

TIETEESSÄ. TAPAHTUU!

**OIVALLUS
JA EREHDYS**

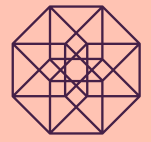
Liikaa lyijyä

Miksi SpaceX-yhtiötä vihataan?

Kirurgisia leikkauksia, joita ei tulisi tehdä

Vaahtokarkki muuttuu makkaraksi

Luovasta mielestä ja intuitiosta



Tieteellisten seurain
valtuuskunta

5

2024

TIETEESSÄ. TAPAHTUU

VOL 42 NRO 5 (2024)

PÄÄKIRJOITUS

ANNA KOTAVIITA

3 – Tulevaisuususkoa oivalluksista ja erehdyksistä

Tieteessä tapahtuu -lehti kokoaa yhteen eri tieteenalat. Se on foorumi ajankohtaisille ja yleistajuisille tiedeartikkeleille sekä keskustelulle tieteestä ja tiedepolitiikasta.

Journal.fi-palvelussa sijaitsevasta PDF-lehdestä löytyvät jokaisen numeron pääkirjoitus, artikkelit ja tiedemaailma-artikkelit. Muut kirjoitukset, kuten kirja-arviot, ovat vain verkkolehdessä osoitteessa www.tieteessatapahtuu.fi.

SISÄLLYS

ARTIKKELIT

TUOMAS HEIKKILÄ

6 – Monitieteiset menetelmät paljastavat keskiaikaisten tekstien likaisia salaisuuksia

ELINA LEHTONEN JA JUSSI S. HEINONEN

12 – Liikaa lyijyä – kertomus siitä, kuinka kivien iän määrittäminen johti lyijyttömään bensiiniin

JARI MÄKINEN

17 – Miksi SpaceX-yhtiötä vihataan?

MAARIT KOPONEN

23 – Vaahtokarkki muuttuu makkaraksi – väärin käännetty vai luovasti oivallettu?

JUKKA JOUHKI

27 – Antropologin ylitulkintoja Intiassa

MALIN SUND JA VILLE SALLINEN

32 – Kirurgisia leikkauksia, joita ei tulisi tehdä

TIEDEMAAILMA

OILI-HELENA YLIJOKI

37 – Onko tieteessä aikaa ja tilaa oivaltamiselle?

KAISA KUURNE JA PENTTI TIENARI

41 – Tieteellisen oivaltamisen jäljillä – luovasta mielestä ja intuitiosta



Tieteellisten seurain
valtuuskunta

TOIMITUS

Päätoimittaja: **Anna Kotaviita**
Toimituspäällikkö: **Kuutti Koski**

Taitto: **Anne Haapanen**
Ulkoasu: **Marko Myllyaho**

Kirkkokatu 6
00170 Helsinki
Puh. 044 493 9020
tieteessatapahtuu@tsv.fi

TOIMITUSNEUVOSTO

Professori **Johanna Arola**,
pääsihteeri **Ulla Järvi**, tiede- ja taide-
rahoituksen johtaja **Kalle Korhonen**,
päätoimittaja **Anna Kotaviita**,
yliopistonlehtori **Anna-Kaisa**
Kuusisto, toiminnanjohtaja
Lea Ryyänen-Karjalainen,
professori **Kimmo I. Tuominen**,
ylikirjastonhoitaja **Kimmo K. Tuominen**,
tutkijatohtori **Johanna Vuorelma**
ja toiminnanjohtaja **Kaisa Välimäki**
(puheenjohtaja)

JULKAISIJA

Tieteellisten seurain valtuuskunta

Ilmestyy 5 kertaa vuodessa
42. vuosikerta

Seuraava numero ilmestyy 12.2.2025.
Viimeinen aineistopäivä siihen on
15.1.2025.

ISSN 1239-6540



TULEVAISUUSUSKOA OIVALLUKSISTA JA EREHDYKSISTÄ

Vuoden viimeinen *Tieteessä tapahtuu* -lehden numero on omistettu oivalluksille ja erehdyksille. Luvassa on asiaa muun muassa lyijyttömän bensiinin synnystä, antropologisista ylitulkinnoista Intiassa, keski-ikäisten tekstien likaisista salaisuuksista sekä kiistellyn SpaceX:n avaruuslennoista. Tiedemaailmassa pohditaan, onko tutkijoilla enää aikaa oivaltaa. Numero on kurkistus tammikuun alussa 2025 vietettävän Suomen suurimman tiedetapahtuman, Tieteen päivien, teemaan.

Teema antaa hedelmällisen kentän tarkastella menneisyyttä ja sitä, minkälaiset oivallukset ja erehdykset ovat muokanneet tulevaisuutta. Tällä hetkellä elämme aikaa, jolloin nykyhetki on ylikorostunutta historiallisen perspektiivin kustannuksella. Tulevaisuuttamme muokkaavat lehdessämme käsitelty vaalien supervuosi, joka huipentui Yhdysvaltojen presidentinvaaleihin. Vaalien lopputulos tulee todennäköisesti vain voimistamaan sellaisia suuria olemassa olevia uhkakuvia kuin ilmasto- ja ympäristöhätätila, demokratian heikkeneminen ja kasvava yhteiskunnan polarisoituminen. Ne ovat läsnä jokaisen arjessa haastaen tulevaisuususkamme.

Tulevaisuususkoon vaikuttavat myös kansallisen tason päätöksemme. Opetus- ja kulttuuriministeriö on nimennyt vuoden 2024 Sivistyksen teemavuodeksi. Se on kaikille avoin tapahtumien vuosi, jonka aikana sivistyksen päältä pyyhitään pölyt. Teemavuosi on tärkeä keskustelunavaus, mutta en voi olla ajattelematta, minkälaisen viestin nykyinen hallitus antaa sivistyksen tulevaisuudesta. Vaikkakin tutkimus-, kehitys- ja innovaatorahoitus nousee, kulttuurilta, kansalaisjärjestöil-



KUVA: ANNE HAAPANEN

ANNA KOTAVIITA
on *Tieteessä tapahtuu*
-lehden päätoimittaja
ja Tieteellisten seurain
valtuuskunnan (TSV)
viestintäpäällikkö.

tä ja vapaasta sivistystyöstä leikataan valtavia summia, jotka ovat kuitenkin suhteessa kokonaisbudjettiin pieniä. Erilaisia talous-, investointi- ja rahoitusmalleja on luonnollisesti kehitettävä, mutta nyt uusien rakenteiden luomiseen ei juurikaan jää aikaa. Ajankohtaista arvokeskustelua toivoisi myös siitä, kuinka Suomesta vuotaa Venäjälle Keski-Aasian kautta tuotteita kansainvälisten pakotteiden vastaisesti ja kuinka Suomi hankkii Israelilta puolustusteknologiaa, kun Gazassa on käynnissä sota.

Tulevaisuuskoon tarvitsemme arvovalintoja ja vision siitä, minkälaista Suomea ja maailmaa haluamme rakentaa. Tulevaisuus on aktiivista tekemistä, eikä passiivista vastaanottamista. Arvojohtajuuden ja siihen perustuvan toiminnan tulisi rakentaa sivistystä, yhdenvertaisuutta ja osallisuutta sekä kunnioittaa niin toisia ihmisiä kuin luontoa. Tarvitsemme tiedettä, tutkimusta ja eri alojen systemaattista yhteistyötä sekä pitkäjänteistä panostusta koulutukseen ja tutkimukseen sekä tutkijoiden mahdollisuuksiin työskennellä vapaasti ilman painostusta. Tarvitsemme vähemmän vastakkainasettelua ja enemmän tutkimusperustaiseen tietoon perustuvaa päätöksentekoa.

Sivistys ei ruoki itseään. Siitä täytyy pitää huolta, luoda sille tilaa, aikaa ja mahdollisuuksia. Sivistys auttaa oivallusten ja erehdysten arvioinnissa. Kummastakin on osattava ottaa vastuuta ja ennen kaikkea oppia. Mitä voisimme sinusta oivaltaa menneisyydestä, jotta välttyisimme nykypäivän erehdyksiltä? Kannustan ainakin siihen, ettemme anna periksi passiivisuudelle, vaan teemme yhdessä aktiivisesti tulevaa ja rakennamme luottamusta hyvään.

**Tulevaisuuskoon
tarvitsemme
arvovalintoja ja vision
siitä, minkälaista
Suomea ja maailmaa
haluamme rakentaa.**

Antoisaa lukukokemusta oivalluksen ja erehdyksen parissa ja tervetuloa pohtimaan aiheita Tieteen päiville!

Kiitos kaikille lukijoille kuluneesta vuodesta tieteen ja tutkimuksen parissa. Lämmin kiitos myös tämän vuoden toimituspäällikön sijaisena toimineelle **Kuutti Koskelle**.

Tieteessä tapahtuu -lehden julkaisija on Tieteellisten seurain valtuuskunta, joka on Tieteen päivien pääjärjestäjä ja yksi Sivistyksen teemavuoden pääkumppaneista. Sivistyksen teemavuotta koordinoi KVS-säätiö.

ARTIKKELIT

TUOMAS HEIKKILÄ

MONITIETEISET MENETELMÄT PALJASTAVAT KESKIAIKAISTEN TEKSTIEN LIKAISIA SALAISUUKSIA

Keskiaikaisten tekstien tutkijat lainaavat menetelmiään muun muassa evoluutiobiologiasta, tietojenkäsittelytieteestä ja graafisen teollisuuden tarpeisiin kehitetystä värisävyjen mittaamisesta. Uusilla menetelmällisillä oivalluksilla tutkijat pääsevät tekstien valmistamisen, leviämisen ja lukijoiden kirjallisen maun jäljille.

Nykyisen Euroopan juuret ovat keskiajalla. Sen aikana antiikin arvoista ja perinnöstä, kristinuskon käytännöistä ja paikallisista tavoista muovautui meille nykyisinkin tuttu ajatus yhteisestä eurooppalaisesta kulttuuripiiristä.

Tärkein työkalu keskiajan Euroopan kehityksessä ei ollut miekka tai aura – vaan kirja. Kirjoitettu sana oli aikansa ylivoimainen informaatioteknologia, jonka välityksellä ajatuksia voitiin säilöä sukupolvelta toiselle ja siirtää pitkiä matkoja. Kirjoittamiseen nojautuivat yhteiskunnan kulmakivet, kuten muistiin merkityt uskonkappaleet, kirjoiksi kootut lait, kaupan kansainväliset verkostot ja nykyisyydestä ikuisuuteen velvoittavat sopimukset.

Kirjallinen kulttuuri tarjoaa tutkijalle parhaan ja laajimman näkymän keskiajan vuosi-

satoihin. Harmi kyllä, kyse ei ole vapaasta maisemasta vaan pikemmin kurkistusaukosta, sillä keskiaikaisia kirjallisia lähteitä on tuhoutunut suunnaton määrä. On arvioitu, että keskiajalla käsin kirjoitetuista ja painetuista miljoonista kirjoista on säilynyt meidän päiviimme alle kymmenesosa. Erilaisten asiakirjojen osalta tilanne on vielä huonompi: kenties vain sadasosa aikanaan laadituista teksteistä on nykytutkijan käytettävissä. Silti keskiaikaisia kirjallisia lähteitä on säilynyt edelleen satoja tuhansia.

Kun päätelmät menneisyydestä on tehtävä näin laajan mutta samalla hyvin vajanaisen aineiston pohjalta, tutkijan on hiottava metodologiset aseensa äärimmilleen. Seuraavassa esittelen kolmea viimeaikaista oivallusta, joiden avulla keskiaikaiset tekstit saadaan kertomaan menneestä mahdollisimman kauno-

OIVALLUS
JA EREHDYS

TIETEEN PÄIVIEN
TEEMANUMERO

Muutama vuosi sitten oivallettiin, että pergamenttia voi lähestyä myös biomolekyylien tutkimuksen modernein menetelmin.

puheisesti. Ne liittyvät kirjojen ja asiakirjojen valmistamiseen, tekstien leviämisen ja kehityshistorian rekonstruoimiseen sekä vuosisatojen takaisen kirjallisen maun selvittämiseen.

DNA:TA JA PIGMENTTEJÄ TUTKIMALLA TEKSTIEN VALMISTAMISEN JÄLJILLE

Tekstit, asiakirjat ja kirjat olivat keskiajalla hankalia valmistaa. Niiden laatiminen edellytti arvokkaita materiaaleja ja laajaa tietotaitoa, joiden tutkiminen antaa tietoa kulttuurisista ja taloudellisista verkostoista.

Keskiajan käytetyin kirjoitusala oli pergamentti, jota saatiin esimerkiksi vasikan, lampaan tai vuohen nahasta. Valmistusprosessi oli monimutkainen, ja käytetyissä materiaaleissa ja lopputuloksessa oli eroja, jotka kertovat tietotaidon leviämisestä ja sen muokkaamisesta.

Perinteisesti pergamenttieläinten jäljille on yritetty päästä tarkastelemalla nahan pinnassa toisinaan näkyviä karvatuppia ja päättelemällä niiden perusteella, mistä otuksesta kirjan lehti oli valmistettu. Tulokset ovat useimmiten vaatimattomia ja epävarmoja. Lajinmääritys ei useinkaan onnistu, ja var-

makaan tieto vain eläimen lajista ei auta tutkijaa kovin pitkälle keskiajan kirjallisen kulttuurin hämäriin.

Muutama vuosi sitten oivallettiin kuitenkin, että pergamenttia voi lähestyä myös biomolekyylien tutkimuksen modernein menetelmin. Koska pergamentti on nahkaa, se sisältää esimerkiksi DNA:ta ja proteiineja. Niiden tutkimus avaa täysin uusia mahdollisuuksia keskiaikaisten käsikirjoitusten ja kirjojen aineellisen puolen tuntemukseen. Tutkimus-suuntausta kutsutaan biokodikologiaksi.

DNA- ja proteiinitutkimus voivat parhaassa tapauksessa paljastaa kirjalliseksi lähteeksi päätyneen eläimen lajin, sukupuolen, ruokavalion, kotiseudun, iän ja mahdolliset sairaudet. Tämänkaltainen tieto tuo käsikirjoitustutkimukseen mukanaan aivan uuden puolen, joka liittyy kirjallisen kulttuurin ruohonjuuritason käytännöt suoraan esimerkiksi keskiajan taloudellisiin ja koulutuksellisiin verkostoihin ja niiden tuntemukseen.

Aiemmat luonnontieteelliset analyysit, kuten radiohiiliajoitus, edellyttivät varsin suurta näytettä, ja vain harva arkisto tai kirjasto suostui näytteen leikkaamiseen irti arvokkaan keskiaikaisen teoksen sivuilta. Va-

jaa vuosikymmen sitten **Sarah Fiddymen** kollegoineen kehitti kuitenkin uuden menetelmän näytteenottoon. He havaitsivat, että kun pergamenttia pyyhkii tavallisella pyyhkeellä, kumista irtoava puru sisältää riittävästi näytettä biokodikologiseen analyysiin. Taustalla on sama mekanismi kuin jos han-

kaat ilmapallolla hiuksiasi: hiuksesi nousevat pystyyn, kun taas pyyhekumin tuottama hankaussähkö saa pergamentista irtoamaan DNA:ta ja proteiineja.

Keskiaikaiset tekstit kirjoitettiin ja painettiin musteella, jonka koostumus vaihteli ajasta ja paikasta toiseen. Erilaisia muste-



Pergamentti valmistettiin monimutkaisella prosessilla esimerkiksi vasikan, lampaan tai vuohen nahasta. Kuvassa mies valmistaa pergamenttia (puupiirros vuodelta 1568).



KUVAN LÄHDE: WIKIMEDIA COMMONS

1400-luvulla elänyt kirjuri, kääntäjä, kirjailija ja pappi Jean Miélot työnsä ääressä (miniatyyri 1400-luvun lopulta).

reseptejä oli lukemattomia, ja niihin käytettyjä ainesosia sanelivat perinteet, uudet innovaatiot sekä etenkin käytettävissä olevat väripigmentit. Esimerkiksi Suomessa ei ollut helposti saatavilla moneen eteläisempään reseptiin kuuluvaa akaasian mahlaa tai Afganistanista tuotua lasuurikiveä, vaan ne oli korvattava paikallisilla aineksilla. Siksi musteiden pigmenttien tutkimus kertoo omaa

tarinaansa materiaalisista kulttuuriyhteyksistä ja kirjallisen tietotaidon verkostoista.

Pigmenttejä tutkitaan nykyisin erilaisin alkujaan muihin käyttöihin kehitetyin kuvantamismenetelmin, kuten Raman-spektroskopiolla, röntgenfluoresenssispektrometrialla ja hyperspektrikuvauksella. Niiden avulla voi analysoida ja lopulta vertailla eri musteiden koostumusta.

Tietokoneavusteisen stemmatologian menetelmävalikoima on laajentunut digitaalisten ihmistieteiden esiinmarssin myötä.

Kuvatut menetelmät tekevät Suomessa tuloaan keskiajan kirjallisen kulttuurin tutkimukseen. Niitä hyödyntää esimerkiksi Suomen Akatemian rahoittama CHARM (Combining Humanities And natural science Research to study Medieval texts, scribes, and craftsmanship) -projekti, jossa perehdymme **Tuuli Kasson** kanssa kirjojen ja asiakirjojen tuotantoon keskiajan Suomessa. Samoja menetelmiä käyttää myös Euroopan tutkimusneuvoston rahoittama kansainvälinen CODICUM-hanke, jossa suomalaiset ovat keskeisesti mukana.

MITEN TUTKIA TEKSTIEN KEHITYSTÄ JA LEVIÄMISTÄ?

Kulttuurimme perusta rakennettiin keskiajalla teksteistä. Jo vuosisatoja sitten oivallettiin, että avain niiden leviämisen, vaikutuksen, muuntumisen ja kehityksen ymmärtämiseen löytyy tavasta, jolla tekstit tuotettiin. Aina kirjapainotaidon kehittämiseen saakka kaikki tekstit kirjoitettiin näet käsin.

Käsin kirjoittaessa tai kopioidessa teksti muuttuu väistämättä. Ihminen tekee helposti virheitä: jokin sana jää kopioimatta, silmä

hyppää rivin yli, kääntää pari sanaa toiseen järjestykseen tai ei saa selvää aiemmasta, korva kuulee sanelun väärin tai mieli muistaa näennäisen tutun kohdan toisin.

Kirjoittajien virheiden ja tahallisten muutosten seurauksena nimellisesti sama teksti muuntui hiljalleen, kun sitä levitettiin ja kopioitiin yhä uudelleen. Kun kukin uusi kirjoittaja kopioi aiemmat muutokset ja lisäsi niihin omansa, tekstien erot kertautuivat. Lopulta pitkään käsin kopioituna levinneen tekstin jokainen nykyaikaan säilynyt kopio on käytännössä ainutkertainen ja poikkeaa hieman kaikista muista.

Äkkiseltään lannistavalta tuntuva toisintojen kirjo on todellisuudessa tutkijalle siunaus. Ainakin teoriassa on mahdollista asettaa tekstin eri versiot keskinäisten eroavaisuuksiensa perusteella suhteelliseen kronologiseen järjestykseen, ikään kuin sukupuuksi. Tällaista saman kirjallisen teoksen eri versioiden keskinäisiä suhteita selvittävää tutkimusta kutsutaan stemmatologiaksi. Sen kantava ajatus on, että mitä enemmän samankaltaisuuksia tekstit sisältävät, sitä lähempänä ne todennäköisesti ovat toisiaan tekstin kopioimisprosessia kuvaavassa sukupuussa.

Jo **Erasmus Rotterdamilaisen** (1466–1536) kaltaiset renessanssihumanistit pyrkivät pääsemään antiikin alkutekstien jäljille vertailemalla niiden eri versioita, siis soveltamalla stemmatologian perusajatusta. Pääsy tekstien alkujuurille ja kehityshistorian rekonstruoiminen oli kuitenkin erittäin hankalaa. Monet tekstit olivat olleet suosittuja vuosisadasta toiseen, ja niistä oli laadittu valtava määrä versioita. Kun jo muutaman kymmenen eri tekstiversion pohjalta voidaan muodostaa enemmän erilaisia tekstin polveutumista kuvaavia sukupuita kuin maailmankaikkeudessa on arvioitu olevan atomeja, esimerkiksi kymmeninä tuhansina kopioina levinneen *Raamatun* alkutekstin jäljille pääseminen oli toivotonta. Vaikka **Karl Lachmann** (1793–1851) ja **Paul Maas** (1880–1963) kehittivät tekstikritiikiksi nimettyä menetelmää edelleen, perusongelma säilyi samana: näennäisesti mahdollisia vaihtoehtoja oli liikaa, jotta ihmisäivot olisivat voineet asettaa ne keskinäiseen järjestykseen.

Myös modernin stemmatologian taustalla on oivallus. Sen tekivät vuonna 1991 **Peter Robinson** ja **Robert O’Hara**, jotka keksivät soveltaa tekstihistorian tutkimukseen alkuaan eläinten lajiutumisenjärjestystä tutkivan evoluutiobiologian haaran, fylogeniikan, tarpeisiin kehitettyä tietokoneohjelmaa nimeltä PAUP. Sen onnistui löytää lähellä toisiaan olevat tekstiversiot hyvin nopeasti ja rakentaa varsin lähellä oikeaa oleva versioit-

ten sukupuu, *stemma*. Se käytti myös hyväkseen paljon useampia tekstitodisteita kuin perinteisten tekstikriitikoiden oli mahdollista tehdä. Jälkikäteen ajatellen analogia on ymmärrettävä: siinä missä evoluutiobiologit tutkivat geenien muuntumista, tekstintutkijat etsivät vastauksia kirjainten ja sanojen evoluutioon.

Tietokoneohjelma selviytyi jo vuosia sitten leikiten loputtomasta määrästä päättelyä ja laskutoimituksia, jotka olivat olleet ylivoimaisia ihmisäivoille. Nytemmin tietokoneavusteisen stemmatologian menetelmävalikoima on laajentunut digitaalisten ihmistieteiden esiinmarssin myötä.

Monet metodeista on edelleen lainattu evoluutiobiologian tutkimuksesta. Parhaiksi näistä fylogeneettisistä menetelmistä ovat osoittautuneet erilaiset etäisyysmatriiseille (engl. *distance matrix*) perustuvat menetelmät, parsimoniamenetelmä (engl. *parsimony*) sekä erilaisille malleille perustuvat menetelmät, kuten suurimman uskottavuuden menetelmä (engl. *maximum likelihood*) ja bayesilainen päättely. Tunnetuimpia fylogeneettisiä menetelmiä ovat PAUP, PHYLIP ja SplitsTree.

Vaikka geenien mutatoitumisella ja tekstien muuntumisella on paljon yhtäläisyyksiä, niillä on myös merkittäviä eroja. Siksi evoluutiobiologian menetelmät eivät onnistu täysin kuvaamaan tekstien kehityshistoriaa, ja viime vuosina on kehitelty innolla uusia tietokoneavusteisia menetelmiä varta



Vain hyvin pieni osa keskiajalla laadituista asiakirjoista on säilynyt tähän päivään saakka. Kuvassa vuonna 1189 pergamentille kirjoitettu dokumentti, joka käsittelee Alankomaissa sijaitsevan kappelin perustamista.

vasten stemmatologista tutkimusta varten. Käytetyimpiin lukeutuu **Teemu Roosin**, **Tuomas Heikkilän** ja **Petri Myllymäen** kehittämä RHM, joka hyödyntää alkuaan tekstin pakkaamiseen tarkoitettuja kompressioalgoritmeja.

Stemmatologisia algoritmeja on käytetty menestyksellä myös esimerkiksi käsin kirjoitetun musiikin tai kalenterien kehitys- ja levämishistorian tutkimukseen. Samankaltai-

sia menetelmiä käyttävien tieteenalojen kirjo on yllättävä. Stemmatologia on lainannut ajatuksia evoluutiobiologian alan fylogeniikasta, joka tutkii lajien eriytymisjärjestystä perustuen eri lajien geenien eroihin ja yhtäläisyyksiin. Samaa juurta ovat myös fylo-memeettiset menetelmät, joilla perehdytään erilaisten kulttuuri-ilmentymien kehitykseen meemien – siis kulttuuristen piirteiden – yhtäläisyyksien ja eroavaisuuksien kautta.



KUVAN LÄHDE: WIKIMEDIA COMMONS / BRITTA LAUER

1200-luvulla pergamentille laadittu **Sachsenspiegel** oli Pyhän saksalais-roomalaisen keisarikunnan tärkeimpiä lakikirjoja.

KIRJOJEN LIKAISET SALAISUUDET - LUKIJAA JÄLJITTÄMÄSSÄ

Suosituimpienkaan kirjojen jokaista sivua ei luettu yhtä suurella innolla, vaan osa sisällöstä kiinnosti lukijoita muuta enemmän. Jälkimaailman ja tutkijan näkökulmasta olisi tärkeää selvittää, mitä vaikkapa lakikirjan,

Raamatun tai ritarieromanssin sivuista luettiin innokkaimmin. Näin päästäisiin esimerkiksi moraalikäsitysten, uskonnollisten käytäntöjen ja kirjallisen maun jäljille.

Keskiaikaisten lukutottumusten jäljille ohjaa oivallus, että jokainen lukija todella jätti jälkiä lukemilleen sivuille. Vaikka kädet olisi-

Tieteen suurimmat oivallukset edellyttävät uskallusta luopua perinteisistä ajatuksista ja rohkeutta heittäytyä yllättäviin yhteishankkeisiin.

vat kuinka puhtaat, jokaisesta lukijan kosketuksesta jää mikroskooppisen pieni rasva- tai likäläntti. Mitä useammin kyseistä sivua sormeillaan, sitä likaisemmaksi se tulee. Niinpä on loogista ajatella, että likaisempien sivujen sisältö kiinnosti lukijoita enemmän kuin puhtaampien ja siten harvemmin lehteillyiden sivujen teksti.

Hyvin monessa keskiaikaisessa kirjassa on helppo nähdä paljain silmin eroja likaisten eli innokkaasti käytettyjen ja puhtaitten sivujen välillä. Ihmissilmä ei ole kuitenkaan kovin tarkka erottelemaan likaisuuden aste-eroja. Jotta saisimme tarkkan kuvan jonkin kirjan käytetyimmistä sisällöistä, avuksi tarvitaan tekniikkaa.

Kathryn M. Rudy oivalsi 2000-luvun alussa käyttäen alkujaan graafisen alan tarpeisiin kehitettyä densitometriä, kun hän tutki myöhäiskeskiaikaisten alankomaalaisten rukouskirjojen käyttötapoja. Densitometri auttoi häntä määrittelemään käsikirjoitusten sivujen eri osien likaisuutta, minkä pohjalta hän teki päätelmiä siitä, millä tavoin kirjoja oli pidetty.

Muutamia vuosia sitten aloimme kehittää väitöskirjatutkija **Kirsi Vikmanin** kanssa Rudyn ideaa edelleen. Tavoitteena oli tutkia järjestelmällisesti kokonaisten teosten sivut, jotta pääsisimme kyseisten kirjojen sisällön valikoivan käytön jäljille. Tuolloin densitometri edusti jo vanhaa tekniikkaa, ja käytimme aluksi niin ikään graafisen teollisuuden tarpeisiin kehitettyä spektrofotometriä, joka mittaa värisävyjä. Tulokset olivat hyviä, mutta niiden saaminen edellytti tuhansia mittauksia jokaisesta tutkitusta kirjasta ja oli siten hyvin aikaa vievää.

Seuraava askel oli yhteistyö Helsingin yliopiston elektronimikroskopian yksikön kanssa. Otimme käyttöön **Ilya Belevichin** kehittämän Microscopy Image Browser (MIB) -tietokoneohjelman, mikä muutti tutkimuksen luonnetta. Nyt otimme tutkittavasta teoksesta tuhansien mittauksien sijaan vain valokuvat, joiden pohjalta MIB pystyi laskemaan jokaiselta sivulta määrittelemämme alueen likaisuuden suhteessa sivun alkuperäiseen väriin. Lopputuloksena oli graafi, joka osoitti konkreettisesti, mitkä sivut oli-

vat likaisimmat – ja mitkä sisällöt siis todennäköisesti käytetyimmät.

Kuten stemmatologiset algoritmit, myös MIB antaa tutkijalle vain hypoteesin, jota on testattava. Meidän tavoitteemme oli tutkia 1480-luvulla painetun *breviariumin* eli hetki-palveluskirjan liturgista käyttöä Suomessa, ja analysoimme teoksen kaikki säilyneet kymmenen kappaletta. Siinä missä vain yhden kappaleen tutkimus tarjoaa epävarmaa tietoa, kymmenen päivittäisessä käytössä olleen saman kirjan kappaleen tutkiminen tarjosi vakuuttavaa uutta tietoa keskiajan lopun liturgisista käytännöistä Suomessa.

YLLÄTTÄVÄT YHTEYDET ARVOONSA

Keskiajan kirjallista kulttuuria, käsikirjoituksia ja varhaisimpia painettuja teoksia on tutkittu innolla vuosisadasta toiseen. Jokainen tutkijapolvi on tuonut omat oivalluksensa, joista parhaat ovat muuntuneet osaksi yhteistä ymmärrystä. Me nykytutkijat näemme hiukan tarkemmin ja hiukan kauemmas kuin edeltäjämme, sillä seisomme jättiläisten harteilla.

Kuten edellä esitellyt esimerkit osoittavat, moni oivallus liittyy uuden tekniikan esiinmarssiin ja eri tieteenalojen epätodennäköiseenkin yhteistyöhön. Tieteen suurimmat oivallukset edellyttävät juuri uskallusta luopua perinteisistä ajatuksista ja rohkeutta heittäytyä yllättäviin yhteishankkeisiin.

Tuomas Heikkilä on kirkkohistorian professori Helsingin yliopistossa.

Tuomas Heikkilä puhuu artikkelin aiheesta

Tieteen päivillä Helsingissä 11.1. ja 12.1.2025.

KIRJALLISUUS

- Buringh, Eltjo, *Medieval Manuscript Production in the Latin West*. Global Economic History Series vol. 6. Leiden: Brill 2011.
- Howe, Christopher & Windram, Heather, "Phylomemetics — Evolutionary Analysis beyond the Gene." *PLoS Biol* 9(5) (2011): e1001069.
- Fiddymment, S. & Teasdale, M. D. & Vnouček, J. & Lévêque, É. & Binois, A. & Collins, M. J., "So you want to do biocodicology? A field guide to the biological analysis of parchment". *Heritage Science* 7(1): 35 (2019). DOI: <https://doi.org/10.1186/s40494-019-0278-6>.
- Heikkilä, Tuomas & Roos, Teemu, "Quantitative methods for the analysis of medieval calendars". *Digital Scholarship in the Humanities* 33: 4 (2018), 766–787. DOI: <https://doi.org/10.1093/dlsc/fqy007>.
- Kasso T. & Oinonen M. & Mizohata K. & Tahkokallio J. & Heikkilä T., "Volumes of Worth – Delimiting the Sample Size for Radiocarbon Dating of Parchment". *Radiocarbon*. 2021;63(1): 105–120. DOI:10.1017/RDC.2020.128.
- Robinson, Peter & O'Hara, Robert J., "Report on the Textual Criticism Challenge 1991". *Bryn Mawr Classical Review* 3:4 (1992), 331–337.
- Roelli, Philipp, (ed.), *Handbook of Stemmatology. History, Methods, Digital Approaches*. Berlin: De Gruyter 2020. DOI: <https://doi.org/10.1515/9783110684384>
- Roelli, Philipp & Bachmann, Dieter, "Towards Generating a Stemma of Complicated Manuscript Traditions: Petrus Alfonsi's Dialogus". *Revue d'histoire des textes* n.s. 5 (2010), 307–321.
- Roos, Teemu & Heikkilä, Tuomas, "Evaluating methods for computer-assisted stemmatology using artificial benchmark data sets". *Literary and Linguistic Computing* 24 (2009), 417–433.
- Rudy, Kathryn M., "Dirty Books: Quantifying Patterns of Use in Medieval Manuscripts Using a Densitometer". *Journal of Historians of Netherlandish Art* 2:1–2 (2010). DOI: [10.5092/jhna.2010.2.1.1](https://doi.org/10.5092/jhna.2010.2.1.1).

LIKAA LYIJYÄ - KERTOMUS SIITÄ, KUINKA KIVIEN IÄN MÄÄRITTÄMINEN JOHTI LYIJYTTÖMÄÄN BENSIINIIN



Käsitys maapallon ja mantereiden kehityksestä nojaa paljolti kivistä tehtäviin iänmäärityksiin. Tieto siitä, minkäikäistä kallioperä jalkojen alla on, ei välttämättä tunnu keskeiseltä jokapäiväisessä arjessa. Kivien iän määrittäminen johti kuitenkin sattumalta löytöön, joka on vaikuttanut meidänkin elinympäristöömme ja terveyteemme.

Paljasjalkainen mies seisoo laboratoriossa hieman kumarassa asennossa, ilman paitaa, kädet tarttuneena lattiaharjan varteen. Housujen puntit on kääritty nilkkojen ylle, toisessa ranteessa on kello. Mies on **Clair Patterson** (1922–1995), yhdysvaltalainen geokemisti. Valokuva on julkaistu [artikkelissa](#), jonka otsikon voisi kääntää seuraavasti: ”Tärkein tieteilijä, josta et ole koskaan kuullut”. Kuvan yhteydessä hänen kuvaillaan menevän äärimmäisyyksiin pitäessään laboratorionsa puhtaana.

Clair Patterson syntyi kesäkuun 2. päivänä vuonna 1922 Mitchellvillen kaupungissa, joka sijaitsee maantieteellisesti Yhdysvalto-

jen keskellä Iowan osavaltiossa. Hänen oikea etunimensä oli Claire, mutta hän itse käytti usein nimestään lyhennettyä versiota (Knell & Lewis 2001, 10), joten tässä artikkelissa seuraamme tätä käytäntöä. Pattersonin henkilöhistoriaa ja uraa koskevat tiedot perustuvat paljolti **Shirley K. Cohenin** tekemään laajaan [haastatteluun](#).

Patterson kiinnostui kemiasta jo lapsesta, kun hän sai äidiltään kemian tiedekoe-paketin (Tilton 1998, 4). Kiinnostusta ylläpiti myös noin 12–13-vuotiaana saatu lupa rakentaa kotitalon kellariin pieni laboratorio sekä hieman myöhemmin hänen setänsä lahjoittama kemian laboratoriotyökirja. Lopulta

Clair Patterson huomasi, että tutkimuskohteiden ulkopuolista lyijyä pääsi analyysin sekaan. Hän pyrki pitämään laboratorionsa äärimmäisen puhtaana.

Laboratoriokokeissa saadut tulokset eivät kuitenkaan vastanneet laskennallisia tuloksia: lyijyä oli aivan liikaa.

vuonna 1943 Patterson valmistui Grinnellin yliopistosta pääaineenaan kemia.

Toisen maailmansodan aikana Patterson ja hänen vaimonsa, kemisti **Lorna ”Laurie” McCleary**, osallistuivat Yhdysvaltojen ydinaseen kehittämiseen tähtäävään Manhattan-projektiin. Pattersonin rooli projektissa oli työskennellä aseeseen tarvittavan uraanin 235-isotoopin erottamisen kanssa. Manhattan-projektin aikana Patterson kiinnostui massaspektrometreistä, analyysilaitteista, joilla uraanin eri isotoopit oli mahdollista erottaa.

Manhattan-projektin aikaan Patterson on kertonut ajatelleensa vain tekevänsä työtä, mutta pohtineensa myöhemmin asian eettisyyttä ja kutsunut projektia ”kauheaksi rikokseksi”. Projekti kuitenkin opetti hänelle uusia näkökulmia ja tapoja ajatella, joista oli hyötyä myöhemmässä tutkimuksessa.

Sodan jälkeen Patterson palasi yliopistomaailmaan ja aloitti tutkijana Chicagon yliopistossa. Myös Manhattan-projektissa työskennellyt **Harrison Brown** oli vuonna 1946 aloittanut samassa yliopistossa apulaisprofessorina. Brownilla oli idea tutkimukseen, johon hän tarvitsi jonkun, joka osasi käyttää

massaspektrometriä. Kun hän kuuli Pattersonin aloittaneen Chicagon yliopistossa, Brown houkutteli hänet ja toisen nuoren tutkijan, **George Tiltonin**, tarttumaan projektiin, jonka tavoitteena oli kehittää kivien iänmäärittäykseen liittyvää analyysimenetelmää.

Pattersonin ja Tiltonin tutkimuskohtena oli monissa kivissä esiintyvä zirkonimineraali. Zirkoni on yhä nykyään erittäin paljon käytetty mineraali etenkin vanhojen kivien iän määrittämisessä. Kun zirkoni kiteytyy kiviluolasta, sen kiderakenteeseen päätyy pieniä määriä uraania, muttei uraanin radioaktiivisen hajoamisen tuotetta lyijyä. Ajan myötä mineraalin sisällä oleva radioaktiivinen uraani hajoaa tietyn hajoamisjärjestelmän kautta lyijyksi. Mittaamalla mineraalin sisältämän uraanin ja lyijyn eri isotooppien määrasuhteet, voidaan niiden perusteella laskea, milloin zirkoni muodostui.

Kiviluolasta kiteytyvien kivien, kuten graniittien, kohdalla kiven sisältämät zirkonit antavat näin myös iän itse kiven muodostumiselle. Tätä uraaniin ja lyijyyn pohjautuvaa analyysimenetelmää kutsutaan kirjallisuudessa uraani-lyijy-ajoitukseksi tai uraani-lyijy-menetelmäksi.



Lyijy voi suurina pitoisuuksina vaikuttaa haitallisesti esimerkiksi keskuhermostoon ja sisäelimiin. Kuvassa pinnalta hapettunutta lyijyä sekä puhdas lyijykuutio.

Pattersonin ja Tiltonin tavoitteessa oli haastetta, sillä heidän piti analysoida pitoisuuksia, jotka olivat moninkertaisesti pienempiä kuin siihen mennessä oli koskaan määritetty. Myöskään tutkimusolosuhteissa ei ollut kehumista. **George R. Tilton** on kuvaillut lähtökohtien olleen vaikeat: ”Patterson aloitti lyijymittaukset vuonna 1948 hyvin pölyisessä laboratoriossa Kent Hallissa, yhdessä kampuksen vanhimmista rakennuksista” (Tilton 1998, 6).

Tutkimusryhmän päätavoite oli zirkoneita suurempi: maapallon tarkan iän selvittäminen. Projektia johtanut Brown ajatteli, että meteoriittien tutkimuksen ja niiden isotooppikoostumuksen kautta voisi olla mahdollista päästä tarkemmin käsiksi myös maapallon

kehitykseen ja ikään. Valtaosa meteoriiteista on nimittäin planeetanrakennuksesta ylijääneitä kappaleita, joiden koostumus ei ole juuri muuttunut miljardien vuosien saatossa.

Laboratoriokokeissa saadut tulokset eivät kuitenkaan vastanneet laskennallisia tuloksia: lyijyä oli aivan liikaa. Se tarkoitti, että varsinaisten tutkimuskohteiden ulkopuolista lyijyä oli jotenkin päätynyt analyysien sekaan. Tuloksissa alkoi olla järkeä vasta kun Patterson kumppaneineen pystyi eristämään näytteiden käsittely- ja analyysitilat ulkomaailmasta – ja analysoijasta itsestään. Tästä saivat alkunsa käytännöt, jotka ovat edelleen käytössä moderneissa geokemian tutkimuslaboratorioissa (Gieryn 2018).



KUVAN LÄHDE: CALTECH IMAGES COLLECTION / C. NEWTON

Vuonna 1956 Clair Patterson määrittä kiviä iän perusteella maapallon tarkan iän.

Kuva on kesältä 1957.

MAAPALLON IKÄ SELVIÄÄ

Euroopassa käsitys maapallon iästä pohjautui pitkään kristilliseen maailmankuvaan, jonka mukaan maapallo oli noin 6 000 vuotta sitten syntynyt, melko muuttumaton planeetta. Monia geologisia muodostumia selitettiin äkillisten katastrofien kautta syntyneinä. Tämä käsitys alkoi muuttua vasta 1700-luvun lopussa, kun esimerkiksi skotlantilainen **James Hutton** (1726–1797) ehdotti, että maankamaraan muodostumia

luovat ja muokkaavat geologiset prosessit tarvitsivat paljon aikaa. Geologi **Charles Lyell** (1797–1875) taas esitteli vuonna 1830 julkaistussa kirjassaan käsitteen rajattomasta ajasta (Eicher 1951, 7).

Huttonin ja Lyellin aikana ei kuitenkaan ollut mahdollista määrittää geologisten muodostumien tarkkoja ikä. Fossiileja sisältäviä kerrostumia voitiin vertailla toisiinsa (Knell & Lewis 2001, 4–5), mutta näidenkään kerrostumien tarkkaa ikää ei tiedetty. 1800-luvun

lopussa ja 1900-luvun alussa esitetyt arviot maapallon iästä vaihtelivat muutamasta miljoonasta vuodesta noin 1,5 miljardiin vuoteen (Eicher 1951, 14).

Maapallon tarkan iän määrittämisen kannalta keskeinen asia oli radioaktiivisuuden keksiminen 1800-luvun lopussa sekä eri tutkijoiden tuottama tieto radioaktiivisuudesta 1900-luvun alussa.

Aivan 1900-luvun alussa **Ernest Rutherford** teki ensimmäisen iänmäärittämisen mineraalista. Saatu tulos oli 500 miljoonaa vuotta. (Knell & Lewis 2001, 8). Käytetyssä menetelmässä oli kuitenkin rajoituksensa, ja se antoi mineraalille varsinaisesti vain sen minimi-iän. Tiedon ja menetelmien kehitys alkoi viedä kohti tarkentuvaa käsitystä geologisten prosessien vaatimasta ajasta, maapallon iästä ja planeettamme eri kehitysvaiheista.

1950-luvulla Clair Patterson oli saanut hiottua uraani-lyijy-menetelmän siihen pisteeseen, että sitä oli mahdollista käyttää luotettavasti meteoriittien sisältämän uraanin ja lyijyn mittaamiseen. Vuonna 1956 julkaisutussa artikkelissa (Patterson 1956) maapallo

Samankaltaiset menetelmät, joita Patterson käytti maapallon iän selvittämiseen, ovat olleet avainasemassa myös Suomen kallioperän kehitysvaiheiden selvittämisessä.

sai vihdoinkin nykyistä käsitystä vastaavan iän: $4\,550 \pm 70$ miljoonaa vuotta. Tulos teki maapallosta yli miljardi vuotta vanhemman kuin tuohon aikaan yleisesti vallalla ollut käsitys oli ollut (Tilton 1998, 7–8).

Tämän jälkeen maapallon ikä on hieman tarkentunut ja esimerkiksi ikään liittyvä epätarkkuus pienentynyt, mutta Pattersonin saama ikä on edelleen linjassa uudempienkin tulosten kanssa ja hänen tekemää työtä pidetään merkittävänä saavutuksena maapallon ikään liittyvässä tutkimuksessa.

Samankaltaiset menetelmät, joita Patterson käytti maapallon iän selvittämiseen, ovat olleet avainasemassa myös Suomen kallioperän kehitysvaiheiden selvittämisessä. Pattersonia kaksi vuotta aiemmin Espoossa syntynyttä **Olavi Kouvoa** (1920–2017) voisi kutsua Suomessa tehtävien kallioperän iänmäärittämisen pioneeriksi (Karhu & Huhma 2017).

Tällä hetkellä Suomen kallioperän pääkehitysvaiheet ovat melko hyvin tiedossa. Tiedämme esimerkiksi sen, että Suomen vanhimmat, yli 2 500 miljoonaa vuotta vanhat, kalliialueet sijaitsevat Itä- ja Pohjois-Suomes-

Ilman perustutkimusta soveltavan tutkimuksen potentiaaliset kohteet kulutetaan loppuun ja tiede jumittuu paikalleen.

sa. Yksityiskohdat kallioperämme kehityksestä tulevat kuitenkin vielä tarkentumaan. Esimerkiksi tällä hetkellä Suomen vanhimman kiven asemaa pitävä Siuruan gneissi paljasti 3 500 miljoonan vuoden ikänsä tutkijoille vasta parikymmentä vuotta sitten.

LABORATORIOKONTAMINAATIOSTA LYIJYKIELTOON

Kun Clair Patterson havaitsi, että ympäristössä oleva lyijy vaikuttaa hänen tekemiinsä laboratorioanalyysiin, hän kiinnostui siitä, miksi lyijyä on ympäristössä niin paljon. Etenkin, kun lyijy on myrkyllinen metalli, joka suuri-na pitoisuuksina vaikuttaa haitallisesti esimerkiksi keskushermostoon ja sisäelimiin. Lyijyä esiintyy ympäristössä luontaisestikin, mutta ihmistoiminta, kuten eri teollisuuden alat, voivat kasvattaa lyijyn määrää merkittävästi.

Ihmisen ja lyijyn suhde on pitkä, ja sitä on louhittu tuhansia vuosia eri tarkoituksiin. Esimerkiksi Rooman valtakunnassa lyijyä käytettiin keramiikan lasitteena, ruokailuvälineisiin ja vesiputkiin, ja on myös arveltu, että tästä

syystä antiikin Roomassa lyijymyrkytykset olivat yleisiä. Latinaksi lyijy on *plumbum*, josta juontuu sekä lyijyn kemiallinen merkki, Pb, että englannin putkistoa tarkoittava *plumbing*-sana. Polttoaineeseen lyijyä alettiin lisätä ensimmäisen kerran vuonna 1922 Yhdysvalloissa.

Vuonna 1965 Patterson julkaisi *Archives of Environmental Health* -julkaisussa tutkimuksen otsikolla *Contaminated and Natural Lead Environments of Man*. Tutkimuksessaan Patterson nostaa esiin havaintonsa siitä, että lyijyä on ympäristössä monta kertaa enemmän kuin mitä voisi olettaa tulevan luontaisista lähteistä. Artikkelinsa yhteenvedossa Patterson toteaa Yhdysvaltojen asukkaiden lyijyaltistuksen olevan vakava ja ehdotti useita toimenpiteitä, kuten merkittävimpien lyijyn lähteiden poistamista, tilanteen parantamiseksi (Patterson 1965, 358).

Pattersonin tuloksia ei kuitenkaan hyväksytty mukisematta. Hänen varoituksiinsa reagoitiin esimerkiksi syyttämällä häntä kiihkoilijaksi (Tilton 1998, 10–11). Tutkimusartikkelien julkaisemisen lisäksi Patterson



Vaalea Siuruan gneissi pilkistää kasvuston alta.

kirjoitti muun muassa Kalifornian silloiselle kuvernöörille **Pat Brownille** ilmaistakseen huolensa ilmakehässä olevan vaarallisen lyijymäärän vuoksi (Tilton 1998, 11). Patterson edisti asiaa myös koko maan laajuudella. Kannanotoissaan hän nosti esiin huolensa siitä, että Yhdysvaltojen terveysviranomaiset työskentelivät yhteistyössä teollisuuden kanssa (Tilton 1998, 12.) Myöhemmissä tutkimuksissaan Patterson kollegoineen osoitti, että teollinen vallankumous oli vaikuttanut ilmakehän lyijypitoisuuteen ja isotooppi-tutkimuksilla he pystyivät osoittamaan sen,

mistä tietyille alueille kerääntynyt lyijy oli peräisin (Tilton 1998, 12; Smith 2015).

Lopulta lyijyn käyttöä alettiin rajoittaa. Esimerkiksi polttoaineissa lyijyn määrän vähentäminen alkoi 1970-luvun alussa, ja Yhdysvalloissa sen käyttö kiellettiin kokonaan vuonna 1987. (Tilton 1998, 15). Kuitenkin vasta elokuussa 2021 lyijyllisen polttoaineen käyttö oli tullut päätökseen maapallon jokaisessa maassa.

Tässä yhteydessä on hyvä lyhyesti mainita siitä, että lyijyn myrkyllisyys oli huomattu toki jo paljon Pattersonia aiemmin. Asia



KUVAN LÄHDE: WIKIMEDIA COMMONS

Polttoaineeseen alettiin lisätä Yhdysvalloissa lyijyä vuonna 1922. Vuonna 1987 se kiellettiin. Kuvassa autoliikennettä Kaliforniassa 60-luvulla.

oli tiedossa jo antiikin aikana, mutta vasta 1800-luvulla ymmärrys lyijyn vaikutuksesta terveyteen alkoi laajemmin kasvaa. Terveysvaikutusten vuoksi valkoisen lyijymaalin käyttö kiellettiin jo 1920-luvulla useissa maissa, kuten Ruotsissa, Itävallassa, Norjassa ja Suomessa – mutta esimerkiksi Yhdysvalloissa lyijyä sisältävää maalia sai käyttää valtaosassa osavaltioita vielä vuonna 1970. Lyijyyn liittyvien asenteiden ja sen käytön hitaasta muutoksesta kertoo myös se, että ennen Pattersonia lyijyn vaarallisuutta oli tuonut

esiin jo 1900-luvun alkupuolella esimerkiksi kansanterveyden parissa työskennellyt tutkija **Alice Hamilton** (1869–1970) (Hamilton 1943, 9–11).

Lyijyllä on monia haitallisia terveysvaikutuksia. On jopa esitetty, että lyijyn korkeat taustapitoisuudet ovat vaikuttaneet ennen rajoituksia syntyneillä ihmisillä negatiivisesti heidän älykkyydosamääräänsä. Yhdysvalloissa 1970-luvun lopussa tehdyn tutkimuksen mukaan veren lyijypitoisuudet laskivat rinnakkain polttoaineessa käytetyn lyijyn mää-

rän kanssa. Lyijyyn liittyvät ympäristö- ja terveysongelmat eivät kuitenkaan valitettavasti ole ohi. Esimerkiksi lyijyä sisältävien akkujen epäasiallinen kierrättäminen aiheuttaa merkittävän vaaran monessa maassa.

PIDETÄÄN PERUSTUTKIMUKSESTA HUOLTA

Se, että pyrkimykset Maan iän selvittämiseen johtivat lopulta myös lyijyttömään bensiiniin, on erinomainen esimerkki siitä, että tieteellisellä perustutkimuksella on toisinaan laajoja, varsinaisen tutkimusaiheen ulkopuolelle ulottuvia vaikutuksia. Näitä on kuitenkin mahdoton ennustaa esimerkiksi rahoitusta haettaessa.

Perustutkimuksen rahoittamisen tärkeyttä on nostettu esiin monissa muissakin viimeaikaisissa puheenvuoroissa (Lilja & Kivistö 2021; Tirronen 2024). Ilman perustutkimusta soveltavan tutkimuksen potentiaaliset kohteet kulutetaan loppuun ja tiede jumittuu paikalleen.

Esimerkiksi Kiinassa tämä on ymmärretty, mutta länsimaissa suunta näyttää olevan toinen. Toivomme, että emme Suomessakaan jäisi jälkeen muusta maailmasta uuden tiedon synnyttämisessä. Siinä ohessa löytyvien potentiaalisten sovellusten määrä on loputon.

—
Elina Lehtonen FT on tietokirjailija ja geologi, joka työskentelee tutkijana ja koordinaattorina

Helsingin yliopiston geotieteiden ja maantieteen osastolla.

Jussi S. Heinonen FT on tietokirjailija ja geologi, joka työskentelee johtavana tutkijana Åbo Akademiassa. Hän on myös Helsingin yliopiston dosentti ja vieraileva tutkija geotieteiden ja maantieteen osastolla.

Elina Lehtonen ja Jussi S. Heinonen puhuvat artikkelin aiheesta Tieteen päivillä Helsingissä 12.1.2025.

KIRJALLISUUS

- Eicher, Don L. 1951. Geologic Time. The Prentice-Hall Foundations of Earth Sciences, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey.
- Gieryn, Thomas F. 2018. Ultra Clean Lab. Teoksessa: Gieryn, Thomas F., Truth-Spots: How Places Make People Believe. University of Chicago Press, Chicago.
- Hamilton, Alice 1943. Exploring the Dangerous Trades: The Autobiography of Alice Hamilton, M.D. Little, Brown and Co, Boston.
- Karhu, Juha & Huhma, Hannu 2017. In Memoriam: Olavi Kouvo 1920–2017. *Geologi*, 69(3), 114–115.
- Knell, Simon J. & Lewis, Cherry L. E. 2001. Celebrating the age of the Earth. Teoksessa: Lewis, Cherry, L. E. & Knell, Simon J. (toim.), The Age of the Earth: from 4004 BC to AD 2002. Geological Society, Lontoo, Special Publications, 190, 1–14.
- Patterson, Clair C. 1965. Contaminated and Natural Lead Environments of Man. *Archives of Environmental Health: An International Journal*, 11(3), 344–360. <https://doi.org/10.1080/00039896.1965.10664229>
- Patterson, Claire 1956. Age of meteorites and the earth. *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 10(4), 230–237. [https://doi.org/10.1016/0016-7037\(56\)90036-9](https://doi.org/10.1016/0016-7037(56)90036-9)
- Tilton, George R. 1998. Clair Cameron Patterson 1922–1995. Biographical Memoir. National Academy of Sciences. National Academies Press, Washington D.C.

MIKSI SPACEX-YHTIÖTÄ VIHATAAN?



Kun SpaceX-avaruusyhtiön uusi raketti Starship räjähti ensimmäisellä koelennollaan, yhtiön työntekijät hurrasivat innostuneesti. Mikä heitä oikein vaivasi? SpaceX:n yrityksen ja erehdyksen periaate on saanut monet vihan valtaan. Tunteita herättää myös sen perustaja, Elon Musk, joka on liittoutunut Donald Trumpin kanssa. Hän voi olla itse yhtiönsä suurin uhka.

Insinöörimoguli **Elon Muskin** perustama SpaceX-yhtiö, eli Space Exploration Technologies Corporation, on nykyisin lähes monopoliasemassa läntisen maailman avaruustoiminnassa. Kilpailijoita on vain muutama, ne luottavat pitkälti institutionaalisiin tilauksiin (kuten puolustusvoimat) ja niiden hintataso on korkeampi.

Viime vuonna SpaceX teki maailman 224:stä avaruusraketin laukaisusta 96 – siis lähes puolet. Lähimmäksi pääsee vain Kiina 49 laukaisullaan. Kolmantena viime vuonna ollut Venäjä on tänä vuonna avaruusrakettien laukaisujen määrässä entistäkin vähäpätöisempi.

SpaceX on noussut asemaansa hyvin nopeasti, vain kahdessa vuosikymmenessä. Ei

ihme, että avaruusajan alusta asti toimineet yhtiöt ovat kokeneet osansa tukalaksi: perinteiset tavat toimia, kehittää uusia laitteita ja tehdä bisnestä eivät enää toimi.

STARSHIP VS. APOLLO-AJAN LYPSYLEHMÄ

Kärjekkäin esimerkki uuden ja vanhan maailman kohtaamisesta on kaksi uutta jättiläsrakettia.

Perinteinen ilmailu- ja avaruusyhtiö Boeing on tehnyt Yhdysvaltain ilmailu- ja avaruuhallinnon Nasan tilauksesta uutta rakettia tulevia kuulentoja varten, mutta tämän SLS-nimisen ([Space Launch System](#)) raketin kehittäminen on myöhässä ja se on

SpcaeX:n Falcon 9 -kantoraketti nousee lentoon Floridasta.

Alun perin Muskin tavoitteena ei ollut rakettiyhtiön perustaminen, vaan hän halusi ostaa raketteja venäläisiltä.

tullut maksamaan yli tuplasti sen mitä alun perin laskettiin.

Hanke alkoi virallisesti vuonna 2011 ja raketin oli tarkoitus lentää vuonna 2018. Ensilento oli vuonna 2022, mutta miehitettyjä kuulentoja varten raketia pitää vielä muuttaa. Hintalapussa lukee 10 miljardin dollarin sijaan nyt yli 26 miljardia dollaria – ja koko ajan ilmenevien lisätöiden ja myöhästymisien vuoksi hinta vielä nousee. Boeingille projekti on tuottoisa lypsylehmä, kun se voi laskuttaa lisää koko ajan.

SpaceX on samaan aikaan kehittänyt Starship-nimistä avaruusaluksen ja raketin yhdistelmää, joka on suurempi ja voimakkaampi kuin SLS sekä lisäksi kokonaan uudelleenkäytettävä. Kun yksi kertakäyttöisen SLS:n laukaisu maksaa noin 2,5 miljardia dollaria, vie Starship rahtinsa avaruuteen ja tulee alas uutta lentoa varten mahdollisesti vain noin miljoonalla dollarilla. Siis miljoonalla, ei miljardilla; hinnoissa on todella kolmen nollan kokoinen ero!

Myös Starship on hieman myöhässä SpaceX:n alkuperäisestä, hyvin kunnianhimoisesta aikataulusta. Elon Musk ilmoit-

ti näyttävästi vuonna 2012 tekeillä olevasta suuresta jättiraketista, joka tulisi käyttöön noin vuonna 2020. Viivästys ei kuitenkaan ole yllättävää, koska kyseessä on kokonaan uudenlainen raketti, ja sen lisäksi yhtiö on rakentanut Starshipin tekemistä, testaamista ja laukaisutoimintaa varten kokonaan uuden avaruuskeskuksen Teksasiin. SLS käyttää Floridassa sijaitsevan Kennedyn avaruuskeskuksen vanhaa infrastuktuuria, Apollo-avaruusaluksen aikaisia perusratkaisuita ja avaruussukkuloista periytyvää tekniikkaa.

Lokakuun 2024 loppuun mennessä Starship on tehnyt viisi koelentoa, jotka sujuivat yhä paremmin ja paremmin. Viidennellä lennollaan raketin ensimmäinen vaihe palasi jo takaisin laukaisupaikalleen, suuressa tornissa olevat metalliset tukivarret nappasivat raketista kiinni ja laskivat sen laukaisualustalle. Se oli suuri saavutus ja kuvat laskeutumisesta olivat kuin suoraan tieteiselokuvista.

MARS MARSII!

Jotta SpaceX:n toimia voi ymmärtää, kannattaa katsoa historiaan.



Starship valmisteltavana koelentoon SpaceX:n Teksasiin rakentamassa Starbase-laukaisukeskuksessa. Työt jatkuvat keskuksessa lähes yötä päivää, joten viime vuonna otettu kuva on jo hieman vanhentunut: nyt laukaisualustoja on jo kaksi.

Alun perin Muskin tavoitteena ei ollut rakettiyhtiön perustaminen, vaan hän halusi ostaa raketteja venäläisiltä. Venäläiset lähes nauroivat nuorelle nousukkaalle, joka kertoi tarvitsevansa raketteja perustaakseen siirtokunnan Marsiin.

Muskin päähänpinttymä on ollut ja on edelleen se, että ihmiskunnasta pitää saada ”multiplanetaarinen”. Jos maapallolle tapahtuu jotain dramaattista ja täällä asuvat ihmiset tuhoutuvat, se on ihmisluvun loppu. Mikäli sen sijaan ihmisiä asuu myös muualla aurinkokunnassa, voimme selviytyä sukupuutolta.

Kaunis ajatus, mutta toteutus on hankalaa. Koska Maan ohella Mars on aurinkokuntamme planeetoista oikeastaan ainoa, missä on mahdollista elää, on punainen planeetta ollut Muskin päämääränä. Ja voidakseen lähettää sinne ensin rahtia ja sitten ihmisiä, hän tarvitsi raketteja. Paljon ja suuria.

Venäläiset antoivat Muskille reippaasti ylihintaisen tarjouksen, joten hän päätti perustaa itse rakettiyhtiön. Muskin mukaan itse tekemällä saisi raketteja edullisemmin ja lisäksi voisi kehittää juuri sopivia sellaisia.

Musk perusti SpaceX:n vuonna 2002 ja palkkasi muutamia ennakkoluulottomia

avaruusinsinöörejä suunnittelemaan rakettia vaatimattomassa teollisuushallissa.

Eric Berger kuvaa kirjassaan *Liftoff* hyvin yhtiön alkuvaiheita, pitkiä päiviä, ja sitä, miten uusia työntekijöitä palkattiin tuttavien ja tuttavien tuttavien kautta. Ja myös sitä, kuinka Musk rekrytoidessaan pyrki varmistumaan siitä, että henkilö oli sopiva.

Musk ei nimittäin halunnut insinöörien toimivan perinteiseen tapaan, vaan katsovan asiaa laajemmin kuin vain oman vastualueensa näkökulmasta. Työtä tehtiin myös halvalla ja yksinkertaisissa oloissa, joten isompien avaruusyhtiöiden tarjoamia mahdollisuuksia toivoville näytettiin heti ovea.

Kirjassa myös kerrotaan Muskin peruseriaatteista rakettia tehdessä. Vaikka kyse oli aluksi vain pienestä raketista, kaikkia osia suunniteltaessa piti ottaa huomioon teollinen sarjatuotanto ja yksinkertaisuus. Kaikki mahdollinen haluttiin myös tehdä itse sen sijaan, että töitä tai järjestelmiä olisi tilattu alihankkijoilta.

Perinteisesti avaruuslalla oli (ja on edelleen) tapana tehdä satelliitteja ja raketin osia lähes käsityönä yksittäiskappalein. Alihankintaketjut ovat pitkiä, kun liiketaloudellisista ja poliittisista syistä osia rakennetaan eri puolilla maailmaa.

Tekemällä itse SpaceX pystyi kehittämään tekniikkaansa nopeasti: omassa pajassa pystyttiin tekemään uusia, parempia osia omalla, joustavalla aikataululla – usein ylitöinä öi-

sin. Jos tehdessä keksittiin, miten osan voisi tehdä paremmin, niin tehtiin. Perinteisessä kuviossa kehitysidea ei välttämättä olisi päätyntä alihankkijalta tilaajalle. Ja jos olisi päätyntäkin, suunnitteluun, uuteen tilaukseen ja uuden osan tekemiseen olisi mennyt helposti kuukausikaupalla aikaa.

Yhtiön ensimmäinen raketti oli Falcon 1, joka teki ensilentonsa 24. maaliskuuta 2006. Tuo lento tosin päättyi raketin tuhoon vain 25 sekuntia laukaisun jälkeen. Kaksi muutaakin lentoa epäonnistui, ennen kuin neljännellä yrittämällä syyskuussa 2008 Falcon 1 lopulta onnistui.

Tuolloin tosin Musk oli jo siirtänyt katseensa tulevaan. Suuremmassa Falcon 9:ssä oli yhdeksän Falcon 1:ssä ollutta Merlin-rakettimoottoria, mistä tulee nimi Falcon 9. Moottorit ovat raketin tärkeimmät osat, joten Falcon 1:n tehtävä oli jo täytetty. Se teki vielä yhden lennon, ennen kuin Falcon 9 tuli käyttöön kesäkuussa 2010.

MITEN SATELLIITTI LAUKAISTAAN AVARUUTEEN?

Falcon 9 on hyvä esimerkki nykyaikaisesta kantoraketista. Sen tehtävä kaikessa yksinkertaisuudessaan on nostaa hyötykuorma – satelliitti, avaruusalus, luotain tai mitä nyt halutaankin laukaista – ilmakehän ulkopuolelle ja kiihdyttää se kiertoratanopeuteen eli vähintään 28 800 kilometrin tuntinopeuteen.

Kaupallinen yhtiö voi ”räjäytellä rakettejaan” ilman paheksuntaa – etenkin, kun viulut maksaa joku raharikas.

Jotta tämä onnistuisi, pitää raketti tehdä osista, joita pudotetaan pois sitä mukaa kun matka etenee. Näitä osia kutsutaan vaiheiksi.

Suurin vaiheista on ensimmäinen vaihe, raketin alaosa, joka nostaa raketin korkealle ilmakehässä ja kiihdyttää suureen nopeuteen. Falcon 9:n tapauksessa tyypillisesti ensimmäinen vaihe irtoaa ja toisen vaiheen rakettimoottori syttyy 70–80 kilometrin korkeudessa ja 8000–10 000 kilometrin tuntinopeudessa. Aikaa laukaisusta on tuolloin kulunut hieman yli kaksi minuuttia.

Toinen vaihe jatkaa eteenpäin. Se työntää hyötykuorman avaruuteen ja vauhdittaa sen lopulliseen nopeuteen. Joissain raketeissa vaiheita on enemmänkin, mutta periaate on sama: ylimääräinen massa pudotetaan pois heti, kun sitä ei tarvita.

Normaalisti vaiheet ovat kertakäyttöisiä, eli ne hylätään käytön jälkeen. Ne joko putoavat mereen (Kiinassa ja Venäjällä myös maalle, jopa asutuille alueille) tai tuhoutuvat osuessaan ilmakehään korkeammalta palatessaan.

Elon Muskin ajatuksena ensimmäisestä Falconista alkaen oli tehdä raketit uudelleenkäytettäviksi. Tosin käytännön syistä päähuomio kiinnitettiin aluksi vain ensimmäiseen vaiheeseen, koska se on raketin kallein osa. Se on tukevatekoinen ja siinä on rakettimoottorit.

SpaceX:n alun perin utopistiselta tuntunut ajatus ensimmäisten vaiheiden uudelleenkäytöstä on osoittautunut toimivaksi. Falcon 9:n laukaisut ovat onnistuneet yli vuosikymmenen aikana erittäin hyvin, vain pari epäonnistumista on ollut. Sen sijaan ensimmäisten vaiheiden laskeutumiset epäonnistuivat hyvinkin näyttävästi parin vuoden ajan, kunnes ensimmäinen laskeutuminen kiinteälle maalle onnistui joulukuussa 2015 ja meren pinnalla olevan jalkapallokentän kokoisen lavetin päälle huhtikuussa 2016.

Vuodesta 2017 alkaen ensimmäisten vaiheiden laskeutumiset ovat muodostuneet rutiiniksi. 371:stä laskeutumisesta yrittäneestä lennosta 359 on onnistunut, ja kunnostettu-



KUVAN LÄHDE: SPACEX

SpaceX testasi ensin Starship-avauusalusta yksinään, ilman suurta ja raskasta ensimmäistä vaihetta. Kuvassa Starship no. 8:n lento päättyy näyttävään räjähdykseen joulukuussa 2020. Kaksi seuraavaakin koelentoa sujuivat hyvin, mutta lopuivat huonosti, ennen kuin Starship SN11 onnistui myös laskeutumaan hyvin.

ja ensimmäisiä vaiheita käyttäneitä lentoja on jo 335. Monet asiakkaat haluavatkin nyt täysin uuden raketin sijaan ”sisäänajetun” raketinvaiheen.

Falcon 9 -raketteja laukaistaan kolmelta laukaisualustalta Floridassa ja Kaliforniassa. Parhaimmillaan niitä suhahtelee taivaalle kolmekin viikossa, ja osa ensimmäisistä vaiheista on lentänyt jo yli 20 kertaa.

Ei ihme, että SpaceX on kaapannut etenkin läntiset markkinat lähes kokonaan itselleen.

UNELMIA JA INTOHIMOA

Läntisessä maailmassa SpaceX:llä on vain kaksi suoraa kilpailijaa: ULA (United Launch Alliance, Boeingin ja Lockheed-Martinin avaruusosastojen perustama yhteisyritys) ja eurooppalainen Arianespace (taustallaan Euroopan avaruusjärjestö, Ranskan avaruushallinto CNES ja Airbus).

Kumpikin on vastannut Falcon 9:n aloittamaan kilpailuun omilla raketeillaan, jotka ovat kuin muistoja menneestä. ULA:n Vulcan

teki ensilentonsa tammikuussa ja Ariane 6 nyt kesällä. Kumpikin raketeista on kerta-käyttöisiä, joskin suunnitelmia uudelleen-käytettävyydestä on.

Netissä kiertää eurooppalaisittain varsin nolo [video](#) vuodelta 2013. Siinä eurooppalaisen rakettipalvelutuottaja Arianespacen Aasian-toimiston johtaja **Richard Bowles** lyttää varsin suoraan SpaceX:n Falcon 9 -raketin uudelleenkäytettävyyden.

”He myyvät meille unelmia”, sanoi Bowles ja totesi, että sen mitä SpaceX pystyy tekemään, pystyy Arianespace myös tekemään. Varmaankin pystyisi, mutta tuolloin kehitteillä olleesta Ariane 6 -raketista ei tullut uudelleenkäytettävää.

Arianespacen sekä Bowlesin puolustukseksi todettakoon, että oikeastaan kaikki ”perinteiset” avaruustoimijat pitivät SpaceX:n laskelmia unelmana. Vaikka teknisesti raketinvaiheen saisi palaamaan, ei siitä pitänyt vanhojen käsitysten mukaan tulla koskaan taloudellisesti kannattavaa.

ULA:n toimitusjohtaja **Tony Bruno** asteli nyt lokakuussa 2024 pidetyssä Kansainvälisen astronauttisen unionin vuosikokouksessa yleisön eteen ja puolusteli taas kerran yhtiönsä varsin konservatiivista linjaa Vulcanin tekemisessä. Vaikka hän ei maininnut SpaceX:n nimeä, hän heitteli useita (katkeria) piikkejä sen suuntaan.

Bruno aloitti esityksensä insinöörien perusopinnoissa olevalla järjestelmätekni-

kan tuotekehitysprosessin kuvauksella. Siinä suunnitellaan, kehitetään, testataan ja ylläpidetään järjestelmiä, jotka koostuvat useista komponenteista ja alijärjestelmistä. Eri vaiheet toteutetaan erillisinä, niillä on omat tiiminsä, ja jokaisen vaiheen sisällä on vielä oma hierarkiansa. Se on ULA:n tapa toimia.

SpaceX ei noudata tätä, vaan siellä katse on kokonaisvaltaisempi. Insinöörit ottavat huomioon muitakin kehitysprosessin osa-alueita kuin vain oman vastuualueensa.

Jos esimerkiksi tietty insinööriryhmä saa tehtäväkseen kehittää laitteen, jonka massa saa olla 20 kiloa, he voivat tehdä siitä painavammankin, mikäli he kehittävät laitteensa sellaiseksi, että sen avulla voidaan säästää massaa muualta.

Monet perinteiset insinöörit haluavat keskittyä omaan osaansa, eivätkä halua muiden sekaantuvan työhönsä. SpaceX on puolestaan palkannut pääasiassa henkilöitä, jotka haluavat toimia laaja-alaisemmin. Hierarkia on matala, uusia ajatuksia ja parannusideoita suorastaan lypsetään.

ULA:n toimitusjohtaja Bruno kertoi myös siitä, että raketin testaamista voidaan tehdä kahdella tavalla: ”Fail in Flight” tai ”Fail on Paper”, eli epäonnistu lennossa tai epäonnistu paperilla.

SpaceX ei tee epäonnistuneita koelentoja tarkoituksella, mutta heille testit ovat myös tapa saada nopeasti realistista tietoa siitä, miten raketti ja sen osat käyttäytyvät, missä

Musk on ollut viime vuosina Donald Trumpin lisäksi läheisessä yhteydessä Venäjän presidentin Vladimir Putinin kanssa.

on niiden heikot kohdat ja millaisia ovat todelliset olosuhteet lennon aikana. Saatujen tietojen perusteella tehdään muutoksia, ja koitetaan uudelleen.

Perinteiset yhtiöt – kuten Brunon ULA – tekevät enemmän tarkkoja simulaatioita, analyysyjä ja laboratoriokokeita ja etenevät koelentoon vasta kun kaikki on moneen kertaan analysoitu. Tähän menee enemmän aikaa, ja panokset koelennon onnistumiseen ovat korkeammalla. Heille ensilennon epäonnistuminen on kauhistus, iteratiivista suunnittelumetodia käyttävälle SpaceX:lle vain askel eteenpäin.

Erilaisuuden taustalla on myös yhtiöiden olemus. ULA:n (kuten Arianespacenkin) pääasiakkaita ovat hallitukset ja puolustusviranomaiset, eli veronmaksajat, ja räjähtävää rakettia pidetään helposti verorahojen tuhlaamisena.

Kaupallinen yhtiö voi sen sijaan ”räjäyttelä rakettejaan” ilman paheksuntaa – etenkin, kun viulut maksaa Musk. Nyt SpaceX on tosin niin tuottava, että Muskin ei täydy kaivaa kuvettaan, vaan lähinnä ottaa rahaa vastaan.

TAUSTALLA LUURAA ELON MUSK

SpaceX:n menestys on tullut pitkälti uusista ideoista, ennakkoluulottomuudesta, riskinottohalusta, kustannusten minimoimisesta ja innostuksesta – eli asioista, jotka ovat juuri päinvastaisia perinteisillä avaruusyhtiöillä. Perinteisten yhtiöiden liiketoimintamalli on ollut (hieman yleistäen) päivittää vanhaa tekniikkaa hieman ja saada siten helppoa rahaa institutionaalisilta asiakkailta.

Tämä selvä ero suhteessa perinteisiin toimijoihin on auttanut SpaceX:ää innovatiivisen ja innostuneen työvoiman rekrytoinnissa, mutta kaiken taustalla on Elon Musk hyvine ja huonoine puolineen.

Hänellä oli visio avaruusaluksen uudelleenkäytettävyydestä ja niiden tuotannosta sekä lennättämisestä teollisen tehokkaasti. Hänellä oli uusia, hullultakin kuulostavia ideoita, mutta hän myös onnistui keräämään ympärilleen sopivan joukon henkilöitä, jotka ovat auttaneet yhtiötä tekemään vallankumouksellisia tuotteita sekä kasvamaan ja kehittymään.



Nykyisin myös astronautit lentävät SpaceX:n kyydillä niin avaruusasemalle kuin yksittäisille lennoillekin. Kuvassa yhtiön ihmisten kuljettamiseen suunniteltu alus CrewDragon valmiina laukaisuun kohti avaruusasemaa.

Etenkin kannattaa nostaa esiin SpaceX:n operatiivinen johtaja **Gwynne Shotwell** ja vuoteen 2021 saakka tekniikan kehittämisestä vastaavana johtajana toiminut **Hans Königsmann**. Musk oli ja varmaankin on edelleen hyvä ideoimaan, mutta tarvitsee muita ideoiden toteuttamiseen.

Nasan ja Yhdysvaltain puolustushallinnon tilaukset ovat auttaneet SpaceX:ää valtavasti, ja on todennäköistä, että ilman tätä tukea yhtiötä ei olisi olemassa. Tilaukset on toki tehty vasta sen jälkeen, kun SpaceX oli jo osoitta-

nut pystyvänsä samaan (ja jopa parempaan) kuin perinteiset avaruusyhtiöt.

Muskin nörttityylinen viestintä etenkin sosiaalisessa mediassa on ollut omiaan rakentamaan myös yhtiöstä kuvaa uuden ajan insinöörien paratiisina.

SpaceX on saanut myös valtavasti ilmaista mainosta tekemällä hullulta tuntuvia tempauksia, kuten lähettämällä punaisen Tesla Roadster -avoauton avaruuteen raketin koelennolla. Perinteinen avaruusyhtiö olisi laittanut auton sijaan kyytiin niin sanotun

massasimulaattorin, eli kasan rautaa, joka vastaa massaltaan tyypillistä satelliittia. Saman asian voi tehdä tylsästi tai hauskasti.

Innostuksella ja rajojen rikkomisella on ollut käänköpuolensa, sillä SpaceX:n työturvallisuus ei ole samalla tasolla perinteisten yhtiöiden kanssa. Esimerkiksi perheen perustamisen jälkeen yhtiön hektisessä ilmapiiirissä työuransa aloittaneet työntekijät kohtaavat erilaisen todellisuuden, kun tiukat aikataulut ja kunnianhimoiset tavoitteet taistelevat perhe-elämän odotusten kanssa.

Stressitaso yhtiössä on korkealla, mutta samalla sen työntekijät tietävät olevansa tekemässä tulevaisuutta, osana vallankumousta avaruustoiminnassa.

SpaceX on saavuttanut lähes monopoli- aseman niin rakettien kuin Starlink-tietoliikennesysteeminsä avulla. Se syystäkin saa aikaan vastustusta.

Kaiken jo nyt saavutetun jälkeen Elon Musk itse tosin voi olla yhtiönsä suurin uhka. Hän oli voimakkaasti mukana Yhdysvaltojen presidentiksi uudelleen valitun **Donald Trumpin** kampanjassa, ja Trump on ilmoittanut antavansa Muskin hoidettavaksi valtionhallinnon suoraviivaistamisen. Voi kysyä, miten Musk ennättää lisäksi hoitaa kaikkia yhtiöitään – tuo työ on selvästi syönyt hänen (mielen)terveyttään aikaisemminkin.

On myös vaikea ymmärtää miksi loogisuudesta tunnettu Musk on lyöttäytynyt

yhteen tieteenkieltäjien ja salaliittoteoreetikkojen kanssa.

Jo ennen siirtymistään äärioikeiston puolelle, Musk on jakanut ihmisiä voimakkaasti ”Elonin fanipoikiin” ja SpaceX:n railakkaalta näyttävään tyyliin hänen vastustajiinsa.

Lokakuussa 2024 tulleiden tietojen mukaan hän on ollut lisäksi läheisessä yhteydessä Venäjän presidentin **Vladimir Putinin** kanssa. Koska SpaceX laukaisee paljon Yhdysvaltain ja muidenkin länsimaiden kansallisen turvallisuuden kannalta tärkeitä satelliitteja ja Starshipille kaavaillaan roolia kuulentojen lisäksi sotilaspuolella, voi tämä Muskin väitetty yhteys Venäjään haitata yhtiön kehitystä. Tai sitten Musk pitää sulkea yhtiön ulkopuolelle, millä varmasti olisi myös haitallinen vaikutus.

Ei olekaan yllättävää, että ULAn Tony Bruno alleviivaa yhtiönsä amerikkalaisuutta ja turvallisuutta – taas yksi konkreettinen ero SpaceX:n ja perinteisten toimijoiden välillä.

—
Jari Mäkinen on avaruuteen ja avaruuslentoihin erikoistunut tiedetoimittaja.

Jari Mäkinen puhuu artikkelin aiheesta
Tieteen päivillä Helsingissä 11.1.

KIRJALLISUUS

Berger, Eric (2024): Reentry: SpaceX, Elon Musk, and the Reusable Rockets that Launched a Second Space Age. BenBella Books, Dallas.

Berger, Eric (2023): Liftoff: Elon Musk and the Desperate Early Days That Launched SpaceX. William Morrow Paperbacks / Harper Collins, New York.

Isaacson, Walter (2023): Elon Musk. Simon & Schuster, New York.

Steininger, Philippe (2024): Révolutions spatiales, de von Braun à Elon Musk. l'Archipel, Pariisi.

VAAHTOKARKKI MUUTTUU MAKKARAKSI – VÄÄRIN KÄÄNNETTY VAI LUOVASTI OIVALLETTU?

Oikean ja väärän käännöksen ero vaikuttaa selvältä: jos käännös ei vastaa lähtötekstiä, kyseessä täytyy olla virhe. Viestin välittäminen kielestä toiseen saattaa kuitenkin vaatia sanatason merkityksistä poikkeamista. Mikä oikeastaan on käännösvirhe? Muuttuuko käsitys virheestä, jos kääntäjänä on ihmisen sijaan tekoäly?

Käännökset ovat arkipäiväinen, tuttu ilmiö. Niihin törmää kaikkialla kännykän käyttöohjeesta kaunokirjallisuuteen ja pakkausselosteista elokuvatekstityksiin.

Samanaikaisesti käännökset ja kääntäminen ovat kuitenkin varsin näkymättömiä asioita. Moni ei välttämättä kiinnitä käännöksiin juurikaan huomiota – paitsi jos käännetyssä tekstissä vaikuttaa olevan jotain pielessä. Käännöksistä löydetyt virheet tai ”käännöskukkaset” ovat vuosien varrella päätyneet kirjoiksikin (esim. Paakkinen 2003).

Niin ihmisten kuin koneidenkin tuottamien käännösten laatua ja virheitä tarkastellaan tietenkin myös käännösalalla ja tutkimuksessa. Erilaisia laadunarviointimenetelmiä on käytössä käännöspalveluja tarjoavien yritysten laadunvarmistukses-

sa, kääntäjänkoulutuksessa ja muussa arvioinnissa (esim. [auktorisoidun kääntäjän tutkinto](#)), sekä käännöstieteellisessä tutkimuksessa. Yksi lähestymistapa tähän on virheperusteinen arviointi, jossa tunnustetaan käännetyn tekstin virheitä ja luokitellaan niitä eri kategorioihin (esim. Konttinen & Veivo 2008).

Virhekategorioiden tyypillinen ylätasoinen jaottelu ovat kielivirheet ja käännösvirheet. Kielivirheet liittyvät tässä jaottelussa esimerkiksi kielioopin oikeellisuuteen, sujuvuuteen, luettavuuteen tai idiomaattisuuteen, eli siihen onko ilmaus kyseiselle kielelle ominainen. Kielivirhe ei kuitenkaan estä oikean merkityksen välittymistä käännöksessä. Käännösvirheet sen sijaan liittyvät nimenomaan tekstin merkitysisältöön: toiselle kielelle käännetyn version eli kohdetekstin

Suomeenkin on vuosisatojen varrella syntynyt runsain määrin uudissanoja juuri kääntäjien kehittämänä.

merkitys poikkeaa alkukielisestä versiosta eli lähtötekstistä.

Nopeasti ajateltuna käännösvirheen määritelmä vaikuttaa siis itsestään selvältä. Jos merkitys on käännöksessä muuttunut, kyseessä täytyy olla käännösvirhe. Eihän esimerkiksi vaahtokarkkia voi kääntää lenkkimakkaraksi. Käännöstieteen tutkimuksen ja kääntämisen käytännön näkökulmasta asia ei kuitenkaan ole näin yksiselitteinen.

Käännöstieteessä ekvivalenssi eli lähtö- ja kohdetekstin yksiköiden vastaavuus on ollut keskeinen kysymys jo vuosikymmeniä (Chesterman 2016). Ekvivalenssi tai vastaavuus ei toteudu pelkästään yksittäisten sanojen tarkoitteiden tasolla, vaan viestin välittäminen kielestä ja kulttuurista toiseen voi suorastaan edellyttää sanavastaavuuksista poikkeamista ja hyvinkin luovia oivalluksia kääntäjältä. Vastaavuuden ongelmia ja kääntäjien strategioita on kuvannut esimerkiksi **Ritva Leppihalme** (2007).

MERKITYKSEN ERI TASOJA KÄÄNNÖKSESSÄ

Monelle *Tenavat*-sarjakuvia lukeneelle ovat varmaankin tuttuja leirinuotiolle sijoittuvat tarinat, joissa Jaska Jokunen, Ressu tai muut hahmot pitelevät nuotion päällä tikun nokassa jotain. Amerikkalaisessa lähtötekstissä näissä tarinoissa paahdetaan vaahtokarkkeja. Suomenkielisissä käännöksissä 1980- ja 1990-luvuilla sen sijaan puhutaan makkarosta. Mistä tässä oikein on kysymys – onko kääntäjälle käynyt virhe?

Sarjakuvan kääntäjä **Juhani Tolvanen** (1996) avaa *Ruutujen välissä* -teoksessa taustaa, miten vaahtokarkki muuttui makkaraksi. Vielä nelisenkymmentä vuotta sitten Suomessa myydyt vaahtokarkit olivat hyvin erilaisia kuin amerikkalaiset, eikä niiden paahtaminen nuotiolla tikunnokassa ollut suomalaisyleisölle tuttu tapa. Vaikka *marshmallow* sinällään olisi ollut käännettävissä vaahtokarkiksi, konnotaatioiden eli mielleyhtymien tasolla sana ei olisi välittä-

nyt suomalaiselle lukijalle samaa merkitystä kuin amerikkalaiselle lukijalle. Erityisesti sarjakuvassa, jonka kohdeyleisönä ovat lapset, vaahtokarkeista puhuminen leirinuotion yhteydessä olisi saattanut tuntua suomalaisen lukijan mielestä kummalliselta tai häiritsevältä ja viedä huomiota itse tarinasta.

Kulttuurisesta erosta syntyi siis käännösongelma. Kääntäjä kuitenkin oivalsi, että kuvassa tikunnokkaan piirretty muoto muistutti lenkkimakkaran pätkää. Makkaroitahan Suomessa on tapana paistaa nuotiolla, joten viittaaminen käännöksessä vaahtokarkkien sijaan makkaroihin välittäisi lukijalle vastaavan mielleyhtymän ja tunnelman leirinuotiossa. Kääntäjän oivallus ja sanatason peruserkityksestä irrottautuminen auttoi löytämään käännösongelmaan luovan ratkaisun.

Käännösratkaisuja, jotka tuovat tekstin ikään kuin lähemmäksi kohdetekstin lukijaa hänelle tuttujen kielellisten ilmausten ja kulttuuristen ilmiöiden avulla, kutsutaan käännöstieteessä kotouttamiseksi. Tällaisia ratkaisuja tarvitaan usein erityisesti silloin, kun käännöksen lähtökulttuuri ei ole kohdeyleisölle tuttu. Sen vastaparina pidetään vierannuttavaa käännösstrategiaa, jossa lähtökielen ja -kulttuurin ilmaisutapoja ja ilmiötä nimenomaan tehdään näkyväksi eikä korvata kohdekieliselle lukijalle tutulla asialla. (Leppihalme 2007).

Lähtötekstissä esiintyvät ilmiöt ja käsitteet, joille ei kohdekielessä ole suoraa vas-

tinetta, saattavat edellyttää uusien sanojen ja ilmausten luomista kohdekieleen. Monien muiden kielten tavoin suomeenkin on vuosisatojen varrella syntynyt runsain määrin uudissanoja juuri kääntäjien kehittämänä (Häkkinen 2007).

Tarpeen uudissanojen luomiselle voivat aiheuttaa todellisen maailman tekniset ja yhteiskunnalliset ilmiöt, mutta myös esimerkiksi kaunokirjallisuuden kuvitteelliset maailmat ilmiöineen. Kohtaamiaan haasteita ja omia ratkaisujaan on käsitellyt esimerkiksi Harry Potter -kirjojen palkittu kääntäjä **Jaana Kapari-Jatta** (2008).

KONE KÄÄNTÄJÄNÄ

Käännöksiä tuotetaan nykypäivänä yhä enemmän myös automaattisesti erilaisilla tietokonesovelluksilla. Konekääntimiä kuten [Google Translate](#) ja [DeepL](#) on ollut käytössä jo pitkään.

Viimeisen parin vuoden aikana kääntämisen kentälle ovat tulleet myös suuriin kielimalleihin perustuvat generatiiviset tekoälysovellukset kuten [ChatGPT](#), [Copilot](#) ja [Gemini](#). Tekstin tuottamisen lisäksi niillä on mahdollista kääntää tekstiä ja puhetta. Generatiivisen tekoälyn toimintaperiaatteet eroavat jossain määrin ”perinteisemmistä” kääntimistä, mutta tuotteina molempien kääntämät tekstit voidaan katsoa konekäännöksiksi. Konekäännösten vertailu ihmisten

Kone ei ota huomioon tekstin ulkoista käänöstilannetta.

käännöksiin onkin herättänyt niin tavallisten käyttäjien kuin tutkijoiden mielenkiinnon.

Eräs tekoälylle ominainen piirre ovat niin sanotut hallusinaatiot, joissa tekoäly sepittää paikkansapitämätöntä tietoa. Konekäännöksessä hallusinaatio voi olla myös kääntimen tai generatiivisen tekoälyn tuottama sana, jota ei ole olemassa. Eräs esimerkki omista tutkimusaineistoistani on tapaus, jossa konekäännin oli tuottanut englanninkieliselle termille *spirulina algae* suomeksi vastineen ”kierulevä”. Suomen kielessä tällaista sanaa ei kuitenkaan ole, vaan kyseisestä levästä käytetään lainasanaa spirulina.

Kääntimen kehittämisen sanan taustalla on se, että englannin sanaa spirulina ei ilmeisesti ole esiintynyt opetusaineistona käytetyissä teksteissä. Algoritmi pystyy kuitenkin koostamaan mahdollisia vastineita myös sanaa lyhyemmistä kirjainjonoista. Kirjainjonona tarkasteltu sana *spirulina* muistuttaa englannin sanaa *spiral*, mikä on ilmeisesti johtanut kääntimen tuottamaan kierteseen viittaavan vastineen. Onko ”kierulevä” siis välttämättä virheellinen hallusinaatio, vai voisiko kyseessä ollakin luova oivallus? Luovathan ihmiskääntäjätkin kieleen uudissanvoja.

LUOVUUS KÄÄNNÖKSEN OMINAISUUTENA

Luovuutta on tarkasteltu käännöstieteessä niin kognitiivisena prosessina kuin teksteissä ilmenevinä piirteinä, jolloin tutkimus keskittyy käännösratkaisuihin. Luovan käännösratkaisun määritelmässä korostuvia piirteitä ovat uutuus, poikkeaminen lähtötekstistä ja käyttötarkoitukseen sopivuus (Bayer-Hohenwarter & Kußmaul 2020). Luova käännösratkaisu voi siis poiketa merkittävästikin sananmukaisesta käännöksestä ratkaistakseen kielten ja kulttuurien eroista syntyvän käännösongelman jollakin uudella, ennen näkemättömällä tavalla.

Konekäännöksen kierulevä voitaisiin teoriassa määritellä luovaksi käännösratkaisuksi: se ratkaisee käännösongelman eli lähtökielisen sanan vastineen puuttumisen uudella tavalla. Jos kohdekultuurin kieliyhteisö hyväksyisi tällaisen vastineen ainakin joissain tilanteissa toimivaksi, koneen muodostamasta vastineesta voisi ajan saatossa syntyä kielenkäyttöön vakiintuva sana.

Toinen olennainen kriteeri kuitenkin on, sopiiko ratkaisu käännöksen käyttötarkoitukseen. Lukijalle täysin tuntematon sana ei välttämättä välittäisi minkäänlaista merkitystä. Lisätiedon etsiminenkään ei onnistui-

si, koska koneen sepittämää sanaa ei löydy muualta. Tällainen käännösratkaisu ei siis palvelisi käännöksen tarkoitusta.

Vastaavassa tilanteessa ihmiskääntäjä pystyy harkitsemaan erilaisia vaihtoehtoja, esimerkiksi punnitsemaan, millainen uudissanona on riittävän läpinäkyvä välittämään

sen merkityksen. Ihmiskääntäjä voi myös lisätä uudissanon rinnalle selitteen avaamaan sen merkitystä.

Riippumatta siitä, onko käännöksen tehnyt ihminen vai kone, kaikki poikkeamat lähtötekstistä eivät toki ole perusteltavissa luoviksi ratkaisuuksi. Sarjakuvakäännökse-





sä, jonka tavoitteena on tarinankerronta ja lukijan viihdyttäminen, vaahtokarkin muuttaminen makkaraksi on luova oivallus, joka palvelee käännöksen tarkoitusta ja kohdeyleisöä. Jos kyseessä sen sijaan on tuotteen pakkausseloste, jonka tarkoitus on välittää ostajalle tarkkaa ja todenmukaista tietoa pakkauksen sisällöstä, vaahtokarkin kutsuminen lenkkimakkaraksi on selkeästi virhe.

TIETOINEN HARKINTA EROTTA IHMISKÄÄNTÄJÄN KONEESTA

Käännöstilanne, käännettävän tekstin tyyppi ja käännöksen käyttötarkoitus vaikuttavat siihen, millaista merkityksen vastaavuutta tavoitellaan ja millaiset käännösratkaisut ovat hyväksyttäviä. Käännösstrategian ja yksittäisten ratkaisujen valinta edellyttää kääntäjältä aina kokonaisvaltaista harkintaa.

Tietoinen harkinta ja ongelmanratkaisu erottaakin ihmiskääntäjän toiminnan konekääntämisestä. Tekoälyn tuottama konekäännös perustuu opetusaineistosta – ihmisten tekemistä käännöksistä – laskettuihin todennäköisyyksiin eikä kone ota huomioon tekstin ulkoista käännöstilannetta.

Käännösvirheen määritelmä ei ole yksiselitteinen asia. Merkityksen muuttuminen toimii virheen kriteerinä sellaisissa tilanteissa, joissa tarkan ja täsmällisen tiedon välittyminen on ensisijaista. Toisissa tilanteissa, esimerkiksi kaunokirjallista proosaa tai lyriikkaa käännettäessä, sanoman ja tunnelman välittäminen saattaa edellyttää luovaa irrottautumista sanojen täsmällisistä tarkoitteista. Erehdyksen ja oivalluksen rajanveto kääntämisessä onkin siis monitahoinen kysymys.

—
Maarit Koponen on Itä-Suomen yliopiston käännöstieteen professori.

Maarit Koponen puhuu artikkelin aiheesta
Tieteen päivillä Helsingissä 11.1.2025.

KIRJALLISUUS

Bayer-Hohenwarter, Gerrit, & Paul Kußmaul. 2020. Translation, creativity and cognition. Teoksessa: Fabio Alves & Arnt Lykke Jakobsen (toim.), *The Routledge Handbook of Translation and Cognition*, 310–325. London / New York: Routledge.

Chesterman, Andrew. 2016. *Memes of Translation. The Spread of Ideas in Translation Theory*. Amsterdam/Philadelphia: Benjamins.

Häkkinen, Kaisa. 2007. Kielen kehitys ja suomennoskirjallisuus. Teoksessa: H. K. Riikonen, Urpo Kovala, Pekka Kujamäki, & Outi Paloposki (toim.), *Suomennoskirjallisuuden historia 1*, 162–171. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.

Kapari-Jatta, Jaana. 2008. *Pollomuhku ja Posityyhtynen*. Helsinki: Tammi.

Konttinen, Kalle, & Outi Veivo. 2008. Kääntämisen arviointi työelämässä ja koulutuksessa. *MikaEL: Kääntämisen ja tulkkauksen tutkimuksen symposiumin verkkojulkaisu*, 2. <https://doi.org/10.61200/mikael.145929>

Leppihalme, Ritva. 2007. Kääntäjän strategiat. Teoksessa: H. K. Riikonen, Urpo Kovala, Pekka Kujamäki, & Outi Paloposki (toim.), *Suomennoskirjallisuuden historia 2*, 365–373. Helsinki: Suomalaisen Kirjallisuuden Seura.

Paakkinen, Jouni. 2003. *Yhdeksänmetrinen maasika: käännöskukkasten parhaita*. Jyväskylä: Atena.

Tolvanen, Juhani. 1996. Vaahtokarkista lenkkimakkaraksi: ajatuksia sarjakuvan kääntämisestä. Teoksessa: Juha Herkman (toim.), *Ruutujen välissä: näkökulmia sarjakuvaan*, 207–209. Tampere: Tampere University Press.

ANTROPOLOGIN YLITULKINTOJA INTIASSA

Antropologian pyrkimys löytää konkreettisista havainnoista syvällisiä merkityksiä voi joskus johtaa tulkintavirheisiin. Jukka Jouhki huomasi kenttätöissä Intiassa, kuinka symboliset tulkinnat äänestämisen merkityksestä ja teinien kännykän käytön vaarallisuudesta veivät hänet hakoteille.

Antropologian päämenetelmä, etnografia, vaatii usein kuukausien tai jopa vuosien mittaisen kenttätöön. Sen aikana antropologi elää tutkimassaan yhteisössä ja tulee enemmän tai vähemmän osaksi tutkimaansa yhteisöä. Menetelmä antaa paljon vastuuta tutkijalle tutkimusinstrumentina.

Vaikka antropologi voi päästä tutkimaansa kulttuuriin syvälle, se ei välttämättä tarkoita sitä, että hän olisi täysin omaksunut paikallisen tavan merkityksellistä maailmaa ja todellisuutta. Antropologin – niin kuin monen muunkin ihmistutkijan – onkin helpompaa kuvata vaikkapa erikoisia ri-

tuaaleja, monimutkaisia uskomusjärjestelmiä, poikkeuksellisia sosiaalisia suhteita tai rönsyileviä kertomuksia kuin tulkita niiden merkityksiä. Mitä abstraktimpi ja käsitteellisempi ymmärtämisen kohde on, sitä epävarmempi tulkinta on.

Toisaalta myös tavanomaiset ilmiöt ja vakiintuneet käsitteet voidaan ymmärtää eri tavoin. Esimerkiksi oikeudenmukaisuus, kohtuus, tasa-arvo tai normaalius voivat jo antropologin omassa elinpiirissä tarkoittaa hyvinkin erilaisia asioita puhumattakaan siitä, millaisia viittauskohteita niillä on antropologille vieraammassa kulttuurissa. Siksi kenttätöissä on tärkeää pyytää haastateltavilta konkreetti-

Ihmiset osallistuvat poliittiseen mielenosoitukseen työläisten aseman parantamiseksi Chennaiassa, Intiassa.



En nähnyt konkreettisia puita, koska mielessäni oli antropologisen mielikuvitukseni kasvattama abstrakti metsä.

sia esimerkkejä heidän kuvauksilleen, vaikka ”itsestään selvistä” asioista kysyminen voikin tuntua kiusalliselta.

Joskus taas asiat ovat juuri niin kuin miltä ne näyttävät, jolloin – kuten **Sigmund Freudin** kerrotaan sanoneen – sikarikin on vain sikari. Mutta myös konkretia voi olla antropologille haaste, koska tieteenalalla ollaan taipuvaisia näkemään syvempiä merkityksiä sielläkin, missä niitä ei välttämättä ole. Antropologi **Mark Hobartin** mukaan ilman arkisten asioiden syvällisiä tulkintoja antropologia olisi kuin Vatikaani ilman Jumalaa.

Humanistis-yhteiskuntatieteellinen tutkimus rohkaiseekin tutkijaa etsimään piilotettuja totuuksia, vallitsevia rakenteita, syvällistä symboliikkaa ja abstrakteja merkityksiä, varsinkin, jos ne sopivat tutkijan valitsemaan teoreettiseen kontekstiin. Toisinaan tämä taipumus vie tieteellisen keskustelun niin abstraktille tasolle, että sen ankkuroiminen empiirisiin havaintoihin voi olla vaikeaa, eivätkä tutkittavan yhteisön jäsenet itsekään välttämättä ymmärrä tutkijoiden tulkintoja.

Koska antropologia on pitkälti tutkimusta, jota tehdään usein kaukana tutkijan

omasta kulttuuriympäristöstä, ei ole ihme, että etnografisia ylitulkintoja tapahtuu toisinaan. Parhaimmillaan väärinymmärrykset ovat heuristisia, eli auttavat tutkijaa kokeilun kautta eteenpäin, mutta on syytä olettaa, että lukemattomat väärinymmärrykset jäävät tutkijalta huomaamatta, erityisesti, jos väärä tulkinta tukee tutkijan teoreettista lähestymistapaa.

Tämän artikkelin tarkoitus on esitellä kaksi tapausta, joissa etnografisen kenttätöni aikana tulkintani menivät suoraan sanottuna pieleen. Niin tapahtui, koska oletin virheellisesti, että tutkimani ihmiset käyttivät käsitteitä samalla tavalla kuin minä eli symbolisesti. Runollisemmin sanottuna, en nähnyt konkreettisia puita, koska mielessäni oli antropologisen mielikuvitukseni kasvattama abstrakti metsä.

ENSIMMÄINEN VIRHE: ÄÄNESTÄMISEN MERKITYKSEN VÄÄRIN YMMÄRTÄMINEN

Olin talvella 2014–2015 kenttätöissä Intiassa kymmenen miljoonan asukkaan Chennaisa, Tamil Nadun osavaltion pääkaupungissa.



Intiassa on nykyisin lähes miljardi äänioikeutettua. Kuvassa ihmiset jonottavat äänestämään Delhissä vuoden 2009 parlamenttivaaleissa.

Tarkoitukseni oli tutkia slummien asukkaiden käsityksiä äänestämisestä, sillä toisin kuin vaikkapa Euroopassa, Intiassa köyhät ovat ahkerimpia äänestäjiä.

Olin perehtynyt aiheita käsittelevään tutkimuskirjallisuuteen ja oppinut, kuinka Intian köyhille äänestäminen ei ollut vain poliittisen kannatuksen antamista ehdokkaalle, vaan sillä oli erityinen symbolinen merkitys. Se oli merkittävä ja harvinainen tasa-arvon symboli, koska lähes kaikessa muussa yhteiskunnallisessa toiminnassa köyhät jäivät rikkaiden varjoon.

Tunnistin tutkimuksista lukemistani haastattelusitaateista ylpeää demokraattista voimaantuneisuutta. Niissä köyhät äänestäjät kertoivat, kuinka äänestäminen vahvisti heidän kansalaisuuttansa ja kuinka vaalipäivänä valtiovallan oli pakko tunnustaa heidät. Näkemykset näyttivät myös olevan linjassa länsimaisen demokratian arvojen kanssa: jokainen äänestäjä oli yhtä arvokas. Huomasin toivovani, että Suomessakin suhtauduttaisiin äänestämiseen yhtä ylevästi.

Kun aloin haastatella ihmisiä eri puolilla kaupunkia, tutkimuskirjallisuus näytti heijas-



KUVAN LÄHDE: JUUKA JOUHKI

Kuvassa Jukka Jouhkin äänestämistä käsittelevän tutkimuksen eräs kenttätöalue Chennaissa, Intiassa.

tuvan selvästi ihmisten puheissa. Poliittiseen aktiivisuuteen kannustava iskulause ”Jos en äänestä, en ole olemassa valtiolle” toistui haastatteluissa erilaisissa muodoissaan.

Vaikka sain runsaasti haastatteluaineistoa ja ihmiset kertoivat mielellään vaaleista, politiikasta ja äänestämisestä, minusta tuntui, etten saanut aiheesta irti mitään, mitä ei olisi jo selvitetty. Hieman nollatutkimuksen tyyliin olin jo valmis raportoimaan, että havaintoni vastasivat aiempien tutkimusten havaintoja.

Jatkoin kuitenkin haastatteluja ja pyysin haastateltaviani kertomaan lisää siitä, kuinka äänestäminen vahvisti heidän kansalaisuuttaan. Odotin hienoja sitaatteja demokratian arvosta, mutta yllätyinkin, kuinka eri suuntaan haastattelut kääntyivät. Minulle selvisikin, että monet ihmiset ajattelivat, että äänestäminen oli hyvin konkreettisesti kytköksissä heidän oikeuksiinsa kansalaisina.

Monet haastateltavani nimittäin arvelivat, että jos he eivät äänestäisi, viranomaiset saisivat tietää asiasta. Tästä puolestaan seuraisi

se, että äänestämättä jättäneet eivät enää saisi sosiaalietuuksiaan, kuten ilmaista ruokaa, vaatteita, lääkkeitä tai koulupaikkaa perheen lapsille. Jotkut jopa pelkäsivät, että heidän kansalaisuutensa poistettaisiin kokonaan, jolloin heistä tulisi lainsuojattomia.

Äänestäminen merkitsikin haastattelemleni ihmisille paljon konkreettisemmin sitä, että he ”ovat olemassa valtiolle”. Se varmisti heidän olemassaolonsa valtion rekistereissä ja sosiaalietuuksien järjestelmässä. Tällaiset uskomukset eivät olleet syntyneet tyhjästä, vaan ehdokkaat ja heidän kannattajansa levittivät niitä mieluusti, että saisivat rohkaistua ihmisiä äänestämään – tietenkin ”oikeaa” ehdokasta.

Äänestäjiä myös kuskattiin kuorma-autoilla äänestyspaikoille ja heitä saatettiin lahjoa – tai uhkaillakin – että he äänestäisivät oikein. Haastateltavani eivät luottaneet vaalisalaisuuden pitämiseen, joten moni ajatteli, että oli parempi äänestää niin kuin heiltä toivottiin.

Yksityiskohtien kautta saamani kuva äänestämisen merkityksestä oli suorastaan päinvastainen kuin mitä olin itse aluksi olettanut.

Päinvastoin kuin itse olin olettanut, moni haastattelemani ihminen jopa ajatteli, että demokratia ei toiminut Intiassa, politiikka oli korruptoitunutta ja äänestäminen vaivalloista byrokratiaa, jota ilman elämä olisi helpompaa. Monilla äänestämiseen matkoineen ja jonotuksineen tuhlaantui kokonainen työpäivä, eli äänestäminen tarkoitti monille tulonmenetystä.

Yksityiskohtien kautta saamani kuva äänestämisen merkityksestä oli siis suorastaan päinvastainen kuin mitä olin itse aluksi olettanut, eivätkä haastattelemani ihmiset suhtautuneetkaan äänestämiseen yhtä symbolisesti kuin mitä itse oletin – tai toivoin.

TOINEN VIRHE: KUN ”VAARALLINEN” EI OLEKAAN SYMBOLISTA

Vietin vuosina 2010 ja 2012 useita kuukausia Etelä-Intian maaseudulla tavoitteenani tutkia uuden teknologisen innovaation, kännykän, sukupuolittuneita merkityksiä. Toisin sanoen

Onneksi laadukas vertaisarviointi vähentää virheiden vaaraa.

tutkin kännykän käyttöä, arvoja ja merkityksiä miesten ja naisten näkökulmasta.

Asuin eräessä kylässä, jossa haastattelin ja havainnoin ihmisiä heidän arjessaan. Pyysin ihmisiä kertomaan puhelinten hinnoista, käyttötaidoista, kännykkäetiketistä sekä kännykän työ- ja viihdekäytöstä, mutta keskustelimme myös yleisemminkin ihmisten välisistä suhteista ja kylän elämästä.

Haastattelin myös monia isiä ja äitejä, joilla oli teini-ikäisiä lapsia. Olin huomannut, että monilla nuorilla oli omat puhelimensa tai he ainakin saivat toisinaan käyttää jonkun perheenjäsenen kännykkää. Olin myös kuullut ja lukenut, että monet teinit soittelivat salaa toisilleen romanttisessa mielessä, ja näinkin toisinaan, kuinka nuoret kuljeskeliivat syrjässä katseilta ja puhuivat puhelimeen hiljaksiin. Uskoakseni monet näistä keskusteluista käytiin puhujan ihastuksen kohteen kanssa.

Tiesin myös, että Intiassa ja varsinkin Tamil Nadun maaseudulla, joka on verrattain kon-

servatiivista aluetta, vähäiseenkin nuorten vuorovaikutukseen vastakkaisen sukupuolen kanssa suhtauduttiin kielteisesti, puhumattaakaan seurustelusta tai esiaviollisista rakkaussuhteista.

Deittailu ja romanttinen fyysinen kontakti tyttöjen ja poikien välillä oli siis käytännössä kiellettyä. Kysyin haastateltaviltani usein, mitä he ajattelivat siitä mahdollisuudesta, että heidän teininsä ottaisi puhelimella yhteyttä mahdolliseen ihastukseensa. En ollut lainkaan yllättynyt, kun he kertoivat, että eivät pitäneet ajatuksesta.

Muutama vanhempi kertoi, että poikien ja tyttöjen väliset puhelut olivat ”vaarallisia”, mikä tuntuikin minusta päivänselvältä: konservatiivisessa yhteisössä nuoret uhmasivat moraalista tabua, mikä saattoi vaarantaa perheen maineen ja synnyttää ikäviä juoruja.

Vaikka olin melko varma, että olin jo tehnyt mielekkäitä – joskaan en kovin yllättäviä – tulkintoja kännykänkäytön moraalista, olin jo sopinut useita haastatteluita, jotka minun



Kännykän käyttöä Varanasissa, Intiassa (kuva vuodelta 2015).

oli vielä toteutettava. Ajattelin, että voisin käyttää loput haastatteluista siihen, että piirittäisin vielä tarkemman kuvan teinien kännykkätabusta.

Haastattelin erästä keski-ikäistä perheelistä miestä, ja kysyin, mitä mieltä hän oli teinien romanttisista yhteydenotoista. Mies vastasi kuten odotinkin: ”Se on vaarallista.” Pyysin häntä kertomaan tarkemmin. Odotin puhetta perinteiden merkityksestä, avioliiton arvosta, esiaviollisten suhteiden paheksuttavuudesta ja kenties uskonnollisistakin

normeista. Kenties hänellä olisi kiinnostavia anekdootteja perheistä, joiden nuoret olivat jääneet kiinni kännykkäromantiikasta. Mutta yllätyksekseni hän selitti, että ”vaarallinen” tarkoitti sitä, että teinien kännykän käyttö saattoi johtaa väkivaltaan.

Olin yllättänyt ja halusin tietää lisää, mutta haastateltavani ei tuntunut ymmärtävän, miksi pyysin häneltä lisätietoja niin itsestään selvästä asiasta. Tutkimusavustajani, paikallisen yliopiston antropologian opiskelija ja kyseisen miehen naapuri, selitti miehen

puolesta: Jos alhaiseen kastiin kuuluva poika soittaisi ylempikastiselle tytölle, asia voisi tulla ilmi ja johtaa pahimmillaan väkivaltaan perheiden, sukujen tai klaanien kesken. Konflikti saattaisi jopa eskaloitua laajaksi kastienväliseksi vihanpidoksi, jossa kuolisi ihmisiä. Tajusin, että ”vaarallinen” tarkoittikin fyysisesti – ei metaforisesti – vaarallista!

Juonenkäännöksi yllätti minut myös siksi, että tavallaan jo tiesin asian. Tiesin, että Intiassa kastien välillä oli jännitteitä, konflikteja ja väkivaltaakin. Tiesin myös, että tutkimaani kylän asukkaat olivat kastijärjestelmässä alhaisessa asemassa. Kaiken lisäksi tiesin senkin, että Intiassa ja hyvin vahvasti Tamil Nadussa, kastien väliset romanttiset suhteet – erityisesti sellaiset, joissa alempikastinen mies oli ylempikastisen naisen kanssa ilman sukujen siunausta – olivat harvinaisia, rajoitettuja ja paheksuttuja. Ylemmän kastin puhkaus ei sallinut alemman kastin saastuttavaa vaikutusta.

Toisinaan alempikastinen poika saattoi karata ylempikastisen tytön kanssa, mistä saattoi seurata myös paheksuttu rakkausavioliitto, jota pidettiin vastuuttomana sukujen tahdon sivuuttamisena. Nuorten ei katsottu olevan tarpeeksi kypsiä tai päteviä arvioimaan, kenen kanssa heidän tuli mennä naimisiin, ja rakkaus – vaikka sille saattoi olla paikkansa avioliitossa – nähtiin liian hatarana pohjana rakentaa vankka pohja tärkeälle liitolle.

Avioliitoista päättivät morsianten ja sulhasten vanhemmat ja sukulaiset, eivät nuoret itse, eivätkä he missään nimessä avioituneet kastien välillä. Siispä ihastukselleen puhelimessa puhuva, väärään kastiin kuuluva teinipoika saattoi tulla pahoinpidellyksi ja asia saattoi eskaloitua paljon pahemmaksi konfliktiksi.

Olin siis epäonnistunut yhdistämään pisteet lapsellisen helpossa piirrostehtävässä, jonka kuvan jo tunsin. Haastattelutilanteissa en vain päässyt irti omasta kulttuurisesta ajattelumallistani, että harmiton teinien jutustelu kännykän välityksellä olisi ”vaarallinen” muuten kuin korkeintaan symbolisessa mielessä.

VIRHEEN JA ONNISTUMISEN SUMEA RAJA

Omat erehdykseni tutkimusprosessien aikana ovat hyviä esimerkkejä siitä, kuinka samojen käsitteiden käyttö ei vielä tarkoita sitä, että käsitteet ymmärrettäisiin samalla tavalla. Omat virheeni eivät toki ole yleistettävissä antropologiaan, sillä kohdallani virheet johtuivat lähinnä liian vähäisestä kenttätyöajastani, heikosta perehtymisestäni ja ennen kaikkea kyvyttömyydestäni päästä irti omista ajattelumalleistani, jotka toki olivat osin oman tieteellisen ja kulttuuriympäristöni tulosta.

Toisaalta tapaukset kertovat myös antropologisesta onnistumisesta, koska lopulta kui-

tenkin huomasin virheeni. Silti oli kiusallisen lähellä, etten olisi huomannut virheitäni, vaan olisin raportoinut hyvin erilaisia tulkin-toja tutkimusaiheistani.

Kaksi virhettäni saakin minut miettimään, kuinka usein olen tehnyt vastaavanlaisia tulkintavirheitä, jotka ovat jääneet huomioimatta. Entä kuinka usein tieteessä ylipäätään saadaan tutkimustuloksia, jotka perustuvat ennako-oletuksia tukeviin väärinymmärryksiin, jotka tuntuvat mielekkäiltä, koska ne ovat uskollisia vakiintuneelle tavalle tulkita maailmaa?

Onneksi laadukas vertaisarviointi vähentää virheiden vaaraa. Kannattaa myös kysyä ärsyttävyydenkin uhalla ”Mitä siis käytännössä tarkoitat?” Kysymyksestä voi olla apua myös akateemisissa keskusteluissa.

Artikkeli pohjautuu Journal of Organizational Ethnography -lehdessä julkaistuun artikkeliin.

Jukka Jouhki on yhteiskuntatutkimuksen yliopistonopettaja Tampereen yliopistossa ja Suomen Antropologisen Seuran puheenjohtaja.

Jukka Jouhki puhuu aiheesta Tieteen päivillä Helsingissä 9.1.2025.

KIRURGISIA LEIKKAUKSIA, JOITA EI TULISI TEHDÄ

Lääketiede on kehittynyt valtavasti viime vuosikymmeninä. Monia leikkauksia on lakattu tekemästä. Lobotomia on ilmeisin esimerkki, mutta myös muun muassa syöpähoidoissa kajotaan entistä vähemmän potilaiden kehoon.

On arvioitu, että noin kolmannes sairaaloidemme toiminnasta liittyisi kirurgisiin leikkauksiin ja toimenpiteisiin. Kirurgia on siis merkittävä osa sairaaloidemme joka päiväistä toimintaa. Suomen Kirurgiyhdistys täyttää 100 vuotta vuonna 2025 ja tuon vuosisadan aikana kehitys kirurgian alalla on ollut huimaa.

Yhä vaativampia leikkauksia voidaan tehdä ja täten parantaa sairauksia, joissa ei ennen voitu parantavaa hoitoa tarjota. Tällaisen vaativan kirurgian mahdollistaa kirurgisten tekniikoiden kehitys, tehohoidon parantuminen sekä tautien biologisen perustan lisääntynyt ymmärrys.

Lääketieteen kehitys ja uudet tutkimustulokset ovat tuoneet mukanaan tarkempaa tietoa ja terävöittäneet ymmärrystä kirurgis-

ten toimenpiteiden vaikutuksista, hyödyistä, mutta myös haitoista. Lisääntyneen tiedon myötä monet aiemmin yleisesti käytetyt leikkauksen menetelmät ovat osoittautuneet tarpeettomiksi tai jopa haitallisiksi potilaan kannalta.

Leikkaukset, joita emme kirurgian sisällä enää suosittele voidaan karkeasti jakaa kahteen pääryhmään: 1) Leikkaukset, joiden hyöty on hävinnyt lääketieteen kehityksen myötä ja 2) Leikkaukset, joiden alkuperäinen tarkoituskin ehkä oli kyseenalainen ja jotka saattoivat aiheuttaa enemmän haittaa kuin hyötyä.

LEIKKAUKSET, JOIDEN HYÖTY ON HÄVINNYT LÄÄKETIETEEN KEHITYKSEN MYÖTÄ

Syövän parantavan hoidon perusta on useimmissa syöpämuodoissa ollut ja yhä on kasvaimen täydellinen kirurginen poisto eli radi-



Vatsan alueen syöpien hoidossa perinteiset avoleikkaukset ovat vähentyneet merkittävästi.

kaalinen resektio. Tämä tarkoittaa syövän poistamista tarpeeksi suurilla tervekkudusmarginaaleilla, eli leikkaamalla myös tietty määrä tervettä kudosta ympäriltä.

Syöpäkirurgiassa on viimeisten muutaman vuosikymmenen aikana tapahtunut huomattavaa kirurgian de-eskalaatioita eli siirtymistä yhä kudosta säästävempiin, potilaan toipumisen kannalta parempiin ja vähemmän kehoon kajoaviin leikkauksiin. Tähän kehitykseen on myös vaikuttanut syöpäbiologian lisääntynyt ymmärrys ja sitä myötä yhä tehokkaampien liitännäishoitojen eli syövän lääkinällisten hoitojen kehitys.

Esimerkkeinä kirurgian de-eskalaatiosta voidaan mainita rintasyövän ja ihosyövän hoidossa tapahtuneet merkittävät muutokset. Vielä 2000-luvun alussa tehtiin laajoja imusolmukealueiden poistoja näiden syöpien yhteydessä, vaikka suurin osa poistetuista imusolmukkeista osoittautuikin terveiksi. Suuret satunnaistetut kansainväliset tutkimukset ovat kuitenkin osoittaneet, että rajoitettu imusolmukkeiden poisto on yhtä

tehokas toimenpide, mutta vähentää potilaaseen kohdistuvia riskejä ja leikkaukseen liittyviä komplikaatioita, kuten leikkauksen jälkeistä imunesteturvotusta eli lymfedeemaa. Tämä kehitys on huomattavasti parantanut potilaiden elämänlaatua syöpähoitojen jälkeen.

Rintasyövässä vielä 1980-luvulla yleisin leikkaus oli koko rinnan ja kainaloimusolmukkeiden poisto, kun taas nykyään noin 80 prosenttia potilaista leikataan rinnan säästävällä tekniikalla ja pelkän vartijaimusolmukkeen poistamisella. Vartijaimusolmuke on ensimmäinen imusolmuke, johon syöpä leviäisi, ja jos se on terve, ei muita imusolmukkeita tarvitse hoitaa.

Ihosyöpäkirurgiassa kuten erimerkiksi melanoomakirurgiassa on aiemmin suositeltu hyvinkin laajoja tervekkudusmarginaaleja, mutta nykyisten hoitosuositusten mukaan pienemmät marginaalit riittävät takaamaan turvallisen hoidon. Tämä de-eskalaatio vähentää leikkausten negatiivisia seurauksia kuten esimerkeiksi arpiongelmia ja leikatun



KUVAN LÄHDE: VESA MOILANEN / LEHTIKUVA

alueen toiminnallisia häiriöitä, mikä parantaa potilaan elämänlaatua.

Vatsan alueen syöpien hoidossa perinteiset avoleikkaukset ovat myös vähentyneet merkittävästi, ja ne on korvattu mini-invasiivisilla tekniikoilla, kuten tähystysleikkauksilla ja robottikirurgialla. Nämä tekniikat vaativat vain pieniä viiltoja mikä vähentää leikkaukskomplikaatioiden riskiä ja nopeuttaa potilaan toipumista huomattavasti. Robotiikka tarjoaa kirurgille myös paremman hallinnan ja tarkkuuden sekä leikkausergonomian etenkin, kun leikkauksia tehdään lantion alueella.

Urologian alalla eturauhasen liikakasvun kirurginen hoito on myös vähentynyt tehokkaampien lääkehoitojen myötä, joilla liikakasvua voidaan hillitä ilman, että leikkauksia tarvitaan. Aikaisemmin tätä hyvin yleistä ongelmaa hoidettiin pääasiassa kirurgisesti, mutta nykyiset lääkkeet, esimerkiksi 5-alfareduktaasi-inhibiittorit ja alfa-salpaajat, ovat osoittautuneet hyvin tehokkaiksi ja vähentäneet leikkausten tarvetta.

Ortopediassa reumaleikkaukset, kuten artrodeesit eli nivelen jäykistysleikkaukset ja synovektomiat eli nivelten puhdistusleik-

Egas Monizille myönnettiin vuonna 1949 Nobelin lääketieteen palkinto lobotomian kehittämisestä.

kaukset, olivat aiemmin yleisiä reumasairauksista kärsiville potilaille. Nykyisin kuitenkin tehokkaat reumalääkkeet ovat vähentäneet myös näiden leikkausten tarvetta, mikä auttaa potilaita saavuttamaan hoitotasapainon ilman kirurgisia toimenpiteitä ja niiden aiheuttamia riskejä. Tämä kehitys mahdollistaa myös potilaiden paremman liikkuvuuden säilymisen ja vähentää leikkausten jälkeisiä komplikaatioita. Reumakirurgian painopiste onkin siirtynyt rekonstruktiviseen tekonivelkirurgiaan, kun se katsotaan tarpeelliseksi.

Verisuonikirurgiassa avoleikkaukset ovat vähentyneet merkittävästi, koska endovaskulaariset eli verisuonen sisäiset menetelmät ovat korvanneet niitä. Näitä hoitomenetelmiä käytetään esimerkiksi aortan laajentuman eli aneurysman hoidossa sekä valtimoiden ahtaumien hoidossa. Nämä toimenpiteet tarjoavat vaihtoehdon, jossa kehoon kajoetaan aiempaa vähemmän. Tämä vähentää verenvuodon, infektioiden ja muiden komplikaatioiden riskiä ja mahdollistaa potilaalle turvallisemman toipumisprosessin.

Vatsaelinkirurgian osalta umpilisäkkeen tulehdus (appendisiitti) on perinteisesti hoidettu kirurgisesti, mutta nykyisin on osoitettu,

että tulehdusta voidaan hoitaa antibiooteilla tietyissä tapauksissa. Tämä lähestymistapa vähentää leikkauksia ja voi olla hyvä vaihtoehto esimerkiksi hauraiden potilaiden umpisuolentulehduksen hoidossa tai jos potilas ei toivo leikkausta. Nykyään tiedämme, että suuri osa mahahaavoista eli ulkustaudista johtuu helicobakteerin aiheuttamasta mahalaukun limakalvon tulehduksesta ja noin 10–15 prosentille helicobakteerin kantajista kehittyä elämän aikana ulkustauti. Helicobakteerin voi mahalaukusta häätää ja täten aikaisemmin kohtalaisen tavallinen mahahaavan oireita helpottava leikkaus vagotomia eli kiertäjähermon katkaisu on nyt poistunut.

LEIKKAUKSET, JOIDEN HYÖTY OLI KYSEENALAINEN LÄHTÖKOHTAISESTI

Toiseen ryhmään kuuluvat leikkaukset, joiden hyöty on todettu vähäiseksi tai jopa haitalliseksi. Vaikka tavoitteena on aina ollut potilaan auttaminen, nämä toimenpiteet ovat usein perustuneet puutteelliseen tietoon sairauden biologiasta ja hoidon tehokkuudesta.



Neurokirurgian alalla lobotomia on yksi tunnetuimmista esimerkeistä kirurgisesta toimenpiteestä, jolla oli vakavia ja parantumattomia seurauksia potilaalle. Tässä toimenpiteessä otsalohkojen yhteydet taaemmas aivoihin katkaistiin ja se muutti huomattavasti potilaan persoonallisuutta. Toimenpide oli suosittu erityisesti 1900-luvun puolivälissä skitsofrenian hoidossa, mutta se aiheutti potilaille merkittäviä haittoja, jotka osoitautuivat ylittävän mahdolliset hyödyt. Lobotomia ei enää pidetä hyväksyttävänä

hoitomuotona. Mainittakoon kuitenkin, että **Egas Monizille** myönnettiin vuonna 1949 Nobelin lääketieteen palkinto juuri lobotomian kehittämisestä.

Käsikirurgiassa tenniskyynärpäävaivaa eli olkaluun nivelnastaan kiinnittyvien jänteiden rasituksesta johtuvaa kiputilaa leikattiin aiemmin runsaasti, mutta tutkimukset ovat osoittaneet, että suurin osa tapauksista paranee itsestään konservatiivisella hoidolla, kuten liikerajoituksella, fysioterapialla ja tulehduskivuläläkkeillä. Leikkauksen hyödyt



KUVAN LÄHDE: GETTY IMAGES / UNSPLASH

eivät oikeuta siihen liittyviä riskejä ja komplikaatioita, minkä vuoksi useimmissa tapauksissa leikkaus ei ole tarpeellinen.

Ortopediassa polven meniskin eli nivelkierukan poistot olivat pitkään yleisiä, mutta tutkimusten myötä on todettu, että monet meniskivammat paranevat konservatiivisesti ilman leikkausta. Vain vakavimmat tapauk-

set hyötyvät leikkauksesta, mikä on johtanut kirurgisten toimenpiteiden vähentymiseen. Akillesjänteen puhdistusleikkaukset ja diagnostiset artroskopiat eli nivelen tähtystyleikkaukset ovat myös osoittautuneet tarpeettomiksi suurimmassa osassa tapauksista. Suurin osa potilaista hyötyy enemmän fysioterapiasta ja muista konservatiivisista

hoidoista. Myös olkapään akromioplastiat, joissa osa olkalisäkkeestä poistetaan kivun lievittämiseksi, ovat osoittautuneet monissa tapauksissa tarpeettomiksi. Fysioterapia on usein tehokkaampi vaihtoehto ilman leikkaukseen liittyviä riskejä.

UUSI TIETO LISÄÄ TEHOKKUUTTA

Ymmärrys siitä, mitkä leikkaukset ovat hyödyllisiä ja mitkä eivät, kehittyi lääketieteen tutkimusten ja uusien menetelmien myötä. Monet vanhat leikkaustavat on korvattu modernimmilla, vähemmän kehoon kajoavilla ja turvallisemmilla hoitomuodoilla, ja joistakin on luovuttu kokonaan haittavaikutusten vuoksi.

Tämä kehitys parantaa potilaiden elämänlaatua ja vähentää terveydenhuollon resursseihin kohdistuvaa kuormitusta. Näin lääketiede pyrkii uuden tiedon ja oivallusten kautta jatkuvasti mukautumaan niin, että hoito on mahdollisimman tehokasta ja turvallista jokaiselle potilaalle.

Tämä on myös linjassa **Hippokrateen** valan ja Suomessa käytettävän lääkärialan kanssa: ”Työssäni noudatan lääkärin etiikkaa ja käytän vain lääketieteellisen tutkimustiedon tai kokemuksen hyödyllisiksi osoittamia menetelmiä. Tutkimuksia ja hoitoja suositellessani otan tasapuolisesti huomioon niistä potilaalle koituvan hyödyn ja mahdolliset haitat”.

—
Malin Sund on Helsingin yliopiston kirurgian professori, Helsingin yliopistollisen sairaalan HUSin ylilääkäri ja Suomen kirurgiyhdistyksen puheenjohtaja.

Ville Sallinen on Helsingin yliopiston dosentti, Helsingin yliopistollisen sairaalan HUSin osastonylilääkäri ja Suomen kirurgiyhdistyksen varapuheenjohtaja.

Malin Sund ja Ville Sallinen puhuvat artikkelin aiheesta Tieteen päivillä Helsingissä 10.1.2025.

TIEDEMAAILMA

ONKO TIETEESSÄ AIKAA JA TILAA OIVALTAMISELLE?

Tutkimustyö on yhä kiireisempää. Rahoituskilpailu ja pätkätyöt lisäävät stressiä. Samaan aikaan tutkijoilta vaaditaan entistä enemmän yhteiskunnallista vaikuttavuutta. Onko näillä reunaehdoilla mahdollista tehdä uusia tieteellisiä löytöjä? kysyy Oili-Helena Ylijoki.

Tieteen tekemiseen kohdistuu paljon vaatimuksia, jotka ovat osin keskenään ristiriitaisia. Tutkijan työltä odotetaan niin huippujulkaisuja, taloudellista hyötyä kuin yhteiskunnallista vaikuttavuuttakin. Tutkijalta puolestaan odotetaan sekä taitavaa joukkuepelaamista että yksilöllistä meritoitumista. Lisäksi olisi oltava aktiivinen kansainvälisissä tutkimusverkostoissa, tehtävä sidosryhmäyhteistyötä, saatava näkyvyyttä sosiaalisessa mediassa ja otettava osaa yhteiskunnalliseen keskusteluun. Samanaikaisesti kilpailu tutkimusrahoituksesta ja yliopistouralla etenemisestä on kovaa.

Tutkimuksen tekemisen kiristyneet reunaehdot suodattuvat arkisiin käytäntöihin ja muokkaavat tutkijoiden mahdollisuuksia löytää aikaa ja tilaa syvälliselle, uutta suun-

taa avaavalle tieteelliselle oivaltamiselle. Tutkimuksen tekemistä leimaavat kiire ja krooninen aikapula, mikä ilmentää laajempaa yhteiskunnassa tapahtuvaa ajan kiihtymistä (Rosa 2013).

Tutkijat elävät aikataulutettua elämää (Ylijoki & Mäntylä 2003), kun päivät täyttyvät kelloajan määrittämisestä tehtävistä ja työtä on sovitettava ja rytmittävä usein päällekkäisten ja limittäisten aikarajojen paineessa. Vaikka teknologian kehitys nopeuttaa monia tutkimustyön vaiheita, tästä ei kuitenkaan seuraa ajan säästymistä, vaan päinvastoin lisää kiirettä, kun esimerkiksi kommunikaation kokonaismäärä kasvaa samalla voimakkaasti. Siksi ajankäyttöä on pyrittävä järjeistämään, priorisoimaan ja kontrolloimaan mahdollisimman tehokkaasti.

Monografiasta on tullut ajallinen riskisijoitus, ja artikkelista on muodostunut niin lukemisen kuin kirjoittamisen perusyksikkö.

Juhana Venäläinen (2020) on pohtinut tieteen tekemisen muuttunutta temporaalisuutta lukemisen näkökulmasta. Lukeminen ei ole enää nautinnollista uppoutumista vaan suorituskeskeistä toimintaa, kun kiireinen lukija laskelmoi, kuinka pitkä ajallinen investointi tekstille kannattaa antaa. Algoritmit puolestaan ohjaavat ja kohdentavat sitä, mitä luetaan. Ne nostavat suosituksia tutkijan aiemman lukemisen ja julkaisujen saamien viittausten pohjalta, jolloin lukeminen helposti kapeutuu kerran valitulle uomalle ja sattumavaraisesti tehdyt löydöt käyvät harvinaisiksi.

Lukeminen on myös kappaleistunut. Venäläinen korostaa, että samoin kuin kirjoittamisessa, myös lukemisessa on siirrytty kohti lyhyempiä ja nopeampia julkaisumuotoja. Humanistisissa tieteissä ja yhteiskuntatieteissä monografiat ovat aiemmin olleet tärkeimpiä ja kaikkein arvostetuimpia julkaisuja, koska ne mahdollistavat kokonaisvaltaisen, syvällisen ja pitkiä ajatusketjuja avaavan aiheen pohdinnan. Nykyisin monografiasta on tullut ajallinen riskisijoitus, ja artikkelista on muodostunut niin lukemisen kuin kirjoittamisen perusyksikkö.

RAHOITUSKILPAILU VIE AIKAA JA ENERGIAA

Tutkimusrahoitus on oleellinen tieteen tekemisen reunaehto. Valtaosa yliopistojen tutkimustoiminnasta tapahtuu kilpaillun ulkopuolisen rahoituksen turvin määräaikaissa tutkimusprojekteissa. Menestys rahoituskilpailussa on siten edellytys tutkimuksen toteuttamiselle.

Tämän lisäksi saatua rahoitusta itsessään on alettu pitää tutkijan pätevyyden ja potentiaalimittarina ja todisteena huippututkimuksesta (Koski 2019). Tutkimusrahoituksella on siten suuri merkitys tutkijan urakehityksen kannalta. Yliopistojohtajat ovat esimerkiksi todenneet, että rahoitusmenestyksen merkitys rekrytointeissa on voimistunut julkaisuihin nähden, ja aivan erityisen vahvaan asemaan tutkija pääsee, jos onnistuu saamaan tämän hetken arvostetuinta tutkimusrahoitusta, Euroopan tutkimusneuvoston ERC-huippututkimusrahoitusta (Ylijoki ym. 2024). Tutkimusrahoituksen painoarvo näkyy myös opetus- ja kulttuuriministeriön rahoitusmallissa, jonka pohjalta yliopistojen perusrahoitus jaetaan: sen osuus on nykyisin 12 prosenttia ja tulevassa mallissa 14 prosenttia kokonaisrahoituksesta.

Kilpailu tutkimusrahoituksesta on kovaa, sillä yleensä vain pieni osa hakijoista saa myönteisen päätöksen. Siksi rahoitusta joudutaan hakemaan useista lähteistä. Hakeminen on myös toistuvaa, ja monesti osa käynnissä olevasta hankkeen ajasta menee siihen, että laaditaan hakemuksia seuraavalle projektille, jottei jäätäisi tyhjän päälle nykyisen rahoituskauden päättyessä.

Jatkuva rahoituksen hakeminen vie aikaa ja energiaa, mikä on pois varsinaiselta tutkimuksen tekemiseltä. Sillä on myös emo-

tionaalinen hintansa, sillä tehokkuutta ja suorittamista korostavassa akateemisessa kulttuurissa kielteiset päätökset koetaan helposti henkilökohtaiseksi epäonnistumiseksi, joka synnyttää häpeän, kelvottomuuden ja riittämättömyyden tunteita (Ylijoki ym. 2024). Tämä ei luo tieteellisille oivalluksille suotuisaa inspiroivaa ja turvallista ilmapiiriä.

Rahoittajien intressit ja strategiset valinnat (ja poisvalinnat) vaikuttavat siihen, mitä tieteenaloja, tutkimusaiheita, yhteistyömuotoja ja tutkimusotteita suositaan. Tutkijoiden on





KUVAN LÄHDE: UNSPLASH

oltava näistä tietoisia ja istutettava omat intressinsä kulloiseenkin kehikkoon. Toisinaan kehikko on tiukempi, toisinaan enemmän akateemista vapautta salliva.

Uusille tutkimuspoluille lähtö on kuitenkin aina riskialtista, sillä hakemuksen arvioijien voi esimerkiksi olla vaikea tunnistaa uuden avauksen tieteellistä merkitystä. Lisäksi hakijan aiemmat näytöt ovat toiselta alueelta eivätkä siksi ole välttämättä vakuuttavia uuden tutkimussuunnitelman kannalta. Onkin

havaittu, että kova rahoituskilpailu voimistaa tieteen valtavirtaa ja riskien karttamista (esim. Laudel 2006). Koska myös urakilpailu on kovaa, on turvallisempaa pelata varman päälle.

Rahoitushaut eivät yleensä kannusta tai ohjaa poikkeamaan valtavirrasta. Hakumenetely muistuttaa entistä useammin lomakkeen täyttämistä, jossa tutkija vastaa standardikysymyksiin standardimitalla. Hakemuksessa voi joutua myös ilmoittamaan, mitä tuloksia saadaan ja mikä on niiden hyöty ja vaikut-

Pitkälle vietynä ajan kontrollointi voi johtaa täydelliseen kontrolloimattomuuteen: sairastumiseen ja uupumiseen.

tavuus. Tällainen formaatti ei tunne eikä tunnista tutkimusprosessin luonteeseen kuuluvaa ennakoimattomuutta: yllättäviä löydöksiä, äkkinäisiä oivalluksia, takapakkeja ja uusia näkymiä, joita ei hakuvaiheessa voi millään tietää. (Ylijoki 2015.) Samalla formaatti kapeuttaa mielikuvaa siitä, mitä tiede loppujen lopuksi on ja miten sitä tehdään.

PÄTKÄTUTKIMUKSEN AIKA

Tutkimuksen organisoituminen ulkopuolisen rahoituksen varassa toimivina määräaikaisina projekteina on synnyttänyt laajan pätkätyötä tekevien tutkijoiden joukon. Nämä tutkijat elävät pätkätyön aikaa (Ylijoki & Mäntylä 2003), jota leimaa tietoisuus siitä, kuinka paljon aikaa on vielä jäljellä ennen rahoituksen loppumista, sekä huoli tulevasta pätkästä, löytyykö sellainen, mistä ja milloin. Tässä epävarmuuden ja huolen täyttämässä tilanteessa tutkija voi joutua siirtymään projektista toiseen tai tekemään päällekkäisiä projekteja ilman, että niiden välillä olisi selkeää tutkimuksellista jatkuvuutta ja pitkäjänteisyyttä, mikä ei tue oivaltavaa tiedettä.

Myös projektin johtajien kannalta tilanne on epävarma, kun koskaan ei voi varmasti tietää, tuleeko hankkeelle jatkuvuutta vai ei. Projektit toki eroavat toisistaan: on hyvin resursoituja, pitkäkestoisia ja suuria vapausasteita tarjoavia luksusprojekteja ja tiukasti ohjattuja pikahankkeita. Ensin mainitussa on luonnollisesti paljon paremmat mahdollisuudet keskittyä pitkäjänteiseen tutkimustyöhön, koetella, kokeilla, erehtyä ja ottaa uutta suuntaa. Jälkimmäisissä tilanne on toinen eikä riskinotolle ja erehdykselle juurikaan ole aikaa eikä tilaa, vaan tutkimussopimuksen lupaukset on täytettävä sovitussa tahdissa vilkuilematta liiaksi ympärille. Tämä luo eriarvoisuutta tutkijakunnan sisällä, mikä sekin vaikuttaa työskentelyilmapiiriin ja luo jännitteitä niin eri alojen kuin eri asemassa toimivien tutkijoiden välille.

AJATONTA AIKAA OIVALLUKSILLE

Tieteen tekemisen reunaehdot ovat kiristyneet, mutta löytävätkö tutkijat silti aikaa ja tilaa oivaltamiselle? Omasta työstään puhuessaan tutkijat tapaavat luonnehtia tutki-

muksen tekemistä kaikista ongelmista huolimatta intohimotyöksi, unelmien työksi ja fantastiseksi työksi, joka tarjoaa uusia oivalluksia ja suuria elämyksiä (esim. Ylijoki ym. 2024, 151). Oivallusten katsotaan vaativan erityistä aikaa, jota voi kutsua ajattomaksi ajaksi (Ylijoki & Mäntylä 2003, ks. myös Valovirta & Mannevuola 2022).

Ajaton aika tarkoittaa työhön uppoutumista, pitkäjänteistä keskittymistä ja aikatietoisuuden katoamista, kun työ imaisee mukaansa. Tutkija pystyy työskentelemään kaikessa rauhassa ilman ulkoapäin tulevia tiukkoja pakkoja tai jatkuvia keskeytyksiä. Tämä mahdollistaa oivaltamisen, kun esimerkiksi sanat vihdoinkin loksahavat juuri oikeille paikoilleen tai kun löytää yllättävän ja jännittävän yhteyden eri ilmiöiden välille. Näihin hetkiin kiteytyy tutkimustyön ilo ja lumo.

Ajaton aika ei tarkoita hidasta aikaa, jota *slow movement* -ajattelussa on tarjottu kiihtymiseen ja aikapulan tuottamien ongelmien ratkaisuksi. Ajaton aika voi olla hidasta, viipyvää ja verkkaista, mutta myös kiihkeää, intensiivistä ja nopeaa. Hidas ja nopea aika eivät sulje toisiaan pois (esim. Vostal 2017). Pelkkä hitaus ja väljä rytmi voivat pitkitettyinä vain tuottaa ahdistusta, stressiä ja tyhjyyden tuntua, kuten **Matti Hyvärinen** (2008, 24) akateemisia rytmejä pohtiessaan toteaa. Siksi hän suosittaa, että tutkimustyössä tulee vaihdella rytmejä, tehdä asioi-

ta niin nopeasti kuin hitaastikin. Rytmien vaihdoksen ohella myös paikan vaihdos voi auttaa.

Akateeminen aika on siten monikerroksellista ja sisältää paradokseja. Hitaan ja nopean ajan tavoin myös ajaton ja aikataulutettu aika kietoutuvat usein yhteen. Ajattomuuden kokemuksen saavuttaminen vaatii monesti tiukkaa aikataulutusta ja ajan kontrollointia, jotta pystyy raivaamaan kalenterista tilaa väljille ja tyhjille päiville. Kaikissa työtilanteissa tämä ei ole mahdollista. Ajan kontrolloinnilla onkin rajansa, sillä pitkälle vietynä se voi johtaa täydelliseen kontrolloimattomuuteen: sairastumiseen ja uupumiseen.

Aikataulut ja määräajat voivat myös syvää ajattelua liikkeelle, tuoda siihen kaivatun rytmiä ja edistää työn imua ja työhön uppoutumista. Toisaalta ilman ajattoman ajan kokemusta tutkimustyöstä tulee pelkkää rutiinimaista suorittamista, joka ei jätä tilaa syvällisille oivalluksille ja tieteelliselle luovuudelle.

—
Oili-Helena Ylijoki on yliopistotutkija Tampereen yliopistossa.

Oili-Helena Ylijoki puhuu artikkelin aiheesta
Tieteen päivillä Helsingissä 9.1.2025.

KIRJALLISUUS

- Hyvärinen, Matti (2008). Akateemiset rytmit. Teoksessa Lempiäinen, Kirsti; Löytty, Olli & Kinnunen, Merja (toim.) Tutkijan kirja. Tampere: Vastapaino.
- Koski, Leena (2019). Totuudesta rahaan – yliopiston uusi moraalinen järjestys. Teoksessa Filander, Karin; Korhonen, Maija & Sihvonen, Päivi (toim.) Huiputuksen moraalijärjestys. Tampere: Vastapaino.
- Laudel, Grit (2006). The 'quality myth'. Promoting and hindering conditions for acquiring research funds. *Higher Education* 52:3, 375–403.
- Rosa, Hartmut (2013). *Social acceleration: A new theory of modernity*. New York: Columbia University Press.
- Valovirta, Elina & Mannevuola, Mona (2022). Affective academic time management in the neoliberal university: From timeliness to timelessness. *European Journal of Cultural Studies* 25:5, 1307–1323.
- Venäläinen, Juhana (2020). Ajattelun riitelevät rytmit. Kirjallisen elämän temporaalisuuksia mitallistetussa yliopistossa. Teoksessa Arminen, Elina; Logrén Anna ja Sevänen, Erkki (toim.) Kirjallinen elämä markkinaperustaisessa mediayhteiskunnassa. Tampere: Vastapaino.
- Vostal, Filip (2017). Slowing down modernity. A critique. *Time & Society* 28:3, 1039–1060.
- Ylijoki, Oili-Helena (2015). Conquered by project time? Conflicting temporalities in university research. Teoksessa Gibbs, Paul; Ylijoki, Oili-Helena; Guzmán-Valenzuela, Carolina & Barnett Ronald (toim.) *Universities in the flux of time. An exploration of time and temporality in university life*. Lontoo: Routledge.
- Ylijoki, Oili-Helena & Mäntylä, Hans (2003). Conflicting time perspectives in academic work. *Time & Society* 12:1, 55–78.
- Ylijoki, Oili-Helena; Hokka, Johanna; Kurtti, Elisa; Olsson, Pia & Suopajarvi, Tiina (2024). *Tiede ja tunteet*. Helsinki: Gaudeamus.

TIETEELLISEN OIVALTAMISEN JÄLJILLÄ - LUOVASTA MIELESTÄ JA INTUITIOSTA



Tieteelliseltä tutkimukselta toivotaan erityistä kekseliäisyyttä ja suorastaan nerokkaita ratkaisumalleja aikamme polttaviin kysymyksiin. Mutta mitä käännteentekevät oivallukset edellyttävät? Miten luovat oivallukset ylipäänsä syntyvät?

Tieteen tekeminen ei pohjaa ainoastaan empiirisiin havaintoihin ja mekaanis-rationaaliseen päätelyyn, vaan on myös kehollista, kulttuurista ja luovaa. Merkittävät tieteelliset oivallukset edellyttävät intentionaalista työtä, mutta tuntuvat silti pulpahtavan pintaan odottamatta ja merkillisillä tavoilla, joissa intuitio yhdistyy aiemmin omaksuttuun tietopohjaan.

Tieteen tekemisen kehollisesta ja intuitiivisesta puolesta puhutaan aika harvoin, vaikka aiheita on jonkin verran tutkittu. Kehollisuus tarkoittaa fysiologisen tilan vaikutusta aivoihimme ja siten ajattelumme sekä tunnetiloihimme (Azzalini ym. 2019). Intuitio on keskeinen osa ajattelumme.

Neuropsykologi **Charles Laughlinin** (2016) mukaan intuition ja järjen välinen dualismi perustuukin virheajatteluun. Hän yhdistää

intuition tiedostamattomaan informaation prosessointiin, jossa muun muassa eri aivo-
puoliskot täydentävät toisiaan. Laughlinin mukaan intuitio on evoluutiossa syntynyt ennen kieltä, minkä vuoksi intuitiivisia oivalluksia on vaikea sanallistaa. Ehkä siksi intuitiota on pidetty tieteen kontekstissa jotenkin epäilyttävänä tapana kartuttaa tietoa.

Mutta millainen sija intuitiivisilla oivalluksilla voi tieteen tekemisessä sitten olla ja mitä ne yliopiston toimintaympäristöltä edellyttävät? Kuinka sanallistaa intuitiivisia kokemuksia, joilla voi olla hyvinkin merkittävä rooli tieteellisten oivallusten syntymisessä?

MIELEN ASSOSIATIIVINEN LUOVUUS

Kirjassaan *Syytös* **Hanna Kuusela** (2024, 13) kuvaa kärjistetysti, mutta tunnistettavasti,

Toiminnallisella aivojen magneettikuvauksella on havaittu, että luovassa joutilaisuudessa aivokuoren yhteydet ulkoisia ärsykeitä vastaanottaviin syvempien aivojen osien tumakkeisiin vähenevät.

kuinka yliopistoissa ”kolmasosa vuodesta haetaan rahaa, toinen kolmasosa arvioidaan, ansaitsevatko muut rahaa, ja viimeinen kolmannes jännitetään saako itse rahaa – ja lopulta onnitellaan kateellisina heitä, jotka saivat”. Tällaisessa maailmassa on vaikea löytää aikaa ja tilaa yliopiston perustehtäville: opetukselle, tutkimukselle ja yhteiskunnalliselle vaikuttamiselle, saati sitten käänteentekeville oivalluksille.

Merkittävät oivallukset syntyvät kuitenkin usein pakottomassa ja kiireettömässä olotilassa. Tällaiset hetket saattavat syntyä kävelyllä, rikkaruohoja kitkiessä, rauhassa istuskellessa tai missä hyvänsä turvallisessa ja/tai rutiininomaisessa kehollisessa toiminnassa. Joutilaisuus ja siihen liittyvä ajatusten vapaa virtaus luovat mielen luovuuden kannalta siunatun olotilan, jossa irrottaudumme ulkoisista ärsykkeistä ja aivokuoren assosiativisuus lisääntyy. Tällöin mieli ei suoraan kohdistu jonkin ongelman ratkaisemiseen,

vaan ongelma on latentisti läsnä mielessä. Luovat ratkaisut näyttävät nousevan herkimmin silloin, kun yrittämisen sijaan ihminen ”katsoo hieman ohi” jonnekin toisaalle.

Toiminnallisella aivojen magneettikuvauksella on havaittu, että luovassa joutilaisuudessa aivokuoren yhteydet ulkoisia ärsykeitä vastaanottaviin syvempien aivojen osien tumakkeisiin vähenevät (Chou ym. 2017). Tästä saattaa olla hyötyä siten, että energiaa säästyy aivokuorelle muihin tehtäviin ja assosiativisuus, ”kaistaleveys”, lisääntyy. Tiedemaailmassa on tuskin lainkaan tilaa joutilaisuudelle, vaikka sitä olisi ainakin jonkin verran syytä vaalia.

Rahoituksen hakemisen lisäksi yliopistojen hallinnon keskittämisen ja digitalisoinnin seurauksena tutkijoille ja opettajille on valunut yhä enemmän hallinnollisia suoritteita. Kuitenkin tehdessämme jatkuvasti erilaisia suoritteita menetämme helposti isomman kuvan siitä, miksi teemme työtämme ja mihin

työmme on johtamassa. Ongelmanratkaisukykyämme heikkenee.

Useat tieteenalat ovat riippuvaisia suurista datamääristä, joita usein suorastaan ihastellaan riippumatta tutkimuksen konseptuaalisesta arvosta. Tällöin saatetaan kumartaa datan suuntaan ja tieteellisen kysymyksenasettelun tärkeys jää toissijaiseksi. Dataa suoltavien menetelmien kehitys johtaa helposti siihen, että kysymyksenasettelut sovitetaan siihen sopiviksi, jolloin merkittäviä tai vaikeita kysymyksiä ei koskaan edes esitetä. Suuri data mahdollistaa empiiristen yksityiskohtien eli nyanssien analyysin, mutta sosiologi **Kieran Healy** esittää artikkelissaan *Fuck nuance*, että detaljit eivät tosiasiaissa auta maailman hahmottamisessa. Kompleksisuuden ja nyanssien korostaminen on Healyn mukaan helpompaa kuin kiinnostavien tai aidosti merkittävien ajatusten tuottaminen.

Rationalisoitujen tulostavoitteiden ja päämäärien kulttuurista painoarvoa pienentämällä voitaisiin nähdäksemme saavuttaa enemmän. **Hannah Arendtin** (1958) käsittein ilmaistuna pohdimme tilaa, joka mahdollistaa todellisen uuden syntymisen. Yliopistomaailmassa uuden syntymisen mahdollisuuden voi kuvata siirtymänä joka päiväisten suoritteiden (työ) ja julkaisujen (tuotos) valmistamisen yksipuolisesta eetoksesta maailmaa muuttavan toiminnan, *vita activan* piiriin.

KAKSI TARINAA KÄÄNTEENTEKEVISTÄ TIETEELLISISTÄ OIVALLUKSISTA: POLIGNACIN KONJEKTUURI JA PUNAPUIDEN RUNGOT DNA-SÄIKEINÄ

Polignacin konjektuurin eli peräkkäisten alkulukujen ongelman ratkaisu on yksi esimerkki siitä, kuinka tieteellinen oivallus on syntynyt ”ohi katsomisen” tilassa. Ranskalainen **Alphonse de Polignac** esitti vuonna 1849 matemaattisen niin sanotun Polignacin konjektuurin, jonka mukaan alkulukupareja on ääretön määrä, mutta kukaan ei ollut pystynyt todistamaan sitä.

New Yorker-lehden artikkelissa (Alec Wilkinson 1.2.2015) kuvataan hienolla tavalla, kuinka ongelma lopulta ratkesi. Yhdysvaltalais-kiinalainen **Yitang Zhang** toimi osa-aikaisena matematiikan opettajana New Hampshiren yliopistossa. Hän oli julkaissut vain yhden tieteellisen artikkelin eikä hänellä yli 50-vuotiaana ollut juuri uranäkymiä akateemisessa maailmassa. Zhang oli uteliaisuuttaan ja kiireettömästi pohtinut ongelmaa monesta suunnasta useamman vuoden. Hän oli ajatellut sitä linja-autossa katsellen etäisyyteen ikkunasta, kävelyretkillä, nukkumaan mennessä ja usein seuraavana aamuna herättyään.

Lopulta ollessaan ystävänsä luona maaseudulla viettämässä vapaa-aikaa Zhang oivalsi, että alkulukuparien ongelmaan voidaan soveltaa viivainta, jossa on äärellinen määrä lukuja ja jossa alkulukuparit näkyvät punaisina. Saadessaan tämän vision hän sa-

Mullis alkoi nähdä punapuiden rungot DNA-säikeinä ja tajusi, miten pitkistä DNA:n kaksoissäikeistä voidaan monistaa eksponentiaalisesti kasvava määrä lyhyempiä DNA-fragmentteja.

malla tajusi, että peräkkäisiä alkulukuja on pakko olla ääretön määrä (vaikka viivain oli-kin äärellinen). Tämän jälkeen hän ponnisteli kuusi kuukautta matemaattisen todistamisen kanssa ja lopulta onnistui siinä.

Oivallus syntyi paitsi formaalin tiedemaailman ulkopuolella, myös hetkenä, jona Zhang ei pyrkinyt ratkaisemaan ongelmaa, vaikka se oli alitajuisesti mielessä läsnä tilanteessa. Voimme ainakin kuvitella seurallisuuden ja turvallisen joutilaisuuden tilan edistäneen oivalluksen syntyä.

Polymeraasiketjureaktion (PCR) kehittäminen on toinen vastaavanlainen esimerkki. PCR-testi ja sitä varten nenän takaosasta otettava näyte tuli suurelle yleisölle tutuksi osana koronaviruksen perusdiagnostiikkaa. PCR:n (*polymerase chain reaction*) periaate on yksinkertainen, mutta sen keksiminen ja käytäntöön vieminen tapahtui vasta 1980-luvun puolivälissä.

PCR:n keksiminen on mullistanut kaiken DNA:han ja RNA:han kohdistuvan tutkimuksen biologisesta perustutkimuksesta tautien diagnostiikkaan ja rikospaikkatutkintaan.

Rikospaikan tupakantumpeista voidaan PCR:n avulla tunnistaa rikospaikalla olleita henkilöitä. Muinaisista luun kappaleista on monistettu neanderthalinihmisen DNA:ta ja sukupuuttoon kuolleiden eläinten DNA:ta. Ihmisen geeniperimän kartoitus, joka valmistui 2000-luvun alussa onnistui paljolti PCR:n avulla ja sen jälkeen kehittyneet bioteknologiat ovat hyödyntäneet PCR:ää ja mullistaneet sairauksien mekanismien tutkimuksen, diagnostiikan, evoluutiobiologian ja solubiologian.

Biokemisti ja molekyylibiologi **Kary Mullis** kuvasi *Scientific American* -lehdessä huhtikuussa 1990, miten hän oivalsi PCR:n periaatteen. Hän ajoi tyttöystävänsä kanssa avoautolla Kaliforniassa punapuumetsässä. Taivaalla loisti kuu, ja tyttöystävä oli nukahtanut. Mullis ihaili rentoutuneena punapuiden valtavan pitkiä runkoja, jotka täyttivät metsän ja ulottuivat korkealle kohti taivasta.

Oivalluksen hetkellä hän ei aktiivisesti miettinyt ongelmaa, eikä ollut tavanomaisessa työympäristössä, vaan Zhangin tapaan vapaalla ja luonnon ympäröimänä. Yhtäkkiä sii-

nä ajaessaan ja puita ihaillessaan Mullis alkoi nähdä punapuiden rungot DNA-säikeinä ja tajusi, miten pitkistä DNA:n kaksoissäikeistä voidaan monistaa eksponentiaalisesti kasvava määrä lyhyempiä DNA-fragmentteja.

Kiireetön ajomatka ja punapuiden tuottamat visuaaliset havainnot loivat sopivan pohjan Mullisin mielikuvitukselle. Tyttöystävän nukahtaminen lienee lisäksi tuonut jonkinlaisen avaran raukeuden tilan, jossa mielen assosiativisuus lisääntyy. Myöhem-

min hän pystyi hyvän laboratorion antaman tuen avulla monistamaan DNA:ta odotetulla tavalla. Mullis sai oivalluksestaan Nobelin palkinnon vuonna 1993.

OMAKOHTAISIA OIVALLUKSEN HETKIÄ

Toinen tämän tekstin kirjoittajista, neuroimmunologian professorina työskentelevä **Pentti Tienari** sai merkittävän oivalluksen aikataulutetun työympäristön ulkopuolel-





KUVAN LÄHDE: UNSPLASH

la sairastaessaan koronaa kesälomalla 2022. Eristyksessä muusta perheestä hän toipueksaan rentoutui katselemalla öisin yleisurheilun MM-kisoja.

Kun tauti oli jo hellittämässä, Pentti palasi ajatuksissaan puolihuolimattomasti kesken-eräiseen projektiin, jossa tutkimusryhmä selvitti Epstein-Barr viruksen (EBV) esiintymistä keskushermoston valkosoluissa. EBV on herpesvirus, joka jää infektion jälkeen pysyvästi pieneen osaan B-soluista. EBV-infektion on sairastanut 97 prosenttia 40 vuotta täyttäneistä suomalaisista. EBV on MS-tau-

din keskeisin riskitekijä ja se aiheuttaa myös noin prosentin kaikista syöivistä. Tiedossa ei ollut, kuinka moni B-solu kantoi tätä virusta ja pääsivätkö virusta kantavat B-solut ihmisen keskushermostoon, jonne MS-taudissa syntyy tulehduspesäkkeitä.

Tutkimusryhmä oli onnistunut löytämään vain yksittäisiä EBV-positiivisia näytteitä ja projekti tuntui pitkästytävältä ja tulokset hatarilta, kunnes Pentti tajusi yleisurheilua katsoessaan, että tuloksia pitää lähestyä todennäköisyyden näkökulmasta ja arvioida, kuinka monesta solusta kuhunkin kokeeseen

Kaisan herkistyminen uudenväliselle oivallukselle tapahtui yliopiston arjen ulkopuolella ja suhteessa omakohtaiseen ruumiilliseen kokemukseen.

käytetty DNA oli peräisin. Hän laski, että näytteet edustivat siinä vaiheessa vasta pientä osuutta B-soluista.

Voi tietysti ajatella, että tämä olisi pitänyt tajuuta jo projektia aloittaessa, mutta silloin ei ollut aikaa syventyä asiaan, kun oli kiire opetella uutta menetelmää. Kun tutkimusryhmä teki lisää toistoja, positiivisten näytteiden määrä alkoi tasaisesti kasvaa. Kun kahdeksan koetta oli tehty kaikista näytteistä, positiivisten näytteiden osuus oli jo 60 prosenttia ja tutkittujen B-solujen määrä oli kymmeniä tuhansia.

Tulokset viittaavat siihen, että kaikilla tutkittavilla sekä MS-tautia sairastavilla että verrokeilla on EBV DNA:ta B-soluissa, mutta yksittäisen kokeen osuminen EBV-positiiviseen soluun oli pieni, koska ne olivat harvinaisia. Kokeessa onnistuttiin ensimmäistä kertaa arvioimaan EBV-positiivisten B-solujen määrä (Lehikoinen ym. 2024). Tulos osoitti, että EBV:tä on paljon useammassa solussa kuin aiemmin oli arvioitu ja tämän tiedon avulla Pentin ryhmä on onnistunut määrittämään ensimmäistä kertaa koko EBV:n perimän MS-tautia sairastavilta ja verrokeilta. Tulosten perusteella erilaisia virusvariantteja

EBV:stä on satoja, ellei peräti tuhansia ja jatkotutkimuksissa selvitetään ovatko jotkut tämän yleisen viruksen harvinaisemmat variantit MS-taudin taustalla.

Toinen tämän artikkelin kirjoittaja, sosiologian dosentti **Kaisa Kuurne** sai erään hänen omalla tutkijanurallaan käänteen tehneen oivalluksen ollessaan hoitovapaalla pienen lapsensa kanssa. Hän oli aiemmin tutkinut erilaisia elämäntapahtumia, sosiaalisia suhteita ja yhteisöihin kuulumista. Lukiesaan puolihuolimattomasti *Helsingin Sanomia* hän huomasi jutun synnytysväkivaltaa esiin nostavasta suomalaisten synnyttäjien kampanjasta. Seuratessaan keskustelua hän huomasi, että jokin siinä ei täsmännyt. Synnyttäjien kertomukset ja ammattilaisten reaktiot törmäsivät ikään kuin ne eivät kertoisi lainkaan samasta maailmasta.

Kaisa selvitti, ettei synnytyskokemuksia ollut yhteiskuntatieteellisesti Suomessa juuri tutkittu. Hän muisti oman synnytyksensä jälkeisen rujouden hetken, jolloin hän koki voimakkaan yhteyden kokemuksen kaikkiin synnyttäneisiin ennen ja nyt. Hän ajatteli, että jonkun pitäisi tutkia sekä synnyttäjien

Tarvitsemme myöskin rytmin muutoksia.

kokemuksia että ammattilaisten näkökulmia ja rakentaa niistä silta kiistan eri osapuolten välille, jotta nämä pystyisivät paremmin kohtaamaan. Kaisa tunsi suorastaan kehollisena paineen tunteena, että pinnan alla odotti valtava määrä aiemmin vaiettuja tarinoita, jotka olivat valmiita tulemaan esiin. Joutilaisuuden hetkinä tunne pintaan nousevista kertomuksista tuli Kaisan mieleen yhä uudelleen, kunnes hän kerran lapsen ollessa päiväunilla oivalsi, että tuo joku, jonka pitäisi asiaa tutkia, olikin hän itse.

Tutkimusasetelma oli syntynyt kuin itsestään. Oman synnytyskokemuksensa jälkeen Kaisa pystyisi eläytymään kaikkien osapuolten näkökulmiin ja tutkimuksella rakentamaan siltaa kiistan eri osapuolten välille.

Kaisa hylkäsi aiemmat tutkimusideansa, keräsi toisiaan täydentävän tutkimusryhmän, loi yhteistyösuhteet synnytysairaalan johtoon sekä haki ja sai ryhmälle Koneen Säätiöltä merkittävän rahoituksen. Jo ennen hankkeen alkamista yli 400 synnyttäjää keskusteli Kaisan perustamalla alustalla ja kirjoituskutsua seurasi synnytyskertomusten tulva. Lukuisat ammattilaiset, yliopiston ja ammattikorkeakoulun opiskelijat ja eri alojen tutkijat ottivat

yhteyttä ja Kaisa perusti hankkeen ympärille monitieteisen tutkimusverkoston. Hankkeen jokainen askel seurasi toista kuin itsestään.

Hanke on yhä käynnissä ja julkaisuvaiheessa. Tähän mennessä hankkeen aiheista on eri yhteyksissä koulutettu lähes 1000 synnytyksen ja lapsen odotuksen tuen ammattilaista. Vaikka tutkimus on teettänyt paljon tavanomaista tieteellistä työtä, hankkeen edistäminen on tuntunut aktiivisen kehittelyn sijaan orgaanisesti kehkeytyvien signaalien seuraamiselta.

Vastaavaa synkroniaa Kaisa ei ole yli 20 vuoden tutkijanurallaan koskaan aiemmin kokenut. Kuten kaikissa aiemmissa tapauksissa, myös Kaisan herkistyminen uudelleen oivallukselle tapahtui yliopiston arjen ulkopuolella ja suhteessa omakohtaiseen ruumiilliseen kokemukseen.

KUINKA LUODA TILAA TIETEELLISILLE OIVALLUKSILLE?

Kaikki mainitut oivalluksen hetket haastavat miettimään, miten luoda edellytyksiä tieteelliselle oivaltamiselle. Kuinka vahvistaa kiireettömyyden tunnelmaa yliopistomaailmassa, jossa päivät täyttyvät erilaisista



suoritteista, eikä tekemättömien töiden lista koskaan tyhjene? Miten tunnistaa keholliset, rauhallisessa olotilassa ja ihmisten välisissä suhteissa syntyvät tilat, joissa mielen assosiatiivisuus vahvistuu ja syntyy uudenlaisia ajatuskulkuja?

Tieteellisen oivalluksen ei tarvitse olla suuri keksintö. Se voi olla jotain, mikä herkistää tunnistamaan yhteiskunnassa, aineistossa tai ajattelussa piileviä hiljaisia mahdollisuuksia, joita on arjen keskellä vaikeahavaita. Pidämme tärkeänä, että tieteen

tekemiseen kuuluvista vaikeasti sanallistetavista kehollisista, luovista ja intuitiivisista hetkistä puhutaan.

Luova joutilaisuus on otollista oivallusten syntymiselle, mutta on tietenkin turmiollista, mikäli sitä on liikaa. Tarvitsemme aikatauluja, deadlineja ja työpäivän organisointia. Tarvitsemme myöskin rytmin muutoksia.

Kehossa on useita fysiologisia rytmejä, kuten hormonaalinen rytmi, vireystilan ja sydämen lyöntitiheyden vaihtelut ja hengityksen tempo ja syvyys. Myös työssä pitäisi olla eri-

laisia rytmejä, siten että eri ärsykkeisiin reagoiminen, kuten sähköpostit, kokoustaminen ja luennot, ajoittain katkaistaan rauhallisemmalla työskentelyllä. Myös työympäristöllä ja suhteilla on merkitystä. Kun ympäristössä on sopivia visuaalisia virikkeitä ja yhteistyön tekeminen on riittävän turvallista, myös kehon fysiologia rauhoittuu ja mieleen syntyy herkemmin vapaan virtauksen tiloja.

Tieteellisten oivallusten edistämiseksi akateemisen yhteisön on syytä aloittaa ”apoptoosi-projekti”, eli ohjelmoitu solu-kuolema, jolla organisaation turhia soluja (kuten toimielimiä ja kokouksia) vähennetään. Apoptoosi on fysiologinen prosessi, jolla kehomme poistaa huonosti toimivia soluja jatkuvasti ja se on terveen organismin elinehto. Yliopistossa viime vuosina syntyneitä päällekkäisiä työryhmiä täytyy vähentää. Karsimalla turhaa ajankäyttöä luomme aikaa vapaille ajattelun tiloille ja niitä edistävälle vuorovaikutukselle.

Sähköpostin keksijä **Donald Knuth** havaitsi sähköpostiliikenteensä paisuneen jo 1990-luvulla niin suureksi, että hän teki oman ratkaisunsa ja lopetti itse tykkänään sähköpostin käytön (Newport 2019). Ulkoa tuleviin ärsykkeisiin reagoimisen määrää on välttämätöntä ainakin vähentää, jotta ajatuksille on tilaa.

Jotta voimme herkistyä pinnan alla odotaville oivalluksille, on luotava hitaampia läsnäolon ja vuorovaikutuksen tiloja arjen tekemisen lomaan. Yliopistoihin tarvitaan

perustava kulttuurin ja toimintatapojen muutos. Erilaisten ohjeiden ja sääntöjen laativimisen sijaan tarvitaan aitoa hengen viljelyä ja vapaata ajatustenvaihtoa. Näin voi syntyä todellisia tieteellisiä oivalluksia.

—
Kaisa Kuurne on sosiologian dosentti ja yliopistonlehtori Turun yliopistossa. Vapaa-ajallaan hän opettaa myös joogaa. Kuurne on Koneen Säätiön rahoittaman Kamppailu synnytyksestä – suomalaisen synnytyskulttuurin murros -hankkeen (2020–2025) johtaja.

Pentti Tienari on neuroimmunologian professori Helsingin yliopistossa ja osastonylilääkäri Helsingin yliopistollisen sairaalan neurologian klinikassa.

Kaisa Kuurne ja Pentti Tienari puhuvat artikkelin aiheesta Tieteen päivillä Helsingissä 10.1.2025.

KIRJALLISUUS

- Arendt, H. (2017/1958) *Vita activa*. Ihmisenä olemisen ehdot. Tampere: Vastapaino.
- Azzalini D, Rebollo I, Tallon-Baudry C. Visceral Signals Shape Brain Dynamics and Cognition. *Trends Cogn Sci* 2019 Jun;23(6):488–509.
- Chou YH, Sundman M, Whitson HE, Gaur P, Chu ML, Weingarten CP, Madden DJ, Wang L, Kirste I, Joliot M, Diaz MT, Li YJ, Song AW, Chen NK. Maintenance and Representation of Mind Wandering during Resting-State fMRI. *Sci Rep*. 2017 Jan 12;7:40722.
- Kuusela, H (2024). *Syytös*. Muuan akateeminen komitragedia. Tampere: Vastapaino.

- Laughlin, C (2016) *The Nature of Intuition*. A Neuro-psychological approach. Teoksessa Davis-Floyd, Robbie & P. Sven Arvidson (toim.) (2016) *Intuition: The Inside Story*. Interdisciplinary Perspectives. New York: Routledge.
- Lehikoinen J, Nurmi K, Ainola M, Clancy J, Nieminen JK, Jansson L, Vauhkonen H, Vaheri A, Smura T, Laakso SM, Eklund KK, Tienari PJ. Epstein-Barr Virus in the Cerebrospinal Fluid and Blood Compartments of Patients With Multiple Sclerosis and Controls. *Neurol Neuroimmunol Neuroinflamm* 2024 May;11(3):e200226.
- Newport, C. Is e-mail making Professors stupid. *The Chronicle of Higher Education* 2019.