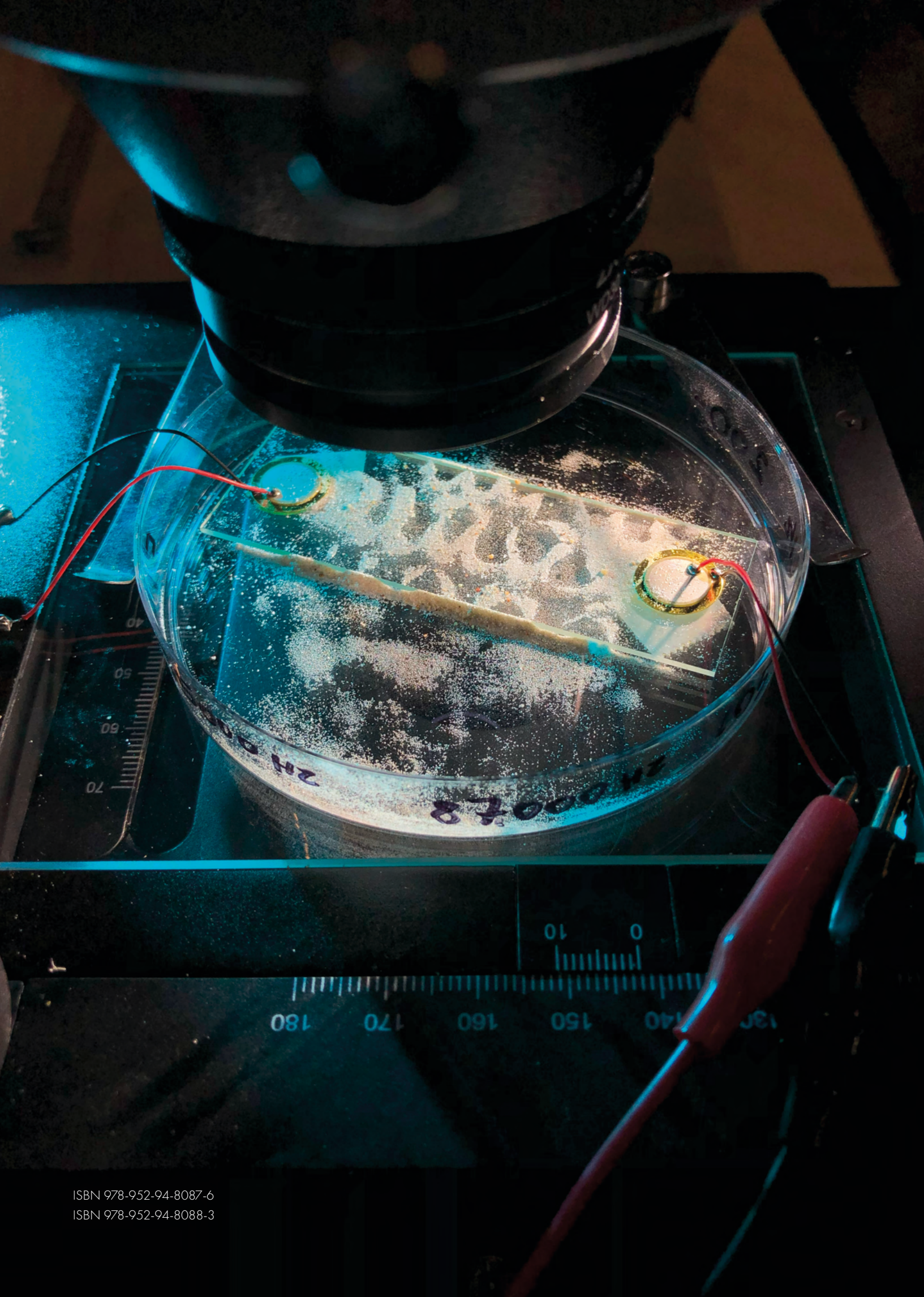




Nano Steps



Nano Steps

Työryhmä	3
Trial & Theatren sana	4
Fysiikan laboratorio nukketeatterinäyttämönä	6
Fysiikan laboratorion nuketustekniikoista	16
Inspiraation ja tiedon lähteitä	22
Kiitokset	24



Trial & Theatre: Nano Steps

Ensi-ilta 8.8.2023

Nykyesityksen näyttämö, Studio Pasila, Helsingin Kaupunginteatteri

Työryhmä

Ohjaaja	Aati Hanikka
Dramaturgi	Iiris Syrjä
Äänisuunnittelija-muusikko	Valtteri Alanen
Esiintyjä	En Ping Yu
Valosuunnittelija	Jere Suontausta
Markkinointikuvat	Anežka Mědová, Jussi Virkkumaa, Miika Storm
Agentti	Sanna Soni
Käsiohjelma- ja somekuvat	työryhmä
Käsiohjelman taitto, grafiikat	Jere Virta, Iiris Syrjä
Trailerin suunnittelu ja toteutus	Anna Törrönen
Tieteellinen neuvonta	Matěj Hývl
Tuotanto	Trial & Theatre & Aura of Puppets
Kuraattori, Nykyesityksen näyttämö	Suvi Tuominen
Viestintä, Nykyesityksen näyttämö	Emmi Linnankivi
Yleisötyö, Helsingin kaupunginteatteri	Mirja Neuvonen
Tuottaja-näyttämöpäällikkö, Studio Pasila	Aku Korhonen

Yhteistyössä

Nykyesityksen näyttämö, Helsingin kaupunginteatteri, Aalto-yliopisto,
Space 21, Itai Cohen Lab (Cornellin yliopisto), Aura of Puppets, Studio Alta (Praha)
ja Tšekin tiedeakatemian fysiikan instituutti

Teosta ovat tukeneet

Taiteen edistämiskeskus, Suomen Kulttuurirahasto, Helsingin Kaupunginteatteri, Aura of Puppets, Nordisk
Kulturfond ja Samuel Huberin taidesäätiö

Instagram @nano_steps

Nykyesityksen näyttämö -pilottihanke vuosina 2022 ja 2023 tuo nykyesityksen erilaisia muotoja osaksi Helsingin Kaupunginteatterin ohjelmistokokonaisuutta. Nykyesityksen näyttämön toiminta jakautuu vuonna 2023 kolmeen kantaesitykseen ja kahteen vierailuesitykseen. Pilottihanketta tukee Koneen Säätiö.

Trial & Theatren sana

Mitä jos askel on niin pieni, ettei sitä näe ihmissilmin?

Alusta asti olemme puhuneet, että Nano Steps on esitys, jossa esiintyvät maailman pienimmät nuket. Esityksen pääosassa ovatkin mikroskoopin linssin alla näkyväksi tulevat pienen pienet kappaleet: kolloidit, silika, mikroskooppiset hiekanjyvät ja muut kaverit. Voisi kuvitella, että mikroskooppisten pienet nuket, ja sitä myötä koko esitys, mahtuisi mikroskooppisen pieneen tilaan. Asia on kuitenkin juuri päinvastoin. Ihmissolun kokoluokkaa olevat nukkemme vaativat suhteellisen suuren laitteiston. Mikroskoopit, mikrofonit, kamerat, valtava määrä johtoja, signaaligeneraattoreita, virtalähteitä, vahvistimia, aktuaattoreita, pipettejä, näytelaseja ynnä muita instrumentteja. Kaikki ihan vain siksi, että ylipäättään pystyisimme kohtaamaan nämä esiintyvät taiteilijamme.

Laitteet ovat ihmisen ajattelun kumppaneita. Oman materiaalisuutensa ehdoilla ne päästävät meidät maailmaan, joka muuten jäisi ihmissilmältä näkemättä. Mikroskoopin kautta pääsemme käsiksi meitä ympäröivään maailmaan, jossa voi tapahtua mitä vain. Mittakaavaltaan ja lainalaisuuksiltaan kaukana ihmisen arkikokemuksesta toimivana ympäristönä se on meille tuntematon ja arvaamaton.

Esitystä varten teimme lukuisia tutkimusmatkoja maailman tiedeyliopistoissa ja huomasimme, että nimenomaan todellisuus on kiinnostava esitys. Eritoten mikroskooppinen todellisuus. Tässä esityksessä haluamme antaa näyttämön mikropartikkeleille itselleen: materiaalille, jonka kanssa jaamme maailman. Juuri sen takia emme halua vain näyttellä tieteentekemistä lavalla. Sen sijaan näyttämöllä todella tehdään sitä, mitä sovelletun fysiikan laboratorioissakin. Ja hyvä niin, onhan tieteilijöiden laboratorio itsessään jo aikamoinen nukketeatteri. Kuten fysiikan laboratoriossa, jännite elollisen ja elottoman välillä on nukketeatterin ytimessä.

Kulttuuriamme leimaa inhimillinen usko jatkuvaan kehitykseen. Meillä ihmisillä on kiire juosta kohti kehitystä ja mullistavia löydöksiä, niin suurilla harppauksilla kuin mahdollista. Tutkijoiden on jatkuvasti julkaistava uusia tutkimustuloksia, saatava aina uusia stipendejä ja rahoituksia. Tieteilijän ja tutkijan työ itsessään on kuitenkin syvässä ristiriidassa maailman alati nopeammaksi muuttuvan tahdin kanssa. Tutkimuksen ytimessä on usein odotus, valtavien - ja usein tylsien - tietomassojen lävitse kahlaaminen ilman takuuta siitä, että vuosien, vuosikymmenten tai koko elämän mittainen työ välttämättä tuottaisi mitään maailmaa mullistavaa hedelmää. Kuitenkin juuri perustutkimusta kannattaa tehdä: jos ei nykyinen tutkija, niin seuraava, tai häntä seuraava kaukana tulevaisuudessa, voi löytää asiasta uuden oivalluksen.

Työryhmämme Trial & Theatre ajattelee, että kuten tiede, taidekin on kumulatiivista. Sen keskiössä ei ole yksittäinen ihminen, vaan jatkumo ja ketju. Toivottavasti esityksemme asettuu siihen jatkumoon ja synnyttää katsojissa ajattelun virtausta sekä hitaasti kypsyviä uusia ulostuloja.

Mikroskoopin syövereistä ensi-illan valoon kaivautuneet

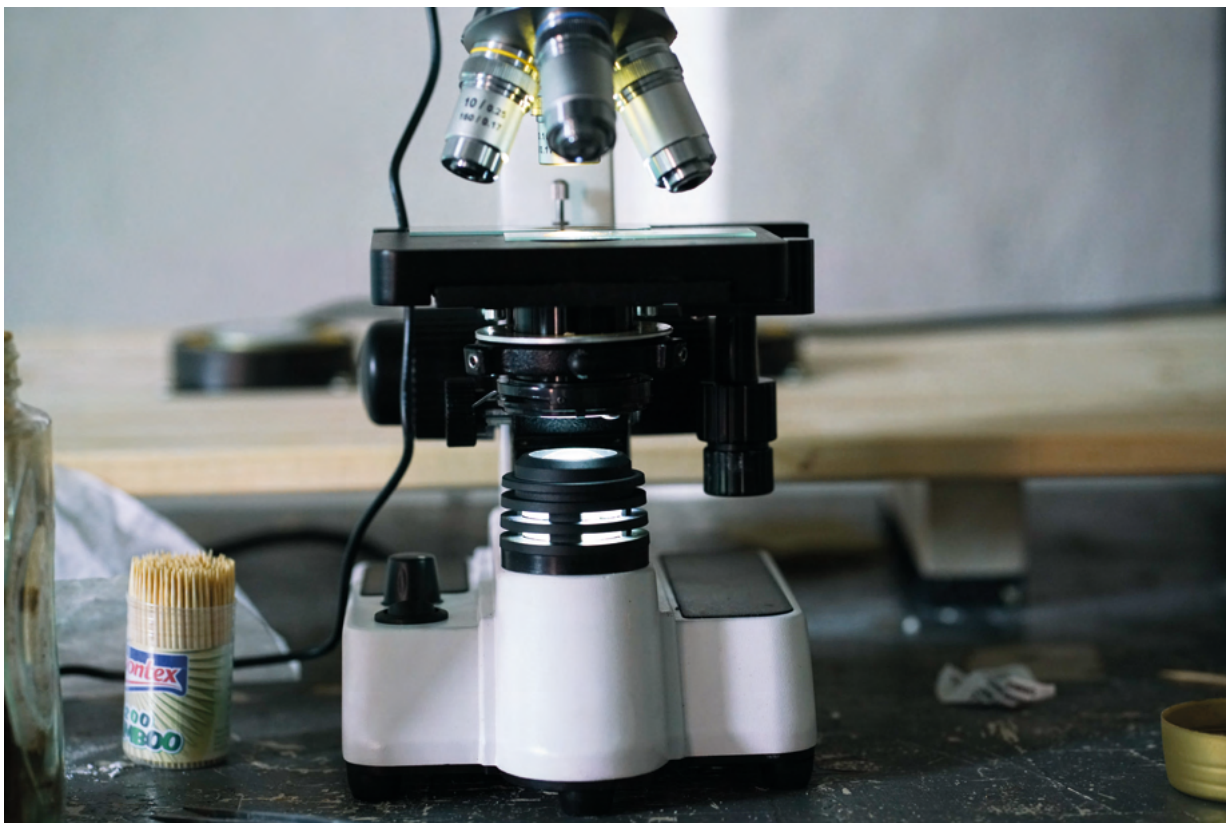
*Aati, Iiris ja Valtteri
Trial & Theatre*



Kuva: Suvi Tuominen

Fysiikan laboratorio nukketeatterinäyttämönä

Valtteri Alanen & Iiris Syrjä



Tässä kuvassa tapahtuu nukketeatteria. Kuva: Anežka Medová

Kädessäni on nuketussauva. Kevyessä otteessa pääosan työstä tekevät peukalo ja pikkusormi. Etusormi, keskisormi ja nimetön auttavat sauvan asennon hienosäädössä. Sauvan reuna lepää kämmenpohjassani; tunnen jäməkänpehmeän, lähes kädenlämpöisen puumateriaalin ihoani vasten sekä jännitteen, joka syntyy kun sauvan toisesta päästä jatkuva antropomorfisen hahmon käsi kohtaa ympäristönsä. Painovoima, pinnat, nukan muut osat ja nivellykset sekä sen liikkeen vaikutukset välittyvät pitkin nukan materiaalia nuketussauvaan, ja pitkin nuketussauvaa käteeni. Kädessäni olevat tuntohermot kuljettavat tuntoaistimukset keskushermostooni, aivoiksi kutsuttuun hervottomaan hermokimppuun ja sitten tapahtuu jotain, jota en täysin ymmärrä. Ymmärtääkseni tieteilijätkään eivät ihan ymmärrä. Jollain lailla tietoiseen kokemukseeni jäsentyy todellisuus, jossa nuketan nukkea, mutta samalla nuketun itsekin nukan vaikutuksesta, ja oikeastaan todella ison osan ajasta on aivan todella epäselvää missä ”minä” lopun ja ”nukke” alkaa ja ”nukke” loppuu ja ”ympäristö” alkaa. Kuka kokee ja mitä, ja ketä tässä oikeastaan ohjaillaan?

Nano Steps -esitys sai alkunsa tutkimuskysymyksestä, mikä voisi olla maailman pienin nukketeatterinukke. Esityksessä on kahdenlaisia draamallisia toimijoita: fysiikan tutkija ja hänen tutkimuskohteensa, ei-inhimilliset mikropartikkelit. Ihmisesiintyjä ja maailman pienimmät nukketeatterinuket. Asetelma avaa kysymyshorisontin: millaista draamallista toimijuutta on

ihmissilmälle näkymättömällä materiaalilla suhteessa ihmiseen? Minkälainen on näiden kahden suhteen luonne, ja miten ne vaikuttavat toinen toisiinsa?

Lähtökohtamme esityksen kanssa on ollut alusta asti se, että sen sijaan, että perinteisen teatteriesityksen tapaan esittäisimme lavalla tieteen tekemistä, haluamme tuoda näyttämölle oikeat tiedevälineet ja katsoa mitä tapahtuu, jos niiden reaaliaikaiseen käyttämiseen suhtautuu nukketeatteriesityksenä.¹ Klassisesti ajateltuna tieteilijä on nukenkäsittelijä, tutkimuskohde on nukke ja tutkimusvälineet manipulointivälineitä, vaikkapa marionetin naruja. Vertauskuvallisen ajattelun suola piilee kuitenkin siinä, ettei klassisesti ajateltu oletus ole aina se osuvin - tai totuutta paljastavin. Mitä jos tieteilijä onkin kuin marionetin naru, tutkimusväline nukke ja tutkimuskohde nukenkäsittelijä?

Kun vierailimme Cornellin yliopistossa Yhdysvalloissa, alansa johtavat fyysikot esittelivät meille tutkimusprojekteja, joissa tutkimuskohteet ja koejärjestelyt vaihtelivat suolakidettä pienemmistä roboteista ja origameista mikropartikkeliryhmiin, jotka itsejärjestyivät erilaisiin muotoihin ja asetelmiin. Kaikille projekteille oli yhteistä se, että ihmistutkija manipuloi jotakin ihmissilmälle vierasta ja vaikeasti käsitettävää. Yhdessä laboratoriossa mikroskoopin linssistö tarjosi meille kuvan muutaman atomiarkin paksuisista origamiroboteista, jotka näyttivät selvästi vilkuttavan toisilleen. Toinen tutkija antoi tylpän iskun rustosolukolle ja tarkasteli siitä seuraavaa reaktiota, solukuolemia, värillisestä diagrammista, jossa soluja esittävät pallurat muuttuivat sinisiksi. Kolmannessa laboratoriossa todistimme muutaman kymmenen mikrometrin kokoisten partikkelien hallittua liikuttelua pelkkien ääniaaltojen voimalla. Tutkijat tunsivat mikropartikkelinsa niin hyvin, että tiesivät miten manipuloida niitä, ja mitä tuli tehdä, jotta saatiin aikaan haluttua käyttäytymistä. Samalla ilmassa leijui koko ajan mahdollisuus jollekin yllättävälle, jollekin mitä tutkija ei ole ennen nähnyt. Tämä ristiriita on tiukasti kiinni koko tutkijan motivaatiossa tehdä työtään. Tutkimuksen perusta on tutkittavan objektin tuntemus, mutta jotta tutkimus olisi mielekästä ylipäätään toteuttaa, tarvitaan mahdollisuus tuntemattomaan.

Samankaltainen ristiriita on myös nukettajan suhteessa nukkeensa. Nukettaja tuntee nukken rajat ja liikkeen ehdot, mutta lopulta nukken ja nukettajan yhteys saa aikaan jotakin yllättävää ja ennustamatonta. Taitavan nukenkäsittelijän hellässä, elollistavassa otteessa nukke voi koska vain ottaa käsittelijänsä vastavuoroiseen otteeseen. Käsittelijän näkökulmasta:

Minä en liikuta kättäni näin, jotta nukke **näyttäisi tekevän** jotain. Sen sijaan minun on välttämättä liikutettava kättäni näin, koska nukke **tekee** jotain.

Nukenkäsittelijä on esityksen alussa kuin tieteilijä, joka odottaa, että koejärjestely tuottaa suunnilleen sen suuntaisia tuloksia kuin jo tiedetyn tai harjoitellun perusteella voidaan olettaa.

¹ Emme toki ole itse keksineet tätä kovin avantgardistista todellisuuden tarkastelun asennetta. Monen muun ilmiön nukketeatterillisia ulottuvuuksia luotaa mm. esseekokoelma Falke, Ishmael. *Niin se vain on: maailmankaikkeus nukketeatteriesityksenä.*

Kokoajan hän kuitenkin toivoo, että kokeessa tapahtuu se kaikkein innostavin - jotain yllättävää, jotain jota tieteilijä ei osaa selittää, jotain toistaiseksi ymmärtämätöntä - että koe itse ottaa ohjat käsiinsä.

Vastavuoroisen vaikuttumisen härvelissä

Jotta kaukoputken käyttäjä voisi uskoa näkemäänsä, hänen on uskottava, ettei kyseinen väline vääristä, vaan että se vahvistaa näkökykyä. Hänen on pidettävä näitä instrumentteja tiedon lähteinä ja luovuttava siitä vanhasta ihmiskeskeisestä, perin syvälle juurtuneesta näkemyksestä, jonka mukaan ihmissilmillä katsominen on ainoa tiedon mitta.²

Kuten tiedehistorioitsija Paolo Rossi väittää, on mm. Galileo Galilein ja Isaac Newtonin toteuttama teknisten välineiden, ja niiden avulla tehtävien kokeiden tuominen tieteen tekemisen keskiöön toiminut välttämättömänä ehtona uuden ajan alussa tapahtuneelle tieteelliselle vallankumoukselle. Modernin ajan tieteen tekemistä leimaa, varsinkin luonnontieteissä, vahva esine- ja työkalukeskeisyys. Esineistä ja asioista on tullut ihmisen tietämisen ehdottomia kumppaneita: kaukoputki vahvistaa ihmisen näkökykyä, mutta ei universaalisti ja absoluuttisesti, vaan nimenomaan kaukoputkellisesti – oman materialisuutensa ehdoilla.

Samoin on nukketeatterissa: marionetit ja hanskanuket kertovat jo rakenteensa sanelemana erilaisia tarinoita, erilaisin tavoin. Vaikka nukketeatterin väittäminen tieteen haaraksi tuntuu paksulta humpuukilta, voi asetelman toisin päin kääntämisestä olla nähdäksemme odottamatonta iloa.

Filosofisesti lähestymistapa tuntuu flirttailevan posthumanismin ja uusmaterialismin kanssa: erityisesti Karen Baradin ja Jane Bennettin käsitteistö on työntänyt myös Nano Steps -esityksen ajattelua eteenpäin.³ Kokemuksellisesti taas ammennamme nukketeatteritaiteilijuutemme lisäksi viimeisen vuoden aikana tekemistämme vierailuista eri yliopistojen fyysikoiden tutkimuslaboratorioihin. Vierailuillamme olemme keskustelleet heidän työstään, reflektoineet nukketeatterin ja tieteen suhdetta (sekä tieteilijöiden ja taiteilijoiden yhteiskunnallisen aseman yhteneväisyyksiä ja eroavaisuuksia). Lisäksi olemme seuranneet laboratorioiden konkreettista toimintaa⁴ ja vetäneet tieteilijöille nukketeatterityöpajoja. Vuorovaikutus - vastavuoroinen vaikuttuminen - ei-inhimillisen kanssa tuntuu olevan havaintomme mukaan myös tieteen tekemisen ytimessä.

Tieteentutkija Karen Baradin käsitteistöä käyttäen ja kääntäen lähestymme keskinäisen jatkuvan vuorovaikuttumisen tilannetta nukketeatterissa sekä siihen vertautuvassa fysiikan tutkimuksessa härvelinä. Kuvatessaan fyysikon työtä Karen Barad määrittelee keskinäisen jatkuvan vuorovaikuttumisen tilanteen käsitteellä *apparatus*, jonka Anette Arlander on artikkelin

² Rossi, Paolo. *Modernin tieteen synty Euroopassa* s. 27.

³ Keskeisimpinä lähteinä Karen Baradin *Meeting the Universe Halfway: The Entanglement of Matter and Meaning*, ja Baradin alkuperäistekstistä Anette Arlanderin suomentama artikkeli *Posthumanistinen performatiivisuus - Kohti ymmärrystä siitä, miten materiaali merkityksellistyy*. Myös Jane Bennettin kirja *Materian Väre*.

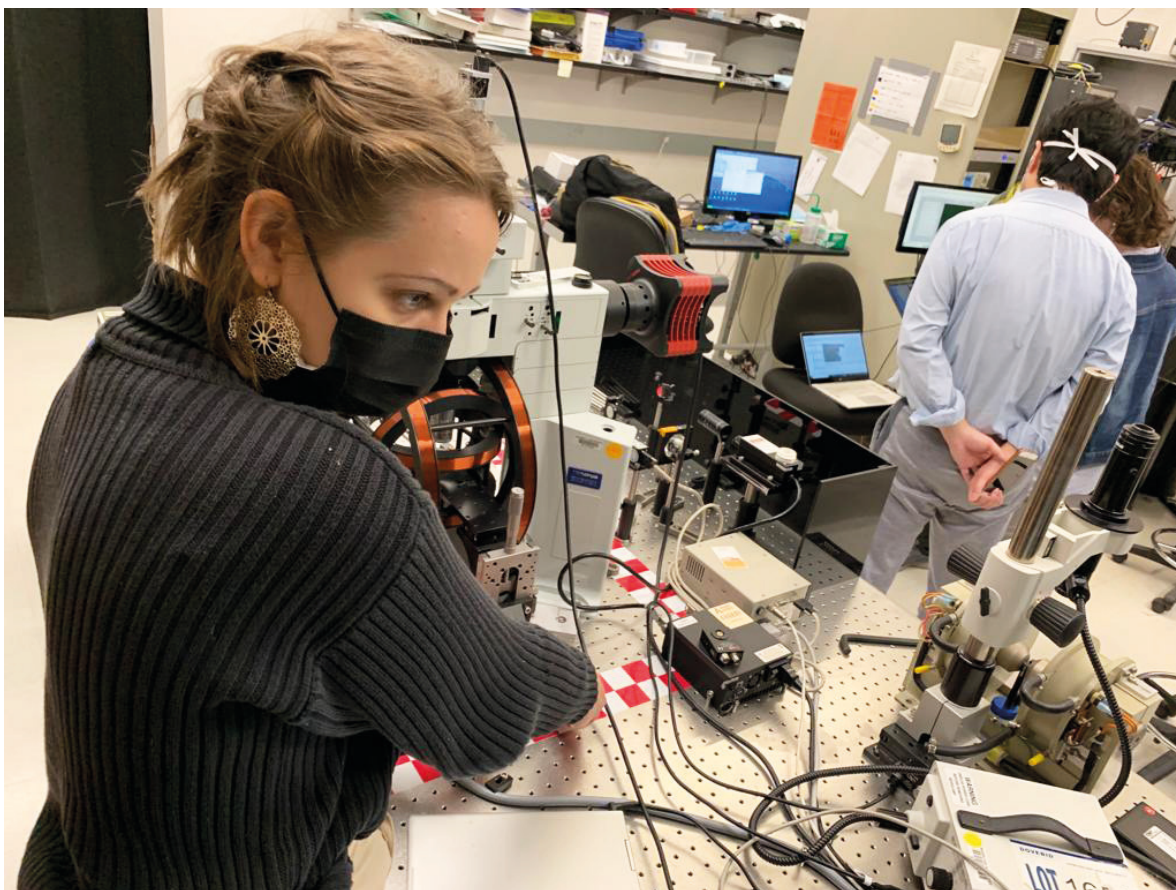
⁴ Professori Itai Cohen tutkimusryhmineen, Cornell University, Prof. Sami-Pekka Hirvonen ja Gianni Vettese, Helsingin Yliopisto, Prof. Jaakko Timonen tutkimusryhmineen Aalto Yliopisto Applied Physics, kiitos vieraanvaraisuudesta!

suomennoksessa kääntänyt *välineistöksi* tai *koneistoksi*. Sanana välineistö tai koneisto viittaa kuitenkin vahvasti erillisiin osiin joista kokonaisuus muodostuu. Välineistö on välineiden kokoelma ja koneisto mekaanisesti toimiva osiensa summa.

Ymmärryksemme mukaan Baradin *apparatus* -termissä on kuitenkin kyse enemmästä. *Apparatus* on ennemminkin *härveli*, toiminnallinen kokonaisuus joka yhteistoiminnallisesti tekee enemmän kuin deterministinen *koneisto* ja on syvemmässä sisäisessä vuorovaikutuksessa kuin *välineistö*. Sanana *härveli* kantaa hölmöstä klangistaan huolimatta, tai ehkä juuri sen ansiosta, sisällään ontologista arvaamattomuutta: sen toimijuus ei rajoitu vain ihmis-käyttäjän sille ennalta määrittelemiin mekaanisiin syy-seuraus suhteisiin, ja kantaa mielestämme mukanaan myös alkukielen *apparatus*-termiin sisältyvän kulttuurisen ulottuvuuden. Härveliä lukuunottamatta seuraamme Arlanderin ansiokkaasti suomentamaa termistöä.

Nukketeatteri-härvelistä puretaan usein esiin kolme yhteismuotoutuvaa toimijaa: nukke, nukenkäsittelijä ja yleisö. Kuten alustuskappaleessa pyrimme kokemuksellisesti kuvaamaan, ei varsinainen nukketeatteritilanne silti ole todella redusoitavissa näihin toimijoihin. Kun nukketeatteri alkaa todella tapahtua, ovat rajapinnat jo alkaneet sulautua: vaikutteet vuotavat subjektiviteeteista toisiinsa kyseenalaistaen keskinäisen ja ennalta oletetun erillisyytensä.

Myös tieteilijän laboratorio -härvelistä kaivetaan yleensä näytille kolme keskeistä toimijaa: tutkimuskohde, tieteentekijä ja tutkimuslaitteisto. Tieteentekijän tietoisuus - joka toimii fyysisessä tilassa, laboratoriossa - muodostaa tulkintoja erilaisista havainnoista ja vuorovaikuttaa tutkimuskohteen ja tutkimuslaitteiston kanssa. Karen Baradin ajattelua seuraten on ilmeistä, että



Dramaturgi Syrjä tutustumassa yhteen Cornellin yliopiston lukuisista nukketeatterinäyttämöistä.
Kuva: Aati Hanikka

tehdäkseen tieteellistä työtä, tutkijan on asetuttava kietoutuneeseen tilaan niin tutkimusvälineistönsä kuin tutkimuskohteensa kanssa, hämärtäen kartesiolaisesti ymmärrettyä arkista ihmiskokemuksen jakoa subjekteihin ja objekteihin. Kuten nukke ja nukettaja esiintyessään, eivät tieteilijä ja instrumentti tieteillissään ole siis yksinkertaisesti erotettavissa.

Subjekteista ja objekteista

Nukketeatterin avulla on kautta aikojen käsitelty valtaa ja kontrollia, sillä nukan ja nuketettavan suhteessa aihe on ikään kuin elimellisesti läsnä.⁵ Katsoja tietää yhteisen leikin muodostumisen säännöt ja hahmottaa sen erillisten roolien kautta: nukettaja ja nukke, subjekti ja objekti, syy ja seuraus. Yleisessä mielikuvituksessa ymmärrämme nukettajan manipuloivan nukkeaan ja muuttavan sen eläväksi. Tällainen valtasuhde on helppo nähdä ja käsittää. Kuten fysiikan tutkimuksen nukketeatterillistaminen havainnollistaa, ei nukan ja nukettajan suhde koskaan ole kuitenkaan näin selkeäpiirteinen ja yksisuuntainen, etenkin nukan tai nukenkäsittelijän näkökulmasta.

Laboratorio tai tutkimusvälineetkään eivät siis ole vain objekteja - mykkiä esineitä - mutta onko tieteilijän yksinoikeutettua subjektiviteettia vielä horjutettu tällä argumentilla? Ehkä ei, mutta juuri subjektiuden subjektiivisuus paljastuu kun laboratorio ymmärretään nukketeatteriksi: Tieteilijän välineet eivät vain tee tiedettä tieteilijän kanssa. Kuten nukke, joka saa nukettajansa toimimaan tietyillä tavoilla, laboratorio, näyte ja tutkimusdata ohjaavat tieteilijää, ja näin ollen myös tutkimusta. Tieteilijä ei voi julistaa kartesiolaisen subjektin yksinoikeudella todellisuuden ja totuuden luonnetta omien mieltymyksiensä mukaan. Hänen on luotettava empiirisiin koetuloksiinsa, jotka määräävät hänen todellisuuskäsityksensä reunaehdot ja perusteet. Asetelma on perustavanlaatuisesti nukketeatterillinen: subjekti–objekti-suhde, joka paljastaa kaikkien subjekti–objekti-suhteiden todellisuuden kokemukselle vieraan mielettömyyden.⁶

Usein uusmaterialistisen, posthumanistisen tai animistisen ajattelun nähdään haastavan valistusajattelun ja tieteen perustavia totuuskäsityksiä, ja siten kyseenalaistavan vaikkapa luonnontieteiden tutkimuksen mielekkyyttä. Voimmeko fysiikan, kemian ja biologian maailmassa tosiaan millään tavalla väittää, että tutkimuskohde ohjaa tieteilijää, joka vain luulee olevansa itsenäinen? Esimerkiksi fysiikan professori, kirjailija Kari Enqvist tekee kirjassaan *Näkymätön todellisuus* kiinnostavia rinnastuksia tieteen ja taiteen välillä, ja samalla suhtautuu hyvin kriittisesti siihen, että tieteentekijän ja hänen kohteensa suhteesta voitaisiin päätellä jotakin tiedon luonteesta. Hänen näkökantansa mukaan fysiikan ilmiöt ovat lahjomattomia, ja fyysikot ikään kuin löytöretkeilijöitä niiden edessä.⁷ ”Kukaan ei varmaan vakavissaan väitä, että sinfoniaorkesterin jäsenten välisiä suhteita tutkimalla saavuttaisimme tietoa heidän esittämiensä kappaleiden nuoteista”, hän vertaa.⁸

⁵ Ottaahan esimerkiksi ihmishahmoisessa hanskanukessa nukettajan käsi fyysisesti paikan, joka ihmisruumissa on varattu mm. suolille, keuhkoille ja sydämelle.

⁶ Alanen, Valtteri. *Silence and Other Impossible Objects* s. 10–21.

⁷ Enqvist, Kari. *Näkymätön todellisuus* s. 148, 150, 174.

⁸ Enqvist, Kari. *Näkymätön todellisuus* s. 147.

Meidän tavoitteemme ei kuitenkaan ole, kuten emme usko lähteidemmekään tavoitteen olevan, riistää ihmiseltä toimijuutta tai mitätöidä tieteen saavutuksia, päinvastoin. Eikö ihmisenkin vapaus ja toimijuus voimistu, kun hän ymmärtää maailmaansa ja itseään paremmin? Sekoittamalla näkökulmia keskenään haluamme hänätä esiin toisenlaista ajattelua. Haluamme sorkkia vakiintuneita vastakkainasetteluja kuten luonto–ihminen, materia–elävä, ja viruttaa ne vanuisiksi⁹. Ontologisena yhteismuotoumisena ymmärretty nukketeatteri voi jopa tarjota tieteelle, ja tiede nukketeatterille, ikkunoita todellisuuksiin jotka odottavat jossain tiukkalinjaisen subjekti–objekti-jaon tuolla puolen. Vai pitäisikö meidän sanoa tällä puolen?



Esineteatteritaiteilija Alanen opettelee mikroskooppista nukenkäsittelyä Studio Altan residenssissä Prahassa. Kollegat Hanikka ja Syrjä seuraavat. Kuva: Anežka Medová

Yhteisyyden kauhu

Kuten läpeensä välineellistynyt tiede, on valistuksen ja modernismin innoittama ihminen lopulta löytänyt itsensä täältä subjekti–objekti-suhteen toiselta puolelta: todellisuudesta, jossa ihminen ei voi kaikkivoipaisesti pakottaa esineen kaltaista maailmaa taipumattomaan tahtoonsa. Alati jatkuva ilmastonmuutos ja ympäristökatastrofi lienevät tästä tunnetuimmat esimerkit: filosofi Timothy Mortonia vapaasti lainataksemme: *sää ei ole enää pitkään aikaan ollut vain säättä*.¹⁰ Harva se vuosi kohoavat heinäkuiset lämpötilaennätykset eivät ole vain ihania intiaanikesiä – ne voivat olla ihmisen sukupuuton alkusoitto. Kyseessä ei kuitenkaan ole Imperiumin vastaisku: kartesiolaisesti sokeutunut ihminen on vain luullut hallitsevansa ympäristöä, kun tosiasiaassa ympäristö on kaiken tämän ajan

⁹ Allekirjoittaneiden mielestä kieltä on syytä tökkiä silloin, kun se uhkaa typistyä vastakkaisuuksiin.

¹⁰ Morton, Timothy. *Hyperobjects, Philosophy and Ecology After the End of the World*.

käyttänyt paljon enemmän valtaa kuin olemme uskaltaneet¹¹ kuvitella. Me elämme jo ajassa, jossa subjekti–objekti-ajattelusta on tullut kestänyt.

Jane Bennett kysyy kirjassaan *Materian väre*, miten poliittiset reaktiot päivänpolttaviin kysymyksiin muuttuisivat, jos ottaisimme ei-inhimillisten vitalisuuden vakavasti. Vitalisuudella hän tarkoittaa vaikkapa elintarvikkeiden, myrskyjen ja metallien kykyä estää tai torjua ihmisten tahto tai suunnitelmat, mutta myös toimia voimina, joilla on omia taipumuksia, liikeratoja ja suuntauksia. Hän esittää, että meidän olisi syytä alkaa hahmottaa ihmisen suhdetta materiaan pystysuuntaisen olemisen hierarkian sijaan pikemminkin vaakasuuntaiseksi rinnakkaisuudeksi.¹² Olemme kulkeneet esitystä työstäessämme ja tätä esseitä kirjoittaessamme samantlaisilla poluilla: Kun ajattelemme valtaa ja toimijuutta passiivisen ominaisuuden sijaan aktiivisena tekemisenä ja olemisena yhteisessä härvelissä, kysymys siitä, kuka käyttää valtaa ja kehen, muuttuu hankalaksi. Ihmiset joutuvat sallimaan ei-inhimillisen kuten nuket, mikroskoopit, nano-origamit, sään, koneet, kivet, bakteerit ja kasvit kanssa-ajattelijoihinsa. Silloin ne on päästettävä hyvin lähelle, kokolaila intiimiin suhteeseen ihmisten kanssa. Moiseen yhteisyyteen sukeltaminen on pelottavaa. Rehellisyyden nimissä me valistusajattelun kyllästämät ihmiset voimme joutua myöntämään, että osa ajattelusta ja olemisesta, jota pidimme omana yksinoikeutenamme, tapahtuukin ratkaisevissa määrin jossain toisaalla, keskushermostojemme ja kehojemme ”ulkopuolella”.

Monesti suuret oivallukset vaativatkin kolauksen juuri ihmisen uskoon aistiensa ja ajattelunsa ylivoimaisuudesta.¹³ Olihan ihmisten maailmankuvakin ennen maapallo-keskeinen. Kopernikuksen aurinkokeskeinen maailmanmalli aiheutti aikanaan valtavan kohun ja mullistuksen. Ajatus siitä, ettei aurinko kierräkään maapalloamme, vaan juuri päinvastoin, heitti ihmisen pois maailman keskipisteestä. Ehdotus järkytti, sillä se oli aikansa ensimmäinen tieteellinen maailmankuva, joka kyseenalaisti ihmisen tärkeyden.¹⁴ Kun puhutaan asioista, joissa ihmisen aistihavaintojen rajat tulevat vastaan - emmehän pysty näkemään omin silmin ajan alkuun, atomin sisään tai kaukaisen planeetan pinnalle - ihminen muuttuu kovin pieneksi. Mullistuksen keskellä on helppo tuntea itsensä hallinnan menettäneeksi ohueksi risuksi keskellä kuohuvaa koskea, pelätä hukkuvansa härvelin kaikenkattavaan härveliyteen. Etenkin kun samalla toteamme, ettei ihmisellä ensi alkuunkaan ole ollut yksinoikeutta määrittää maailmansa koostumusta tai edes omaa kohtaloaan. Nukketeatterin, Bennettin ja Baradin tavoin haluamme kuitenkin kysyä: onko tuo pienuus sittenkään niin kamalaa?

Tavattuamme tieteen tekijöitä, olemme tulleet varmoiksi siitä, että yksi määrittävä tekijä yhdistää maailman merkittäviä tieteilijöitä. He kantavat elämänsä varrella keräämänsä kokemuksen ja tietämyksen vakaasti mukanaan, mutta vanhetessaan tai ymmärryksensä syventyessä eivät kadota kykyään suunnata rehellinen huomionsa ja uteliaisuutensa myös uusiin heitä haastaviin

¹¹ Vai epä mukavammin: halunneet tai suostuneet?

¹² Bennett, Jane. *Materian väre* s.36.

¹³ Vertaa Enqvist, Kari. *Näkymätön todellisuus*. s. 48

¹⁴ Popova, Maria. *Figuring*. s. 26.

kohtaamisiin¹⁵ – eivät kadota kykyä antaa itsensä vaikuttua. Kuulostaa yksinkertaiselta, mutta on kokolailla kärsivällisyyttä vaativa, vaikea ja ehkä mahdotonkin tehtävä pitää lujin sormin kiinni käsityksistään tai tietämyksestään, sulkematta niitä kuitenkaan tiukasti puristettuun nyrkkiin. Jos haluaa selvittää jotakin tai todella ymmärtää maailmasta enemmän, on kädet pidettävä hellässä otteessa. Kuten nukenkäsittelijä, joka auttaa nukkeaan esiintymään, tietäen että liian tiukka ote tuhoaa taian, mutta tarttumatta jättäminen jättää myös nukettumisen - esineen, esityksen ja esiintyjän yhteismuotoutumisen - toteutumattomien mahdollisuuksien hämärään.

¹⁵ Tieteilijä Mary Somervillen tytär kuvasi äitinsä erityistä sitkeyttä vaativaa kykyä: “- - [Somerville] was ever ready to hail joyfully any new idea or theory and give it honest attention, even if it were at variance with her former convictions. This quality she never lost, and it enabled her to sympathise with the younger generation of philosophers, as she had done with their predecessors, her own contemporaries.” Popova, Maria. *Figuring*. s.77–78.

Lähteet

Alanen, V. 2022. *Silence and Other Impossible Objects*, Praha: DAMU.

Barad, K. 2007. *Meeting the Universe Halfway: The Entanglement of Matter and Meaning*, Durham & London: Duke University Press.

Barad, K. suom. Arlander, A. 2019. Posthumanistinen performatiivisuus - Kohti ymmärrystä siitä, miten materiaali merkityksellistyy, julkaisussa: Nauha, T. Annette, A., Järvinen, H. ja Porkola, P. (toim.). 2019. *Performanssifilosofiaa: esitysten, esiintymisten ja performanssien filosofiasta performanssiajatteluun*, Teatterikorkeakoulu, Taideyliopisto, Helsinki: Nivel 12, verkossa: nivel.teak.fi/performanssifilosofiaa. Noudettu 16.11.2022.

Bennett, J. suom. Kilpeläinen, T. 2020. *Materian väre*, Eurooppalaisen filosofian seura ry. Tampere: Niin&Näin.

Enqvist, K. 1996. *Näkymätön todellisuus*, Helsinki: WSOY.

Falke, I. 2001. *Keppi, porkkana ja musta laatikko*, Turku: Sixfingers Theatre.

Falke, I. 2021. *Niin se vain on: Maailmankaikkeus nukketeatteriesityksenä*, Turku: Grus Grus Teatteri.

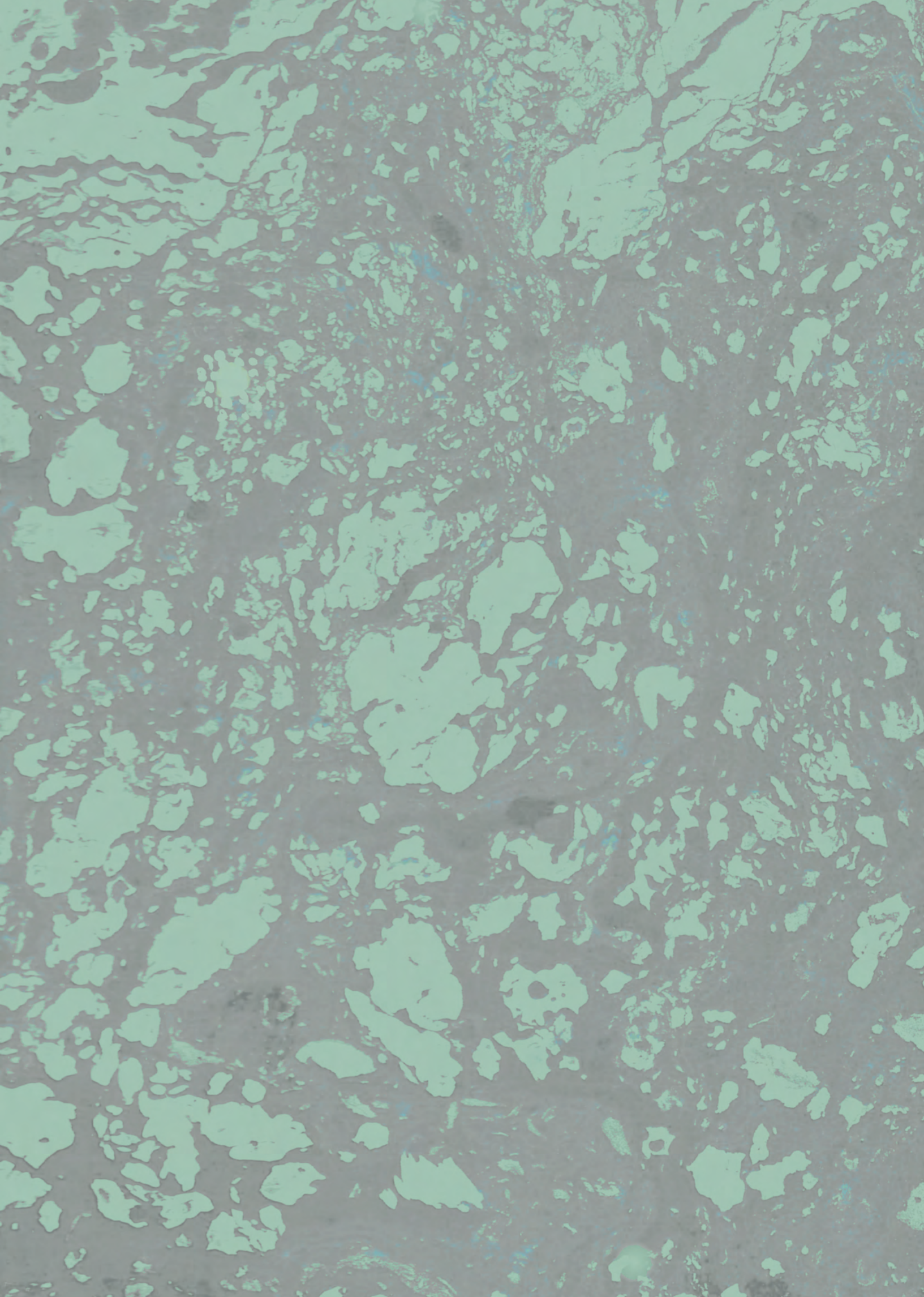
Morton, T. 2013. *Hyperobjects. Philosophy After the End of the World*, University of Minnesota Press.

Popova, M. 2019. *Figuring*, New York: Penguin Random House LLC.

Rossi, P. Suom. Talvio, L. 2010. *Modernin tieteen synty Euroopassa*, Tampere: Vastapaino

Teksti on alunperin julkaistu Koneen Säätiön Kaivolla -blogissa:

<https://koneensaatio.fi/tarinat-ja-julkaisut/fysiikan-laboratorio-nukketeatterinayttamona/>



Fysiikan laboratorion nuketustekniikoista

Valtteri Alanen ja Aati Hanikka

Nano Stepsin matka näyttämötaideteokseksi on ollut pitkä. Selvittäessämme vastausta siihen, mikä voisi olla maailman pienintä nukketatteria, matkustimme vierailulle nanotekniikkaa ja atomitasen fysiikkaa tutkiviin laboratorioihin Suomessa, Tšokeissa ja Yhdysvalloissa. Ja millaisia vastauksia saimmekaan! Kellarikerrosten laboratorioihin sukeltaessamme oli näkemäämme vaikea olla katsomatta jo käynnissä olevana nukketatteriesityksenä - meidän tehtävämme taiteilijoina olikin vain löytää keinot siirtää laboratoriotyön nukketatterillisimmat hetket näyttämölle niin hyvin kuin osamme. Olemme keränneet seuraavat ajatukset ja oivallukset vierailullamme Cornellin yliopiston sovelletun fysiikan laitoksella tohtori Itai Cohenin tutkimusryhmän vieraina. Matkaamme Yhdysvaltoihin keväällä 2022 tuki Aura of Puppets sekä Taiteen edistämiskeskus. Alkuperäinen teksti on julkaistu aiemmin nukketatteriverkosto Aura of Puppetsin blogissa.

Nano Stepsissä olemme päätyneet käyttämään juuri sähkömanipulaatiota ja akustista manipulaatiota, ja niinpä ne on esitelty tässä tekstissä. Tätä tekstiä kirjoittaessa emme vielä täysin tiedä, miten hienostuneeksi olemme ensi-iltaan mennessä onnistuneet kehittämään omat sovellutuksemme. Varmaa kuitenkin on, että tässä esityksessä nukkeja ei käsitellä naruilla tai sauvoilla, kuten marionettia tai bunrakua konsanaan. Heijasteleehan meidän nukketatterimme sitä materiaalis-kulttuurista kontekstia, jossa itse olemme kasvaneet. Kontekstia, jossa sähkö- ja äänikentät ovat huomattavasti useammin kaikenlaisen manipulaation välineinä, kuin narut ja sauvat. Uskomme kuitenkin olevamme lähempänä nukketatterin perinteitä, kuin työkalupakkimme ehkä ensiksi antaisi olettaa. Narut, sauvat, ynnä muut ovat vain vaihtuneet härvelien kanssa hallittuihin voimakenttiin - akustisiin ja sähköisiin.

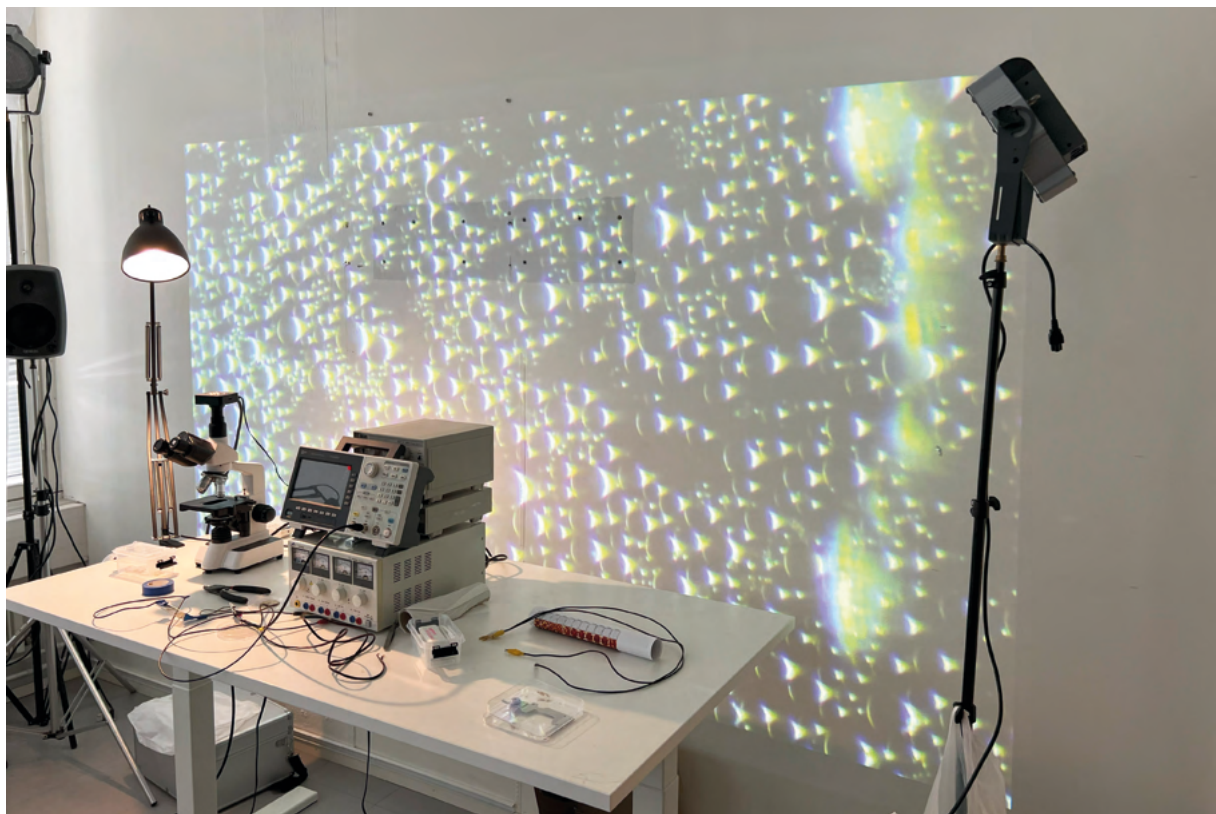
Sähkövirtamanipulaatio ja itsejärjestyminen ¹

Entä jos nukettaja ei kontrolloikaan aivan kaikkea, vaan materiaalilla on oma autonomiansa? Entä jos nukettaja on vain todistaja elottomalle toimijalle, joka liikkuu orgaanisesti täysin omaehtoisesti?

Cohenin tutkimusryhmä tutkii näkymättömän pienten objektien manipulaatiota mikroroboteista rustosoluihin. Muun muassa tutkija Anna Barth manipuloi nesteiden sisällä olevia ihmisolun kokoisia mikropalloja sähkövirralla, mikä aiheuttaa kyseisten pallojen itsejärjestymistä.

Nesteeseen johdettu sähkökenttä muuttaa nesteessä olevien partikkelien omia magneettikenttiä, mikä aiheuttaa sen, että partikkelit alkavat juosta ympäriinsä, pyöriä toistensa ympäri, järjestäytyä jonoiksi, pyöriä oman akselinsa ympäri ja leijua painovoiman vastaisesti kohti yläpuolella olevaa lasipintaa. Kyse on Quincken rotaatioksi kutsutusta ilmiöstä.

¹ englanniksi self-assembly



Nano Stepsin nuketusvälineistöä: ohjelmoitava virtalähde, signaaligeneraattori, laajakaistavahvistin, mikroskooppi, johtoja, liittimiä ja näytteitä. Kuva: Aati Hanikka

Tämä etänuketuksen muoto mahdollistaa materialle paljon autonomiaa: me voimme vain luoda suotuisat olosuhteet ja ehdottaa nukelle liikkeen voimakkuutta säätämällä sähkövirran voimakkuutta, ja mikroskooppinen nukke itse nukettuu haluamallaan tavalla. Nukettaja on läsnä vain todistamassa orgaanisesti säihkeävää autonomista nukkea. Käsillä on liikekieli, joka on ihmiskontrollin ulottumattomissa ja odottaa löytäjänsä.

Toisaalta kyseessä on transformaatio: materia järjestyy uudelleen. Transformaatiotuotteille ja materiaaleille on teollista kysyntää, joten tästä tieteenalasta julkaistaan tutkimustuloksia tauotta. Seuraammekin mielenkiinnolla, syntyykö tästä nuketustekniikasta koskaan tarkasti kontrolloitavia tuloksia, vai onko ihmisen taivuttava materian ehtoihin ja pysyttävä kontrollin suhteen valistuneiden veikkausten tasolla.

Ääniaaltomanipulaatio

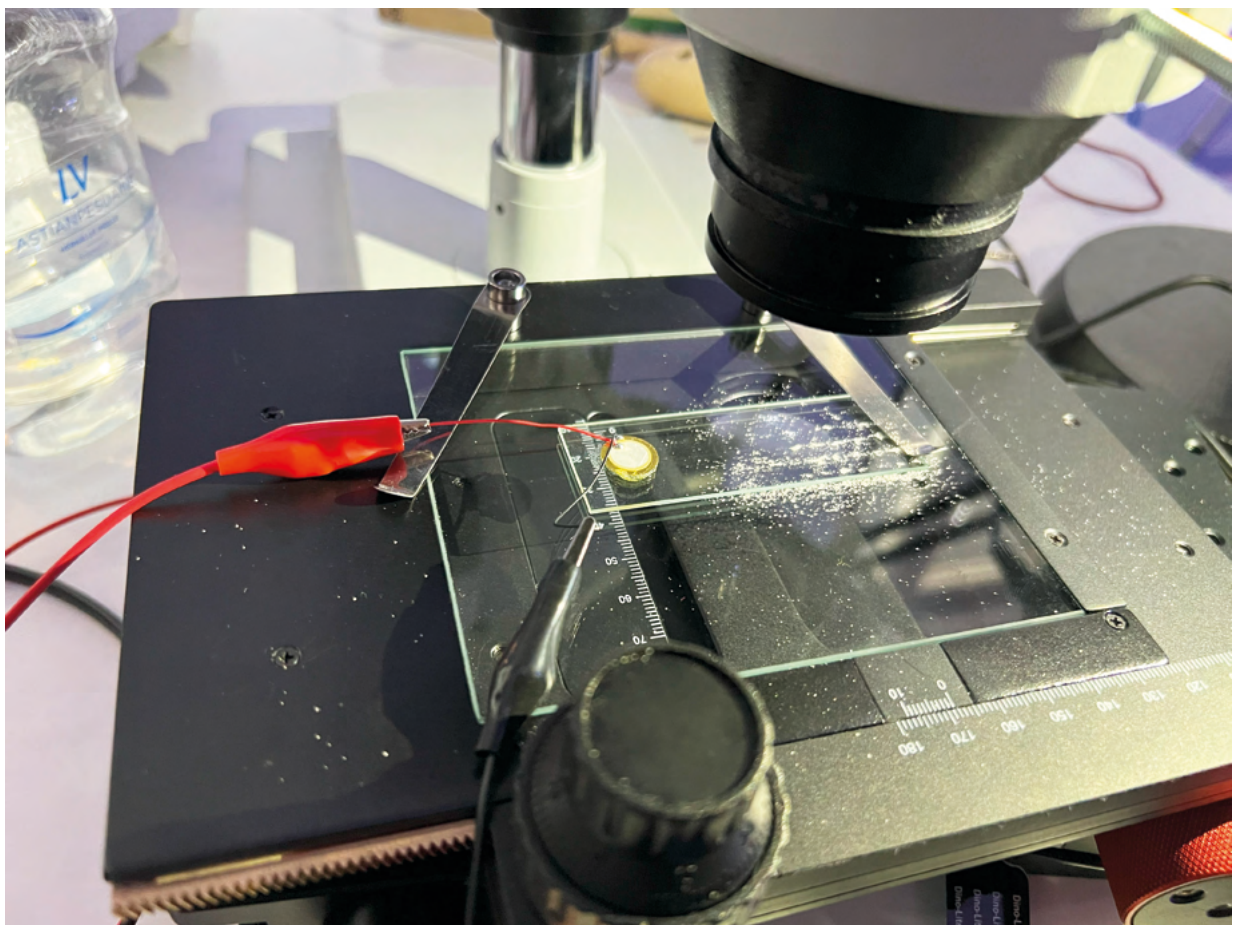
Vaikka ääni usein arkikokemuksessa tuntuukin immateriaaliselta, lähes hengelliseltä aistimukselta - sen välitöntä aiheuttajaa ei voi nähdä, maistaa, haistaa tai koskettaa kuin vain hyvin äärimmäisissä tapauksissa - on se tosiasiaa kuitenkin fyysinen, molekyylien ja muiden esineiden liikkeeseen perustuva aistihavainto. Akustinen nukenkäsittely onkin mahdollista juuri saman ilmiön ansiosta, jonka tunnet, kun konsertin bassotaajuudet tuntuvat vatsassa, tai tärisyttävät istuinta: kaiuttimista säteilevät ääniaallot kohtaavat vatsasi tai istuimet, aiheuttaen niissä havaittavaa liikettä. Soivan nuotin aallonpituuden ja istuimen eri osien pituuden ja materiaalin harmonisten ominaisuuksien suhteesta riippuen eri osat istuimesta värisevät eri tavoin.

Kuten tohtori Zexi Liang meille demonstroi Cornellin yliopistolla, on tätä ilmiötä mahdollista käyttää esineiden hallittuun ja hallitsemattomaan käsittelyyn. Selvittääksemme miten tämä käytännössä häneltä onnistuu, on meidän avattava kaksi varsin teknistä käsitettä: seisova aalto ja vaihesiirtymä.

Kun melodianpätjän lurauttamisen sijasta etsimme nuotin, joka resonoi tilassa poikkeuksellisen hyvin ja jatkamme tuon saman nuotin tuottamista voimme synnyttää huoneeseen ns. seisovan aallon. Tilaan syntyy akustisesti puolittain vakaa tila, jossa tietyissä kohtaa huonetta ilma liikkuu ääniaallon kanssa erityisen paljon ja toisissa paikoissa pysyy täysin paikoillaan. Näitä pisteitä kutsutaan *solmukohdiksi*.² Kuuloaistimuksena tämä välittyy usein tietyssä tilassa poikkeuksellisen voimakkaasti kaikuvana äänenä. Riittävän matalilla taajuuksilla ilmiön voi todeta korvien lisäksi tuntoaistin avulla: kehnosti akustoidulla tanssilattialla on pisteitä, joissa tietyt bassonuotit kuuluvat ja tuntuvat kehossa erityisen voimakkaasti, kun taas toisissa kohdissa bassotaajuuDET katoavat kokonaan.

Nukenkäsittelijän näkökulmasta seisovassa aallossa kyse on kaiuttimin luodusta vakaasta akustisen energian kentästä: nukkea ympäröivä aaltoileva voimakenttä, esimerkiksi ilma³, saatetaan paikallisesti hallittuun resonoivaan tilaan - seisovaksi aallokoksi. Tuota resonaatiota muokkaamalla voimme vaikuttaa voimakentässä oleviin kappaleisiin - ja näin ollen kirjaimellisesti nukettaa noita kappaleita äänen voimalla.

Jotta akustisessa voimakentässä kylluva kappale saataisiin vietyä hallittuun liikkeeseen, pitää nukettajan manipuloida seisovaa aaltoa. Vaihesiirtymässä on kaikessa yksinkertaisuudessaan kyse siitä, että siirrämme seisovan aallon solmukohtia huoneessamme haluttuihin paikkoihin.



Piezoelementillä näytelasiin tuotetut seisovat aallot muodostavat viivoja hiekkaan (chinchilloille tarkoitettua kylpyhiekkaa). Kuva: Aati Hanikka

² Englanniksi nodes.

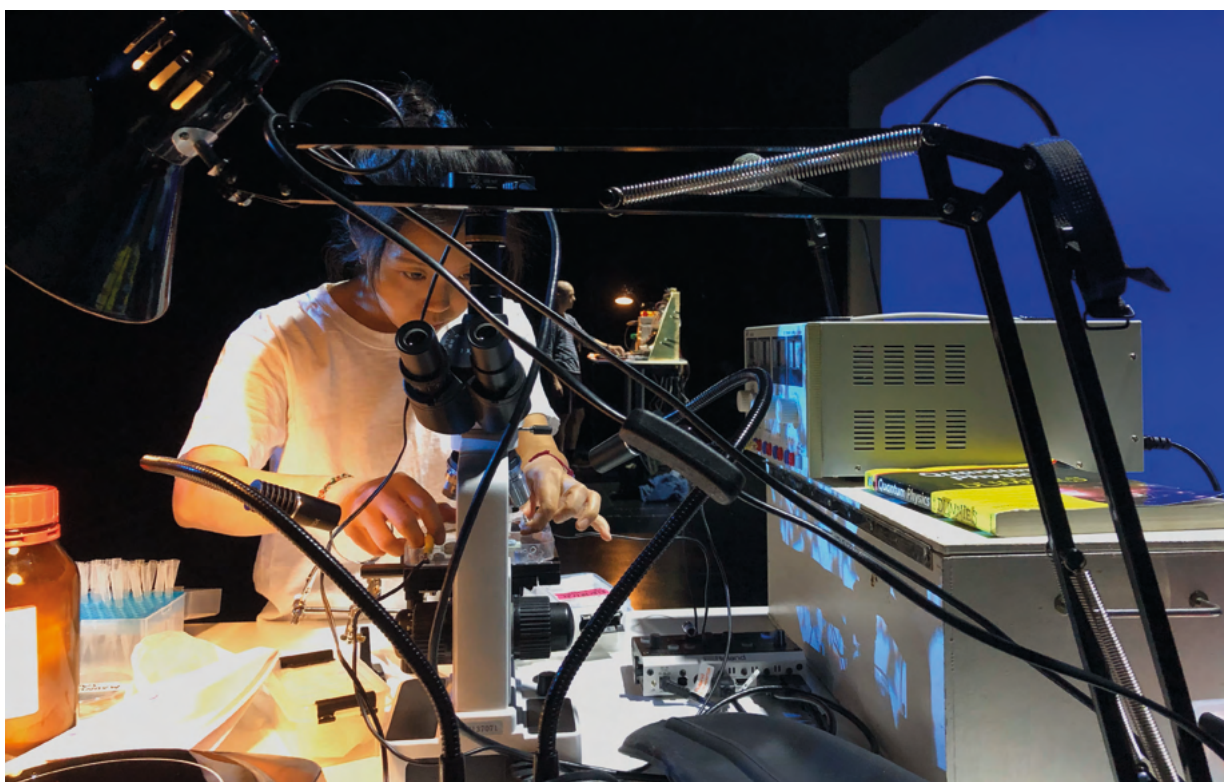
³ Tai mikä tahansa välittäjäaine, jossa paineaallot voivat vapaasti kulkea. Esimerkiksi vesi tai metallilevy voi toimia joidenkin materiaalien manipulaation välittäjäaineena paremmin.

Aallon vaihe tarkoittaa kirjaimellisesti toistuvan ääniaallon kierron kohtaa: sitä onko ilmanpaineen vaihtuminen juuri nyt huipussaan, aallonpohjassaan, vaiko jossain siltä väliltä. Kun vaihe siirtyy akustisessa kentässä, joka on muodostanut seisovan aallon, siirtyvät seisovan aallon solmukohdat vaihesiirtymän mukaisesti samalla kun akustinen kenttä muuten pysyy vakaana.⁴

Kun akustinen kenttä asettuu seisovaan aaltoon, syntyy koko kentän alueella kahdenlaisia nukenkäsittelyn kannalta olennaisia alueita tai pisteitä: Seisovan aallon solmukohdat, joissa akustinen liike on siis joko poikkeuksellisen suurta tai pientä, vaikuttavat nukkeihin eri tavoin. Poikkeuksellisen suuren liikkeen alueilla nuket tärisevät, hyppäilevät ja lopulta siirtyvät toisaalle. Ne kohtaavat jatkuvasti johonkin suuntaan työntäviä ääniaaltoja, ja niinpä ne liikkuvat.

Toisissa solmukohdissa, joissa ääni ei kuulu ollenkaan, eli akustinen energia loistaa poissaolollaan, nuket taas asettuvat lepoon, ja pysyvät paikallaan. Sopivan tiukassa aallokossa nukke saattaa hypähdellä vienosti edestakaisin, kun suuren akustisen liikkeen solmukohdat ovat kaikilta puolilta riittävän lähellä nukkea itseään. Suuren liikkeen solmukohdissa liike on pääsääntöisesti kaoottista. Hallittu nukan liike saavutetaankin hyödyntämällä seisovan aallon hiljaisia solmukohtia ja vaihesiirtymää: Kun nukke on asettunut hiljaiseen solmukohtaan, alkaa nukettaja siirtämään akustisen kentän vaihetta. Aina kun suuren energian solmukohta siirtyy nukan luo, liikahtaa se johonkin suuntaan ja asettuu yleensä takaisin (nyt siirtyneeseen) hiljaiseen solmukohtaan. Kun vaihetta näin siirretään yhtäjaksoisesti, liikkuu nukke akustisen kentän mukana suhteellisen hallitusti.

Aalto Yliopiston professori Quan Zhou kehittää akustisen manipulaation menetelmää, joka taas perustuu värähtelevän kappaleen aiheuttamien liikkeiden todennäköisten suuntien kartoittamiseen. Kun tiedämme riittävän suurella tarkkuudella jokaisen kappaleen pinnan kohdalla jokaisella mahdollisella taajuudella syntyvän liikkeen suunnan, voimme seisovan aallon ja vaihesiirtymän sijaan liikuttaa nukkea kappaleen pinnalla soivan sävelen korkeutta jatkuvasti vaihtamalla.



Esiintyjä En Ping Yu työssään. Kuva: Iiris Syrjä

⁴ Tarkempaa ja tieteellisempää akustiikan perusilmiöiden selvitystä esim: Berg RE & Stork DG, The Physics of Sound (Prentice-Hall 1982), ilmaiseksi luettavissa: <https://archive.org/details/physicsofsound00berg> (noudettu 5.12.2022)

Laajempi artikkeli verkossa

Artikkelipari on luettavissa kokonaisuudessaan selaimessa. Se löytyy alla olevien QR-koodien ja linkkien takaa.

Osa 1. (ääni ja sähkö)

<https://auraofpuppets.com/fysiikan-sovelluksia-nukenkasittelytekniikoiksi-osa-yksi/>



Osa 2. (suspensiot ja origamit)

<https://auraofpuppets.com/fysiikan-sovelluksia-nukenkasittelytekniikoiksi-osa-kaksi-suspensiot-ja-origamit>



Lähteet

Berg RE & Stork DG, The Physics of Sound (Prentice-Hall 1982) <https://archive.org/details/physicsound00berg> Noudettu 5.12.2022

Central Japan Railway Company 2017: *The Rewiev - Superconducting Maglev* https://global.jr-central.co.jp/en/company/_pdf/superconducting_maglev.pdf Noudettu 30.11.2022

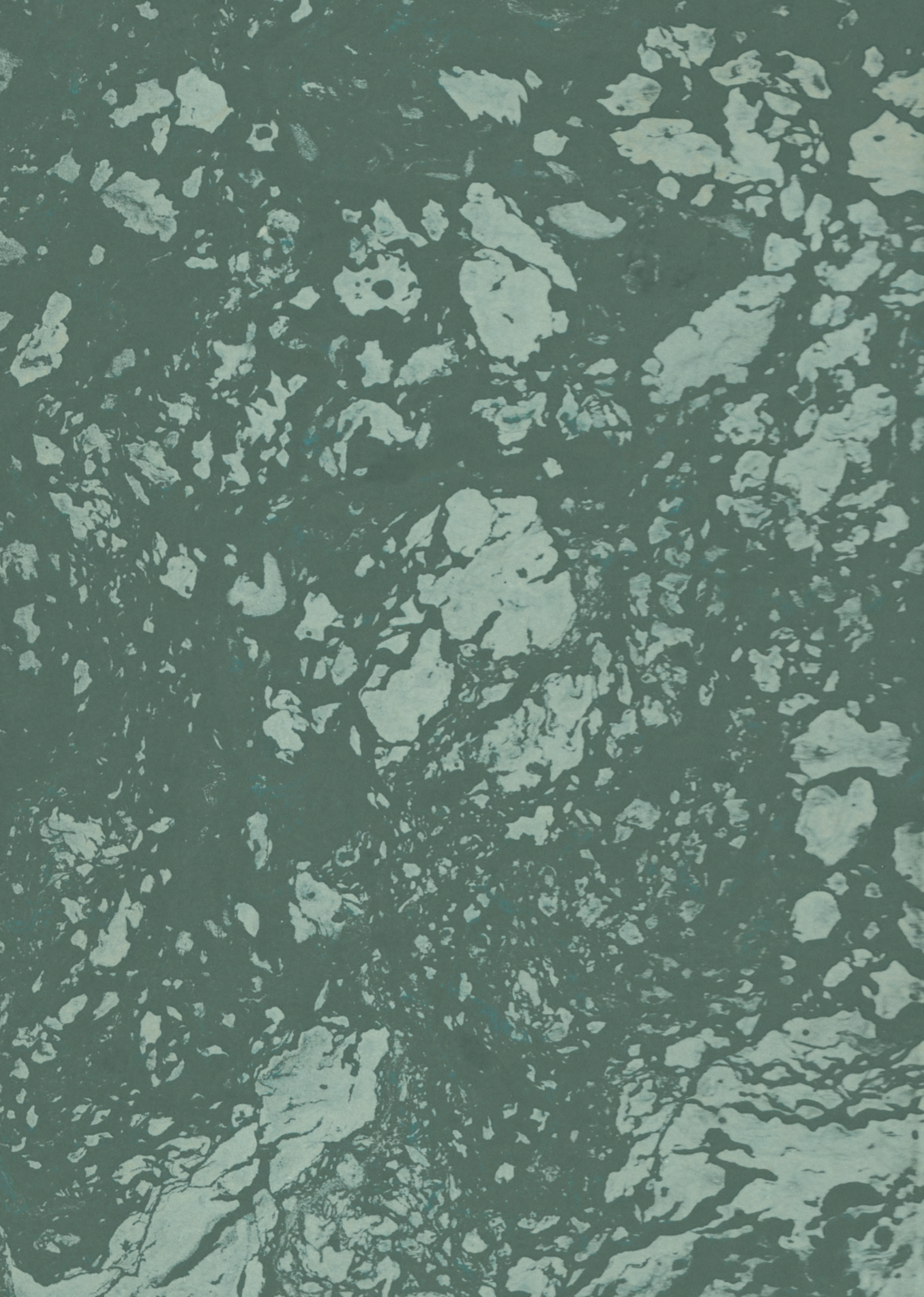
Chodos, A. (Ed.) 2009: *This month in physics history: October 22, 2004: Discovery of Graphene*, APS News 18(9):2, www.aps.org/publications/apsnews/200910/physicshistory.cfm Noudettu 21.6.2022

Cornell Chronicle. Nutt, D. *Brains on Board: Smart Microrobots Walk Autonomously*. <https://news.cornell.edu/stories/2022/09/brains-board-smart-microrobots-walk-autonomously> Noudettu 5.12.2022

Miskin, M.Z., Cortese, A.J., Dorsey, K. et al. *Electronically integrated, mass-manufactured, microscopic robots*. Nature 584, 557–561 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41586-020-2626-9> Noudettu 27.6.2022

Niu, Ran, Chrisy Xiyu Du, Edward Esposito, Jakin Ng, Michael P. Brenner, Paul L. McEuen, and Itai Cohen. *Magnetic handshake materials as a scale-invariant platform for programmed self-assembly*. Proceedings of the National Academy of Sciences 116, no. 49 (2019): 24402-24407.

Reynolds, M.F. et al. (2022) *Microscopic robots with onboard digital control*, Science Robotics, 7(70), p. eabq2296. Available at: <https://doi.org/10.1126/scirobotics.abq2296>. Noudettu 5.12.2022



Inspiraation ja tiedon lähteitä

Emme ole yksin maailmassa, eikä tätä teosta olisi ilman kaikkea meitä ympäröivää todellisuutta. Tässä taidetta ja kirjallisuutta, joista on ollut meille iloa:

1st. Ave Machine. 2013. A Boy and His Ato: The World's Smallest Movie, a stop-motion animation made with carbon monoxide molecules. Armonk: IBM Research <https://www.youtube.com/watch?v=oSCX78-8-q0>

Active Matter -tutkimusryhmä, Aalto-yliopisto, verkkosivu:
<https://www.aalto.fi/en/departments-of-applied-physics/active-matter>

Barad, Karen. 2007. Meeting the Universe Halfway: The Entanglement of Matter and Meaning, Durham & London: Duke University Press.

Barad, Karen. suom. Arlander, Annette. 2019. Posthumanistinen performatiivisuus - Kohti ymmärrystä siitä, miten materiaali merkityksellistyy, julkaisussa: Nauha, T. Annette, A., Järvinen, H. ja Porkola, P. (toim.). 2019. Performanssifilosofiaa: esitysten, esiintymisten ja performanssien filosofiasta performanssijatteluun, Teatterikorkeakoulu, Taideyliopisto, Helsinki: Nivel 12, verkossa: nivel.teak.fi/performanssifilosofiaa.

Bennett, Jane. suom. Kilpeläinen, T. 2020. Materian väre, Eurooppalaisen filosofian seura ry. Tampere: Niin&Näin.

Briggs, Raymond. 1994. The Man. Random House Children's Publishers UK

Cornell Arts and Science 2022: Walking microscopic robots with brains, Youtube-video:
<https://www.youtube.com/watch?v=e77e0wj3f4M>

Enqvist, Kari. 1996. Näkymätön todellisuus, Helsinki: WSOY.

Falke, Ismael. 2001. Keppi, porkkana ja musta laatikko, Turku: Sixfingers Theatre.

Falke, Ismael. 2021. Niin se vain on: Maailmankaikkeus nukketatteriesityksenä, Turku: Grus Grus Teatteri.

Hurwitz, Jonty. 2020. The Art and Science of Love. TEDx TedTalks
<https://jontyhurwitz.com/hurwitz-blog/the-art-and-science-of-love-tedx-watch-it-here>

Itai Cohen Goup, Cornellin yliopisto, verkkosivu: <https://cohengroup.lassp.cornell.edu/>

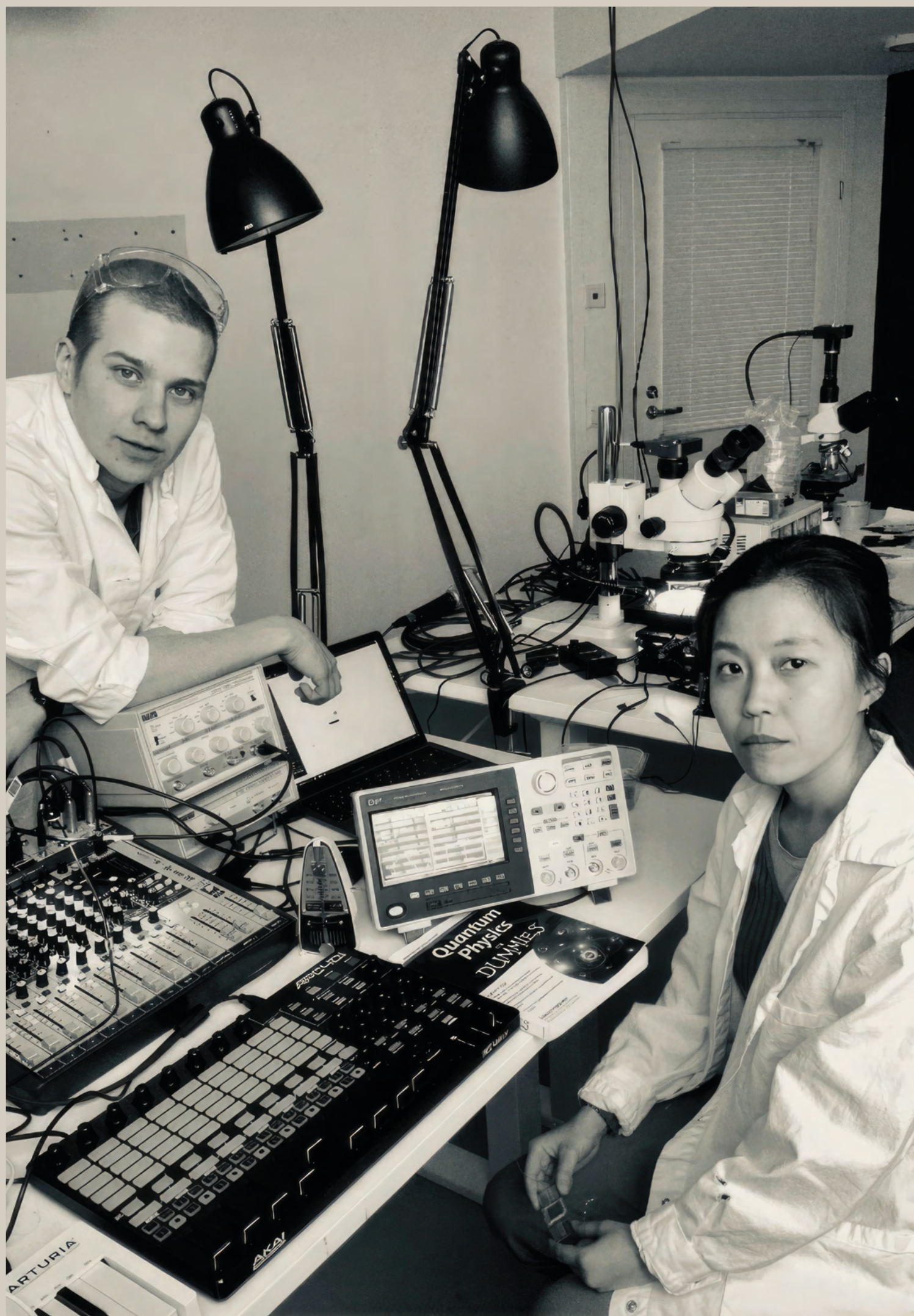
Morton, Timothy. 2013. Hyperobjects. Philosophy After the End of the World, University of Minnesota Press.

Paukku, Timo 2013: Kymmenen uutta ihmettä: teknologiat, jotka muuttavat maailmaa, Gaudeamus.

Popova, Maria. 2019. Figuring, New York: Penguin Random House LLC.

Rossi, Paolo. Suom. Talvio, L. 2010. Modernin tieteen synty Euroopassa, Tampere: Vastapaino.

Kašiarova & coll. 2022. Mnohodíneč, a Performative Non-Solo, Praha: Studio Alta



Kiitos

Tukea, rakkautta, uskoa ja kiinnostusta osoittaneet kotijoukot Emma, Aava, Eila, Pekka, Liina, Iita, Taavi, Eglé, Aliisa, Linda ja Helka

Nykyesityksen näyttämön kuraattorit Suvi Tuominen, Riikka Thitz ja Tuomas Laitinen

Helsingin Kaupunginteatterin dramaturgiaatti sekä studio Pasilan Teppo Saarinen, Miika Storm, Paula Ojala, Satu Noroluoto-Fäldt, Matti Heikkilä ja Arto Jormakka

Aura of Puppetsin Jesper Dolgov, Emma Kaari ja Taru Tuomisto

Aalto-yliopiston Heidi Henrickson, professori Quan Zhou ja hänen tutkijansa Artur Kopitca, professori Jaakko Timonen ja hänen tutkimusryhmänsä, erityisesti Nikos Kyriakopoulos, Tytti Kärki ja Fereshteh Sohrabi, lisäksi Martin Lennox, Space 21, Jason Selvarajan, Väre Takeout, Tiina Forsberg, Tiina Maltzeff, Camilla Hanganpää, Johanna Haapalainen, Josh Krute ja Rita Hatakka

Cornellin yliopiston professori Itai Cohen ja hänen koko tutkimusryhmänsä, erityisesti Zexi Liang, Anna Barth ja Kemper Ludlow, lisäksi Michael Reynolds, Thomas "Tom" Pennell sekä Sara Eddleman

Tsekin tiedeakatemian professori Martin Ledinský ja hänen tutkimusryhmänsä, erityisesti atomivoimamikroskooppi-insinööri Matěj Hyvl

Helsingin yliopiston professori Sami-Pekka Hirvonen ja tohtoritutkija Gianni Vettese

Kreetan yliopiston väitöskirjatutkija Alexandros Tsouros

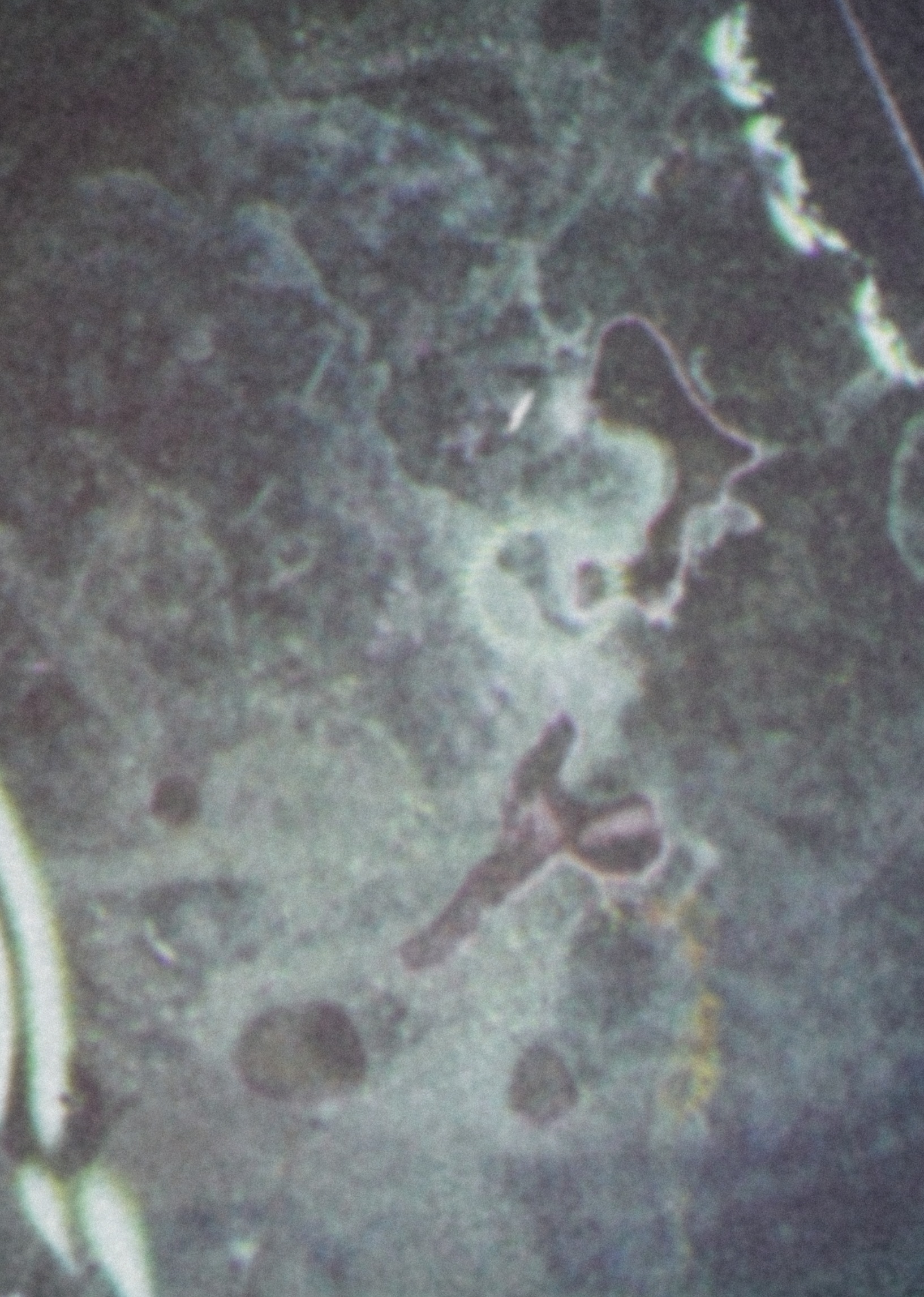
Tampereen yliopiston professori Arri Priimägi

Työvälineitä lainanneet Grus Grus Teatteri ja Aurinkobaletti

Markkinointiapuna toimineet Metropolitan Puppets ja Akhil Soni

Kollegiaalista tukea antaneet Jonty Hurwitz, Anna Karmala, Perrine Ferrafiat, Zai Sainio, Anna Törrönen, Magnús Sigurðarson, Henry Pöyhiä, Jesper Dolgov, Henriikka Nyberg, Tarmo Tikkinen ja Ishmael Falke

Kaikki matkan varrella tukea, kannustusta ja uskoa tarjonneet

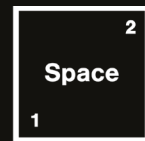




OPSTART



Taiteen edistämiskeskus
Centret för konstfrämjande
Arts Promotion Centre Finland



Nykyesityksen
näyttämö



FZU
Institute of Physics
of the Czech
Academy of Sciences



A? Aalto University