloja (C25) sekä metodin staattinen suhde olioön (C36), mutta varsin usein Kuopion yliopiston tulokset noudattelivat koko materiaalin keskiarvoa tai eivät muuten erottuneet muiden yliopistojen tuloksista. Myös Helsingin yliopiston tulokset olivat varsin usein lähellä koko materiaalin keskiarvoa, mutta Helsingin yliopiston piirroksissa oli käytetty muita yliopistoja enemmän metaforisia elementtejä (F16) ja kuvattu attribuutin, muuttujan tai parametrin saamien arvojen sarja (C64). Niistä myös löytyi vähiten olioviittauksen piirtämistä väärään suuntaan (E01) ja olion yksilöimistä viittaavalla attribuutilla (E03), jotka olivat paljon yleisempiä virheitä muiden yliopistojen piirroksissa.

Tulosten perusteella voi muodostaa yleiskuvan siitä, millaisia ohjelmatilannepiirroksia noviisiopiskelijat piirsivät, jos käy läpi kaikki yleisimmät kohdat, eli sellaiset kohdat, joissa esiintymäprosentti koko materiaalissa on vähintään 50. Kaikista osioista *Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa-* ja *Virhe*-osion kohdista yhdenkään esiintymäpro-



Kuva 18: Esimerkkikuva piirroksesta (KUO), joka sisältää sellaiset kohdat, joiden esiintymäprosentti koko materiaalissa oli vähintään 50.

senti ei koko materiaalissa ylittänyt viittäkymmentä prosenttia. Kuvassa 18 on esitelty piirros, jossa kaikki yleisimmät kohdat ovat edustettuina. Kuvassa on *Muoto*-osion yleisimmät kohdat, eli tekstiä (F01), numeroita (F02), erikoismerkkejä (F04), suora-kaiteita (F05) ja yhdistäviä nuolia (F08), joiden lisäksi kuvasta löytyy myös merkkijono (F03), yhdistäviä viivoja (F12) ja poistavia merkintöjä (F15). *Lähestymistapa*-osion yleisimpien kohtien mukaisesti kuvassa on käytetty primaarisina lähestymistapoina sekä kaikkia olioita (A01) että aktiivisia metodeita (A04), ja kuvassa on myös yksi *Virhe*-osion esiintymä, joka on toisen olioviittauksen kautta kulkeva olioviittaus (E11/R). *Sisältö*-osion yleisimmät kohdat olivat olio (C11), attribuutin dynaaminen olemassaolo attribuutin nimellä (C18) ja ilman attribuutin nimeä (C19), attribuutin kuuluminen olioon (C21), olemassaolevan metodin dynaaminen olemassaolo (C26) ja *main*-metodin dynaaminen muuttuja nimellä (C49). Näiden kohtien lisäksi kyseisestä piirroksista löytyy myös tietotyyppi (C06), olioviittaus, jossa viittaavan attribuutin, muuttujan tai parametrin nimi on näkyvässä, (C15), viiva metodin ja olion välillä (C32), metodin dynaaminen suhde toiseen metodiin (C37), parametri ilman nimeä (C41), parametrin kuuluminen metodiin (C42), dynaaminen muuttuja nimellä (C45), muuttujan kuuluminen metodiin (C47), attribuutin, muuttujan tai parametrin saamien arvojen sar-

ja (C64), metodissa olevan attribuuttikäsitteilyn yhteneväisyys oliossa olevan attribuu-
tin kanssa (C76/L) sekä metodikutsun ja metodin välinen suhde (C79/O).

Ohjelmatilannepiirroksista saadun analysointituloksen perusteella olio-ohjelmoinnin
noviisiopiskelijoille ehtii muodostua kurssin aikana varsin hajanaisia mentaalisia mal-
leja, joiden avulla he yrittävät hahmottaa ohjelman toimintaa. Opiskelijat osaavat kuva-
ta oliot ja metodit varsin oikein, mutta muun muassa niiden välisten suhteiden kuvaa-
misissa sekä muihin ohjelman toimintaan liittyvissä asioissa ilmenee ymmärrysongel-
mia. Eri yliopistojen väliset erot tuloksissa osoittavat opetuksen vaikutuksen opiskeli-
joiden muodostamaan kuvaan, ja tulosten perusteella voi olettaa, että luennoitsijoiden
piirroksilla on ollut oma osuutensa opiskelijoiden piirrostuloksiin. Yleisesti ottaen no-
viisiopiskelijat sekoittavat eri käsitteet helposti keskenään, ja heille saattaa myös pint-
tyä mieleen väärä kuva olio-ohjelmoinnista, jos heidän tekemiään käsittevirheitä ei saa-
da korjattua varhaisessa vaiheessa. Tulosten perusteella noviisiopiskelijat hakevatkin
tukea heikolle ymmärtämiselleen reaali maailmasta esimerkiksi olioiden yksilöimisen
tai metodikutsujen yhteydessä, mutta koska olio-ohjelmat eivät toimi reaali maailman
tavoin, he opettavat vahingossa itselleen väärän tavan ymmärtää ohjelmia.

Noviisiopiskelijoille pyritään opettamaan olio-ohjelmoinnin alkeet yhden alkeiskurssin
aikana, jonka jälkeen heidän oletetaan osaavan olio-ohjelmoinnin perusteet. Tulosten
perusteella ei voi olettaa, ettei opiskelijoille jää alkeiskurssista niin hyvä osaamispo-
hja kuin on tarkoitus, vaan on todennäköisempää, että moni opiskelija tietää, mitä eri-
laisia käsitteitä olio-ohjelmointiin kuuluu, muttei osaa käyttää niitä siten kuin heidän
tulisi kurssin käymisen perusteella vähintään osata. Tällainen lopputulos hankaloittaa
opiskelijoiden jatko-oppimista, sillä tulevilla kursseilla heidän oletetaan osaavan pal-
jon enemmän kuin he alkeiskurssin aikana todellisuudessa oppivat, ja vaativuustason
noustessa saattaa osa opiskelijoista jättää opinnot kesken, sillä heidän tietonsa ja tai-
tonsa eivät riitä tehtävistä suoriutumiseen. Olisikin siis tärkeää, että ohjelmoinnin al-
keiskursseja kehitettäisiin siten, että noviisiopiskelijoilla olisi paremmat mahdollisuu-
det oppia olio-ohjelmoinnin perusteet, jolloin heidän olisi nykyistä helpompaa selvittää
tulevien opintojensa ohjelmointihaasteista.

4.2 Tutkimuksen validiteetista

Tutkimusta varten neljän yliopiston ohjelmoinnin alkeiskurssin opiskelijat suorittivat saman piirrostehtävän kurssin samassa opetusvaiheessa. Saadut piirrokset analysoitiin kolmen henkilön työryhmässä, ja analysoinnissa käytettiin hyväksi erityistä Ohjelmatilannepiirroksen analysointilomaketta. Piirrosten analysoinnin jälkeen muodostettiin lisäkohtia, jotka poimittiin piirroksista viimeisellä analysointikerralla. Tämän jälkeen lomakkeiden merkinnät kirjattiin tekstitiedostoihin, jotka käsiteltiin analysointiohjelmalla, jonka antamista tuloksista muodostettiin kokonaisanalyysi ja päätelmät. Käsitelien seuraavassa tutkimuksen eri vaiheiden ja saatujen tulosten validiutta.

Jokaiseen yliopistoon annettiin ohjeet järjestää piirrostilaisuus alkeiskurssin samassa opetusvaiheessa ja noudattaa piirrostehtävässä annettuja ohjeita muun muassa suoritusaajan suhteen, mutta itse tilaisuuden järjestämiseen ei annettu ohjeita. Tästä johtuen jokainen yliopisto järjesti piirrostilaisuuden eri tavalla, ja se on omalta osaltaan saattanut vaikuttaa tuloksiin. Joensuun yliopistossa opiskelijat osallistuivat tutkimukseen pakollisena osana demonstraatioharjoituksia, harjoitustilaisuuden alussa. Helsingin yliopistossa tutkimukselle järjestettiin luentojen jälkeen erillinen tilaisuus, johon osallistumisesta oli mahdollisuus saada lisäpisteitä demonstraatioharjoituksiin. Vastauspaperit palautettiin nimettöminä, ja lisäpisteet varmistettiin kierrättämällä osallistujien keskuudessa nimelistaa. Jyväskylässä tutkimus suoritettiin vapaaehtoisena luennon viimeisellä puolituntisella osana luentoa. Osallistujille luvattiin lisäpisteitä, jos he kirjoittivat nimensä vastauspaperiin ja vastaus oli erinomainen, mutta nimiä oli vain muutamassa paperissa. Kuopiossa tutkimus suoritettiin normaalin luennon osana. Koska Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen opiskelijat tekivät piirrostehtävän vapaaehtoisesti ja pienen palkkion toivossa, saattaa se selittää näiden yliopistojen hieman paremmat piirrostulokset verrattuna Joensuun ja Kuopion yliopistojen tuloksiin, sillä niissä yliopistoissa piirrostilaisuus oli ollut pakollinen. Vapaaehtoinen osallistuminen on saattanut vaikuttaa siten, että huonoiten käsitteet ymmärtäneet opiskelijat ovat jättäytyneet pois piirrostilaisuudesta, jolloin tulos on saattanut olla Helsingin ja Jyväskylän yliopistojen kohdalla liian positiivinen.

Vapaaehtoisen osallistumisen vaikutusta parempiin piirrostuloksiin vahvistaa Helsingin yliopistosta saadut tiedot piirrostilaisuuteen osallistuneiden ja osallistumatta jättä-

neiden kurssilaisten koemenestyksestä sekä tehtyjen harjoitustehtävien määrästä. Helsingin yliopistossa piirrostilaisuuteen osallistui 57 opiskelijaa ja loppukokeeseen 146 opiskelijaa. Kokeen maksimipistemäärä oli 53 pistettä. Piirrostehtävään osallistuneiden keskiarvo oli 37,2 pistettä, kun osallistumatta jättäneiden keskiarvo oli 24,8 pistettä, ($t = 4,432, df = 145, p < 0,0001$). Vastaavat luvut vertailtaessa kokeeseen aidosti osallistuneita 118 opiskelijaa, eli niitä, jotka saivat kokeesta edes yhden pisteen, olivat 38,6 ja 34,9 ($t = 1,816, df = 117, p = 0,0720$). Tulosten perusteella sellaiset opiskelijat, jotka eivät osallistuneet piirrostehtävään, pärjäsivät kokeessa huonommin kuin sellaiset, jotka osallistuivat piirrostehtävään. Erot koepisteiden keskiarvossa piirrostehtävään osallistumatta jättäneiden keskuudessa olivat kaikkien kokeeseen osallistuneiden ja kokeeseen aidosti osallistuneiden välillä paljon suuremmat kuin piirrostehtävään osallistuneilla. Tuloksen perusteella piirrostehtävään osallistumatta jättäneiden keskuudessa oli myös paljon enemmän sellaisia, jotka palauttivat tyhjän vastauspaperin, kuin piirrostehtävään osallistuneiden keskuudessa. Myös kokeen neljännen tehtävän keskiarvojen, jotka laskettiin aidosti kokeeseen osallistuneiden keskuudesta, kohdalla on huomattavissa selkeä ero piirrostehtävään osallistuneiden ja osallistumatta jättäneiden keskuudessa. Tehtävä 4 oli ohjelmointitehtävä, ja sen maksimipistemäärä oli 14 pistettä. Piirrostehtävään osallistuneiden opiskelijoiden keskiarvo oli 10,0 pistettä, kun osallistumatta jättäneiden keskiarvo oli 8,0 pistettä ($t = 2,132, df = 117, p = 0,0351$). Erot ovat vielä selkeämmät, kun tarkastellaan tehtyjen harjoitustehtävien määrää. Tehtäviä oli kurssin aikana 28 kappaletta, joista piirrostehtävään osallistuneet tekivät keskimäärin 21,1 tehtävää ja osallistumatta jättäneet 14,1 tehtävää ($t = 5,119, df = 145, p < 0,0001$). Luvut ovat melkein samat myös niiden 140 opiskelijan kohdalla, jotka tekivät vähintään yhden tehtävän; piirrostehtävään osallistuneet tekivät keskimäärin 21,5 tehtävää ja osallistumatta jättäneet 15,0 tehtävää, ($t = 5,025, df = 139, p < 0,0001$).

Helsingin yliopistosta saatujen tulosten perusteella vapaaehtoinen osallistuminen piirrostehtävään karsi alkeiskurssille osallistuneiden joukosta pois sellaisia opiskelijoita, jotka ymmärsivät olio-ohjelmoinnin käsitteet huonommin kuin piirrostehtävään osallistuneet. Koska Helsingin ja Jyväskylän yliopistoissa piirrostehtävään osallistuminen oli vapaaehtoista, selittää se osaltaan näiden yliopistojen parempia piirrostituloksia verrattaessa niitä piirrostilaisuuden pakollisena järjestäneiden Joensuun ja Kuopion yliopistojen tuloksiin. Jos piirrostilaisuus olisi järjestetty kaikissa yliopistoissa pakolli-

senä, olisi se yliopistojen välisten osaamiserojen tasoittamisen lisäksi myös antanut paremman kuvan kaikkien ohjelmoinnin alkeiskurssille osallistuneiden opiskelijoiden olio-ohjelmoinnin ymmärrystasosta.

Tutkimukseen osallistuneiden erillistä oppi- ja kokemuspohjaa ei otettu huomioon piirroksia analysoitaessa. Osallistujilta ei kysytty esimerkiksi heidän jo käymiään tai samanaikaisesti alkeiskurssin kanssa käytyjä kursseja tai mahdollista työ- tai harrastekokemusta. Nämä asiat ovat omalta osaltaan vaikuttaneet piirroksiin, eivätkä kaikki osallistujat ole olleet siksi kovinkaan samantasoisia. Jos osallistujilta olisi selvittänyt heidän kurssitaustansa, olisi tarkastelussa voinut ottaa huomioon esimerkiksi UML-oppien vaikutteiden voimakkuudet paremmin. Näin olisi voitu selvittää, kokivatko Joensuun yliopiston opiskelijat oikeasti metafora-animaation ja Jeliotin visualisointikeinot UML:n visualisointikeinoja paremmiksi ohjelmatilannepiirrosta tehdessään vai oliko heillä vähemmän tietoa UML-notaatiosta kuin muiden yliopistojen opiskelijoilla. Tällaisiin päätelmiin olisi vaadittu se, että jokaista piirrosta analysoitaessa olisi myös perehdytty piirtäjän taustoihin ja sen perusteella tehty lisäarviointeja piirroksen eri osista.

Kolmen henkilön työryhmä analysoi saadut piirrokset käyttäen apuna Sajaniemi et al. (2007) muodostamaa Ohjelmatilannepiirroksen analysointilomaketta, jota ryhmä testasi esianalyysissä 20:lle piirrokselle ja teki sen pohjalta lomakkeeseen lisäyksiä ja pieniä muutoksia. Liitteessä 1 on esitelty lopullinen analysointilomake, jota käytettiin varsinaisessa analysoinnissa. Sajaniemi et al. toteavat artikkelissaan, että heidän tekemänsä analyysin heikkous on sen perustuminen piirroksen osien luokittelulle, jonka muodostivat kaksi tutkijaa. Koska tämä tutkimus perustuu juuri heidän tekemälleen tutkimukselle, myös näiden piirrosten analyysi omaa vastaavat heikkoudet, eli käyttämällä jotain muuta luokittelua piirroksista olisi voinut löytää mahdollisesti merkittävämpiäkin asioita kuin niistä löydettiin tällä analysointimenetelmällä, vaikka ryhmä poimikin loppuanalyysissä piirroksista itse analysoinnin aikana löytyneet lisäkohdat.

Osa osallistujien piirtämistä piirroksista oli hankalasti tulkittavissa, jolloin on mahdollista, että epäselvät piirrokset on analysoitu joiltain osin toisin kuin piirtäjä olisi itse asian halunnut ilmaista. Ongelman olisi voinut välttää haastattelemalla osallistujia piirrostilaisuuden jälkeen, jolloin he olisivat itse voineet selittää piirrostensa eri osat, ja selvyden vuoksi haastattelu olisi myös pitänyt videoida piirroksen osalta, jotta piirtäjän

selitykset olisi helpompi yhdistää piirroksen oikeisiin kohtiin, eli kuten Teif ja Hazzan (2006) tekivät omassa tutkimuksessaan. Tällainen menettely olisi kuitenkin ollut tässä tutkimuksessa liian työläs toteuttaa, sillä sekä haastatteluun että selityksen analysointiin olisi tarvinnut määrittää omat menetelmänsä, ja piirtäjien selitykset vaikeatulkintaisista piirroksistaan eivät välttämättä aina olisi olleet selventävä vaan mahdollisesti itse piirroksia hankalampia tulkita.

Saadut tulokset perustuvat tutkimusta varten kehitetyn analysointiohjelman tulostamiin lukuihin, jotka se laski lomakkeiden merkinnöistä muodostetuista tekstitiedoista, eli tulokset perustuvat varmaan dataan. Tulosten pohjalta tehdyt päätelmät perustuvat arvioijan omaan tietopohjaan aihealueesta, ja voivat siksi olla kumottavissa muilla lisätiedoilla. Materiaalin pohjalta olisi voinut tuottaa myös tuloksia, joissa olisi vertailtu tarkemmin eri osioiden kohtien esiintymien vaikutuksia muiden kohtien esiintymiin, mutta se olisi mahdollisesti ollut liian työläs menetelmä tähän tutkimukseen. Kyseistä tutkimustapaa voisi kuitenkin hyödyntää aiheeseen liittyvissä jatkotutkimuksissa, jolloin erilaisten asioiden ilmenemiset ja niiden vaikutukset tulisivat käsitellyksi tarkemmin.

5 Yhteenveto

Tässä pro gradu -tutkimuksessa tutkittiin ohjelmoinnin noviisiopiskelijoiden muodostamia mentaalisia malleja olio-ohjelmien suorittamisesta. Tutkimusta varten kerättiin ohjelmoinnin alkeiskurssilla olleiden opiskelijoiden piirtämiä ohjelmatilannepiirroksia Joensuun, Helsingin, Jyväskylän ja Kuopion yliopistoista. Kolmen henkilön muodostama työryhmä analysoi piirrokset erityisen analysointilomakkeen avulla. Ryhmä muodosti piirrosten pohjalta myös lisäkohtia, joita ilmeni piirroksissa, mutta joiden olemassaoloa ei osattu ennakoida ennen analysointia. Lopuksi lomakkeen kohdille ja lisäkohdille laskettiin muun muassa esiintymäprosentit, joiden pohjalta muodostettiin tulkinnat.

Neljästä eri yliopistosta kerättyjen ohjelmatilannepiirrosten pohjalta tehty analyysi osoitti, että opiskelijoilla on hankaluuksia mieltää olio-ohjelmointi ja sen keskeiset käsitteet sekä ohjelmien suoritustapa niin hyvin kuin heidän tulisi osata alkeiskurssilla heille opettujen asioiden jälkeen. Opiskelijoiden muodostamat mielikuvat esimerkiksi viittauksista ja metodikutsuista paljastavat, etteivät he ole sisäistäneet olio-ohjelmoinnin tapaa toteuttaa asiat, vaan he järkeilevät toiminnot virheellisesti reaaliaikaisen maailman kautta. Yliopistojen välisissä piirroksissa oli myös havaittavissa erilaisia piirrostekniikoita, jotka olivat tyypillisiä tiettyjen yliopistojen opiskelijoille, ja myös piirrosten oikeellisuus erotti yliopistot toisistaan.

Tämä tutkimus antaa paremman kuvan ohjelmoinnin noviisiopiskelijoiden mentaalisista malleista olio-ohjelmoinnin käsitteiden ymmärtämisessä kuin esimerkiksi tavalliset kurssien loppukokeet. Ohjelmatilannepiirrokset auttavat perinteisiä koetehtäviä helpommin näkemään sen mielikuvan, joka opiskelijoilla on ohjelman suorittamisesta, sillä he tarkastelevat valmista ohjelmaa ja sen toimintaa sen sijaan, että kirjoittaisivat ohjelman itse. Neljän eri yliopiston opiskelijoilla tehty tutkimus myös osoittaa, että vaikka kaikille opiskelijoille olikin opetettu samat aiheet samassa järjestyksessä, oppimistuloksissa oli havaittavissa muutamia eroja, jotka yksilöivät eri yliopistojen opiskelijoiden piirrokset toisistaan. Samalla tutkimus tuo olio-ohjelmoinnin opettamisen kehittämiseen mukaan uusia havaintoja ja näkökantoja.

Aiheeseen liittyvissä jatkotutkimuksissa olisi hyvä valottaa lisää opiskelijoiden mentaalisten mallien käsittämiä kokonaisuuksia esimerkiksi selvittämällä joidenkin käsitteiden tai kokonaisuuksien esiintymien vaikutuksia toisiin käsitteisiin tai kokonaisuuksiin, eli millaisia käsitepareja tai -kokonaisuuksia opiskelijoiden muodostamat mielikuvat saattavat sisältää. Tällainen analyysi olisi mahdollista suorittaa myös tämän tutkimuksen materiaalin pohjalta. Piirtäjien haastattelut auttaisivat myös omalta osaltaan piirroksissa esiintyvien elementtien analysointia, jolloin piirtäjä voisi piirroksensa selittämisen lisäksi antaa perustelun, miksi hän valitsi käyttämänsä lähestymistavan. Olisi myös hyödyllistä selvittää, kuinka opiskelijoiden mentaaliset mallit kehittyvät koko opiskelun aikana, ja millaisten asioiden oppiminen auttaa mallien parantamisessa. Tällaisessa tutkimuksessa olisi siis hyvä ottaa huomioon opiskelijoiden käymät kurssit ja niistä saatujen oppien mahdolliset hyöty- tai haittavaikutukset.

Viitteet

Byckling, P., Kuittinen, M., Nevalainen, S., Sajaniemi, J. (2004) An inter-rater reliability analysis of Good's program summary analysis scheme. *Proceedings of the 16th annual workshop of the Psychology of Programming Interest Group (PPIG 2004)*, Institute of Technology Carlow, Ireland, 170–184.

Clark, D., MacNish, C., Royle, G. F. (1998) Java as a teaching language – opportunities, pitfalls and solutions. *ACSE '98: Proceedings of the 3rd Australasian conference on Computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 173–179.

Cooper, S., Dann, W., Pausch, R. (2003) Teaching objects-first in introductory computer science. *SIGCSE '03: Proceedings of the 34th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 191–195.

Ford, L. (1993) *How Programmers Visualize Programs*. Tekninen Raportti 271, Department of Computer Science, University of Exeter, U.K., URL <http://citeseer.ist.psu.edu/ford93how.html>. (30.5.2008).

Good, J. (1999) *Programming Paradigms, Information Types and Graphical Representations: Empirical Investigations of Novice Program Comprehension*. Väitöskirja, The University of Edinburgh, U.K.

Good, J., Brna, P. (2004) Program comprehension and authentic measurement: a scheme for analysing descriptions of programs. *International Journal of Human-Computer Studies*, **61**(2), 169–185.

Ma, L., Ferguson, J., Roper, M., Wood, M. (2007) Investigating the viability of mental models held by novice programmers. *SIGCSE '07: Proceedings of the 38th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 499–503.

Ma, L., Ferguson, J. D., Roper, M., Ross, I., Wood, M. (2008) Using cognitive conflict and visualisation to improve mental models held by novice programmers. *SIGCSE '08: Proceedings of the 39th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 342–346.

Madden, M., Chambers, D. (2002) Evaluation of student attitudes to learning the Java language. *PPPJ '02/IRE '02: Proceedings of the inaugural conference on the Principles and practice of programming, 2002 and Proceedings of the second workshop on Intermediate representation engineering for virtual machines, 2002*, National University of Ireland, Maynooth, County Kildare, Ireland, Ireland, 125–130.

Naps, T., Cooper, S., Koldehofe, B., Leska, C., Rössling, G., Dann, W., Korhonen, A., Malmi, L., Rantakokko, J., Ross, R. J., Anderson, J., Fleischer, R., Kuittinen, M., McNally, M. (2003) Evaluating the educational impact of visualization. *ITiCSE-WGR '03: Working group reports from ITiCSE on Innovation and technology in computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 124–136.

Pennington, N. (1987) Stimulus structures and mental representations in expert comprehension of computer programs. *Cognitive Psychology*, **19**(3), 295–341.

Ragonis, N., Ben-Ari, M. (2005) On understanding the statics and dynamics of object-oriented programs. *SIGCSE '05: Proceedings of the 36th SIGCSE technical symposium on Computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 226–230.

Sajaniemi, J., Kuittinen, M., Tikansalo, T. (2007) A study of the development of students' visualizations of program state during an elementary object-oriented programming course. *ICER '07: Proceedings of the third international workshop on Computing education research*, ACM Press, New York, NY, USA, 1–15.

Sanders, K., Thomas, L. (2007) Checklists for grading object-oriented CS1 programs: concepts and misconceptions. *ITiCSE '07: Proceedings of the 12th annual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 166–170.

Teif, M., Hazzan, O. (2006) Partonomy and taxonomy in object-oriented thinking: junior high school students' perceptions of object-oriented basic concepts. *ITiCSE-WGR '06: Working group reports on ITiCSE on Innovation and technology in computer science education*, ACM, New York, NY, USA, 55–60.

Weir, G. R. S., Vilner, T., Mendes, A. J., Nordström, M. (2005) Difficulties teaching Java in CS1 and how we aim to solve them. *ITiCSE '05: Proceedings of the 10th an-*

nual SIGCSE conference on Innovation and technology in computer science education,
ACM, New York, NY, USA, 344–345.

Liite 1: Analysointilomake

Ohjelmatilannepiirroksen analysointilomake

31.10.07

=====

Luokittelija: _____ Pvm: _____

G01 _____ Piirtämistilaisuuden numero

G02 _____ Piirroksen numero

----- Muoto (0..n) -----

F01 ___ Teksti (tyyppi = selvästi erilainen fontti)

F02 ___ Numero (ei osana muuttujan nimeä "junal" tms.)

F03 ___ Merkkijono (lainausmerkeillä ympäröity)

F04 ___ Erikoismerkki, mitkä: (tyyppi=eri merkki)

F05 ___ Suorakaide

F06 ___ Soikio

F07 ___ Pilvi

F08 ___ Yhdistävä nuoli

F09 ___ Osoittava nuoli (alkupäässä ei mitään)

F10 ___ Kohdistava nuoli (alkupäässä selitysteksti)

F11 ___ Järjestyttä osoittava nuoli

F12 ___ Yhdistävä viiva

F13 ___ Erottava viiva

F14 ___ Yhdistävä iso aaltosulku (pysty tai vaaka)

F15 ___ Poistava merkintä

F16 ___ Metaforinen elementti, mikä:

F17 ___ Muu, mikä:

----- Esitystapa, jonka vaikutus havaittavissa (0, 1) -----

I01 ___ Jeliot, mikä piirre:

I02 ___ Metafora-animointi, mikä piirre:

I03 ___ UML, mikä piirre:

I04 ___ Muu, mikä: mikä piirre:

----- Lähestymistapa (0, 1, 2, 3)-----

Kaikki Aktiiviset

A01 ___ A02 ___ Kaikki/aktiiviset oliot
A03 ___ A04 ___ Kaikki/aktiiviset metodit
A05 ___ A06 ___ Koko/aktiivinen suorituspolku
A07 ___ A08 ___ Koko/aktiivinen ohjelmakoodi

A09 ___ Luokat
A10 ___ Vaikutukset olioihin
A11 ___ Tärkeät ohjelmakoodin palaset
A12 ___ Muu, mikä:

----- Virhe (0, 1) -----

E01 ___ Olioviittauksella väärä suunta (mahd. jos C15 tai C16 =1)
E02 ___ Olioviittauksella ei lainkaan suuntaa (mahd. jos C15 tai
C16 =2 tai 3)
E03 ___ Olion yksilöiminen viittaavalla olioviitteellä (mahd. jos
C13...C16)
E04 ___ Olion yksilöiminen attribuutilla (mahd. jos C13...C16)
E05 ___ Attribuutin päivitys vain alkuperäisen paikan ulkopuolella
(C61...C63)
E06 ___ Oliokäsitteisiin liittyvä väärinymmärrys, mikä:
E07 ___ Ohjelman toimintaan liittyvä väärinymmärrys, mikä:

----- Sisältö (0, 1, 2, 3) -----

C01 ___ Piirrosta/piirtämistä kuvaava teksti (metateksti)
C02 ___ Otsikko (esim. "Metodit")
C03 ___ Elementin lajin kuvaava teksti ("olio", ...); ei otsikko
C04 ___ Relaaionuolen luonteen kuvaava teksti
C05 ___ Suoritusta kuvaava teksti
C06 ___ Tietotyyppi (int, string, ...)
C07 ___ Julkisuus (public, private, ...)
C08 ___ Ohjelmakatkelma (vähintään kaksi riviä)

| Staatt. olem.olo | Dynaaminen nimi | Dynaaminen ei nimeä | Kuuluminen metodiin | Kuuluminen olioon (erhe) | |
|---------------------|--|------------------------|------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| C39 ___ | C40 ___ | C41 ___ | C42 ___ | C43 ___ | Parametri |
| C44 ___ | C45 ___ | C46 ___ | C47 ___ | C48 ___ | Muuttuja, ei main:in |
| | C49 ___ | C50 ___ | C51 ___ | C52 ___ | Muuttuja, main:in |
| C53 ___ | | C54 ___ | C55 ___ | C56 ___ | Palautusarvo |
| C57 ___ | main-metodin olemassaolo tai suorittaminen | | | | |
| C58 ___ | main-metodin suhde johonkin, mihin: | | | | |
| C59 ___ | this-muuttujan olemassaolo | | | | |
| C60 ___ | Merkkijono oliona | | | | |
| C61 ___ | Ohjelman suorituskohta | | | | |
| C62 ___ | Lausekkeen tai ehdon olemassaolo ("ruokaa+lisays", "toivottu>ruokaa") | | | | |
| C63 ___ | Lauseke tai ehto tietyillä arvoilla | | | | |
| C64 ___ | Attribuutin, muuttujan tai parametrin saamien arvojen sarja | | | | |
| C65 ___ | Ohjelman tulostus | | | | |
| C66 ___ | Toimenpiteiden suoritusjärjestys | | | | |
| C67 ___ | Muu, mikä: | | | | |