JYX JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO UNIVERSITY OF JYVÄSKYLÄ

This is a self-archived version of an original article. This version may differ from the original in pagination and typographic details.

Author(s): Jakonen, Teppo; Szabó, Tamás Peter; Fenyvesi, Kristóf

Title: Geometrinen hahmottaminen sosiaalisena, vuorovaikutteisena ja kehollisena toimintana

Year: 2021

Version: Accepted version (Final draft)

Copyright: © Kirjoittajat, 2021

Rights: In Copyright

Rights url: http://rightsstatements.org/page/InC/1.0/?language=en

Please cite the original version:

Jakonen, T., Szabó, T. P., & Fenyvesi, K. (2021). Geometrinen hahmottaminen sosiaalisena, vuorovaikutteisena ja kehollisena toimintana. Kasvatus, 52(1), 7-21. https://doi.org/10.33348/kvt.107960

Artikkeleita

Teppo Jakonen – Tamás Péter Szabó – Kristóf Fenyvesi

Geometrinen hahmottaminen sosiaalisena, vuorovaikutteisena ja kehollisena toimintana

Jakonen, Teppo – Szabó, Tamás Péter – Fenyvesi, Kristóf. 2021. GEOMETRINEN HAHMOTTAMINEN SOSIAALISENA, VUOROVAIKUTTEISENA JA KEHOLLISENA TOIMINTANA. Kasvatus 52 (1), 7–21.

Matematiikan ja luonnontieteiden oppimista käsittelevässä tutkimuksessa on viime aikoina korostettu kehon, kognition ja vuorovaikutuksen läheistä yhteyttä. Tässä artikkelissa pohdimme, millä tavoin geometrinen hahmottaminen on sosiaalista, vuorovaikutteista ja materiaalien välittämää kehollista toimintaa. Tarkastelemme eräässä kouluajan ulkopuolella järjestetyssä STEAM-työpajassa kerättyä videoaineistoa keskustelunanalyysin menetelmin. Työpajassa alakouluikäiset oppilaat saivat tehtäväkseen koota pareittain jalkapallon geometrisen representaation 4DFrame-rakennussarjan muoviputkista ja -kiinnikkeistä. Tapaustutkimuksemme osoittaa, miten tämän kaltaisen ohjatun rakennustehtävän aikana katse, koskettaminen ja osoittaminen auttoivat osallistujia hahmottamaan keskeneräisen jalkapallon geometrisessa rakenteessa olevia ongelmia sekä visualisoimaan rakenteita ja niiden suunnittelemista. Oppilaiden kehollisesti visualisoimat rakenteet auttoivat työpajan ohjaajaa identifioimaan rakenteiden ongelmakohtia ja korjaamaan oppilaiden geometrista hahmottamista. Tarkastelemassamme STEAM-työpajassa hahmottaminen oli moniaistista ja vuorovaikutteista toimintaa; se oli yhtäältä jalkapallon geometrisen mallin oppimisen tavoite ja toisaalta sen rakentamisen edellytys. Tuloksemme tukevat aiempia tutkimushavaintoja kehon, oppimateriaalien ja vuorovaikutuksen keskeisestä merkityksestä monenlaisissa opetus- ja oppimisympäristöissä.

Asiasanat: hahmottaminen, STEAM-opetus, geometria, kehollinen oppiminen, hands on -työpajat, keskustelunanalyysi

Ihmiskeho ja matemaattis-luonnontieteellinen tieto

Ihmistieteissä on jo pidemmän aikaa tarkasteltu kognitiota mielensisäisen toiminnan lisäksi hajautettuna ja sosiaalisessa vuorovaikutuksessa rakentuvana ilmiönä (ks. esim. Cole & Engeström 1993; Cowley & Vallée-Tourangeau 2017; Hutchins 1995). Matematiikan ja luonnontieteiden opetuksen ja oppimisen tutkimuksessa tämä on näkynyt muun muassa käsitteiden *embodied mathematics* (Lakoff & Núñez 2000) tai *embodied cognition* (esim. Kim, Roth & Thom 2011; Nemirovsky & Ferrara 2009) edustamissa viitekehyksissä. Abrahamson ja Lindgren (2014) esittävätkin, että matematiikan opetuksen tutkimuskenttä on kokenut laajamittaisen kehollisen käänteen, jonka myötä kognition suhdetta ihmiskehoon ja oppimateriaaleihin on alettu käsitteellistää uusin tavoin ja matemaattis-luonnontieteellistä tietoa tarkastella ”somaattisena, kinesteettisenä ja kuvallisena” (s. 370) eikä pelkästään abstraktina ja mielensisäisenä kokonaisuutena.

Tällainen ihmiskehon merkitystä matemaattis-luonnontieteellisen tiedon välineenä ja lokuksena korostava ajattelutapa ei rajaudu mihinkään tiettyyn teoreettiseen tai epistemologiseen tutkimusperinteeseen. Radford, Arzarello, Edwards ja Sabena (2017, 117–118) toteavat, että ajattelutapa kumpuaa muun muassa fenomenologisista, sosiokulttuurisista ja prosessiorientoituneista näkökulmista. Näiden näkökulmien välillä on ilmeisiä eroja, mutta monia niistä yhdistää matematiikan oppimisen ja matemaattisen tiedonmuodostuksen tarkastelu ilmiöinä, jotka rakentuvat kehossa sekä kehollisen toiminnan ja aistikokemusten avulla. Nemirovsky ja Ferrara (2009) esittävät asian seuraavasti:

> Mikä tahansa, jonka voimme tunnistaa rationaalisena, säännönmukaisena tai pääteltävissä olevana, on täysin sulautunut kehollisiin toimintoihimme; havaitseminen ja motorinen toiminta eivät toimi ”mielensisäisen” alueen syötöksenä tai tuotoksena (Nemirovsky & Ferrara 2009, 161, käännös: Teppo Jakonen).

Lainauksessa on huomattavaa sensorimotorisen toiminnan ja nimenomaisesti havaitsemisen tai hahmottamisen (*perception*) kytkeminen tiedonmuodostukseen sekä kognitiivisten prosessien käsitteellistäminen kehollisiin toimintoihin ”sulautettuina” (*embedded*). Näkökulmaa havainnollistaa esimerkiksi Kimin ym. (2011) videoaineistoihin perustuva tutkimus, joka keskittyi alakoululaisten eleisiin matematiikan tunneilla Kanadassa ja joka on erityisen olennainen tässä artikkelissa raportoimallemme tutkimukselle. Kirjoittajat analysoivat oppilaiden opetuskeskustelun aikana tekemiä geometrisia muotoja kuvaavia eleitä ja niiden suhdetta puheeseen ja toisten oppilaiden samanaikaisiin eleisiin. Yksityiskohtaisen vuorovaikutusanalyysin avulla Kim ym. (2011) osoittivat, että eleiden avulla on mahdollista opiskella abstrakteja käsitteitä ja että eleet ovat etenkin nuorille oppilaille rutiininomainen keino, jolla he tekevät abstraktia geometrista ymmärrystään ja tietoaan näkyväksi. Niinpä oppimistilanteissa eleet eivät ole ainoastaan tietämisen työkalu (*means of knowing*) vaan myös sen tapa (*mode of knowing*, ks. Kim ym. 2011, 212). Kirjoittajien mukaan eleet osoittavat kehon keskeisen merkityksen oppimiselle, joten ne olisi otettava huomioon myös opetusjärjestelyitä ja arviointia suunniteltaessa.

Hands on -opetusjärjestelyt ovat kehollisen käänteen pedagogisia implikaatioita, joiden avulla matemaattisia ja luonnontieteellisiä malleja, käsitteitä ja periaatteita pyritään ymmärtämään ja oppimaan käsillä tehden, tutkivasti, ongelmapohjaisesti ja kokemuksellisesti (ks. esim. Savery 2006; Tan & Wong 2012). Laajemmassa kasvatusfilosofisessa kehyksessä tällaiset pedagogiset aktiviteetit voidaan nähdä osana tekemällä oppimista korostavaa deweyläistä perinnettä. Oppimistutkimuksessa on jo pidempään tunnistettu visuaalisten representaatioiden keskeinen merkitys luonnontieteellisiä tiedonrakennusprosesseja tukevina episteemisinä objekteina (ks. esim. Evagorou, Erduran & Mäntylä 2015). Tästä huolimatta

hands on -aktiviteeteissa käytettäviä materiaaleja on edelleenkin tutkittu verrattain niukalti siitä näkökulmasta, miten matemaattis-luonnontieteellinen tieto ja ymmärrys ilmenevät ja rakentuvat vuorovaikutuksessa kehoa käyttämällä: materiaaleja katsomalla, käsittelemällä ja tunnustelemalla. Vastaammekin artikkelissamme tähän tutkimusaukkoon tutkimalla kehollisten ja materiaalisten vuorovaikutusresurssien käyttöä kouluajan ulkopuolella järjestetyssä työpajassa, jossa alakouluoppilaiden tehtävänä oli koota 4DFrame-rakennuspalikoista jalkapallo. Matemaattisesta näkökulmasta tehtävän tarkoitus oli ohjata oppilaita havaitsemaan, että tavallisimmin käytetty jalkapallo on monitahokas, joka koostuu kahdestatoista viisikulmiosta ja kahdestakymmenestä kuusikulmiosta. Avaruusgeometriassa rakennelma tunnetaan nimellä typistetty ikosaedri, jonka muotoinen on myös fullereenimolekyyli (ks. esim. https://fi.wikipedia.org/wiki/Typistetty_ikosaedri).

Pureudumme artikkelissamme typistetyn ikosaedrin hahmottamiseen vuorovaikutteisena, kehollisena ja 4DFrame-rakennuspalikoiden välittämänä toimintana keskustelunanalyysin (KA) menetelmällisessä viitekehyksessä. Esittelemmekin seuraavaksi aiempaa, lähinnä keskustelunanalyyttista vuorovaikutustutkimusta oppimateriaalien roolista vuorovaikutuksessa.

Oppimateriaalien rooli pedagogisessa vuorovaikutuksessa

Keskustelunanalyyttinen tutkimus on osoittanut, että erilaiset oppimateriaalit, kuten tekstit, tehtävämonisteet, matemaattiset kuvaajat ja laboratoriovälineet, jäsentävät monin tavoin opetus- ja oppimistilanteiden vuorovaikutusta (ks. esim. Ford 1999; Karvonen, Tainio, Routarinne & Slotte 2015; Lindwall & Lymer 2008; Majlesi 2018). Luokkahuoneissa oppimateriaalitekstejä käytetään rutiininomaisina resursseina vuorovaikutustoimintojen, kuten kysymysten ja vastausten, muotoiluun ja yhteisymmärryksen rakentamiseen, ja niihin orientoidutaan sanallisesti, katsein, osoittamalla tai koskettamalla (ks. esim. Jakonen 2015; Karvonen 2019). Jotkut koulun oppiaineet – esimerkiksi käsityökasvatus – ovat perusolemukseltaan taktiilisia, ja niissä materiaalien käsittely on samalla sekä osaamisen indikaattori että ohjauksen ja arvioinnin kohde (ks. esim. Ekström & Lindwall 2014; Härkki 2018).

Erilaiset oppimateriaalit kuuluvat olennaisesti ”oppimistilanteiden sosiaaliseen arkkitehtuuriin” (Routarinne 2008), joten tapoihin, joilla materiaaleja katsotaan ja käsitellään oppimistilanteissa, kytkeytyy oppiainekohtaista tietoa ja asiantuntijuutta. Esimerkiksi Stevens ja Hall (1998, 108–109) viittaavat oppiainekohtaisen hahmottamisen käsitteellään (*disciplined perception*) siihen, että eri oppiaineilla ja tieteenaloilla on omat visuaaliset käytänteensä, joihin noviiseja ohjataan tietoisesti erilaisissa asiantuntijayhteisöissä. Tämä näkemys kytkeytyy läheisesti myös antropologi Charles Goodwinin (esim. 1994, 2000) tutkimuksiin erilaisten ammattilaisyhteisöiden keskinäisestä vuorovaikutuksesta: siitä, miten yhteisöt opettavat uusille jäsenille ”ammatillista näkemistä” (*professional vision*). Keskustelunanalyysin viitekehyksessä myös Nishizaka (2006, 2017) on ehdottanut, että oppimisessa voi olla joissain konteksteissa kyse ympäristön näkemisestä uusin tavoin. Nishizakan (2017) mukaan näkeminen ja hahmottaminen ovat luonteeltaan monimuotoisia ja moniaistisia ilmiöitä: niissä ei ole kyse pelkästään optiikasta, vaan usein myös koskettamisesta. Jonkin asiantilan havaitseminen tai huomaaminen on myös saavutus, joka yhdistetään tietynlaiseen vuorovaikutuskäyttäytymiseen (Nishizaka 2017, 124). Vuorovaikutustoimintona huomaamiselle on ominaista jonkun ympäristössä olevan seikan ottaminen puheeksi siten, että samalla puhuja tuo esille tarpeen jonkinlaiselle jatkotoiminnolle (Schegloff 2007, 87, 219). Opetus- ja oppimistilanteissa tällainen jatkotoiminto voi olla esimerkiksi virheen tai ongelman korjaaminen (esim. Kääntä 2014).

Yhtenä tutkimuslinjana näkemistä ja hahmottamista tarkastelevassa vuorovaikutus-

tutkimuksessa on se, millaisilla ohjauskäytänteillä niiden kehittymistä tuetaan oppimistilanteissa. Esimerkiksi Lindwall ja Lymer (2008) ovat tutkineet vuorovaikutustilanteita, joissa fysiikanopettaja ohjaa oppilasparia näkemään ja tulkitsemaan koeasetelman mittausten tuloksena syntynyttä pistediagrammia mekaniikan toisen peruslain näkökulmasta. Heidän analysoimissaan aineistokatkelmissa opettajan ohjaus pyrki tukemaan sitä, että oppilaat ymmärtävät koordinaatistolla olevien pisteiden muodostavan suoran viivan osoituksena kappaleeseen kohdistuvan voiman ja sen kiihtyvyyden välillä olevasta lineaarisesta suhteesta. Tällaisissa tilanteissa ollaan tekemisissä kahdenlaisen näkemisen kanssa: tunnistetaan katseen kohteena olevan objekti, esimerkiksi tietokoneen ruudulla oleva diagrammi, sekä havaitaan ja osataan tulkita objektin tiettyjä oppiainekohtaisia ominaispiirteitä, kuten suoran viivan merkitystä tai x- ja y-akseleiden suureiden suhdetta toisiinsa. Muun muassa Vesey (1991) on kuvannut näiden välistä eroa englannin kielessä käsiteparilla *seeing* ja *seeing as*. Samantapaisesti fyysisten esineiden eri ″aspektien″ näkemisestä ja huomaamisesta on kirjoittanut myös Wittgenstein (1953/1986). Lindwallin ja Lymerin (2008) analysoimat aineistokatkelmat tuovatkin osuvasti esille, että tietynlainen tapa hahmottaa opetettava asia visuaalisesti voi olla kiinteä mutta monesti huomaamaton osa oppiainekohtaista tietoa ja että näkeminen ei ole ″neutraalia″ vaan siihen limittyy kullekin oppiaineelle olennaisia oppimistavoitteita.

Kim ym. (2011) päättivät matematiikanopetuksessa käytettäviä eleitä analysoivan tutkimuksensa toteamalla, että lisätutkimusta tarvitaan etenkin siitä, miten oppilaat käyttävät kehoaan itsenäisten ongelmanratkaisutehtävien aikana. Vastaamme artikkelissamme tähän tutkimusaukkoon tarkastelemalla geometristen muotojen hahmottamista kehollisena ja vuorovaikutteisena toimintana alakouluikäisten oppilaiden STEAM-työpajassa. Työpajassa oppilaiden tehtävänä oli rakentaa pääasiassa itsenäisesti mutta tarvittaessa ohjaajan avustamana muoviputkista ja -kiinnikkeistä jalkapallon geometrinen malli. Työpaja voidaan nähdä esimerkkinä niistä pedagogiselta taustaltaan ja käytännön toteutukseltaan moninaisista hands on -aktiviteeteista, jotka perustuvat käsillä tekemiseen, ongelmaperusteisuuteen ja tutkivaan oppimiseen (Härkki, Seitamaa-Hakkarainen & Hakkarainen 2018; Jornet & Roth 2015; Siry, Ziegler & Max 2012; Tan & Wong 2012). Empiirinen analyysimme kohdistuu vuorovaikutustilanteisiin, joissa osallistujat orientoituivat työpajan materiaaleista jo rakentamiinsa tai vasta suunnitteilla oleviin geometrisiin monikulmioihin, joita he tekivät näkyviksi puheen ja kehollisen toiminnan keinoin. Tarkastelemme tilanteita, joissa osallistujat havaitsivat keskeneräisessä rakennelmassaan jonkinlaisen ongelman ja pyrkivät ratkaisemaan sen purkamalla ja uudelleenrakentamalla. Havaitsimme, että tällaisissa tilanteissa osallistujille oli tyypillistä tehdä omaa geometrista päättelyään näkyväksi ja ymmärrettäväksi toisille oppilaille ja ohjaajalle visualisoimalla rakennelmansa monikulmioita ja niiden keskinäisiä suhteita.

Artikkelin laajempana tavoitteena on lisätä multimodaalisen vuorovaikutusanalyysin avulla tietoa hands on -työpajojen kaltaisten oppimisaktiviteettien vuorovaikutuksellisista ohjauskäytänteistä. Etsimme analyysissamme vastauksia seuraaviin tutkimuskysymyksiin:

1. Minkälaisin sanallisin ja kehollisin keinoin työpajan osallistujat orientoituvat jalkapallon geometriseen säännönmukaisuuteen rakentamisen ongelmatilanteissa?
2. Mitä nämä keinot kertovat hahmottamisen sosiaalisesta luonteesta?

Aineisto ja menetelmä

Aineistomme on kerätty laajemmassa tutkimusprojektissa, jossa tutkitaan Ruotsin tiedekeskus Innovatumin ja teknisen museon, Latvian tiedekeskus Z(in)oon, Viron Energian Oivalluskeskuksen ja Helsingin yliopiston opettajankoulutuslaitoksen yhteistyönä syntynyttä kiertävää ja interaktiivista

Tangram – oivalla matematiikan taito! -näyttelyä STEAM-oppimisympäristönä (ks. esim. Thuneberg, Salmi & Fenyvesi 2017). Jyväskylän yliopiston Soihtu-näyttelykeskuksessa järjestettiin vuonna 2016 näyttely, johon kuuluivat kahdelle kuudesluokkalaisista oppilaista koostuvalle ryhmälle järjestetyt noin 50 minuutin pituiset ohjatut työpajat, jotka videoimme. Työpajassa oppilaiden tehtävänä oli koota pareittain jalkapallon geometrinen malli 4DFrame-rakennussarjan muoviputkista ja -kiinnikkeistä. 4DFrame on matematiikan opetukseen kehitetty konkreettinen työkalu, jonka taipuvien kiinnikkeiden avulla muoviputkia voidaan liittää toisiinsa missä kulmassa tahansa ja rakentaa niistä erilaisia geometrisiä muotoja. Valmistajan mukaan rakennussarja tukee muun muassa spatiaalisen hahmotuskyvyn kehittymistä (ks. http://en.4dframe.com/www.contents.asp?id=sub02_01).

Jalkapallot rakennettiin työpajassa pitkän L-muotoisen pöydän ääressä. Oppilaiden lisäksi läsnä olivat oppilaiden luokanopettaja sekä tiedemuseon työntekijä, jotka kiertelivät neuvomassa oppilaita rakentamisen aikana. Oppilaille ei annettu missään vaiheessa yksityiskohtaisia rakennusohjeita, vaan museotyöntekijä pyysi työpajan alussa oppilaita kiinnittämään huomiota malleina olevien oikean jalkapallon ja seinälle heijastetun jalkapallon kuvan yksityiskohtiin, etenkin niissä olevien ”palojen” järjestykseen, ja ”tekemään jalkapallon”.

Videoimme työpajan aikaisen vuorovaikutuksen neljän kameran ja viiden MP3-tallentimen avulla oppilaiden vanhempien, työpajan ohjaajan ja opettajien kirjallisella suostumuksella. Käsittelimme raakavideon ja äänitiedostot siten, että jokaisesta 18 oppilasparista editoitiin oma videotiedostonsa parasta kamerakulmaa ja lähintä MP3-tallenninta käyttäen. Analysoimme kerättyä videoaineistoa etnometodologisen keskustelunanalyysin menetelmällisessä viitekehyksessä (ks. esim. Harjunpää, Mondada & Svinhufvud 2019; Stevanovic & Lindholm 2016; oppimistutkimuksen kontekstissa myös Kauppinen 2013; Tainio 2007). Keskustelunanalyysi perustuu autenttisista vuorovaikutustilanteista tehtyjen video- tai äänitallenteiden yksityiskohtaiseen tarkasteluun. Keskeisinä menetelmällisinä lähtökohtina ovat pyrkimys lähestyä aineistoja teoreettisesti motivoitumattomasti (ks. esim. Psathas 1995) ja sosiaalisen toiminnan jäsentymisen tarkastelu osallistujien omien, tilanteisesti ilmenevien orientaatioiden ja tulkintojen näkökulmasta. Vuorovaikutustoiminnot eivät rakennu pelkästään puheen vaan myös esimerkiksi katseen, eleiden, kosketuksen ja toimintaympäristössä olevien esineiden avulla. Keskustelunanalyyttisessa tutkimuksessa onkin jo jonkin aikaa korostunut multimodaalinen tutkimusote, jossa sosiaalista toimintaa on pyritty ymmärtämään erilaisten semiottisten resurssien yhteispelinä (ks. esim. Haddington & Kääntä 2011; Harjunpää ym. 2019; Meyer, Streeck & Jordan 2017). Aineistossamme rakennussarjan palat muodostivat tällaisen tilanteisesti merkittävän toiminnan ja yhteisymmärryksen resurssin.

Aineistoa tarkastellessamme huomiomme kiinnittyi tilanteisiin, joissa oppilasparit alkoivat purkaa jo tekemäänsä geometrista rakennetta, ja lähdimme analysoimaan tällaisissa tilanteissa esiintyvää vuorovaikutusta tarkemmin. Huomasimme, että tilanteille oli ominaista osallistujien pyrkimys rakentamisessa kohdatun ongelman visualisointiin kehollisin keinoin esimerkiksi ”piirtämällä” ilmaan keskeneräisen pallon rakenne tai ehdotus ongelman korjaamiseksi. Myös työpajan ohjaaja pyrki tyypillisesti ongelmatilanteissa tukemaan sitä, että oppilasparit näkisivät ja korjaisivat ”virheelliset” rakenteet itse sen sijaan, että olisi ohjeistanut suoraan, mitä heidän olisi tehtävä. Havaintomme saivat tukea ja tarkennusta myös keskustelunanalyyttisissa datasessioissa, joissa esittelimme aineistoa ja tulkintojamme tällaisten visualisointien merkityksestä geometristen rakenteiden hahmottamiselle.

Tässä artikkelissa esittelemme tuloksiamme keskustelunanalyyttisen tapaustutkimuksen (*single case analysis*) avulla (ks. esim. Hutchby & Wooffitt 2002; Schegloff 1987;

luokkahuonekontekstissa Macbeth 1990). Tapaustutkimus eroaa tyypillisestä keskustelunanalyyttisesta tutkimusotteesta, joka tarkastelee vuorovaikutuksen säännönmukaisuuksia laajemmissa aineistokokoelmissa. On kuitenkin huomattava, että yksittäisten vuorovaikutuskatkelmien ja laajempien kokoelmien analysointi täydentävät toisiaan; kokoelmat perustuvat tarkkaan analysoituihin yksittäisiin tilanteisiin, ja yksittäiset tilanteet voivat puolestaan täydentää kokoelmista tehtyjä yleistyksiä (ks. esim. Schegloff 1987). Tapaustutkimuksen tavoitteena voi olla esimerkiksi jonkin ammatillisesti merkityksellisen ilmiön ymmärtäminen ja sen relevanttien vuorovaikutuksellisten aspektien kartoittaminen (Waring 2009, 801–802). Artikkelissamme tällainen ilmiö on geometrinen hahmottaminen, jonka sosiaalista, vuorovaikutteista ja kehollista luonnetta valotamme seuraavassa osiossa.

Aineiston litteroinnissa käyttämämme merkit on esitelty liitteessä 1. Puheen litteroinnissa käytämme keskustelunanalyysissa yleisesti käytettävää merkistöä (ks. Jefferson 2004). Lisäksi kuvaamme osallistujien kehollista toimintaa, kuten jalkapallorakennelmien koskemisen ja liikuttamisen tapoja, videokuvasta tehtyjen ääriviivapiirrosten avulla (multimodaalisuuden eri esitystavoista ks. esim. Ayaß 2015). Piirrosten ajoitus on merkitty puhelitteraattiin #-merkillä. Artikkelissa näyttämämme aineisto on täysin anonymisoitu: osallistujat eivät ole tunnistettavissa ääriviivapiirroksista emmekä henkilöi oppilaita ja ohjaajia millään tavalla, vaan viittaamme heihin kirjaimilla A ja B sekä lyhenteellä OHJ.

Geometrinen hahmottaminen vuorovaikutuksessa

Erilaisia jalkapallon geometrisen rakenteen hahmottamisen tapoja tehtiin näkyväksi sekä oppilaiden välisessä vuorovaikutuksessa että tilanteissa, joissa työpajan ohjaaja neuvoi oppilaspareja. Ohjaajan toistuva ohjauskäytänne rakentamisen ongelmakohdissa oli oppilasparien ohjaaminen tarkastelemaan ja huomaamaan mallina toimineen jalkapallokuvan yksityiskohtia. Tätä voidaan pitää eräänlaisena näkemään saattamisen pedagogiikkana, joka konkretisoitui monissa ohjaajan antamissa toimintaohjeissa, kuten ″kattokaas vielä tota kuvaa″, ″sit kattokaa tarkkaan kuvasta että mihi kohalle siinä aina tulee viiskulmio, siinä on tietty järjestys″, sekä kysymyksissä, kuten ″montakos kulmaa noissa mustissa/valkoisissa on″, ja arvioivissa toteamuksissa, kuten ″te ootte jo huomannu et siellä on osa viiskulmioita osa kuuskulmioita″.

Myös monet oppilasparit kuvailivat jalkapallon rakennetta toisilleen sanallisesti rakentamisen aikana. Esimerkkikatkelmissamme oppilaat muun muassa viittasivat jalkapallon viisi- ja kuusikulmioiden muodostamaan rakenteeseen ″niinku kukkina″ ja kuvasivat olemassa olevia ja suunniteltuja rakenteita esimerkiksi sanomalla, että ″tässä on viiskulmio, tähän tulee semmone viiva ja tässä on viiskulmio″. Näitä verbalisointeja voidaan ajatella kahtena erilaisena heuristisena keinona, joiden avulla voidaan hahmottaa typistetyn ikosaedrin viisi- ja kuusikulmioiden järjestys ja jotka palvelevat käytännön rakennustyötä.

1 2 3 4

KUVIO 1. 1) Wittgensteinin (1953/1986, 194) havainnollistus siitä, miten sama kuvio voidaan nähdä joko ankkana tai jäniksenä, 2) tyypillinen jalkapallo, 3) jalkapallo nähtynä ”kukkana” ja 4) jalkapallo nähtynä ”viivalla yhdistettyjen viisikulmioiden” rakennelmana

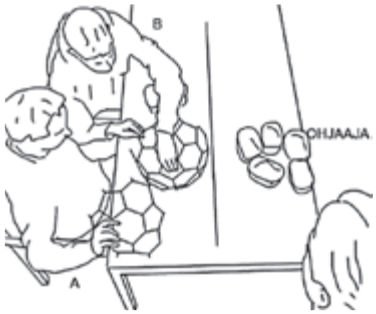
Verbalisointeja ei ole mielekästä ajatella oikeina tai väärinä, vaan ne ovat ensisijaisesti kuvauksia siitä, mihin monitahokkaan yksityiskohtiin silmä kiinnittää huomiota. Tässä mielessä niissä on jotain samaa kuin optisissa illuusioissa, jotka voidaan nähdä kahdella tai useammalla eri tavalla (ks. kuvio 1).

Analysoimme seuraavaksi tarkemmin vuorovaikutusta 47 sekunnin mittaisessa episodissa, joka tapahtui noin 15 minuuttia työpajan alun jälkeen ja jonka olemme käytännön syistä jakaneet esimerkkeihin 1–4. Lyhyesti tiivistettynä episodin aikana oppilaspari (A ja B) tekee viisi- ja kuusikulmioiden paikasta jalkapallossa väärän päätelmän, jota tilannetta sivusta tarkkaileva ohjaaja lähtee korjaamaan suuntaamalla oppilaiden huomion rakenteen yksityiskohtiin. Ennen tilanteen alkua pari on rakentanut jalkapalloa siten, että kumpikin on tehnyt jalkapallon puolikasta rakennuspalikoista, kuten ohjaaja oli suositellut työpajan alussa. Tällaisen strategian haasteena on kuitenkin onnistua tekemään sellaiset puolikkaat, jotka voidaan yhdistää saumattomasti toisiinsa. Yhdistämisvaiheessa monet aineistomme oppilasparit joutuivatkin purkamaan rakennelmiaan jonkin verran, jotta ne sopisivat yhteen.

Ihmiskeho ja geometrisen rakenteen päättely

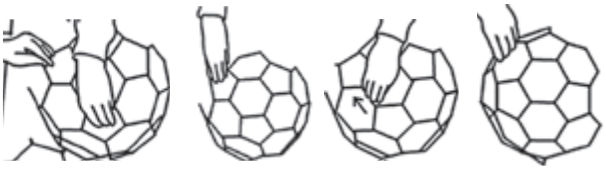
Ennen esimerkin 1 alkua B on yrittänyt liittää puolikkaita yhteen tuloksetta ja ilmeisen turhautuneena jo jonkin aikaa: ongelmana on saada viisi- ja kuusikulmiot oikeaan järjestykseen. Juuri kun A on alkamassa tutkia

01	A	ootappas, ((ottaa puolikkaat eteensä))
02		(1.8)
03	B	>katoppas ku,< (0.3) #1↑tässä o viiskulmio- (0.9)
04		ni #2tähän on- (0.4) eiku #3hetkinen
05		#4(1.4)



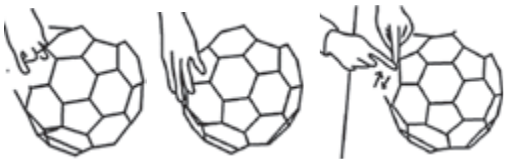
#1

B koskettaa puheenvuoronsa aikana kahta viisikulmiota (#1–2) ja liikuttaa kättä niitä yhdistävää putkea pitkin (#3).



#1 (zoom) #2 #3 #4

06	A	ensinnäki se että [mite ( )
07	B	[#5tähän on #6pakko tulla viis kulmio°ta° (.)
08		↑tähän on #7pakko tulla viiskulmio



#5 #6 #7

B osoittaa viisikulmion paikan (#5) keskeneräisessä monikulmiossa ja muodostaa siitä viisikulmion puuttuvan sivun ensin oikean käden peukalolla ja etusormella (#6) ja sitten molempien käsien etusormilla (#7).

ESIMERKKI 1. Rakenteen visualisointi ja geometrinen päättely

puolikkaita, B tuottaa kuvauksen jalkapallon puolikkaan rakenteesta (r. 3) ja tekee sen perusteella päätelmän siitä, miten rakennelmaa olisi jatkettava kohdasta, jossa monikulmio on vielä avoin (r. 7–8).

Esimerkissä 1 analysoimme, miten B käyttää katsetta, osoittamista ja kosketusta vuorovaikutuksellisina resursseina, joiden avulla hän tuottaa kuvauksen jalkapallon rakenteesta ja tekee geometrisen päätelmän. Riveillä 3–4 B identifioi jalkapallonpuolikkaan keskellä olevan viisikulmion paikan ja koskettaa sitä (#1). Sitten hän koskettaa siihen yhteydessä olevaa toista viisikulmiota, mutta keskeyttää vuoronsa itsekorjausaloitteella (”eiku hetkinen”). On huomionarvoista, että rivien 3–4 kielellinen rakenne (”tässä on viisikulmio ni tähän on”) projisoi, että B olisi esittämässä päätelmän siitä, mitä hänen esimerkissä koskettamansa viisikulmion (#2) paikalle pitäisi tulla. Monikulmio on kuitenkin jo täytetty, joten on mahdollista, että korjausaloite orientoituu ristiriitaan päätelmän ja pallon muodon välillä. Korjausaloitetta seuraa uusi yritys hahmottaa olemassa oleva geometrinen rakenne: B kuljettaa kätensä ensimmäisestä viisikulmiosta jälkimmäiseen viisikulmioon niiden välillä olevaa putkea pitkin (#3) sekä kallistaa ja katsoo jalkapalloa (#4). B esittää päätelmänsä riveillä 7–8. Hän koskettaa jälkimmäisen viisikulmion vieressä olevan keskeneräisen monikulmion kulmaa (#5) ja muodostaa siitä viisikulmion täyttämällä puuttuvan sivun kädellään (#6) ja sormilla piirtämällä (#7).

Lyhyt katkelma osoittaa, miten B:n yritys hahmottaa jalkapallon geometrista säännönmukaisuutta rakentuu moniaistisesti puheen, katseen ja kosketuksen yhteispelinä, materiaalia tunnustelemalla ja tarkastelemalla. Hahmottaminen on paitsi konkreettista ja sosiaalista toimintaa myös edellytys sille, että keskeneräistä rakennetta voidaan ylipäätään jatkaa: oppilaiden on ymmärrettävä, mihin kohtaan tulee viisikulmio ja mihin kohtaan kuusikulmio. Oppilaiden hahmottamistoimintaa voidaan pyrkiä ymmärtämään tarkastelemalla, mihin rakennelman osiin B suuntautuu katseellaan ja kosketuksellaan. Tässä tapauksessa viisikulmioiden välisen muoviputken koskettaminen ja seuraaminen on kehollinen tapa tuntea ja visualisoida jalkapallon rakenne ”viivalla yhdistettyjen viisikulmioiden” verkostona eikä esimerkiksi ”kukkana” (ks. kuvion 1 kuvat 3 ja 4).

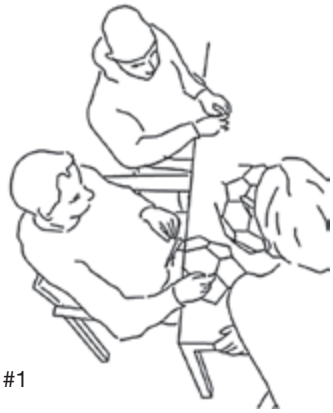
Näkemään ohjaaminen vihjaamalla

Esimerkissä 1 B:n riveillä 7–8 tekemä päätelmä tarkoittaa sitä, että – toisin kuin typistetyssä ikosaedrissa – jo olemassa olevan viisikulmion viereen tulisikin toinen viisikulmio. Esimerkki 2 näyttää, miten vieressä seisova ohjaaja käsittelee päätelmää ongelmallisena ja ohjaa kysymyksellään (r. 10) B:tä hahmottamaan tilanteen eri tavoin ja korjaamaan omaa päätelmäänsä.

Esimerkissä 2 rivillä 10 ohjaaja osoittaa B:n päättelemän viisikulmion vieressä olevaa viisikulmiota ja kysyy, mikä se on. Vuoro on sikäli osuvasti ajoitettu, että B:n aiempi päätelmä ja rakennuspalikoiden ottaminen esille (esimerkki 1, r. 9) implikoivat rakentamisen jatkamista. Ohjaajan kysymys kutsuu B:tä huomaamaan kahden viisikulmion – jo olemassa olevan ja B:n suunnitteleman – välisen vierekkäisyyden. Näin kysymys siis haastaa B:n aiemman johtopäätöksen oikeellisuuden ja pyrkii korjaamaan hänen rakennussuunnitelmaansa. Ohjaajan vuoro ei kerro, mitä B:n olisi tehtävä toisin, vaan hän jättää ongelman havaitsemisen B:n tehtäväksi. Toisin sanoen ohjaaja käsittelee B:tä kyvykkäänä ymmärtämään viisikulmioiden vierekkäisyys ongelmana, kunhan hän sen huomaa.

B:n vastaus osoittaa, että hän tulkitsee ohjaajan haastaneen hänen aiemman johtopäätöksensä. B paitsi nimeää ohjaajan pyytämän monikulmion myös toistaa aiemman johtopäätöksensä (r. 12–14). Tässä yhteydessä hän osoittaa sormellaan viisikulmioiden verkoston: pöytää vasten makaavan viisikulmion (#2), opettajan juuri osoittaman viisikulmion (#3), B:n edellä ehdottaman viisikulmion (#4) ja opettajan näyttämän viisikulmion kulmaan tulevan viisikulmion (#5). Hän myös täydentää rakenteen reunalla olevan keskeneräisen

09		(2.1) ((B ottaa esille paloja ja vilkaisee ohjaajaa))
10	OHJ	mm? (.) mut mikäs tossa #1on
11		(1.1)
12	B	siinä o viiskulmio, (0.4) #2>täs o viisku-< #3(0.5)
13		>(tsä) #4pitää tässä olla viiskulmio (ja) #5tässä pitää olla viis°kulmio°
14		#6↑tässä pitää olla< kaheksankulmio.



#1

Ohjaaja osoittaa oppilaan r. 7–9 osoittaman keskeneräisen monikulmion vieressä olevaa viisikulmiota (#1). Oppilas käy sormellaan läpi läheisen (#2) ja opettajan osoittaman viisikulmion (#3) ja edellä ehdottamansa viisikulmion paikat (#4). Hän myös osoittaa uuden viisikulmion vasemmalla kädellään (#5) ja täydentää vieressä olevan keskeneräisen monikulmion sormillaan (#6).

#2 #3 #4 #5 #6

15		(1.0)
16	B	>niihä se o<
17		(1.5) ((ohjaaja korjaa asentoaan ja käärii hihansa))
18	B	(ei)k se oo
19		(0.7)

ESIMERKKI 2. Näkemään ohjaaminen

monikulmion sormillaan ja määrittelee sen kahdeksankulmioksi (#6). Näkemisen jaettuus, sen intersubjektiivinen luonne, on tietyllä tavalla uhattuna tilanteessa, sillä B:n osoittamiset ja puhe ovat nopeita. Vastaanottajan on hankala havaita tarkalleen, mihin B viisikulmioita ehdottaa; myös ”kahdeksankulmio” on ongelmallinen käsite typistetyn ikosaedrin kannalta, joskaan ohjaaja ei sitä tässä tilanteessa eksplisiittisesti korjaa.

Geometrisen periaatteen eksplikoiminen

Odotuksenmukainen vastaus B:n esimerkissä 2 tekemään päätelmään olisi jonkinlainen ohjaajan arvio päätelmän oikeellisuudesta rivillä 15. Sellainen kuitenkin viivästyy, ja B:n puheenvuorot riveillä 16 ja 18 osoittavat, että hän tulkitsee viivästyksen merkitsevän sitä, että hänen päätelmänsä on virheellinen: pyytämällä ohjaajalta vahvistusta päätelmälleen (r. 18) B kohtelee omaa tietämystään aiempaa epävarmempana

(ks. Heritage 2012). Esimerkki 3 näyttää, miten tilanne jatkuu ja ohjaus muuttuu astetta eksplisiittisemmäksi. Kun B:lle edellä esitetty vihje hänen päättelemänsä viisikulmion paikan ongelmallisuudesta ei ole saanut häntä hahmottamaan geometrista rakennetta uudella tavalla, ohjaaja muotoilee sanallisen säännön jalkapallon rakentamiseksi rivillä 20.

20	OHJ	kaks viiskulmiota ei voi olla ↑vierekkäi
21		elikkä #1toi ei voi olla viiskulmio koska [#2(tossa o) toine [#3tossa (o toine)
22	B	[>nii mutta,< [ni mu-
23		#4(0.4)
24	OHJ	#5tähän tulee sillon ↑kuuskulmio tähä välii=
25	B	=nii

Ohjaaja osoittaa B:n päättelemää (virheellistä) viisikulmion paikkaa (#1) ja sen molemmin puolin olevia viisikulmioita (#2–3) sekä täydentää avoimen monikulmion peukalolla ja etusormella kuusikulmioksi (#4–5).

#1 #2 #3 #4 #5

ESIMERKKI 3. Geometrisen säännönmukaisuuden sanallistaminen

Ohjaaja kertoo ensin, miten viisikulmioiden olisi sijoituttava jalkapalloon (r. 20) ja osoittaa B:n näyttämää viisikulmion paikkaa (#1), jonka hän toteaa vääräksi (r. 21) sillä perusteella, että sen molemmilla puolilla on jo viisikulmiot (#2–3). B seuraa ohjeistusta osoittamalla (#2) ja aloittamalla päällekkäispuhunnassa erimielisyyttä implikoivan vuoron (r. 22). Päätelmän virheellisyyden perustelun jälkeen ohjaaja palaa osoittamaan (#4) avointa muotoa, josta B suunnitteli viisikulmiota, ja täydentää sen puuttuvan sivun peukalolla ja etusormella kuusikulmioksi (#5).

Esimerkin 3 ohje korjaa kahta aiemmin ilmennyttä ongelmaa vuorovaikutuksellisesti hyvin erilaisin tavoin. Se, miten B:n olisi nähtävä ja hahmotettava olemassa oleva jalkapallorakenne geometrisesti, on eksplisiittisen korjauksen kohteena. B:n typistetyn ikosaedrin kontekstissa käyttämä väärä käsite, kahdeksankulmio, puolestaan korjataan ikään kuin vaivihkaa korvaamalla se kuusikulmiolla (ks. *exposed* ja *embedded correction*, Jefferson 1987). Ohjaaja toisin sanoen kohtelee hahmottamista pääasiallisena ja eksplisiittisenä ohjauksen kohteena ja geometristen kuvioiden ja säännönmukaisuuksien sanallistamista vasta toissijaisena tavoitteena. Myös se, että ohjaaja osoittaa jalkapallon muotoja sanallisen ohjeistuksensa aikana, alleviivaa näkemisen keskeistä roolia jalkapallon rakenteen geometrisessa ymmärtämisessä.

Valmiin muodon visualisoiminen

Esimerkki 4 näyttää, miten oppilaat ottavat ohjeen huomioon jatkaessaan jalkapallon puolikkaiden liittämistä yhteen.

24	OHJ	tähän tulee sillon ↑kuuskulmio tähä #1väli=
25	B	=nii
26		(tää on) #2kuusikulmio tämä (pää)=#3

A ottaa toisen puolikkaan käteensä (#1), kun ohjaaja selittää geometristä sääntöä. B ojentaa kätensä ja A antaa puolikkaan hänelle (#2–3).

#1 #2 #3

27	B	=eli siis, #4(1.1) tämä vois, (.) tämä menis tähä aika hyvin?
28		(1.4)
29	A	mut sit #5täältä pitäs niinku [( )
30	B	[nämä pitäs niinku #6irrot#7taa tästä (mäkee/vekee)
31	A	↑noni (0.5) joo tehäänpäs silleen

B asettaa saamansa puolikkaan siten, että siinä oleva kuusikulmio menee ohjaajan aiemmin näyttämään kohtaan (#4).

A osoittaa puolikkaasta kohdan (#5) ja huitaisee kädellään pallosta poispäin. B osoittaa kahta monikulmion sivua (#6–7).

#4 #5 #6 #7

ESIMERKKI 4. Rakenteiden yhteensovittaminen ja valmiin muodon visualisointi

A alkaa tutkia edessään olevaa jalkapallon puolikasta ohjaajan ohjeen (r. 24) aikana. Tämän jälkeen A identifioi puolikkaasta kuusikulmion (r. 26), kääntää sen B:n suuntaan ja ojentaa puolikkaan hänelle. B ottaa saamansa puolikkaan molempiin käsiinsä ja asettaa sen siten, että hän voi katsoa puolikkaan läpi pöydällä olevaa puolikasta (#3). Tällainen asetelma mahdollistaa kädessä olevan puolikkaan asennon kääntelemisen vaivattomasti ja puolikkaiden visuaalisen sovittelun toisiinsa. B vie kädessä olevan puolikkaan pöydällä olevan rakennelman päälle siten, että siinä oleva (A:n identifioima) kuusikulmio menee ohjaajan aiemmin näyttämään kohtaan (#4–5). Sovittamalla erikseen tehtyjä puolikkaita toisiinsa hän voi sekä tarkistaa niiden yhteensopivuuden että visualisoida lopputuloksen ennen puolikkaiden liittämistä yhteen. Asetelma toisin sanoen tuottaa visuaalista evidenssiä tähänastisen rakentamisen oikeellisuudesta, mutta evidenssin huomaaminen myös vaatii sen, että asetelmaa putkineen ja liittimineen tarkastellaan visuaalisesti jalkapallona.

Samalla kun B sovittaa paloja yhteen, hän tuottaa puheenvuoron (r. 27), joka tarkastelee ensisijaisesti kuusikulmion (”tämä”) sopimista isompaan puolikkaaseen (”tähä”). A täydentää tarkastelua kertomalla, miten sovitettavaa puolikasta olisi muuten muokattava. Hän osoittaa siitä poistettavan kohdan (#5) ja huitaisee kädellään pallosta poispäin. Myös B identifioi kaksi poistettavaa monikulmion sivua rivillä 30 (#6–7). Näin oppilaat ovat siis muodostaneet toimintasuunnitelman jalkapallon puolikkaiden liittämiseksi ja rakennelman viimeistelemiseksi ohjaajan myötävaikutuksella (ks. esimerkit 2–3).

Pohdinta

Olemme tässä artikkelissa havainnollistaneet multimodaalisen vuorovaikutusnäkökulman mahdollisuuksia sellaisten oppimistilanteiden analysoinnille, joissa korostuvat käsillä tekeminen, konkreettiset materiaalit ja ongelmaperusteisuus. Vuorovaikutusanalyysimme osoittaa, että työpajakontekstissamme geometristen muotojen hahmottaminen ei ole ainoastaan optinen tai mielensisäinen ilmiö vaan myös sosiaalista toimintaa, joka rakentuu osallistujien puheen sekä kehollisten ja materiaalisten resurssien käytön moniaistillisena yhteistuloksena (ks. Nishizaka 2017). Analysoimassamme aineistossa hahmottaminen tulee vuorovaikutuksessa näkyväksi ilmiöksi yhtäältä oppilaiden ja ohjaajan tuottamien sanallisten kuvausten myötä siitä, miten he ”näkevät” jalkapallon. Tämän lisäksi hahmottaminen on läsnä tavoissa, joilla osallistujat orientoituvat kehollisesti jalkapallorakennelman valmiisiin tai keskeneräisiin geometrisiin muotoihin. Erilaiset osoittavat kosketukset, muotojen tunnustelu, niiden ”seuraaminen” sormella sekä kuvioiden näyttäminen ja yhteensovittaminen ovat kehollisia resursseja, joiden avulla geometrisia kuvioita voidaan paitsi ilmentää myös pyrkiä hahmottamaan. Tällaisissa tilanteissa ihmiskeho on kognition ja ymmärtämisen ”aktiivinen keskus” (Meyer, Streeck & Jordan 2017, xix), joten hahmottamista ei ole mielekästä rajata, redusoida tai abstrahoida tilanteen sosiomateriaalisen ekologian ulkopuolelle.

Analysoidussa vuorovaikutuskatkelmassa oppilaiden haasteena ei ole ainoastaan jalkapallon hahmottaminen viisi- ja kuusikulmioiden säännönmukaisena avaruusgeometrisena monitahokkaana eli typistettynä ikosaedrina vaan myös sellaisen rakentaminen muoviputkista ja -kiinnikkeistä. Niinpä hahmottamisella on eräänlainen kaksoisrooli sekä työpajojen pedagogisena tavoitteena että edellytyksenä sille, että oppilaiden rakennelmasta tulee oikean jalkapallon muotoinen. STEAM-opetuksen eräänä päämääränä on matematiikan ja luonnontieteiden oppimisen tukeminen taidepohjaisten aktiviteettien ja luovan kokeilun avulla. Työpajassamme rakentamista kuitenkin jossain määrin kontrolloitiin ja ohjattiin. Rakentamisprosessilla oli yhtymäkohtia käsityö- ja teknologiakasvatukselle tyypillisiin oppimistilanteisiin, joissa käsillä työstettävä materiaali muuttaa muotoaan koko

ajan ja joissa oppilaiden tiedot ja taidot tulevat opettajalle näkyväksi eri tavoin kuin tekstien lukemiseen ja työstämiseen perustuvissa oppiaineissa. Esimerkiksi Ekström ja Lindwall (2014) ovat analysoineet vuorovaikutustilanteita, joissa opettajankouluttaja ohjaa ja korjaa opettajaopiskelijan keskeneräistä työtä. Heidän tutkimuksensa osoittaa, että työstettävä materiaali ja työvälineet ovat keskeisessä roolissa siinä, miten keskeneräisessä työssä ja työskentelyssä esiintyneitä ongelmia diagnosoidaan ja korjataan.

Aineistomme ohjaaja arvioikin oppilasparien työtä ongelmatilanteissa sen perusteella, miten heidän konkreettinen tuotoksensa osoitti jalkapallon viisi- ja kuusikulmioiden säännönmukaisen järjestyksen hahmottamista – aivan kuten Ekströmin ja Lindwallin (2014) kuvaamat opettajankouluttajat. Esimerkiksi aineistoesimerkissämme 2 ohjaajan toimintatapa ilmensi odotusta, että oppilasparin pitäisi tietää, ettei kaksi viisikulmiota voi tulla vierekkäin. Perusteet tällaiselle orientaatiolle olivat myös tilanteessa konkreettisesti nähtävillä, sillä oppilaspari oli jo rakentanut jalkapallon puolikkaat oikein. Ylipäätään työpajan ohjaaja pystyi havaitsemaan oppilaiden virheelliset rakennelmat, kuten viisikulmion paikalla olevan kuusikulmion, melko nopeasti paikalle tultuaan: ohjaajan korkea oppiainekohtainen hahmottamiskyky (Stevens & Hall 1998) auttoi tunnistamaan ylimääräisen kulman epämuodostumana pallon pinnan muodossa. Hän pyrki tyypillisesti korjaamaan typistetylle ikosaedrille vieraita rakenteita suuntaamalla oppilaiden huomiota esimerkiksi siihen, miten viisi- ja kuusikulmiot sijoittuvat toisiinsa nähden mallissa. Tässä mielessä työpajatyöskentely on eräänlaista ohjattua oivaltamista: oppilaille annetaan malli valmiista esineestä ja työn lopputuloksen kannalta on olemassa ”oikeita” ja ”vääriä” geometrisia rakenteita, mutta mallin geometrisen rakenteen hahmottaminen jätetään ensisijaisesti oppilaiden tehtäväksi ja heidän löydettäväkseen. Hahmottamisen kaksoisluonne työpajassa näkyi siinä, että pyrkiessään hahmottamaan geometrista rakennetta osallistujat tuottivat visuaalisia malleja sekä sanallisesti että kehollisilla keinoilla päästäkseen alkuun rakentamisessa. Näitä olivat muun muassa typistetyn ikosaedrin hahmottaminen monikulmioiden muodostamana kukkana tai viisikulmioiden verkostona.

Tutkimusaineistomme herättääkin ajatuksia geometrisen hahmottamisen ja sanallisen tiedon suhteesta. ”Kukkien” ja muiden mielikuvien lisäksi oppilasparit saattoivat viitata rakentamiinsa kuusikulmioihin kahdeksankulmioina työpajatyöskentelyn aikana. Tämä ei kuitenkaan näyttänyt aiheuttavan suurempia ongelmia rakentamiselle, eikä ohjaaja sitä tyypillisesti korjannut eksplisiittisesti, kuten esimerkissä 3 käy ilmi. Tällaisissa tilanteissa työpajan ohjaaja kohteli oppilaiden kehon käyttöä sanoja merkityksellisempänä ”tietämisen tapana” (Kim ym. 2011). Ylipäätään ohjaaja näyttäisi ongelmatilanteissa pyrkineen välttämään geometristen säännönmukaisuuksien verbalisointia (ks. myös Waring 2015) ja yrittäneen sen sijaan saada oppilaita kuvailemaan, miten he näkevät oikean jalkapallon tai oman rakennelmansa geometrisen rakenteen. Puheen ja kehollisen toiminnan avulla siis voidaan sekä välittää näkemisen tapoja että pyrkiä saavuttamaan tietynlainen tapa hahmottaa jalkapallo geometrisesti.

Tutkimuksemme tulosten rajoituksena voidaan pitää sitä, ettei tapaustutkimus lähtökohtaisesti ole yleistettävissä, vaan tulosten vahvistaminen vaatii lisätutkimusta. Toisaalta voidaan ajatella, että analysoimamme merkitysresurssit, kuten koskettaminen ja osoittaminen, ovat lähes kaikkialla läsnä olevia resursseja, jotka saavat tilanteisen merkityksensä tietynlaisessa vuorovaikutuskontekstissa. Lisäksi geometristen muotojen osoittaminen ja koskettaminen sekä matemaattisten säännönmukaisuuksien selittäminen ovat laajemmassa aineistokokoelmassammekin toistuvia käytänteitä. Ylipäätään keskustelunanalyyttisen tutkimuksen lähtökohtana ei yleensä ole niinkään jonkun vuorovaikutuskäytänteen yleisyyden määrittely tilastollisessa mielessä, vaan ennemminkin sen toimintaperiaatteiden

ja -logiikan dokumentointi niin sanottujen mahdollisten esiintymien avulla sekä sen analysoiminen, millaisia sosiaalisia rooleja, normeja ja maailmoja käytänne rakentaa.

Tässä artikkelissa olemme yrittäneet osoittaa, että geometrinen hahmottaminen on myös vuorovaikutteinen ilmiö ja että hahmottamistapojen tekeminen näkyväksi mahdollistaa niiden opettamisen ja ohjaamisen. Kehon, kielen ja vuorovaikutuksen yhteyksien tutkiminen on erityisen tärkeää juuri nyt, kun ilmiöpohjaiset ja monitieteiset oppimisprojektit, STEAM-näkökulma ja käsillä tekemistä korostava värkkäyspedagogiikka (*maker movement*) lisäävät hands on -aktiviteetteja kouluissa ja erilaisissa informaaleissa oppimiskonteksteissa.

Lähteet

Abrahamson, D. & Lindgren, R. 2014. Embodiment and embodied design. Teoksessa R. K. Sawyer (toim.) The Cambridge handbook of the learning sciences. 2. painos. Cambridge Handbooks in Psychology. Cambridge: Cambridge University Press, 358–376.

Ayaß, R. 2015. Doing data: The status of transcripts in Conversation Analysis. Discourse Studies 17 (5), 505–528.

Cole, M. & Engeström, Y. 1993. A cultural-historical approach to distributed cognition. Teoksessa G. Salomon (toim.) Distributed cognitions: Psychological and educational considerations. Learning in Doing: Social, Cognitive, and Computational Perspectives. Cambridge: Cambridge University Press, 1–46.

Cowley, S. J. & Vallée-Tourangeau, F. (toim.) 2017. Cognition beyond the brain: Computation, interactivity and human artifice. 2. painos. London: Springer.

Ekström, A. & Lindwall, O. 2014. To follow the materials: The detection, diagnosis and correction of mistakes in craft education. Teoksessa M. Nevile, P. Haddington, T. Heinemann & M. Rauniomaa (toim.) Interacting with objects: Language, materiality, and social activity. Amsterdam: John Benjamins, 227–248.

Evagorou, M., Erduran, S. & Mäntylä, T. 2015. The role of visual representations in scientific practices: From conceptual understanding and knowledge generation to 'seeing' how science works. International Journal of STEM Education 2 (1), Article 11. https://link.springer.com/article/10.1186/s40594-015-0024-x.

Ford, C. E. 1999. Collaborative construction of task activity: Coordinating multiple resources in a high school physics lab. Research on Language and Social Interaction 32 (4), 369–408.

Goodwin, C. 1994. Professional vision. American Anthropologist 96 (3), 606–633.

Goodwin, C. 2000. Action and embodiment within situated human interaction. Journal of Pragmatics 32 (10), 1489–1522.

Haddington, P. & Kääntä, L. (toim.) 2011. Kieli, keho ja vuorovaikutus – Multimodaalinen näkökulma sosiaaliseen toimintaan. Suomalaisen Kirjallisuuden Seuran toimituksia 1337. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.

Harjunpää, K., Mondada, L. & Svinhufvud, K. 2019. Multimodaalinen litterointi keskusteluanalyysissä. Puhe ja kieli 39 (3), 195–220.

Heritage, J. 2012. Epistemics in action: Action formation and territories of knowledge. Research on Language and Social Interaction 45 (1), 1–29.

Hutchby, I. & Wooffitt, R. 2002. Conversation analysis: Principles, practices and applications. Cambridge: Polity.

Hutchins, E. 1995. Cognition in the wild. Cambridge, MA: MIT Press.

Härkki, T. 2018. Handling knowledge: Three perspectives on embodied creation of knowledge in collaborative design. Helsingin yliopisto, kasvatustieteellinen tiedekunta. Kasvatustieteellisiä tutkimuksia 31.

Härkki, T., Seitamaa-Hakkarainen, P. & Hakkarainen, K. 2018. Hands on design: Comparing the use of sketching and gesturing in collaborative designing. Journal of Design Research 16 (1), 24–46.

Jakonen, T. 2015. Handling knowledge: Using classroom materials to construct and interpret information requests. Journal of Pragmatics 89, 100–112.

Jefferson, G. 1987. On exposed and embedded correction in conversation. Teoksessa G. Button & J. R. E. Lee (toim.) Talk and social organization. Intercommunication Series 1. Clevedon: Multilingual Matters, 86–100.

Jefferson, G. 2004. Glossary of transcript symbols with an introduction. Teoksessa G. H. Lerner (toim.) Conversation analysis: Studies from the first generation. Pragmatics & Beyond 125. Amsterdam: John Benjamins, 13–31.

Jornet, A. & Roth, W-M. 2015. The joint work of connecting multiple (re)presentations in science classrooms. Science Education 99 (2), 378–403.

Karvonen, U. 2019. Tekstit luokkahuonevuorovaikutuksessa: Oppimateriaalit toteutuvan opetussuunnitelman rakentamisessa. Helsingin yliopisto, kasvatustieteellinen tiedekunta. Kasvatustieteellisiä tutkimuksia 64.

Karvonen, U., Tainio, L., Routarinne, S. & Slotte, A. 2015. Tekstit selitysten resursseina oppitunnilla. Puhe ja kieli 35 (4), 187–209.

Kauppinen, A. 2013. Liite: Keskustelunanalyysi. Teoksessa A. Kauppinen (toim.) Oppimistilanteita ja vuorovaikutusta. Tietolipas 241. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura, 191–208.

Kim, M., Roth, W-M. & Thom, J. 2011. Children's gestures and the embodied knowledge of geometry. International Journal of Science and Mathematics Education 9 (1), 207–238.

Kääntä, L. 2014. From noticing to initiating correction: Students' epistemic displays in instructional interaction. Journal of Pragmatics 66, 86–105.

Lakoff, G., & Núñez, R. E. 2000. Where mathematics comes from: How the embodied mind brings mathematics into being. New York, NY: Basic Books.

Lindwall, O. & Lymer, G. 2008. The dark matter of lab work: Illuminating the negotiation of disciplined perception in mechanics. Journal of the Learning Sciences 17 (2), 180–224.

Macbeth, D. H. 1990. Classroom order as practical action: The making and un-making of a quiet reproach. British Journal of Sociology of Education 11 (2), 189–214.

Majlesi, A. R. 2018. Instructed vision: Navigating grammatical rules by using landmarks for linguistic structures in corrective feedback sequences. The Modern Language Journal 102 (S1), 11–29.

Meyer, C., Streeck, J. & Jordan, J. S. 2017. Introduction. Teoksessa C. Meyer, J. Streeck & J. S. Jordan (toim.) Intercorporeality: Emerging socialities in interaction. Foundations of Human Interaction. Oxford: Oxford University Press, xv-xlix.

Nemirovsky, R. & Ferrara, F. 2009. Mathematical imagination and embodied cognition. Educational Studies in Mathematics 70 (2), 159–174.

Nishizaka, A. 2006. What to learn: The embodied structure of the environment. Research on Language and Social Interaction 39 (2), 119–154.

Nishizaka, A. 2017. The perceived body and embodied vision in interaction. Mind, Culture, and Activity 24 (2), 110–128.

Psathas, G. 1995. Conversation analysis: The study of talk-in-interaction. Qualitative Research Methods 35. Sage University Papers. Thousand Oaks, CA: Sage.

Radford, L., Arzarello, F., Edwards, L. & Sabena, C. 2017. The multimodal material mind: Embodiment in mathematics education. Teoksessa J. Cai (toim.) Compendium for research in mathematics education. Reston, VA: NCTM, 700–721.

Routarinne, S. 2008. Oppimistilanteen sosiaalista arkkitehtuuria. Kasvatus 39 (5), 423–438.

Savery, J. R. 2006. Overview of problem-based learning: Definitions and distinctions. Interdisciplinary Journal of Problem-based Learning 1 (1), 9–20.

Schegloff, E. A. 1987. Analyzing single episodes of interaction: An exercise in conversation analysis. Social Psychology Quarterly 50 (2), 101–114.

Schegloff, E. A. 2007. Sequence organization in interaction. Volume 1: A primer in conversation analysis. Cambridge: Cambridge University Press.

Siry, C., Ziegler, G. & Max, C. 2012. "Doing science" through discourse-in-interaction: Young children's science investigations at the early childhood level. Science Education 96 (2), 311–326.

Stevanovic, M. & Lindholm, C. (toim.) 2016. Keskustelunanalyysi – Kuinka tutkia sosiaalista toimintaa ja vuorovaikutusta. Tampere: Vastapaino.

Stevens, R. & Hall, R. 1998. Disciplined perception: Learning to see in technoscience. Teoksessa M. Lampert & M. L. Blunk (toim.) Talking mathematics in school: Studies of teaching and learning. Learning in Doing: Social, Cognitive, and Computational Perspectives. Cambridge, MA: Cambridge University Press, 107–149.

Tainio, L. 2007. Miten tutkia luokkahuoneen vuorovaikutusta keskustelunanalyysin keinoin? Teoksessa L. Tainio (toim.) Vuorovaikutusta luokkahuoneessa: Näkökulmana keskustelunanalyysi. Helsinki: Gaudeamus, 15–58.

Tan, A-L. & Wong, H-M. 2012. 'Didn't get expected answer, rectify it.': Teaching science content in an elementary science classroom using hands-on activities. International Journal of Science Education 34 (2), 197–222.

Thuneberg, H., Salmi, H. & Fenyvesi, K. 2017. Hands-on math and art exhibition promoting science attitudes and educational plans. Education Research International 2017. https://www.hindawi.com/journals/edri/2017/9132791/.

Vesey, G. 1991. Inner and outer: Essays on a philosophical myth. New York, NY: Palgrave Macmillan.

Waring, H. Z. 2009. Moving out of IRF (Initiation-Response-Feedback): A single case analysis. Language Learning 59 (4), 796–824.

Wittgenstein, L. 1953/1986. Philosophical investigations. 3. täyd. painos. Käänt. G. E. M. Anscombe. Oxford: Basil Blackwell.

Saapunut toimitukseen 6.7.2019
Hyväksytty julkaistavaksi 24.10.2020

LIITE 1. Litterointimerkit Jeffersonin (2004) järjestelmän mukaan

,	jatkuva sävelkulku
?	nouseva sävelkulku
↑	sana lausuttu ympäristöä korkeammalta
<u>sa</u>na	painotettu äänne tai tavu
sa-	kesken jäänyt sana
[sana	päällekkäispuhunnan alku
(.)	mikrotauko (alle 0.2 sekuntia)
(1.5)	pidempi tauko ja sen pituus sekunteina
=	kaksi puhunnosta liittyy toisiinsa tauotta
>sana<	nopeutettu jakso
°sana°	ympäristöä vaimeampaa puhetta
(sana)	epävarmasti kuultu sana
( )	jakso, josta ei ole saatu selvää
(( ))	tutkijan huomioita ei-kielellisestä toiminnasta ja tilanteesta
#	videolta tehdyn kuvakaappauksen ajankohta verrattuna puheeseen