

Tutkimusrahoitusta ja tutkijankoulutusta uudistettava

Pekka Neittaanmäki

Tutkimuksen rahoituksen kohdentaminen on yksi tiedepolitiikan ikuisuus-kysymyksiä. Rahoitusta ja kohdentamista sekä perustana olevia rakenteita tulee uudistaa yhteiskunnan kehityksen ja muutosten mukana. Oikeistaan tämän tulisi tapahtua muutoksia ennakoiden. Pekka Neittaanmäki luo artikkelissaan mielenkiintoisen katsauksen tutkimusrahoitukseen ja siihen liittyvään tutkijankoulutukseen. Ytimenä on tieteellisen tiedon kehitys ja erityisesti tutkimuksen painotuksen muutokset suhteessa tieteellisen idean käytännön sovellusten tuottamiseen. Tältä pohjalta kirjoittaja esittää käytännön toimia suomalaisen tutkimusrahoituksen kehittämiseksi.

1 Johdanto

Tässä artikkelissa pohdin, miten tieteen vaikuttavuutta voidaan arvioida ja kuinka tutkimuksen rahoitus tulisi uudistaa. Arvioinnissa on useita eri näkökulmia. Kuinka hyödyllinen kukin tieteenala on sinänsä? Miten se auttaa muita tieteenaloja ja yhteiskuntaa?

Arviointi on vaikeaa. Läpimurtotulosten saavuttamien voi viedä vuosia tai jopa kymmeniä vuosia. Pitkäjänteinen läpimurtoihin tähtäävä tutkimus ei saa nykykriteerien perusteella rahoitusta. On paradoksaalista, että rahoitus saavuttaa maksimin silloin kun suurin osa uusista tuloksista on jo saavutettu. Esitän artikkelin lopussa toimintamallin, jossa tuettaisiin aidosti uusien avausten rahoittamista.

Luvut 2–6 käsittelevät tutkimuksen elinkaarta uuden etsimisestä ja kehittämisestä tulosten hyödyntämiseen sekä tutkimuksen ja tutkijoiden arviointiin H-indeksiä käyttäen. Luvuissa 7–11 esitän toimenpiteitä tutkimustoiminnan, tutkimusrahoituksen ja tutkijankoulutuksen kehittämiseksi Suomessa.

2 Matematiikan ala

Tieteellistä tutkimusta on tehty tuhansia vuosia. Olen koulutuksestani matemaatikko ja minulta kysytään usein eikö vuosituhansien aikana matematiikassa jo ole keksitty kaikki asiat. Vastaan että ei ole, koska emme tiedä, mitä on vielä keksimättä.

Matematiikan tutkimusta tehdään kaikkialla maailmassa. Tutkimuksessa ei tarvita teknisiä laitteita ja siksi tutkimusta voidaan tehdä sekä köyhissä että rikkaissa maissa. Matematiikan symbolikieli on sama kaikkialla maailmassa ja yhteinen kieli ja ilmaisutapa helpottavat yhteydenpitoa ja tulosten ymmärtämistä. Nykypäivänä internet, hakukoneet ja ilmaiseksi saatavilla olevat ohjelmistot ovat helpottaneet yhteydenpitoa.

Yllämainittuun kysymykseen onko matematiikassa kaikki keksitty olen lisäksi vastannut, että aina keksitään uutta ja että muiden alojen kuten tekniikan, luonnontieteiden, lääketieteiden, käytätymistieteiden ja taloustieteiden tutkimuksessa matematiikan hyödyntäminen on yhä yleisempää. Suurin osa näiden alojen algoritmeista on matemaatikkojen kehittämiä.

Sovellusalueiden kehitys luo uusia tarpeita, jotka ruokkivat matematiikan kehitystarpeita. Tieto- ja ohjelmistotekniikan kehitys on mahdollistanut matematiikan hyödyntämisen yhä useammassa käytännön ongelmassa. Tämä voidaan esittää kaavana

tulos = järki (menetelmä) x rauta.

Menetelmäkehitys ja tietokoneiden kehitys kulkevat rintarinnan. Tietokoneen entistä nopeamista prosessoreista ei saada täyttä hyötyä, elleivät matemaattiset algoritmit ja ohjelmistot kehity samaan tahtiin³(kuva 1).

3 Jatkuuko kehitys yhtä nopeana?

Artikkelissa¹ kerrotaan talouskasvun hidastumisesta 4–6%:n vuositasosta 1–2%:n tasolle ja vastavasta ilmiöstä myös tieteellisten saavutusten osalta. Esimerkkinä otetaan biologia, fysiikka, lääketiede ja taloustieteet. Laitteet ovat tulleet yhä kalliimmiksi ja uusia läpimurtoalueita on yhä vaikeampi löytää. Alaoksilla olevat hedelmät on jo poimittu, sanotaan artikkelissa

Kalliista ja teknisesti vaikeasti toteutettavasta kokeellisesta tutkimuksesta on siirrytty kiihtyvällä vauhdilla käyttämään matemaattisia, tietoteknisiä

ja tekoälypohjaisia menetelmiä. Reaalimaailman tilannetta kuvataan data- tai matemaattispohjaisella mallilla. Tämä tuo aivan uusia mahdollisuuksia kaikilla tieteenaloilla. Tekoälyteknologia vauhdittaa simulointimallien kehittämistä ja uusien ratkaisujen löytymistä. Simuloinnissa ja massiivisten tietomassojen käsittelyssä kvanttietokoneet tulevat mullistamaan tekoälyn ja kvanttietokoneiden kehittämisen myötä myös tiede siirtyy uuteen kehitysvaiheeseen. Tutkimuksessa on siirrytty yhä enemmän tekoälyn monien eri mahdollisuuksien hyödyntämiseen (kuva 2) ja monitieteiseen toimintamalliin (kuva 3).

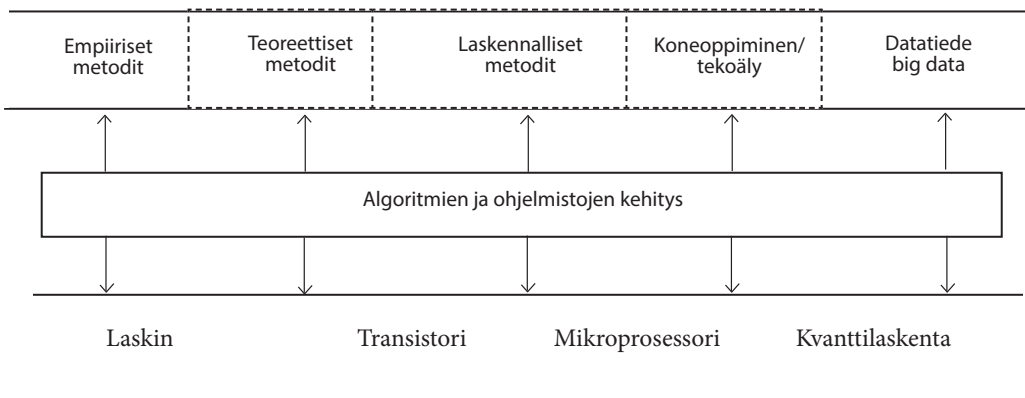
Vuonna 2021 Suomikin siirtyy kvanttilaskennan aikatauluun, kun ensimmäinen Suomessa rakennettu kvanttietokone valmistuu.

4 Julkaistaanko liikaa?

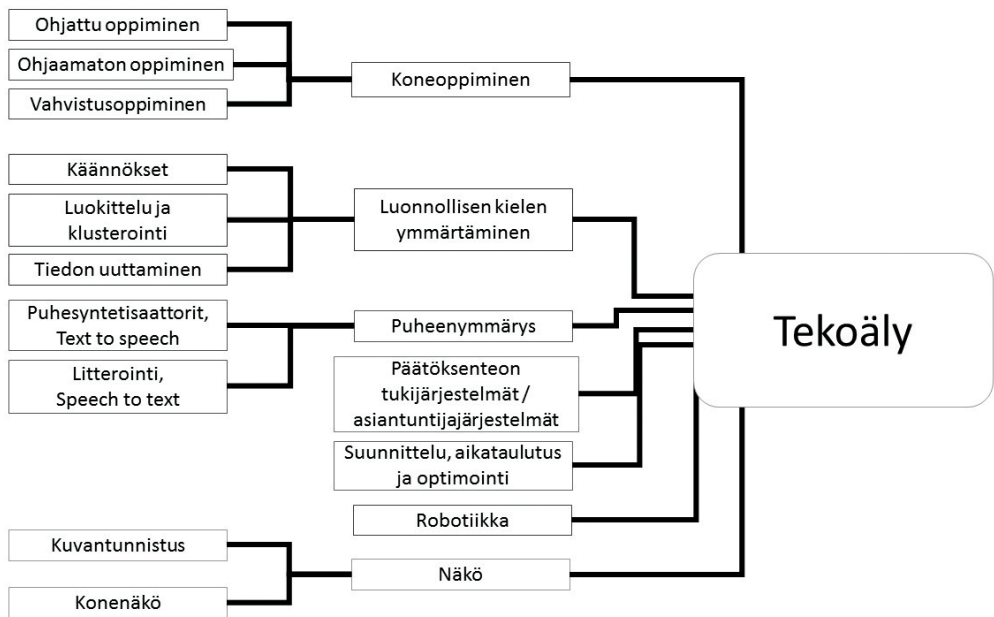
Tieteessä tuttu sanonta on ”julkaise tai kuole”. Maailmassa julkaistaan liikaa, mutta tiedeyhteisön säännöt tukevat tätä kehitystä. Maailmassa on noin 300.000 yliopistoa. Intiassa on yli 4300 yliopistoa, USA:ssa yli 3200, Kiinassa n. 2600, Brasiliassa n. 2300, Meksikossa n. 1200 ja Pakistanissa n. 1100. Niissä 20 maassa, joissa on eniten yliopistoja maailmassa, on yhteensä noin 21.000 yliopistoa. Jos

varhaishistoria

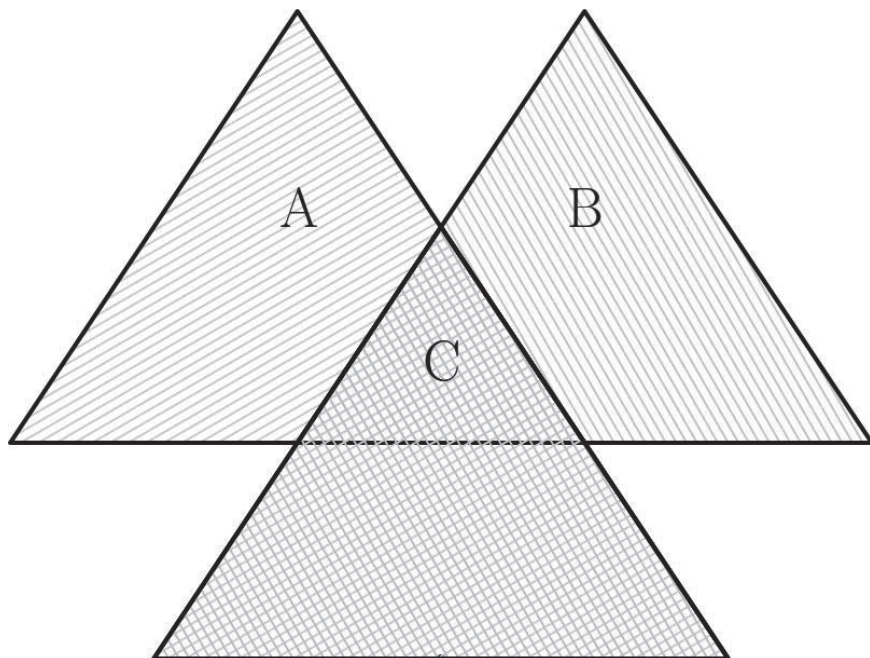
nykyaika ja tulevaisuus



Kuva 1. Erilaisten paradigmojen evoluutio. Teknologian kehitys kiihdyttää tieteellistä kehitystä.³



Kuva 2. Tekoäly ja johdannaisteknologiat^{2,3}



Kuva 3. Yhteistyö alojen A ja B välillä synnyttää uutta.

oletetaan, että yliopistoissa on kussakin 50 tutkijaa, jotka julkaisevat keskimäärin viisi artikkelia vuodessa, julkaisuja syntyy $300.000 \times 500 \times 5 = 750$ miljoonaa julkaisua/vuotta kohti. Tämän lisäksi julkaistaan kymmeniä miljoonia opinnäytetöitä. Oikeasti tietoa ei synny samassa tahdissa. Kymmenet tuhannet tieteelliset lehdet julkaisevat artikkeleita, joiden informaatioarvo ei ole lisääntynyt samassa suhteessa.

H-indeksi kertoo julkaisujen määrän, joihin on viitattu vähintään indeksin ilmoittaman verran. Jos H-indeksi on esim. 50, henkilöllä on 50 julkaisua, joihin on viitattu vähintään 50 kertaa. Indeksistä on tullut tieteellisen kilpavarustelun ja lehtien markkinointimittari. Tutkijat ja yliopistot mittaavat toistensa hyvyyttä tällä mittarilla. Rahoittajat käyttävät H-indeksiä yhtenä merkittävänä rahoituskriteerinä.

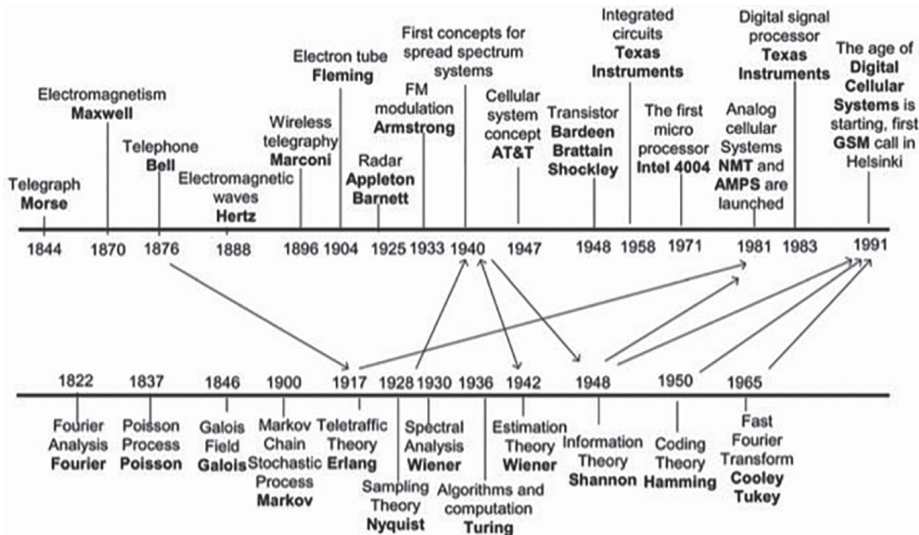
Indeksi kiihdyttää julkaisutoimintaa ja uusia lehtiä perustetaan kiihtyvällä tahdilla. Tieteellisiä lehtiä on tuhansia. Tutkijat auttavat kaupallisia kustantajia toimittamaan lehtiä arvioimalla artikkeleita ja julkaisemalla artikkeleita ja kirjoja ilman palkkioita tai lähes ilmaiseksi. H-in-

deksi on johtanut vääristymiin, joita kuvataan seuraavassa luvussa.

5 H-indeksin ongelmat

Artikkelissa¹ kuvataan ansiokkaasti tieteellisiä mittareita. Artikkelissa todetaan, että viittauksiin perustuvat mittarit eivät pysty erottamaan tutkimusta uusien ideoiden etsimisessä ja työtä kypsien, vakiintuneiden ideoiden parissa. Mittarit vääristävät tutkimuksen arviointia ja siirtävät tutkijoiden kannustimet pois pitkäjänteisestä työstä. Oleellista on, että kaikkia tieteen heureka-hetkiä ei alun perin tunnustettu sellaisiksi. Läpimurtotulokset ovat johtaneet konkreettisiin sovellutuksiin tai antaneet virikkeitä muille tuloksille. Tuloksien käytännön hyödyntäminen voi viedä kymmeniä ja jopa sata vuotta (kuva 4).

Viittaukseen pohjautuva H-indeksi kohtelee eri tutkijoita epäoikeudenmukaisesti. Läpimurtotuloksen saavuttanut tutkija on voinut käyttää julkaisun kirjoittamiseen viisi vuotta. Samana ajanjaksona kollega on voinut julkaista 20–30



Kuva 4. Tutkimuksen pitkäjänteisyys

tutkimuslaitteilla tehtyihin mittaustuloksiin perustuvaa artikkelia joissa on 10–20 kirjoittajaa ja laaja viiteluettelo artikkeleihin joissa on aikaisempia mittaustuloksia. H-indeksit henkilöillä ovat eri tasoa mutta tieteelliset ansiot saattavat olla päinvastaiset.

6 Tutkimustoiminnan pitkäjänteisyys

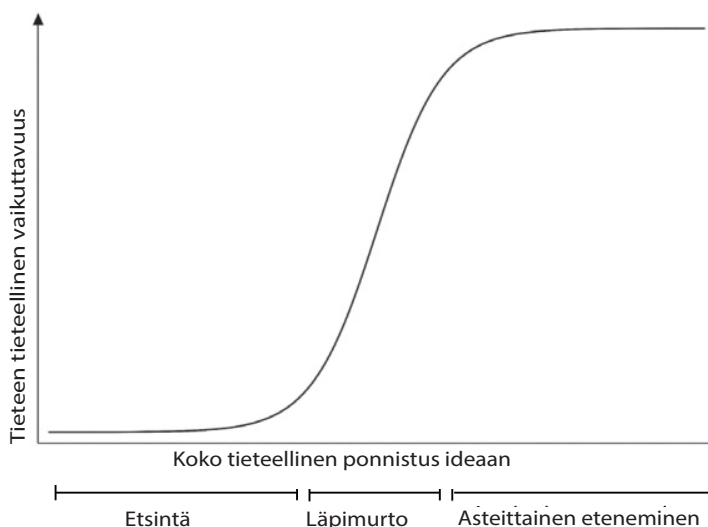
Artikkelissa¹ havainnollistetaan S-käyrää käyttäen tieteellisen tutkimuksen elinkaaren kolme vaihetta: etsintä, läpimurto ja asteittainen eteneminen (kuva 5). Koska työ vaiheissa 2 ja 3 perustuu vaiheessa 1 tehtyyn työhön, kirjoittajat sanovat, että vaiheen 2 ja 3 tutkijat seisovat jättiläisen hartioilla.

Vaiheessa 1 tehdyllä työllä on vain vähän havaittuja vaikutuksia, mutta se luo tarvittavat perusteet myöhemmille läpimurtoille. Ongelmana vaiheen 1 tutkijalle on vakuuttaa arvioijat tukemaan tutkimusta. Jättiläisen hartioilla työskenteleville tutkijoille tuen saaminen on helpompaa. Yksittäinen tutkija tai tutkimusryhmä keksii uuden metodin,

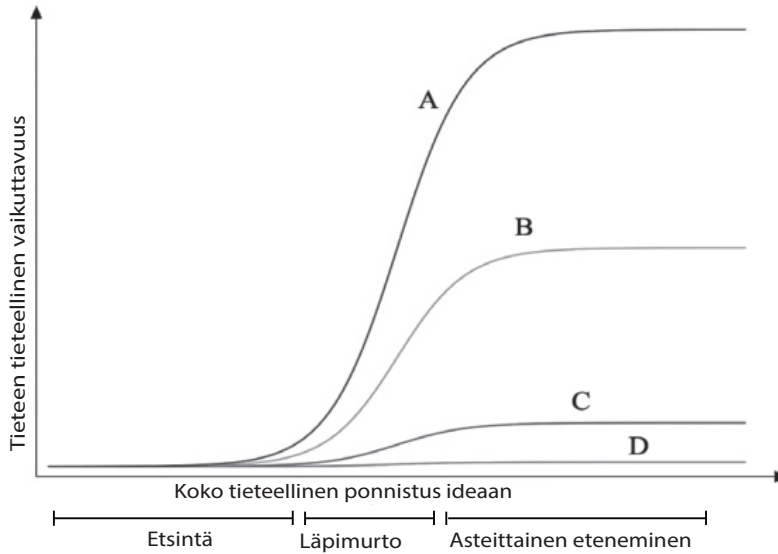
havainnon tms. Tässä vaiheessa panostukset ja tieteellinen tunnettavuus ovat vähäisiä. Seuraavassa vaiheessa perustuloksen merkitys huomataan tai tuloksia markkinoidaan amerikkalaiseen tapaan. Siitä käynnistyy uusi vaihe, jossa aiemman tiedon pohjalta syntyy suuri tarve ja innostus jatkaa tutkimusta. Tässä nk. hype-vaiheessa rahoitusta ja sen myötä tutkijoita keskittyy alueeseen.

Sanotaan että 90% oleellisista asioista saa vastauksen jo vaiheissa 1 ja 2. Buumin myötä rahoituksen määrä ja samalla myös tutkijoiden määrä monikertaistuu mutta lisäarvo tieteen kannalta vähenee. Jättiläisen hartioilla toimivat tutkijat muodostavat yhteisön, joka saa lisää rahoitusta. Viitteessä³ on listattu matemaattisten algoritmien 1. vaiheen kehitys 1400-luvulta lähtien. Toisena esimerkkinä vaiheen 1 työstä on Linus Torvaldsin pro gradu -työ, jonka merkitystä ei aluksi ymmärretty. Kolmas esimerkki on professori Teuvo Kohosen työ tekoälyn varhaisvaiheen kehittämisessä.

Kuvassa 6 havainnollistetaan tieteellisen työn vaikuttavuutta käyrillä A, B, C ja D. Tutkimus A



Kuva 5. Vaaka-akseli kuvaa mallin kolme vaihetta: etsintä, läpimurto ja asteittainen eteneminen. Pystyakseli kuvaa idean vaikutusta yhteisöön¹



Kuva 6. Ideoiden A, B, C ja D vaikuttavuus suhteessa panostuksiin¹

johtaa merkittäviin tieteellisiin läpimurtoihin. Idea B johtaa tulokseen, jonka merkitys on vähäisempi kuin idean A. Vaikka ideoiden C ja D kehittämiseen panostetaan, ne eivät johda tuloksiin. Panostus ei kannata. Kaikkien ideoiden A, B, C ja D varhainen tutkiminen on kuitenkin tärkeää.

Tutkijoiden on tehtävä jonkin verran työtä sen selvittämiseksi, onko idea todennäköisesti lopulta hyödyllinen vai ei. Edes tutkijat, jotka työskentelevät idean A tutkimisvaiheessa, eivät pysty välttämättä arvioimaan idean tieteellisiä vaikutuksia eivätkä hyödy niistä. Pikemminkin he ovat jättäjäisiä, joiden päällä läpimurtovaiheen tutkijat seisovat, koska heidän työnsä mahdollistaa myöhemmin uraauurtavia löytöjä. Jättäjäisen nimitys ulottuu kaikkiin tutkijoihin, jotka työskentelevät ideoiden A, B, C tai D parissa.

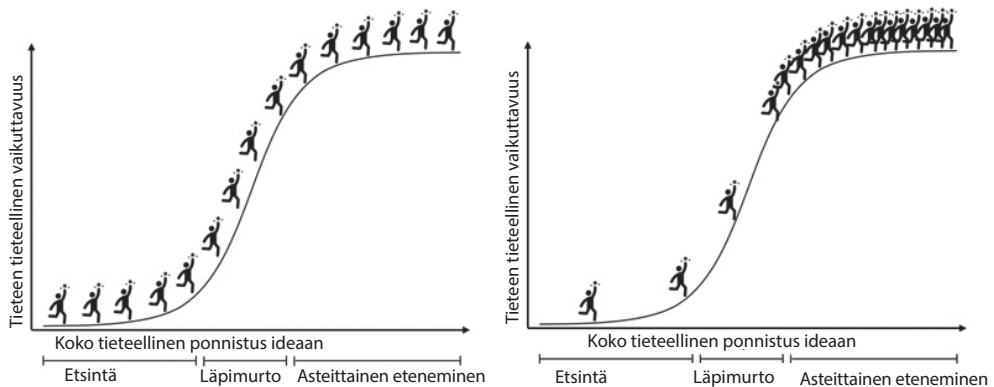
Tutkimuksen tulosten ja tutkijoiden arvioinnin painopisteen siirryttyä H-indeksipainotteiseksi tutkijoita on ohjattu tekemään pienten askelten tutkimusta, joka hyödyntää aikaisempaa syvällistä tutkimusta. Ennen viittauksen korostamista osa tutkijoista oli halukas osallistumaan todelliseen etsintään uusien ideoiden löytämiseksi. Nykyään on siirrytty viittausindeksiakakauteen, jossa tutkijat ovat haluttomampia osallistumaan todelliseen etsintään.

Tämä muutos on siirtänyt tutkijoiden ponnisteluja etsinnästä pienin askelin tapahtuvaan tutkimukseen. Kuva 7 havainnollistaa tutkijoiden painopisteen siirtymistä.

Seuraavassa on kaksi esimerkkiä vaiheen 1 tutkimuksen tärkeydestä ja pitkäjänteisen työn tuloksista. Molemmat esimerkit ovat Pietarista. Gregory Perelman ja Nikolay Kuznetsov kävivät Pietarin eliittikoulua numero 239, joka on erikoistunut matematiikkaan ja fysiikkaan.

Gregory Perelman voitti 16-vuotiaana vuoden 1982 kansainvälisten matematiikkaolympialaisten kultamitalin täysillä pisteillä. Hän valmistui tohtoriksi Leningradin valtionyliopistosta ja työskenteli tiedeakatemian Steklovin matemaattisessa instituutissa. 1990-luvun alussa hän työskenteli kaksi vuotta Berkeleyn yliopistossa Kaliforniassa ja palasi sitten Stekloviin työskentelemään maailmankaikkeuden muodon todistamisen parissa. Jyväskylän yliopiston professori Sergey Repin toimii myös instituutin varajohtajana. Hän kertoi, että Perelman vieraili laitoksella lähinnä seminaaripäivinä.

Perelman välttelee julkisuutta eikä ole kiinnostunut rahasta tai kunnian. Hän hylkäsi Euroopan Matemaattisen Seuran palkinnon 1990-luvulla, koska ei pitänyt komiteaa kyvykkäänä arvioimaan



Kuva 7 Tutkijoiden siirtyminen riskialttiista alkuvaiheen tutkimuksesta lyhyen tähtäimen tutkimuskäytäntöihin¹

työtään. Lisäksi hän hylkäsi hänelle 2006 myönnetyn matematiikan nobelina pidetyn Fieldsin mitalin ja jätti saapumatta paikalle. Hän ei myöskään ottanut vastaan vuonna 1995 tarjottuja huippuvirkoja Stanfordin ja Princetinin yliopistoista.

Perelman jätti työnsä joulukuussa 2005. Hän ei ole julkaissut tutkimustuloksiaan normaaliin tapaan tieteellisissä julkaisuissa vaan on lähettänyt ne arXiv-palvelimelle. Hänellä ei ole tapana kommentoida tuhansivuisia tutkimuksiaan eikä hän vastaa nykyisin myöskään sähköposteihin. Perelmanin tutkimuksia analysoivat tutkimusryhmät ympäri maapallon.⁷ Toinen esimerkki on äskettäin nuorimpana Suomen tiedeakatemian ulkomaalaiseksi jäseneksi kutsuttu Nikolay Kuznetsov. Hän on Pietarin yliopiston kybernetiikan professori, jonka dynaamisten systeemien tutkimusala sijoittuu matematiikan, mekaniikan ja tietotekniikan poikkileikkausalueelle. Hän on luonut maailmanlaajuisen tutkimusverkoston ja saavuttanut useita läpimurtotuloksia (WoS Top 1 % vuonna 2019 ja 2020).

Kuznetsov on työssään kehittänyt analyttisiä ja numeerisia menetelmiä, jotka parantavat aiemmin tunnettuja tekniikoita vaativien ongelmien ratkaisussa ja modernin teknologian mallin-
 nusongelmissa. Kuznetsovin tutkimusryhmä on tehnyt alalla useita maailmanlaajuisesti huomioi-

tuja läpimurtotuloksia osoittaessaan, että vaiheen 1 tulokset olivat vääriä tai puutteellisia. Hype-vaiheen tutkijat eivät olleet asiaa huomanneet.^{4,5,6}

7 Tutkimusrahoitus Suomessa

Tutkimusrahoituksen kokonaisuutta on tarkasteltu Tieteen tila 2018 –selvityksessä. Taulukossa 1 on koottu Tilastokeskuksen aineistojen perusteella, mistä lähteistä yliopistojen tutkimukseen käytettävä rahoitus tulee. Noin 50 % tutkimukseen kuluva rahasta on peräisin yliopistojen suorasta valtionrahoituksesta, ja tämä osuus on pysynyt viime vuodet vakiona. Akatemian osuus tutkimusrahoituksesta on alle neljännes.

Jos hankkeiden hyväksymisprosentti on 5–15% luokkaa puhutaan jo hakemuslotosta. Aikaa menee kymmeniä henkilötyövuosia tutkijoilta ja hankkeiden arviointiin ja hallinnointiin osallistuvilta. Tarkastellaan tilannetta Suomen Akatemian (SA) ja Business Finlandin (BF) osalta. Taulukossa 2 on yhteenveto Suomen Akatemian hakemusmääristä vuosina 2017–2019. Tosin hakemusten kokonaislukumäärä ei ole kovin hyvä mittari, koska esimerkiksi liikkuvuushakemuksen, tutkimusohjelman aihakemuksen, akatemiahankemuksen tai tutkimuksen huippuyksikköhakemuksen välillä on hyvin suuri ero.

TUTKIMUSRAHOITUSTA JA TUTKIJANKOULUTUSTA UUDISTETTAVA

Taulukko 1. Yliopistojen kokonaisrahoitus, valtionrahoitus ja tutkimuksen rahoituslähteet vuosina 2013–2017 (lähde: Suomen Akatemia)

Rahoituslähde	Rahoitus, milj. €				
	2013	2014	2015	2016	2017
Yliopistojen kokonaisrahoitus	2 834	2 808	2 839	2 724	2 842
josta yliopistolain mukainen valtionrahoitus (OKM)	1 726	1 732	1 756	1 689	1 647
(yliopistolain mukainen valtionrahoitus (OKM) sisältäen ALV-kompensaation)	(1 863)	(1 895)	(1 909)	(1 829)	(1 801)
Tutkimuksen rahoitus yhteensä	1 216	1 276	1 278	1 278	1 323
Valtion perusrahoitus (budjettirahoitus)	531	620	630	606	643
Oma rahoitus	15	15	16	20	25
Täydentävä rahoitus (ulkopuolinen rahoitus)	670	641	632	652	656
josta Suomen Akatemia	267	263	273	289	304
josta Tekes (Business Finland)	129	117	111	104	90
Täydentävän rahoituksen osuus tutkimuksen rahoituksesta	55 %	50 %	49 %	51 %	50 %

Taulukko 2. Saapuneet hakemukset 2017–2019 (sisältää aihehakemukset), konsortiot osahankkeittain

Rahoitusmuoto	2017 kpl	2018 kpl	2019 kpl
Tutkijatohtorit	782	780	734
Akatemiatutkijat	510	515	547
Akatemiaprofessorit	195	31	251
Tutkijatehtävien tutkimuskulut	135	143	135
Akatemiahankkeet	1 494	1 158	1 717*
Nuorten tutkijoiden akatemiahankkeet		544*	
Suunnatut akatemiahankkeet	304	162	144
Akatemiaohjelmat	1 022	253	866
Huippuyksiköt	165	0	0
Yliopistojen profiloitumisen vahvistaminen	14	13	0
Lippulaivat	30	30	0
Tukimusedinfrastruktuurit	41	130	143
Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoitus	397	180	374
Muu tutkimustuki	247	256	456
Kaikki hakemukset yhteensä	5 336	4 196	5 367

* Nuorten tutkijoiden akatemiahankkeet olivat 2018 omana hakumuotonaan, 2019 ne on tilastoitu akatemiahankkeisiin.

Business Finlandille toimitettiin v 2019 6800 hakemusta. Rahoitusta sai 4941 projektia: (https://www.businessfinland.fi/495784/globalassets/finnish-customers/04-innovate/business_finland_tulosjulkistus_2019_pdf.pdf projektia).

(<https://www.businessfinland.fi/ajankohtaista/uutiset/tiedotteet/2020/hairiotilannerahoituksen-rahoituspaatokset-loppusuoralla--kaupan-alaa-teollisuutta-seka-matkailu--ja-ravintola-alaa-rahoitettu-eniten/>)

(<https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/tietoa-meista/tulokset-ja-vaikutukset/>)

EU-rahoitus on vuosittain miljardeja euroja.

Jyväskylän yliopisto on n. 10% Suomen yliopistovolyymista. Esimerkiksi täydentävää rahoitusta haettiin vuonna 2019 seuraavasti:

- Suomen akatemia: 321 hakemusta
- Business Finland: 27 hakemusta
- EU:n H2020-ohjelma: 69 hakemusta

8 Tutkimusrahoitus Isossa-Britanniassa

Ison-Britannian korkeakoulutuksessa tutkimuksen rahoitus saadaan useista lähteistä. Osa tästä rahoituksesta myönnetään tiettyjen hankkeiden tukemiseksi, joilla on selkeä tavoite. Muita rahoituselementtejä ovat tutkimusinfrastruktuurin ja 'blue sky' -tutkimuksen tukeminen.

Iso-Britannian hallitus rahoittaa yliopistotutkimusta ns. kaksoistukimekanismin kautta. Tämä sisältää rahoitusneuvostojen vuotuisen avustuksen tutkimusinfrastruktuurin tukemiseksi ja erityiset tutkimusneuvostojen hankeavustukset tiettyjen tutkimusten rahoittamiseksi.

Rahoitusneuvostojen vuotuinen apuraha on riippuvainen siitä, että laitoksen tutkimus on vähimmäislaatuista. Englannin korkeakoulujen rahoitusneuvosto (HEFCE) ei määrittele, kuinka tutkimukseen myönnettävää apurahaa tulisi käyttää kussakin oppilaitoksessa. Myönnetyn vuosittaisen avustuksen (arvo) volyyymi kasvaa sitä korkeammaksi, mitä parempaa tutkimuksen laadun arvioidaan olevan. Tutkimusneuvostot rahoittavat erityishankkeita, jotka voivat kestää tyypillisesti kolme vuotta. Tutkimusneuvostojen apurahoja

tarjotaan yleensä kilpailuun perustuen. Myönnetty rahoitus riippuu hankkeen arvioiduista kustannuksista. Yliopistojen on laskettava ehdotetun hankkeen taloudelliset kokonaiskustannukset. Jos hakemus onnistuu, tutkimusneuvostot rahoittavat 80% kaikista taloudellisista kustannuksista. Rahoitusta voidaan käyttää vain kyseiseen projektiin.

Hallituksen yksiköt, yksiköiden ulkopuoliset hallintoelimet ja paikallisviranomaiset rahoittavat myös yliopistojen tutkimusta. Tämä tehdään usein tutkimussopimuksella, jonka nojalla sponsorioiva elin saa oikeuden käyttää tutkimuksen tuloksia. Näiden hankkeiden rahoitus vaihtelee olosuhteiden mukaan, vaikka ministeriöille on annettu ohjeistus rahoittaa kilpailuttamattomia sopimus-hankkeita 100 prosentilla.

Julkisen sektorin rahoituksen lisäksi suuri määrä tutkimusta varten on peräisin muilta kuin julkisilta organisaatioilta. Näitä ovat hyväntekeväisyysjärjestöt, Euroopan komissio sekä teolliset ja kaupalliset järjestöt Isossa-Britanniassa ja ulkomailla. Tämä tapahtuu lähinnä avustuksina ja sopimuksina erityisille tutkimushankkeille. Jotkut sponsorit soveltavat omia sääntöjään tarjoamansa rahoituksen tasosta, toiset neuvottelevat rahoituksesta sopimuksen perusteella. Monet hyväntekeväisyysjärjestöt rahoittavat vain tutkimuksen välittömät tai lisäkustannukset.

Euroopan komissio on ollut merkittävä tutkimuksen rahoittaja Isossa-Britanniassa. Britannian ero EU-jäsenyydestä vaikeuttaa Britannian kanssa tehtävään yhteistyötä ja sen rahoittamista merkittävästi. Tämä on hyvin harmillinen asia myös meille suomalaisille tutkijoille.

9 Tieteenalaluokitus Suomessa uudistettava

Suomen Akatemiassa tutkimushankkeiden arviointi tapahtuu kolmessa toimikunnassa:

- biotieteiden, terveyden ja ympäristön tutkimuksen toimikunta,
- kulttuurin ja yhteiskunnan tutkimuksen toimikunta sekä
- luonnontieteiden ja tekniikan tutkimuksen toimikunta.

IT-ala on yksi tärkeimmistä tieteenoaloista myös suomalaisessa yhteiskunnassa omana perustieteenä ja muiden alojen kehityksessä. IT-ala on otettu EU-tason luokituksessa omaksi koulutus-alakseen. Näin on tehnyt myös OKM. Suomen Akatemian toimikuntien tutkimusalaryhmittelyä tulisi uudistaa lisäämällä neljänneksi IT-ala.

Suomen Akatemian tutkimusalaryhmittely ei vastaa maailman johtavien tiedevaltioiden luokittelua. Otan esimerkkinä USA:n, Saksan, Britannian, Singaporen ja Japanin. Ne ovat maailman johtavia maita tutkimuksessa ja innovaatiotoiminnassa.

Saksan luokitus edustaa eurooppalaista perinnettä Suomen tapaan:

- humanistiset ja sosiaalitieteet
- biotieteet, lääketiede ja maataloustieteet
- luonnontieteet (fysiikka, kemia, matematiikka)
- tekniset tieteet (tekniikan eri alat, tietotekniikka)

Britanniassa tutkimusta rahoittaa seitsemän tutkimusneuvostoa:

- taiteiden ja humanististen tieteiden tutkimusneuvosto
- biotekniikan ja biotieteiden tutkimusneuvosto
- tekniikan ja fysiikan tutkimusneuvosto
- taloudellisen ja sosiaalisen tutkimuksen neuvosto
- lääketieteellinen tutkimusneuvosto
- luonnonympäristön tutkimusneuvosto
- tiede- ja teknologiapalveluneuvosto

USA:ssa National Science Foundation jakaantuu seuraaviin ryhmiin:

- biotieteet
- IT ja tekniikka
- geotieteet
- matematiikka ja fysiikka
- sosiaali- ja käyttäytymistieteet, taloustieteet
- koulutus ja työvoimatarpeet

Japanissa vastaava jako on seuraava:

- integroidut aiheet (monitieteiset aiheet)
- IT, ympäristötieteet, kompleksiset järjestelmät
- humanistiset ja sosiaalitieteet
- luonnontieteet ja tekniikka: monitieteiset luonnontieteiden ja tekniikan alat, matematiikka ja fysiikka, kemia, tekniikka
- biotieteet: biologia, maataloustieteet, lääketieteet, farmasia

Singapore on yksi nopeimmin vaurastuvista maista maailmassa. Panostuksessa koulutukseen ja tutkimukseen Singapore on yksi maailman johtavia maita. Maassa on useita tutkimuslaitoksia, bio- ja lääketieteissä sekä tekniikan eri osa-alueilla. Eri tieteenoalojen jaottelu on seuraava:

- humanistiset ja sosiaalitieteet
- biotieteet
- luonnontieteet
- tekniikka

10 Suomen tutkimus- ja kehitystointaa uudistettava

Suomessa käytetään tutkimus- ja kehitystointaan (t&k) noin 2,7% bkt:stä (esim. vuonna 2018 6,4 mrd. €). Yritysten osuus tästä on noin 2/3. Nokian osuus yritysten t&k-panostuksesta on merkittävä. Maakunnat, joissa yritysten t&k-panostus oli yli 2/3 vuoden 2016 tilaston mukaan, olivat Pohjanmaa (83%), Päijät-Häme (81%), Etelä-Pohjanmaa (79%), Pohjois-Pohjanmaa (74%), Pirkanmaa (67%) ja Uusimaa (67%). Keski-Suomessa ollaan reilusti alle 50%:n tasolla.

Kansallisessa t&k-toiminnassa TEM:n, OKM:n ja muiden ministeriöiden tulee parantaa yhteistyötä. Nyt toiminta on hajanaista ja kokonaistavoite puuttuu. Käytännössä eri ministeriöiden tavoitteita voidaan parhaiten yhdistää maakuntatasolla. Maakunnissa tunnetaan yritysten, infrastruktuurin, terveydenhuollon, koulutuksen ja kansalaisten hyvinvoinnin kehittämistarpeet. Tavoitteena tulisi olla, että eri ministeriöiden kehittämisrahoista puolet kohdennetaan maakuntiin tukemaan maakunnallisia monitieteisiä ja tekno-

logisia yritysten ja julkisten toimijoiden kehittämistarpeita. Rahoituksen kohdentamispäätökset tehtäisiin maakuntatasolla. Yli 10.000 SA:n ja BF:n rahoitushakemuksen käsittelystä ja tuhansien hankkeiden hallinnoinnista tulisi päästä eroon. Resurssit tulisi kohdentaa itse tutkimustoimintaan. Iso-Britannian, Singaporen ja Saksan toimintamalleista tulisi poimia parhaat käytännöt Suomeen. Tutkimustoiminnan rahoituksesta kolmasosa tulisi kohdentaa uusiin alueisiin. Kuvan 7 (kuva jossa tutkijoita S-käyrän yläosassa) tilannetta tulisi välttää.

Eri maakunnissa toimivien korkeakoulujen tulisi huomioida yritysten koulutus- ja kehittämistarpeet uudistamalla koulutustarjontansa, järjestämällä opiskelijoille työharjoittelu- ja opinnäytetyöpaikkoja sekä työllistymismahdollisuuksia ja myös käynnistämällä yhteistä hankkeita yritysten kanssa. Yritysten tulee myös panostaa yhteistyöhön.

Kehittämishjelman avulla yritysten t&k-panostukset nousisivat eri puolilla Suomea. Yhteistavoitteena Suomen t&k-panostukset tulisi nostaa 4% bkt:stä ja yritysten osuudeksi 70%. Etelä Koreassa t&k-panostukset olivat vuonna 2018 4.5 % bkt:stä ja yritysten osuus 77%. Vastaavat luvut Japanissa ovat 3.3% ja 79% sekä Saksassa 3.1% ja 68%. Yllämainitut Suomen t&k-kärkimaakunnat yltyvät jo maailman kärkimaiden tasolle.

11 Tutkijankoulutuksen uudistaminen

Suomessa on panostettu merkittävästi tutkijankoulutukseen. Tohtoritutkintoon koulutettavia oli vuonna 2019 yli 17 000 henkilöä ja tohtoreita valmistui vuonna 2018 lähes 1800. Ulkomaalaisia heistä oli 447 eli noin 25 prosenttia.

Eri innovaatiostrategioissa on puhuttu tutkimustiedon ja tutkijakoulutuksen saaneiden siirtymisestä yritysmaailmaan. Työelämään siirtymiseen on kuitenkin kiinnitetty vähän huomiota ja osaamispotentialista vain osa hyödynnetään. Yhteiskunnassa ei ole ymmärretty tutkijakoulutuksen merkitystä. Tohtoritutkinnon suoritta-

neita pidetään valitettavan usein liian teoreettisina ja korkeamman koulutuksen arvoa vähätellään.

Vaikka vuosittain investoimme huomattavia summia (150 milj. euroa) tohtorikoulutukseen, Suomen Akatemia on silti joutunut toteamaan, että tohtorit ovat vain pienessä roolissa yksityissektorin tutkimus- ja kehityshankkeissa. Tohtorien osuus yksityissektorien T&K-hankkeissa on viime vuosina kasvanut, mutta siitä huolimatta vain 6% yksityissektorin tutkimushenkilöstöstä on tohtoreita. Vastaavasti vain 8% tohtoreista on töissä yksityissektorilla. Tohtoreita on siis tutkimus- ja kehitystöissä Suomessa lopulta hyvin vähän. Naapurimaissamme tilanne on sen sijaan toinen. Esimerkiksi Ruotsissa lähes 20% tohtorikoulutettavista on yksityissektorilla töissä ja saa rahoituksensa tohtoriopintoihinsa yrityksistään. Tällaisissa tapauksissa tohtorikoulutettavat ovat yrityksessä töissä ja tekevät samaan aikaan tohtoriopintoja yliopistossa. Tästä johtuen Ruotsissa lähes 90% tekniikan ja teknologian alan väitelleistä tohtoreista on työmarkkinoilla.

Tohtoritutkinnon suorittaneista oli työttömänä vuoden 2015 lopussa 1684 ja vuonna 2019 merkittävästi vähemmän (1295). Eniten työttömiä tutkijankoulutuksen saaneita oli vuonna 2019 humanistisilla aloilla (140), biotieteissä (125), teknisillä aloilla (116), luonnontieteissä (115) sekä yhteiskuntatieteissä (109).

Osa tutkijakoulutettavista on työtehtävissä, jotka eivät vastaa korkeaa koulutustasoa. Meillä tutkijakouluttajilla pitäisi olla myös vastuu siitä, että tutkijankoulutus on yhteiskunnan osaamistarpeet huomioivaa ja että autamme valmistuneita oppilaitamme työuralla. Vastuu on myös yliopistoilla sekä opetus- ja kulttuuriministeriöllä tutkijakoulutuksen rahoittajana suunnata panostukset osaamistarpeiden mukaan.

Yrityksissä työskentelevistä tohtoreista merkittävä osa on lääkärikoulutuksen saaneita henkilöitä, jotka työskentelevät yksityisillä lääkäriasemilla. Tämän alentaa entisestään varsinaisessa tutkimus- ja kehitystehtävissä työskentelevien tohtoreiden osuutta. Yrityksissä, joissa ei palkata tutkimuksen ammattilaisia, ei ymmärretä, että tutkimusosaaminen luo perustan kyvylle ottaa vastaan uutta tietoa

ja kykyä vastata yrityksen tarpeista nouseviin tutkimuskysymyksiin.

Tilastokeskuksen vuoden 2018 aineiston mukaan tutkimus- ja kehitystyötä tekevän henkilöstön määrä Suomessa oli noin 73 000. Yrityksissä heistä työskenteli yli puolet eli noin 37 000 henkilöä. Heistä vain kuusi prosenttia, eli 2226 henkilöä oli suorittanut tohtorintutkinnon. Julkisen ja yksityisen sektorin tutkimus- ja kehityshenkilöstöstä 21 prosenttia, eli noin 15 000 oli suorittanut tohtorintutkinnon.

Yrityksiin sijoittavien olisi hyvä tietää, millaista osaamispääomaa ja uuden tiedon tuottamis- ja analysointipotentiaalia on yrityksissä ja niiden johdossa. Ulkomailla tähän kiinnitetään paljon suurempaa huomiota. Yritysten tutkimus- ja kehityshankkeiden rahoittajien tulisi kiinnittää huomiota uuden tutkimustiedon siirtymiseen yrityksiin.

Business Finland on merkittävä yritysten tutkimus- ja kehitystoiminnan rahoittaja. Kuten Taulukosta 1 ilmenee BF:n tutkimusrahoitus on koko ajan laskenut. Ilman soveltavaa perustutkimusta eivät yritykset pärjää. BF:llä voisi olla nykyistä aktiivisempi rooli tutkimustiedon siirtämisessä yrityksiin. Menettely voisi olla seuraavanlainen: yritysten Business Finlandilta saaman tuen kriteereihin lisätään kannustimeksi, että palkattavat henkilöt ovat saaneet tutkijakoulutuksen. Erityisesti kannustetaan ulkomaalaisten Suomessa koulutettujen rekrytoimista hankkeisiin, jotta osaaminen säilyy Suomessa. Lisäksi käynnistetään tutkimusohjelma, jossa tapahtuu rotaatiota yritysten ja yliopistojen välillä esimerkiksi 3-6 kuukauden jaksoina. Rotaatio olisi yksi rahoituskriteeri.

Teknologiaeollisuus valittaa osaamispulaa mutta samanaikaisesti tekniikan alalla on yli 200 työtöntä tekniikkataustaista tohtoria. On hyvin tärkeää, että julkisilla varoilla rahoitettu tutkimus tehdään tutkijankoulutuksen saaneiden toimesta. Maassamme tavoitellaan 75 prosentin työllisyyssastetta. Tohtorintutkinnon suorittaneet ovat tässä keskeinen tekijä. He pystyvät tuomaan työelämään uutta lisävauhtia ja toiminnallaan luovat uusia työpaikkoja. ■

Kiitän Matti Savolaista ja Anni Kariluotoa heidän avustaan artikkelin kirjoittamisessa.

Viitteet

1. J. Bhattacharya and M. Packalen. Stagnation and scientific incentives. Working Paper 26752, National Bureau of Economic Research, 2020.
2. T. Siukonen ja P. Neittaanmäki. Mitä pitäisi tietää tekoälystä?, Docendo 2010
3. P. Neittaanmäki, M. Savonen, J. Periaux, and T. Tuovinen. Co-development of methodology, applications and hardware. In T. Tuovinen, J. Periaux, and P. Neittaanmäki (eds.), Computational sciences and artificial intelligence in industry: New digital technologies for solving future societal and economical challenges. Springer, 2021.
4. N. V. Stankevich, N. V. Kuznetsov, G. A. Leonov, and L. O. Chua. Scenario of the birth of hidden attractors in the Chua circuit. *International Journal of Bifurcation and Chaos*, 27(12): 1730038, 2017.
5. D. Dudkowski, S. Jafari, T. Kapitaniak, N. V. Kuznetsov, G. A. Leonov, and A. Prasad. Hidden attractors in dynamical systems. *Physics Reports*, 637: 1–50, 2016.
6. N. Kuznetsov and P. Neittaanmäki. Open problem on existence of hidden attractor in famous Chua's circuit is solved. *CSC News*, 3–4/2011.
7. Wikipedia Gregory Perelman
8. N. Trefethen. Who invented the great numerical algorithms? Oxford Mathematical Institute <https://people.maths.ox.ac.uk/trefethen/inventorstalk.pdf>
9. Suomen akatemian tilinpäätös vuodelta 2019. Suomen akademia, 2019. https://www.aka.fi/globalassets/2-suomen-akatemia-toiminta/4-julkaisut/sa-tilinpaatos-2019.pdf?_t_id=MZCH3_X73fSyx-Gpb53zH6g%3d%3d&_t_uuid=fj6eqbqFSrC9474VaraeBQ&_t_q=toimintakertomus&_t_tags=language%3afi%2csiteid%3a89e2ba17-5f81-4e18-a6e2-27ce-1774d3e5%2candquerymatch&_t_hit.id=AkaFi_Web_Models_Media_PdfFile/_7a93dae2-8047-4c78-ba34-2a834e76575a&_t_hit.pos=4
10. Tieteen tila 2018. Suomen akademia, 2018. https://www.aka.fi/globalassets/2-suomen-akatemia-toiminta/2-tietoaineistot/aka_tieteen_tila_2018_web.pdf
11. Y. Neuvo. Industry needs universities and vice versa. In L. Engwall and D. Weaire (eds.), *The University in the Market*. Portland Press, 2008.