

POSITIVISMIN TUOLLA PUOLEN – HAASTEENA MONITIEEINEN DIGITAALISEN KOLMIULOTTEISUUDEN TUTKIMUS

Kaisa Jaalama^{a,b}, Hannu Hyyppä^{a,b}, Marika Ahlavo^{a,b} ja Juhani Talvela^a

^a Aalto-yliopisto, Rakennetun ympäristön laitos, PL 11000, FI-00076 Aalto

^b Maanmittauslaitos, Geodeetinrinne 2, 02430 Masala

Tiivistelmä: Maanmittaustieteen tutkimustraditiosta ponnistava 3D-mittauksen ja -mallinnuksen tutkimuskenttä muuttuu yhä horisontaalisempaan suuntaan. 3D-tekniikan kehittyessä esteet sen hyödyntämiselle madaltuvat, ja käyttäjäkunnan laajentuessa kolmiulotteisuutta hyödyntävät alat ja tavat moninaistuvat. Tekniikan kehitystyössä asiantuntija- ja tieteellistä tietoa voidaan muodostaa hyvin eri näkökulmista käsin, ja alalla monitieteisyys on nykyään useammin sääntö kuin poikkeus. Monitieteisyys haastaa tutkijan usealla tasolla, sillä eri tieteenaloilla vallitsevat toisistaan poikkeavat paradigmat sekä tiedon tuottamis- ja analyysitavat. Lopulta monitieteisyyden hallinnalla tutkimusprosessissa on merkitys myös avoimen tieteen tavoitteiden kannalta. Tässä artikkelissa havainnollistamme, miten laaja-alaisesti digitaalisen kolmiulotteisuuden, tarkemmin ottaen 3D-mittauksen ja -mallinnuksen, tutkimus jakaantuu eri tieteenaloille, ja miten tekniikan tutkimus on jo itsessään monialaisesti latautunutta.

ARTIKKELIN HISTORIA

Vastaanotettu 4.11.2020, hyväksytty 21.12.2020,
julkaistu 21.12.2020.

AVAINSANAT

monitieteisyys, 3D-mittaus ja -mallinnus, paradigmat,
tutkimusyhteistyö

I. JOHDANTO

Tieteen odotetaan vastaavan yhä enemmän monitieteisessä yhteistyössä toteutettaviin kysymyksenasetteluihin. Kokonaisvaltaisen käsityksen saamiseksi tutkimusongelmat vaativat monipuolista aineistonkeruuta ja analysointitapaa, kun tutkittavaa kohdetta tarkastellaan useasta eri näkökulmasta samaan aikaan. Erityisesti aloilla, jonka kehitykseen uudet teknologiat vaikuttavat, esimerkiksi tekoäly ja algoritmit, on paineita omaksua monitieteisiä lähtökohtia tutkimukseen (Lehtinen & Wallenius 2019). Toisaalta väliaikaiset verkostot ja sovelletun tiedon tuottaminen, esimerkiksi erilaisissa ajatushautomooissa, rikkovat perinteistä tieteenalakäsitystä. Tutkimuskysymyksiä ei enää useinkaan

määritellä pelkästään akateemisessa maailmassa, vaan avoimen ja osallistavan tieteen aikakaudella yhä enemmän myös tieteenrajat ylittävissä yhteyksissä (Liljeström 2019). Avoimen tieteen (ks. Avoimen tieteen ja tutkimuksen julistus 2020-2025) yhtenä tavoitteena on edesauttaa tieteen tulosten skaalautuvuutta tutkimusorganisaatiot ja -alat ylittävästi. Monitieteisyyden hallinnalla osana tutkimusprosesseja on siten roolinsa myös avoimen tieteen tavoitteiden toteuttamisessa.

Monitieteisyys ei välttämättä ole vain erillisten tutkimusryhmien välistä yhteistyötä. Useamman eri tieteenalan traditioista ponnistavaa tutkimusta voidaan tehdä tutkimusryhmän sisällä esimerkiksi väitöskirjatutkimuksen tasolla. Tästä esimerkkinä toimivat työn alla olevat ja jo valmistuneet väitöskirjat Aalto-yliopiston 3D-mittauksen ja -mallinnuksen instituutissa. Tässä artikkelissa esittelemme 3D-mittauksen ja -mallinnuksen monitieteistä luonnetta, ja miten läpileikkaavasti se vaikuttaa tutkimusryhmämme toimintaan. Lisäksi käymme läpi monitieteisyyden haastetta avoimessa tieteessä ja tutkimusyhteistyössä.

2. MONITIEEISYYS JA PARADIGMAT

Monitieteisyys haastaa tutkijan monella tasolla. Tarvitaan kyky jäsentää, millaisia yhteiskunnallisia ja historiallisia sidoksia eri tutkimussuuntauksilla ja metodologisilla lähtökohdilla on, ja miten ne voidaan sovittaa yhteen. Ymmärrys vain yhden (oman) tutkimusalan konventioista ei monitieteisesti toteutettavassa tutkimustyössä välttämättä riitä, vaan tarvitaan vähintäänkin perustavanlaatuinen käsitys muiden yhteistyöalojen tutkimusparadigmoista. Toisin sanoen tarvitaan ymmärrys siitä, mihin kyseisellä tieteenalalla pyritään, mitkä ovat sen arvoperustat ja tärkeimmät ratkaistavat ongelmat, ja millaisia ontologisia eli todellisuutta koskevia käsityksiä tieteenalalla on (Kuhnin (1922-1996) ja Popperin (1902-1994) tieteellisiä paradigmoja koskevasta työstä suomeksi esim. Pihlström (1996)). Lehtisen (2014) mukaan ”monitieteisellä tietämyksellä ja monitieteisyyden ymmärtämisellä on merkitystä aiheen hahmottamisesta monien välivaiheiden kautta aina tutkimusraportin tai -raporttien laadintaan ja julkistamiseen. Ne ovat tärkeitä myös tutkimusryhmien toiminnassa ryhmien toimivuuden kannalta.” Aina ei kuitenkaan ole kyse puhtaasti monitieteisyydestä. Tieteenalalla voi olla toisistaan poikkeavia viitekehyksiä, joiden yhdistelemistä Lehtinen (2014) kutsuu monimallintamiseksi.

Tieteenala (discipline) voi saada englannin kielessä eteensä useita etuliitteitä, joiden avulla on mahdollista tarkentaa, miten (moni)tieteisyys tutkimustoiminnassa näkyy. Käsitteet eroavat toisistaan yleensä niin, että intradisciplinary viittaa yhden tieteenalan rajojen sisällä toteutuvaan toimintaan; crossdisciplinary viittaa tutkimusalan tarkasteluun toisesta tutkimusalasta käsin (tai hyvin yleisen tason monitieteisyyteen), multidisciplinary viittaa yhteistyöskentelyyn, jossa jokaisen tutkimusalan edustajat pitävät yhä kiinni omista tutkimuskonventioistaan; interdisciplinary viittaa jo tiedon ja metodien yhteensovittamiseen ja synteisiin tutkimustoiminnassa ja pisimmälle menevä käsite transdisciplinary puolestaan tieteellisten viitekehysten kokonaisuuksien tuottamiseen, jotka ylittävät tieteenalarajat (Zeigler 1990; Jensenius 2012; Cooke ym. 2020). Postdisciplinaarisuudella on viitattu puolestaan tieteenalarakenteiden syrjäyttämiseen ja ylittämiseen akateemisen tiedon tuottamisessa (Liljeström 2019).

Hahmottamalla tieteenala- ja paradigmahorisonttia ympärillään tutkija voi saada parempaa ymmärrystä siitä, missä omat metodilliset ja tutkimukselliset vahvuudet ovat. Toisin sanoen monitieteisyyttä tarkastelemalla voi saada oppia myös omasta tutkimuslähtökohdastaan (Lehtinen 2014).

Tieteenfilosofisiin näkökulmaeroihin perehtyminen tukee myös tutkimuksen ja asiantuntijatiedon kriittisessä lukutaidossa. Kun ymmärtää eri tutkimusaloilla vakiintuneita tutkimusmenetelmiä ja -tavoitteita, on paremmat edellytykset arvioida kohtaamansa tutkimustiedon validiutta. Tutkimusmenetelmälliset valinnat (tutkimusstrategia ja -tavoite, aineistonhankinta ja -analyysi) perustuvat tieteellisiin maailmankatsomuksiin ja ajattelutapoihin, ja eriävien ajattelutapojen juurisyihin perehtyminen voi edesauttaa monitieteisen yhteistyön solmimista sekä tehokasta toteuttamista. On hyvä myös hahmottaa, millaisin edellytyksin on mahdollista lainata menetelmiä ja viitekehyksiä muista tutkimusperinteistä käsin.

3. MONITIEEISYYS 3D-MITTAUKSESSA JA -MALLINNUKSESSA

3D-mittaus ja -mallinnus, sisältäen niin perustutkimuksen kuin soveltavan tutkimuksen, on geoinformatiikan tutkimusalaan kuuluva suuntaus. Alalla tutkitaan laserkeilaukseen ja fotogrammetrisiin menetelmiin perustuvaa fyysisen ympäristön ja esineiden 3D-mittausta sekä niistä tehtyjä erilaisia 3D-mallinnuksia, joita on mahdollista hyödyntää yhdessä muun ympäristötiedon, visualisointien tai abstraktia tietoa sisältävien aineistojen kanssa (ks. esim. Biljecki ym. 2015). Koska 3D-mittauksella ja -mallinnuksella on tieteellisen tutkimuksen kohteena sekä itseisarvoinen (perustutkimuksellinen) että instrumentaalinen ja horisontaalinen (soveltava) rooli, on aihealueen ympärille syntynyt viimeisten vuosien saatossa useita erilaisia tutkimusaloitteita, samalla kun tekniikka on kehittynyt ja laajentanut 3D-mittauksen ja -mallinnuksen potentiaalista käyttäjäkuntaa (Virtanen 2019).

Esimerkkinä monitieteisestä tutkimustyöstä tutkimusryhmässämme toimii Puhoksen ostoskeskuksesta tehty 3D-malli, joka tuotettiin osana Suomen Akatemian huippututkimusyksikköä ja Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoittamaa COMBAT-hanketta. Puhoksen 3D-mallia hyödynnettiin lopulta (ainakin) kolmessa erilaisessa tutkimusprojektissa: 1) 3D-virtualisointeja hyödyntävän media- ja kulttuurialan sovelluksen kehittämisessä (Yle 2017); 2) aineistojen kannalta hybridimäistä mallinnustapaa hyödyntävän 3D-mallinnuksen tutkimuksessa (tekniikan tutkimus) (Julin ym. 2019) sekä 3) käyttäjätutkimuksessa, jossa 3D-mallin viestinnällistä vaikuttavuutta tutkittiin kaupunkisuunnittelun ja ihmismaantieteen alalla hyödynnettyihin teoreettisiin lähtökohtiin perustuen (Jaalama ym. 2021).



Kuva 1. Kuvakaappaus Puhoksen ostoskeskusta kuvaavasta 3D-mallista (Julin et al. 2019), jota hyödynnettiin Ylen kanssa yhteistyönä tehdyn multimodaalisen uutisjutun (2017) toteuttamisessa sekä 3D-mallien käyttöä tutkivassa kaupunkisuunnittelun alan artikkelissa (Jaalama et al. 2020).

Kun tutkimusyksikön sisällä toteutetaan näin erilaisia tutkimusprojekteja, on selvää, että hyödynnettyjen ja potentiaalisten tutkimusmenetelmien kirjo on laaja. Se toisaalta pakottaa käymään perustavanlaatuisia keskusteluja menetelmien eroista ja yhteensovittamisesta ryhmän sisällä, mutta toisaalta valmistaa myös ryhmän ulkopuolella monitieteisesti toteutettaviin yhteistyöprojekteihin ja myös tieteen avoimiin toimintatapoihin; viestinnän onnistuminen on kriittistä, kun tutkimusta toteutetaan tutkimuskohdetta eri tavoin tarkastelevien tutkijoiden kesken. Lehtinen ja Wallenius (2019) toteavatkin, että ”monitieteinen tutkimus on usein ryhmän saavutus. Se saattaa myös edetä hitaammin kuin yksitieteinen tutkimus. Tutkija voi joutua käyttämään huomattavasti aikaa uusien menetelmien ja lähestymistapojen opiskeluun.”

Tekniikan tutkimuksen mielletään perinteisesti olevan realistis-positivistista, pragmaattista, instrumentalistista ja ratkaisukeskeistä; toisin sanoen objektiivista ja havaitsijasta riippumatonta. Mielikuvissa tekniikkaa koskeva tutkimustieto nähdään ensisijaisesti välineenä tuottaa uusi esine, artefakti tai niiden käyttötapa. Tekniikan tutkimuksella on kuitenkin jo pitkän aikaa sitten todettu olevan kulttuurinen erityisluonne (Simon 1969). Tekniikan hyödyntämisen ja yhteiskunnallisen vuorovaikutuksen tutkimukselle on ominaista relativistis-interpretivistinen todellisuuskäsitys, jossa todellisuus on sosiaalisesti konstruoitu ja muuntuu ajassa ja vuorovaikutuksessa. Todellisuuskäsitteen eroavaisuuksien tuottamat erilaiset tutkimusmenetelmät ovat tyypillisesti epäyhteensopivia keskenään, mutta täydentävät kuvaa tarkastelevan kohteen, ilmiön tai ominaisuuden ulottuvuuksista. On esitetty, että

tekniikan tutkimus on tietoteoreettisesti tarkasteltuna itse asiassa haastava ala ja sisältää itsessään monitieteisen latauksen. Tälle lähtökohdalle soisi uhrattavan enemmänkin akateemista keskustelua menetelmällisessä mielessä. Tekniikan tutkimus voidaan Leppälän (2000) mukaan jakaa kolmeen eri tutkimuskategoriaan: suunnittelututkimukseen, joka kattaa artefaktien suunnittelun, että niiden valmistusprosessien kehittämisen; ontologisen tutkimukseen, jossa tarkastellaan tekniikkaan liittyvien kohteiden luonnetta, rakennetta ja olemusta (varsinaiset insinööritieteet) sekä vuorovaikutustutkimukseen, jonka kohteena ovat tekniikan eri rajapinnat, ja niiden vaikutukset esimerkiksi yhteisöissä ja talouselämässä. Ryhmässämme sivutaan näitä kaikkia kolmea eri tutkimuksen osa-aluetta.



Kuva 2. Esimerkkejä 3D-mittauksen ja -mallinnuksen tutkimuskohteiden jakautumisesta eri tieteenaloille, Paparonen (2017) tieteenalajaottelua hyödyntäen

Digitaalisen kolmiulotteisuuden tutkimus on, kuten todettua, alana horisontaalinen ja instrumenttina käyttökelpoinen hyvin erilaisten ilmiöiden osana. Kuvassa 2. havainnollistamme Paparonen (2017)

tieteenalatyypittelyesimerkin inspiroimana, kuinka valikoidut 3D-mittauksen ja -mallinnuksen osa-alueet toimivat tutkimuskohteena (tai sen osana) eri tieteenaloilla.

4. LOPUKSI

Asiantuntija- ja tieteellistä tietoa voidaan muodostaa hyvin eri näkökulmista käsin. Avoimuuteen ja vaikuttavuuteen liittyvä tiedepoliittinen ilmapiiri kannustaa solmimaan tutkimuskumppanuuksia yhä monialaisemmin. Samoin tutkimuskysymyksiä asetetaan yhä enemmän tieteenalarajat ylittävissä yhteyksissä ja ilmiöperustaisesti. Jotta eriävät tietokäytännöt ja -käsitykset eivät muodostuisi tutkimusyhteistyön esteeksi, on monitieteisyyden hallintaan hyvä kiinnittää aika ajoin huomiota. Sama tutkimusaineisto voi jalostua eri tutkijoiden käsissä tavoitteiltaan ja tuloksiltaan hyvin erilaisiksi tutkimuksiksi. Jos tutkimusyhteistyötä on kuitenkin tehty yhdessä, on hyvä tiedostaa, millaisia oikeuksia ja panostuksia eri yhteistyökumppaneilla tulosten syntyyn on ollut. Tässä tuotetun tiedon luonne ja tiedon eriävät tuottamis- ja analyysitavat on syytä ottaa huomioon. Monitieteinen menetelmällinen jaettu ymmärrys ei ole vain käytännön töiden jakamista, vaan yhteistyökumppanin työn merkityksen (paradigman) tunnistamista ja yhteisten pelisääntöjen sopimista. Monitieteisyyden haasteet on samalla otettava huomioon myös tieteen toimintaa ylläpitävissä rakenteissa; julkaisijoille ja kustantajille tämä tarkoittaa haastetta arvioida monialaisesti tehtyjä julkaisuja. Toisaalta rahoittajien arviointikäytännöt eivät ole vielä aukottomia tutkimussuunnitelman monialaisen vertaisarvioinnin kannalta.

Erilaiset kehityskulut vievät 3D-mittauksen ja -mallinnuksen tutkimuskenttää yhä horisontaalisempaan ja monitieteisempään suuntaan. Tekniikka on hankittavissa yhä laajemmalle joukolle, ja esteet sen hyödyntämiselle madaltuvat (Virtanen 2019). Käyttäjäkunnan laajentuessa sovellusalat ja -tavat moninaistuvat. Vaihtoehtoisia tekniikan tuotanto- ja hyödyntämistapoja tulee yhä kehittää, unohtamatta mm. käyttäjäkokemuksen kanssa tehtävää kehitystyötä. Ratkaistaviin tutkimushaasteisiin kuuluvat mm. alueelliset erot 3D-mittauksen ja -mallinnuksen hyödyntäjissä (esimerkiksi isojen kaupunkien ja pienten kuntien välillä). Myös erot länsimaiden, teollistuvien ja kehittyvien valtioiden välillä vaikuttavat; erilaiset avoimuuden kulttuurit sekä demokratiakäytännöt ohjaavat mm. 3D-kaupunkimallien kehittymistä ja voivat johtaa globaaleihin eroihin ja epätasa-arvoon yhteiskuntien ja käyttäjien välillä. Organisaatio-, työskentely- ja kulutuskulttuurin muutos sekä kiertotalouskehitys voivat vaikuttaa myös 3D-mittauksen ja -mallinnuksen alan kehitykseen ja hyödyntämiskohteisiin, esimerkiksi teknisten materiaalien säilyttämisen, ylläpidon, uudistuksen ja jälleenmyynnin ratkaisujen puitteissa (Seppälä ym. 2016). 3D-mittauksen soveltaminen moniarvoisessa ympäristötutkimuksessa on vasta aluillaan (Feltynowski ym. 2018). Lopulta myös käyttäjäkunnan eriäviin ominaisuuksiin sekä 3D-tiedon ja -aineistojen eettisiä, hallinnollisia ja (kyber)turvallisuuden ulottuvuuksia koskien tulee tuottaa tutkittua tietoa, jotta digitaalisen kolmiulotteisuuden ratkaisujen hyödyt saavutetaan laajamittaisesti. Tieteen avoimella toimintakulttuurilla ja monitieteisen yhteistyön huolellisella toteuttamisella tulee olemaan keskeinen merkitys yhteiskuntaa ja ihmisiä aidosti hyödyttävien digitaalisen kolmiulotteisuuden ratkaisujen kehittämisessä.

5. LÄHTEET

Biljecki, F., Stoter, J., Ledoux, H., Zlatanova, S., Çöltekin, A., (2015). Applications of 3D city models: State of the art review. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 4(4), 2842-2889.

Cooke, S.J., Nguyen, V.M., Anastakis, D., Scott, S.D., Turetsky, M.R., Amirfazli, A., Hearn, A., Milton, C.E., Loewen, L., Smith, E.E., Norris, D.R., (2020). Diverse perspectives on interdisciplinarity from Members of the College of the Royal Society of Canada. *FACETS*. 5(1), 138-165.

Feltynowski, M., Kronenberg, J., Bergier, T., Kabisch, N., Łaszkiwicz, E., Strohbach, M.W., (2018). Challenges of urban green space management in the face of using inadequate data. *Urban forestry & Urban greening*. 31, 56-66.

Jaalama, K., Fagerholm, N., Julin, A., Virtanen, J.P., Maksimainen, M., Hyyppä, H., (2021) Sense of presence and sense of place in perceiving a 3D geovisualization for communication in urban planning–Differences introduced by prior familiarity with the place. *Landscape and Urban Planning*. 207, 103996.

Jensenius, A.R., (2012). Disciplinarity: intra, cross, multi, inter, trans [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <https://www.arj.no/2012/03/12/disciplinarity-2/>

Julin, A., Jaalama, K., Virtanen, J.P., Maksimainen, M., Kurkela, M., Hyyppä, J., Hyyppä, H., (2019). Automated multi-sensor 3D reconstruction for the web. *ISPRS International Journal of Geo-Information*. 8(5), 221.

Lehtinen, U., (2014). Monitieteisyyden haaste. *Tieteessä tapahtuu*. 32(6).

Lehtinen, U., Wallenius, J., (2019). Vieläkin monitieteisyyden kehittämistä. *Tieteessä tapahtuu*. 37(6).

Leppälä, K., (2000). INFOTECH OULU GRADUATE SCHOOL - Tutkimuksen yleisopintokurssi.

Liljeström, M., (2019). Kohti tieteenalojen jälkeistä aikaa. *Tieteessä tapahtuu*. 37(3).

Paparone, C., (2017). Critical military epistemology: Designing reflexivity into military curricula. *Journal of Military and Strategic Studies*. 17(4).

Pihlström, S., (1996). Tieteenfilosofian jättiläiset vastakkain. *Niin & näin*. 3(3), 12-19.

Seppälä, J., Sahimaa, O., Honkatukia, J., Valve, H., Antikainen, R., Kautto, P., Myllymaa, T., Mäenpää, I., Salmenperä, H., Alhola, K., Kauppila, J., Salminen, J., (2016). Kiertotalous Suomessa-toimintaympäristö, ohjauskeinot ja mallinnetut vaikutukset vuoteen 2030. Raportti. Valtioneuvoston kanslia. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisuja 25/2016.

Simon, H.A., (1969). The sciences of the artificial. *MIT press*.

Virtanen, J.P., (2019). Emerging near-consumer-level technologies for 3D geomatics [Verkkoaineisto]. Saatavilla: <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-60-8789-4>

Yle. (2017). Liiku interaktiivisessa Puhoksessa nuolinäppäimillä ja katsele ympärillesi hiirellä vetäen [Verkkoaineisto]. Tommi Kolehmainen (toim). copyright: Svenska Yle Spotlight -toimitus & Aalto-yliopisto. Saatavilla: <https://yle.fi/uutiset/3-9891171>