



Biotieteellisen tutkimuksen yhteiskunnallinen vaikuttavuus

**Timo Kolu
Suvi Broholm**



SUOMEN AKATEMIA

Sisällys

1.	Tutkimuksen vaikuttavuus biotieteissä	2
2.	Tutkimuksen vaikuttavuuden ulottuvuudet	4
2.1.	Tutkimuksen kokonaisvaikuttavuus.....	4
2.2.	Vaikuttavuuden sisällölliset ulottuvuudet.....	5
2.3.	Tutkimusorientaatiot ja vaikuttavuuden ulottuvuudet	16
3.	Tutkimustiedon välittyminen yhteiskuntaan	19
4.	Vaikuttavuuden esteet	24
5.	Yhteenveto – millaista tutkimuksen vaikuttavuus on biotieteissä ja millaisia esteitä siihen liittyy?	28

Liitteet

Suomen Akatemia 2019

ISBN 978-951-715-906-7

1. Tutkimuksen vaikuttavuus biotieteissä

Tutkimuksen vaikuttavuus on monimuotoista. Tutkimus kiinnittyy yhteiskunnan perusinstituutioihin ja arvoihin monin tavoin ja sen vaikuttavuus on riippuvaista tutkimusalan luonteesta. Tuunainen ym. (2018) pitävät osallistumista yhteiskunnallisten ongelmien ratkaisuun nykyaikaisen tieteen olennaisena osana, totuuden tavoittelun rinnalla.¹ Tieteen tosiasiallisen vaikuttavuuden ymmärtämiseksi tämän monimuotoisuuden tunnustaminen on tärkeää. Monimuotoisuus on myös haaste tiede- ja innovaatiopolitiikalle. Liaksi yksinkertaistetut mallit ja indikaattorit voivat muodostua tosiasiallisen vaikuttavuuden esteiksi vaikuttavuuden edistämisen sijaan. Keskustelussa tutkimuksen yhteiskunnallisesta merkittävydestä on aina kysymys arvoalinnoista: millaista yhteiskuntaa ja millaisia tarpeita tutkimuksen tulisi edistää.

Tutkimus on aina merkityksellistä yhteiskunnallista toimintaa, vaikka sen yhteys käytäntöjen muuttamiseen ei aina ole ilmeistä ja tunnistettavaa. Tutkimus kytkeytyy yhteiskuntaan monin näkyvin tai näkymättömin sitein, joita myös tutkijoiden olisi hyvä pyrkiä tekemään näkyviksi. Tutkimuksen yhteiskunnallinen relevanssi tarkoittaa tutkimuksen synnyttämän tiedon ja ymmärryksen sekä jonkin yhteiskunnallisen käytännön välistä merkitysyhteyttä.² Tutkimuksen vaikuttavuus tarkoittaa puolestaan jonkin yhteiskunnallisen käytännön muuttamista. Kun tutkijaa ohjaa idea tietyn geenimuunnoksen ja tietyn syövän esiintyvyyden välisestä yhteydestä, on tutkimus kyseisen syövän hoidon kannalta relevanttia. Relevanssi muuttuu vaikuttavuudeksi, kun tunnistetun yhteyden perusteella kehitetään uusi syöpähoito.


Vaikuttavuuden erilaiset päämäärät tai ulottuvuudet kuvaavat vaikuttavuuden keskeisiä sisältöjä. Vaikuttavuuden ulottuvuudet muodostavat keskinäisten riippuvuuksien järjestelmän, joka muodostuu tutkimuksen sisältöjen, yhteiskunnallisten tarpeiden ja intressien vuorovaikutuksena. Esimerkiksi uusien syöpähoitojen kehittämiseen liittyy biologista perustutkimusta, kliinistä tutkimusta ja hoitokäytäntöjen kehittämistä. Olemassa oleva tietämys määrittellee millaista tutkimusta ja kehitystyötä vaikuttavien hoitojen kehittäminen kulloinkin edellyttää, mitkä tahot ovat mukana kehitystyön eri vaiheissa ja millä tavoin hyödyt jakautuvat.

Biotieteellisellä tutkimuksella on merkittävä rooli monien globaalien ongelmien ratkaisemisessa. Esimerkkejä ovat mm. ilmastonmuutoksen torjunta ja vaikutusten hillintä, kestävä ruuantuotanto, puhtaan veden saatavuus, geenivarojen ja luonnon monimuotoisuuden turvaaminen, sairauksien parempi diagnosointi ja hoito sekä ennaltaehkäisevä lääketiede. Vahva biotieteellinen perustutkimus luo osaamisperustan, joka mahdollistaa toimimisen aktiivisena ratkaisujen löytäjänä globaaleissa haasteissa. Maailmassa tarvitaan kestävää kehitystä tukevaa osaamista, ja Suomen panostus näihin teemoihin luo pohjaa myös uudelle liiketoiminnalle ja työpaikkojen syntymiselle. Esimerkiksi synteettisen biologian kehitys on mahdollistanut teollisen biotekniikan huiman kehityksen ja kemikaalien mikrobiologisen tuotannon. Myös DNA:n synteettinen monistaminen ja bioinformatiikka ovat esimerkkejä biotieteen osa-alueista, joita hyödynnetään laajasti lääketieteessä, ravitsemuksessa, rikostutkimuksessa ja teollisessa biotekniikassa.

Tämä selvitys perustuu biotieteiden tutkijoille keväällä 2018 tehtyyn kyselyyn ja Tieteen tila 2016 kyselyaineistoon. Aineisto sisältää sekä määrällistä että laadullista aineistoa. Jatkossa

¹ Tuunainen Juha, Miettinen Reijo ja Terhi Esko: Tieteen vapaus, vastuu ja vaikuttavuus. Käsikirjoitus 2018

² Kyselyaineistoon pohjautuvissa tarkasteluissa relevanssin ja vaikuttavuuden erottaminen on usein vaikeaa, jopa mahdollonta. Kun vastaaja ilmoittaa tutkimuksellaan olevan vaikutusta, johonkin kysytyyn asiaan niin voimme vakuuttua kyseisen tutkimuksen relevanssista tarkasteltavan asian suhteen. Ongelmallisempaa on tulkita vastaukset tiukasti osoituksena tosiasiallisista käytännön tason muutoksista.



esitettävät kuvat perustuvat määrälliseen aineistoon. Laadullista aineistoa on hyödynnetty eri vaikuttavuuden ulottuvuuksien havainnollistamisessa. (Ks. tarkemmin liite 1).

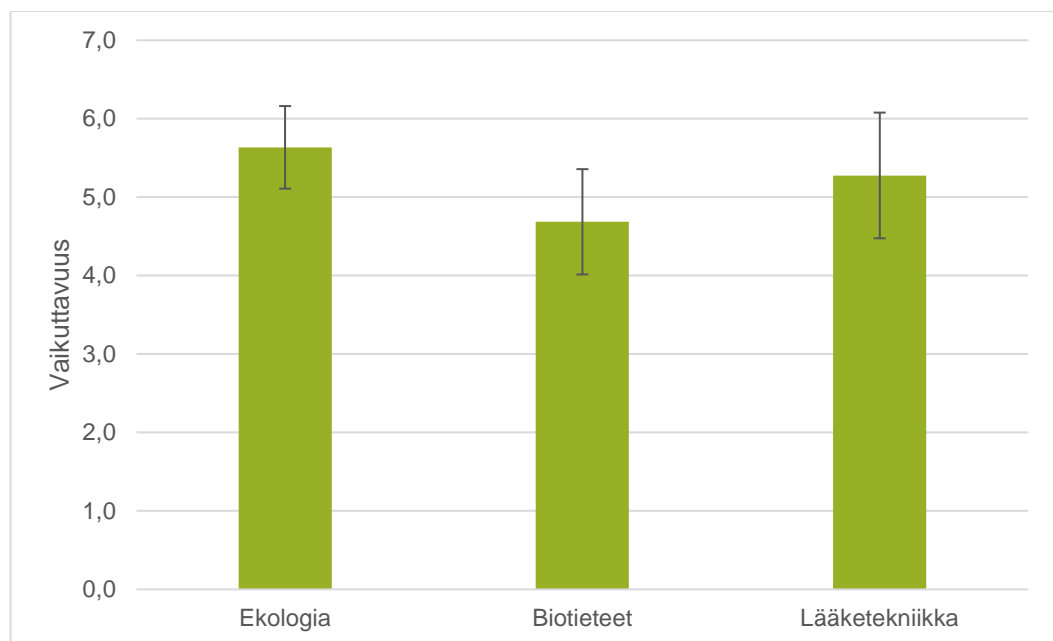
Kyselyaineiston avulla voidaan hahmottaa yleisellä tasolla eri tutkimusalojen vaikuttavuutta ja niiden eroja. Selvityksessä tarkastellaan biotieteellisen tutkimuksen yleistä yhteiskunnallista vaikuttavuutta vertailemalla biotieteitä ekologian, evoluutiobiologian ja ekofysiologian sekä lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian tutkimuksen vaikuttavuuteen. Vertailuasetelmalla pyritään tuomaan esiin biotieteiden ominaislaatua. Niin biotieteet kuin ekologia-kin ovat osa yleistä biologiaa, mutta niiden tutkimukselliset painopisteet ovat erilaiset. Lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian tutkimus puolestaan hyödyntää biotieteiden perusosaamista, mutta on käytäntöön suuntautunutta.

Selvityksen taustana oleva biotieteiden kirjo on laaja. Mukana on seitsemän Suomen Akatemian tutkimuslaluokituksen alaa: biokemia ja biofysiikka, solu- ja molekyylibiologia, kehitysbiologia ja -fysiologia, neurotiede, mikrobiologia, kasvibiologia sekä systeemibiologia ja bioinformatiikka. Vastaajajoukon suppeuden vuoksi biotieteiden alakohtaisia vertailuja ei voida tehdä. Siksi tässä raportissa keskitytään vertaamaan biotieteiden kokonaisuutta kahteen muuhun tutkimusalaan. Edellä on tehty ero tutkimuksen relevanssin ja vaikuttavuuden välillä. Jatkossa tätä eroa ei pääsääntöisesti tehdä, vaan puhutaan vaikuttavuudesta.

2. Tutkimuksen vaikuttavuuden ulottuvuudet

2.1. Tutkimuksen kokonaisvaikuttavuus

Vaikuttavuustarkastelujen aluksi vertaillaan vaikuttavuuden yleistä tasoa kolmella tutkimusalalla, ekologiassa, evoluutiobiologiassa ja ekofysiologiassa, biotieteissä sekä lääketieteen tekniikassa ja terveysteknologiassa.³ Ideana tässä on vertailla tutkimusaloja tavalla, jossa huomioidaan samanaikaisesti erilaisia vaikuttavuuden sisältöjä. Alla olevassa kuvassa on esitetty ryhmittäiset keskiarvot tutkimuksen kokonaisvaikuttavuutta kuvaavasta summamuuttujasta. Jatkossa tutkimusaloista käytetään lyhennettyjä muotoja, jotka ovat ekologia, biotieteet ja lääketekniikka.

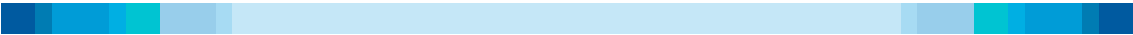


Kuva 2.1.1 Tutkimuksen kokonaisvaikuttavuus aloittain

Tässä aineistossa biotieteiden yleinen vaikuttavuus näyttää hieman muita vähäisemmältä⁴. Miten tätä tulosta pitäisi tulkita? Varovainen tulkinta on se, että biotieteiden tutkimus on etäämmällä arkielämän intresseistä ekologiaan tai lääketieteen tekniikkaan verrattuna. Sen relevanssin ja vaikuttavuuden tunnistaminen voi tämän vuoksi olla biotieteilijöille hieman vaikeampaa kuin vertailun muiden alojen tutkijoille. Biotieteitä ohjaa jälkimmäisiä enemmän puhdas luontoa koskevan ymmärryksen lisäämisen intressi. Vahvempi keskittyminen puhtaasti tiedon tuotantoon merkitsee aidosti suurempaa haastetta vaikutusten tunnistamisen ja tuottamisen kannalta. Toisaalta kyse voi olla myös tulkinnallisista vaikeuksista. Biotieteilijöiden on vaikeampaa tunnistaa tutkimuksensa relevanssia ja liittää omaa tutkimustaan arkielämän ilmiöiden muuttamiseen. Tulos on hieman yllättävä, voisi odottaa, että tutkijat

³ Summamuuttujaan on koottu kaikki vaikuttavuuden osatekijät. Erilaisia vaikuttavuuden ulottuvuuksia kuvaavista muuttajista ei ole otettu vaihtoehtoa Muu vaikuttavuus (ks. Liite 2, Tieteen tila 2016, kysymys 17). Tutkimusaloista käytetään tekstissä ja kuvissa lyhenteitä, ekologia, biotieteet ja lääketekniikka.

⁴ Alojen väliset erot eivät ole tilastollisesti merkitseviä. Vaikutusten teoreettinen maksimimäärä on 20.



pystyisivät laajemmin liittämään tutkimuksensa globaalien kestävyysaasteiden ratkaisemiseen. Tulosta selittää se, että biotieteiden aineistossa on mukana hyvin laaja kirjo biotieteiden perustutkimuksen aloja.

2.2. Vaikuttavuuden sisällölliset ulottuvuudet

Vaikutukset julkisiin palveluihin ja instituutioihin

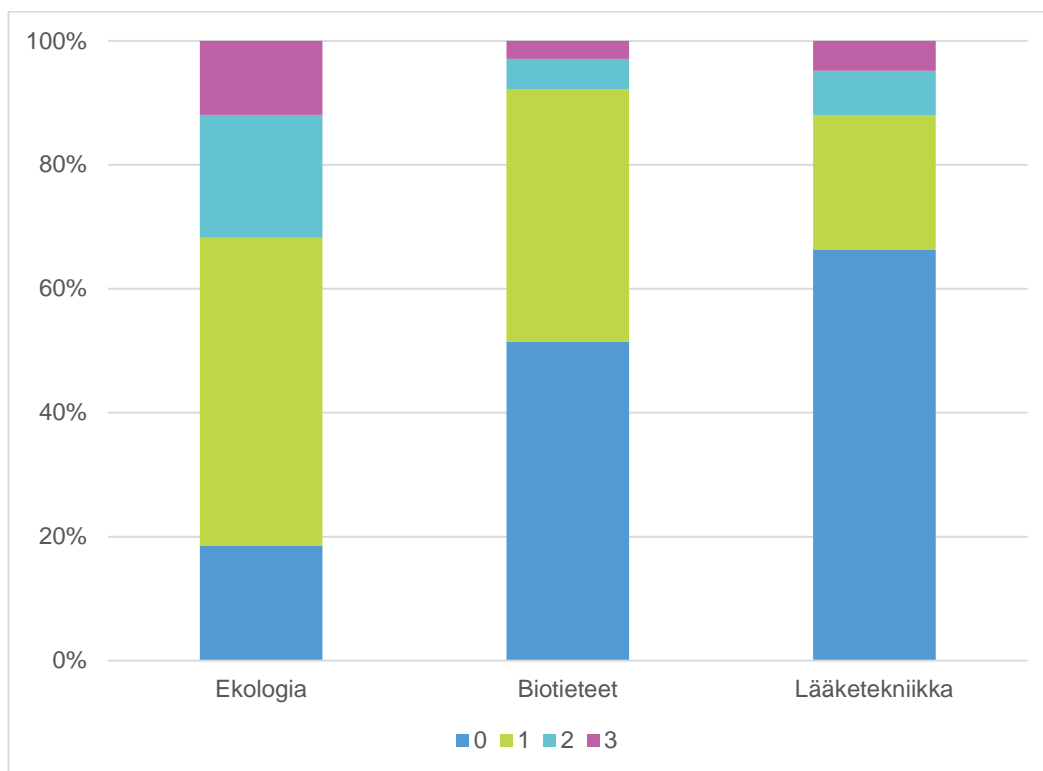
Julkisten palvelujen ja instituutioiden tehtävänä on tuottaa julkishyödykkeitä, kuten terveys- ja sosiaalipalveluja. Julkiset instituutiot toimivat myös oikeusvaltion ja demokraattisen poliittisen järjestelmän perustana. Seuraavassa tarkastellaan miten eri alojen tutkimus edistää julkisten palvelujen toimivuutta, poliittisten ja hallinnollisten päätösten tekemistä sekä koulutusjärjestelmän ja opetussuunnitelmien uudistamista.

Julkinen palvelutuotanto rakentuu usein yksityisellä sektorilla kehitettyjen tuotteiden varaan. Esimerkiksi terveydenhuollossa tarvittavat lääkkeet tai erilaiset terveysteknologian tuotteet tuotetaan yleensä yksityisissä yrityksissä. Näiden markkinoilla tuotettujen tuotteiden taustalta puolestaan löytyy usein laajalti julkisilla varoilla tuettua biologisten ilmiöiden perustutkimusta. Esim. Mazzucato (2015, 76) toteaa, että jälkiä julkisesta tuesta löytyy lähes jokaisesta Yhdysvalloissa kehitetystä biolääketieteellisestä tuotteesta.⁵

Tutkimuksen julkista vaikuttavuutta koskevat tarkastelut perustuvat kolmesta kysymyksestä muodostettuun summamuuttujaan. Se kuvaa tutkimuksen yleistä vaikuttavuutta julkisten palvelujen, poliittisen ja hallinnollisen päätöksenteon, julkisten instituutioiden toimintakyvyn parantamisen sekä kasvatuksen ja opetuksen suunnittelun kannalta. (Ks. tarkemmin liite 2: Julkiset instituutiot ja palvelut)⁶

⁵ Mazzucato Mariana: The Entrepreneurial State. Debunking public vs. private sector myths. Public Affairs, New York 2015.

⁶ Summamuuttujaan on sisällytetty melko etäällä toisistaan olevia tekijöitä, joka merkitsee osatekijöiden melko alhaisia keskinäisiä riippuvuuksia. Summamuuttujan sisältö ja α -kerroin on esitetty liitteessä. Menetelmävalinnan taustalla on pyrkimys laajan yleiskuvan tuottamiseen.



Kuva 2.2.1 Tutkimuksen vaikuttavuus julkisiin palveluihin ja instituutioihin aloittain.⁷

Vahvinta julkisiin palveluihin ja instituutioihin vaikuttaminen on ekologiassa ja heikointa lääketieteellisessä teknologiassa. Biotieteellinen tutkimus edustaa näiden välimuotoa, mutta on lähempänä lääketieteen tekniikkaa kuin ekologiaa.⁸ Noin neljäsosa biotieteilijöistä näkee tutkimuksensa vaikuttavan poliittisen päätöksenteon ja hallinnollisen sääntelyn valmisteluun. Samansuuruinen osuus näkee tutkimuksellaan vaikuttavuutta myös kasvatuksen suunnitteluun ja opetussuunnitelmien valmisteluun.

Miksi biotieteet ovat lähempänä lääke- ja terveysteknologiaa kuin ekologiaa? Tässä tulkin-
taa voisi lähteä hahmottamaan lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian suunnasta,
miksi julkinen vaikuttavuus täällä on paljon harvinaisempaa?

Edellä vaikuttavuuden ulottuvuuksiin on viitattu lajittelemalla ne sisältöjen perustella sen
mukaan, millaisiin yhteiskunnallisiin tavoitteisiin ne liittyvät. Miettinen ym. (2015) puolestaan
viittaavat vaikuttavuuden ulottuvuuksilla tutkimuksen erilaisiin teoria-käytäntösuhteisiin. Vai-
kuttavuuden episteeminen ulottuvuus viittaa siihen, millä tavoin tuotettu tieto auttaa käytän-
nöllisten ongelmien ratkaisussa. Tekninen ulottuvuus puolestaan viittaa siihen, miten tutki-
muksessa kehitetyt menetelmät ja tekniikat edesauttavat käytäntöjä. Yhteiskunnallisella
ulottuvuudella puolestaan tutkijat tarkoittavat sitä, millaisten yhteistyöverkostojen ja tapojen
välityksellä vaikutukset toteutuvat.⁹ Näiden ulottuvuuksien merkitys vaihtelee aloittain.


Lääketieteen tekniikassa ja terveysteknologiassa pyritään konkreettisiin terveysvaikutuksiin
ja nimensä mukaisesti niiden tutkimus tähtää uudenlaisten menetelmien ja tekniikoiden ke-
hittämiseen. Julkisen vaikuttavuuden kasvatukselliset tai poliittiset ja hallinnolliset (yhteis-
kunnalliset) tekijät eivät ole kovin tärkeitä tämän alan tutkimukselle, yhteys julkisiin

⁷ Luvut (0-3) kertovat kuinka useaan osatekijään vastaaja arvioi tutkimuksellaan olevan vaikutusta tässä ulottuvuudessa.

Myös jatkossa kuvia selittävät numeroinnit viittaavat ilmoitettujen vaikutusten määrään ko. ulottuvuudessa.

⁸ Perustuu keskiarvojen vertailuun. Tilastollinen ero on merkitsevä suhteessa ekologiaan, mutta ei tekniikkaan.

⁹ Miettinen Reijo, Tuunainen J & Esko T: Epistemological, Artefactual and Interactural-Institutional Foundations of Social Impact of Academic Research. *Minerva* Vol.53:3, s. 257-277 (2015).



palveluihin on epäsuora. Poliittis-hallinnollinen sääntely edustaa pikemminkin tutkimuksen vakiintuneita reunaehtoja kuin toimintakenttää, johon tutkimustiedolla vaikutetaan. Myös biotieteiden vaikutukset toteutuvat useimmiten uusien teknisten ratkaisujen välityksellä.

Toisin on ekologian tutkimuksessa. Ekologian tutkimuskohteena olevia ilmiöitä voidaan usein kutsua yhteiskunnallisesti alisäädellyiksi. Ihmisen ulkopuolella oleva luonto on nähty ihmisen rajoittamattoman hyväksikäytön kohteena. Luontoa on käytetty hyväksi piittaamatta hyväksikäytön pitkäaikaisista seurauksista. Ekologisen tiedon tuotannolla on ollut keskeinen rooli siinä, että viime vuosikymmeninä on laajemmin tultu tietoisiksi luonnon hyväksikäyttöön liittyvistä kielteisistä vaikutuksista ja palautekytkennöistä. Tutkimustieto ei sellaisenaan tuota yhteiskunnallisia vaikutuksia, vaikutusten syntyminen linkittyy yhteiskunnalliseen ulottuvuuteen. Konkreettisten ympäristövaikutusten syntyminen edellyttää verkostoitumista sekä tietoisuuden, asenteiden ja politiikan muutoksia. Tämän vuoksi ekologisen tiedon poliittinen ja hallinnollinen relevanssi näyttäytyy muita aloja merkittävämpänä.

Toisaalta biotieteiden ala on niin laaja, että osalle sen tutkimuksesta on luonteenomaista samantapainen vaikuttaminen julkisten instituutioiden kautta, kuin ekologialla. Esimerkiksi kasvibiologisen tutkimuksen vaikutuksiin liittyy monia yhteiskunnallisia haasteita, joiden kannalta julkiset instituutiot ovat avainasemassa. Keskustelu geenimuokkauksen mahdollisuuksista ja rajoista kasvinjalostuksessa käy tästä hyvänä esimerkkinä.

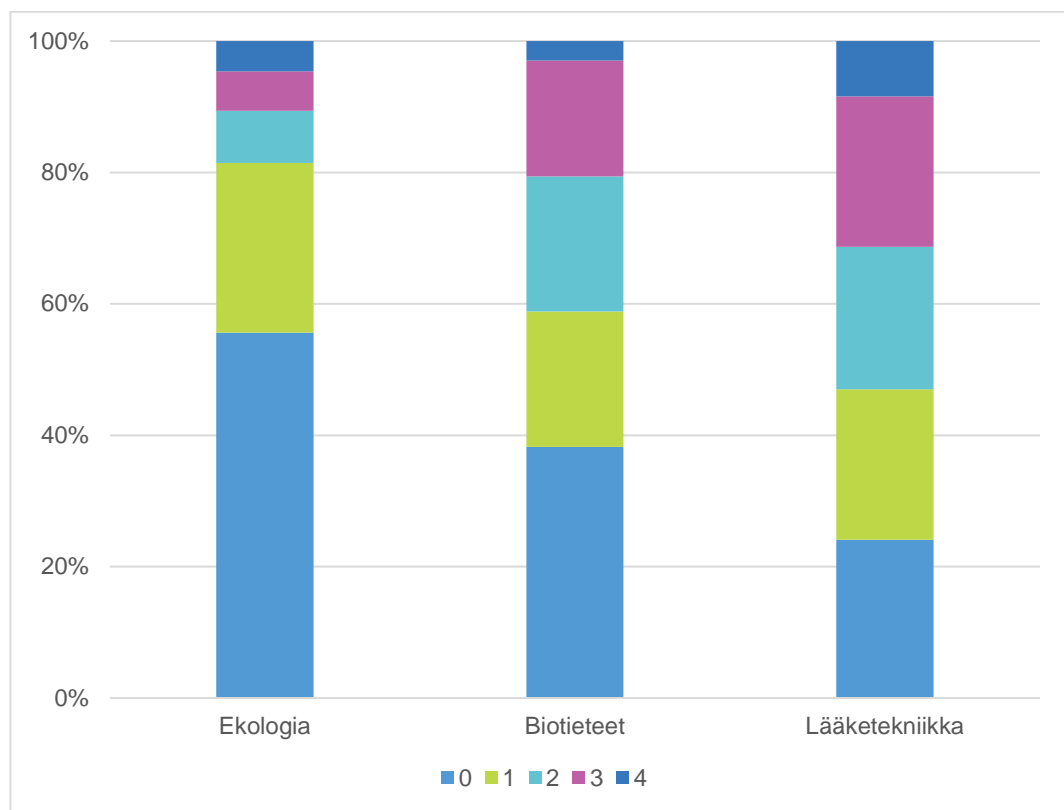
Julkinen vaikuttavuus ei ole biotieteissä kovin keskeistä, mikä näkyy myös aineistossa olevien kuvausten vähäisenä määränä. Kuvaukset voivat myös liittyä useampaan vaikuttavuuden ulottuvuuteen. Esimerkiksi D-vitamiinin saantisuositukset liittyvät sekä julkisiin instituutioihin että terveydellisiin vaikutuksiin.

Esimerkkejä biotieteiden julkisen vaikuttavuuden kuvauksista:

- ”Tuloksia on hyödynnetty kasvitauteja aiheuttavien bakteereiden diagnostiikassa sekä EU:n riskinarvioinnissa.”
- ”Tehtiin aikoinaan kattava selvitys tuhkalannoituksen käytöstä metsissä. Kokeellisten tulosten perusteella yritettiin arvioida, onko tuhkan kadmiumpitoisuus haitallinen. Oltiin yhteydessä Maa- ja metsätalousministeriön lainsäätäjiin ja annettiin arviomme.”
- “Characterization of a novel disease and suggestions for treatment. The mechanism of the disease is understood better and immediate suggestions for nutritional supplementation could be made.”
- “Suggestions for personalized vitamin D supplementation that should concern every person living in Finland.”

Taloudellinen vaikuttavuus

Tutkimuksen taloudellista vaikuttavuutta tarkastellaan neljän kysymyksen summamuuttujalla. Summassa on yhdistetty tietoa yritysten toiminta- ja kilpailukyvyistä, asiantuntijatyöstä ja työllistymismahdollisuuksista, uudesta yritystoiminnasta ja sijoituksista sekä taloudellisen toimintaympäristön yleisestä kehittämisestä. (Ks. tarkemmin liite 2: Talous ja sen uudistuminen)



Kuva 2.2.2 Tutkimuksen taloudellinen vaikuttavuus aloittain¹⁰

Taloudellinen vaikuttavuus on suurinta lääketieteiden tekniikassa ja vähäisintä ekologiassa. Biotieteiden tutkimus edustaa taloudellisessa vaikuttavuudessa välimuotoa. Keskiarvovertailujen perusteella biotieteet eroavat merkittävästi sekä ekologiasta että lääketieteiden tekniikasta. Tulkintaa tässäkin voi rakentaa tekniikan suunnasta: lääketieteellisen tekniikan ja terveysteknologian vaikutukset välittyvät muita aloja suuremmin yritysten kautta. Biotieteellinen perustutkimus puolestaan tuottaa tietoa elämän perusilmiöistä ja mekanismeista ja toimii erilaisten bioteknologisten innovaatioiden taustalla kuitenkin teknistä tutkimusta etäämmällä yrityksistä ja markkinoista. Esimerkiksi jäljempänä mainittu tulvankestävyystutkimus on tuottanut perustietämystä kasvien tulvankestävyydestä, jota kasvijalostukseen keskittyneet yritykset ovat voineet hyödyntää tuotekehityksessään. Ekologian taloudellinen relevanssi liittyy usein enemmän talouden yleisiin ja kansantaloudellisiin edellytyksiin kuin tässä tarkasteltuihin seikkoihin, jotka ovat melko tiiviisti kiinni yritystoiminnassa. Yritysten

¹⁰ Luvut (0-4) kertovat kuinka moneen taloudellisen vaikuttavuuden tekijään omalla tutkimuksella arvioidaan olevan vaikutusta.

toimintakyvyn paraneminen uusia tuotteita ja palveluita kehittämällä on biotieteilijöille tärkein taloudellisen vaikuttavuuden tekijä. Lähes yhtä tärkeä on uuden yritystoiminnan edistäminen ja sijoitusten houkutteleminen. Yli neljäkymmentä prosenttia alan tutkijoista näkee tutkimuksellaan vaikuttavuutta em. tekijöihin.

Tutkimuksen taloudellista relevanssia ja vaikuttavuutta on hyödyllistä tarkastella myös nykytalouden laajemmassa kehyksessä. Alussa esitetty esimerkki syöpätutkimuksesta erotti syövän hoidon kannalta relevantin tutkimuksen sen tosiasiallisesta vaikuttavuudesta. Voidaankin sanoa, että relevanssin osoittaminen on sekä tulosten ja hoidon välisen merkitysyhteyden osoittamista että tietynlainen lupaus uudesta hoidosta. Lyhyen tähtäyksen tuotto-odotukset voivat olla myös riski tutkijoiden integriteetin kannalta. (Tutkijan eettisiä valintoista ks. esim. Mustajoki 2017) ¹¹ Lazonickin & Tulumin (2011) analyysi Yhdysvaltojen biotekniikka-alan ja erityisesti lääkekehityksen osalta, nostaa esiin nykytalouden kehityksen käänköpuolen. ¹² Sekä pääomasijoittajat että suuret lääketieteellisuuden yritykset ovat usein lähteneet alan pienten yritysten rahoittamiseen mukaan ilman, että ne olisivat välttämättä riittävän sitoutuneita pitkäaikaiseen yhteistyöhön. Yritysten pörssilistaukset, osakeannit sekä julkiset tuet ovat tehneet rahoitukseen osallistumisesta taloudellisesti kannattavaa, vaikka taloudellinen sitoutuminen on voinut jäädä puolitiehen uusien lääkkeiden kehittämiseksi. Lazonickin ja Tulumin analyysi osoittaa osaltaan, kuinka haasteellista vaikuttavan tutkimuksen tekeminen voi olla biotieteiden alalla aikajänneiden ollessa pitkiä ja taloudellisten toimijoiden perspektiivien lyhyitä.

Esimerkkikuvauksia biotieteellisen tutkimuksen taloudellisesta vaikuttavuudesta:

- ”Yrityksen perustaminen”
- ”Diagnostisen testin kehittäminen, joka validoitu rutiinidiagnostiikan käyttöön. Kaupallistettu vasta-aine.”
- ”Olemme tuomassa markkinoille täysin uudenlaista pika-mittaus teknologiaa, joka toivottavasti tulee mullistamaan tämän hetkiset mittaustilanteet. Teknologian parissa on tehty kehitystyötä ja se pohjautuu useampaan EU-hankkeeseen.”
- ”Sekvensointimenetelmien sisäänajo mikrobiologiassa, uusien menetelmien tuominen Suomeen.”
- ”Suomalaisten ohralajikkeiden tulvankestävyydetutkimuksemme tulokset on välitetty suomalaisille kasvinjalostajille, esim. Boreal oy, joka jalostaa uusia ohralajikkeita. Ligniinin biosynteesitutkimuksemme tulokset on välitetty STORA-ENSOLLE ja METSÄ-GROUPILLE, jotka voivat käyttää niitä hyödyksi jalostaessaan uusia poppelilajikkeita.”
- ”Sen osoittaminen, että pohjoisamerikkalainen ja eurooppalainen harmaaorvakka ovat geneettisesti erilaisia, vaikka risteytyvätkin vaikutti siihen, että Verdera ryhtyi kehittämään Pohjois-Amerikkaan sikäläisestä sienikannasta valmistettua ”Rotstopia”, mutta hyödynsi sen rekisteröinnissä suomalaisen valmisteen rekisteröintitietoja.”
- ”Suomalaisen taimituotannon käytännöt muuttuneet ohjeistuksemme myötä ja suuret yritykset muuttaneet tuotteitaan tutkimustulostemme mukaan.”

¹¹ Mustajoki, Arto: Tutkimuksen yhteiskunnallisen vaikuttavuuden eettisiä kysymyksiä. Tieteessä tapahtuu 5/2017

¹² Lazonick, William & Öner Tulum: US Biopharmaceutical Finance and Sustainability of Biotech Business Model. Research policy Vol. 40:11, pp. 1170-1187 (2011). Artikkelin löytyy myös linkistä: https://papers.ssrn.com/sol3/papers.cfm?abstract_id=2257932. Viittaus linkistä löytyvään artikkeliin.

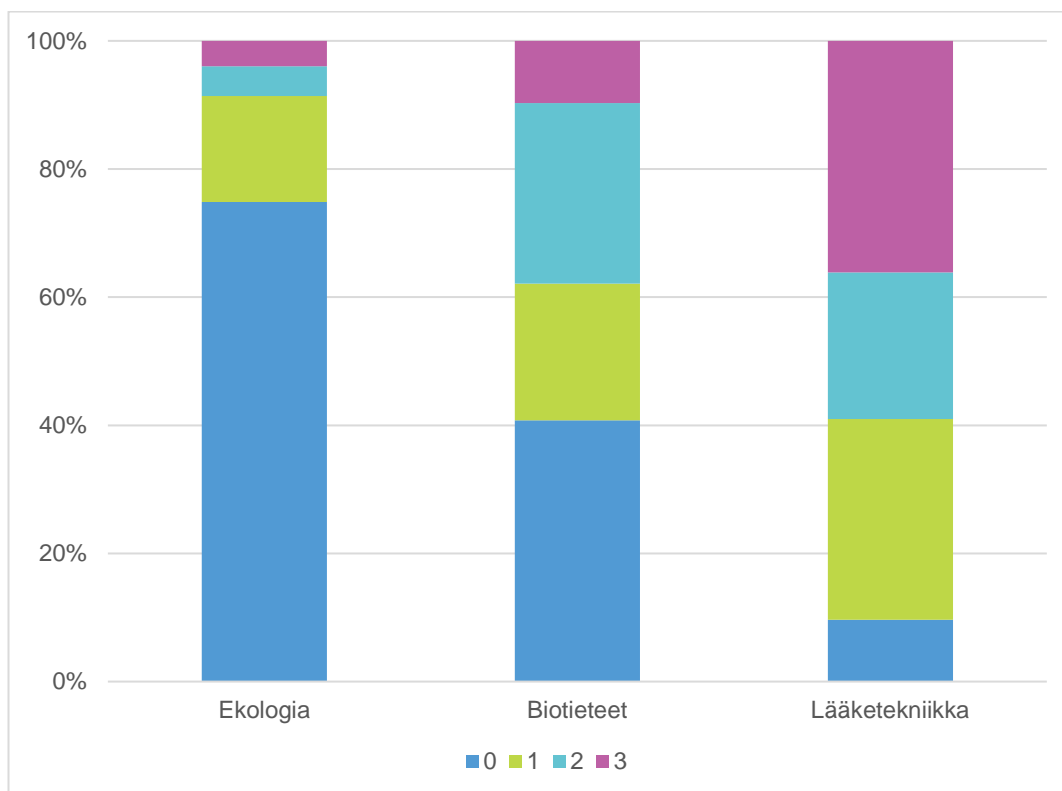
- "I was scientific director of a biotech company which has raised multi-million investment to bring Biosimilars to market. Our protein production tech has been licensed by several companies, with others including multi-nationals interested in testing it."
- "Patented usage of a ubiquitin E3 ligase gene function has been licensed to major global agrobiotech company which is applying the gene technology in breeding and agricultural production development."
- "Our work on hybrid yeast has been taken up by a number of yeast producers and brewers, who are developing their own strains, in some cases with our assistance."

Terveys ja hyvinvointi

Biotieteet liitetään julkisessa keskustelussa varsin usein terveyden edistämiseen ja sairauksien ehkäisemiseen. Julkiset panostukset terveyden tutkimukseen ovatkin maailmanlaajuisesti erittäin merkittäviä. Yhdysvaltain NIH (National Institute of Health) panostaa yksin lähes 40 miljardia dollaria terveyden tutkimukseen vuodessa. Onkin sanottu, että Yhdysvaltain hallitus ja veronmaksajat ovat olleet maan ja maailman merkittävin lääketieteellisen tutkimuksen rahoittaja (Lazonick & Tulum 2011, 8).¹² Suomenkin kansalliset panostukset on arvioitu olevan vuositasolla noin 300 miljoonaa euroa (Piirainen ym., liite2).¹³ Julkiset panostukset kohdistuvat tyypillisesti perustutkimukseen, jossa taloudelliset tuotto-odotukset suhteessa riskeihin ovat pieniä. Yksityiset tahot tulevat yleensä mukaan rahoittajiksi, kun käytännön sovellukset alkavat olla näköpiirissä.

Terveyden ja hyvinvoinnin kuvaamiseen on muodostettu yhdistetty muuttuja kolmesta muuttujasta, jotka kuvaavat sairastavuuden vähentymistä, terveystieteiden hallintaa ja ennaltaehkäisyä sekä yleistä terveydenhuollon paranemista. Sosiaalinen hyvinvointi on irrotettu tästä erilleen, sitä kuvataan jäljempänä. (Ks. tarkemmin liite 2: Terveys ja hyvinvointi)

¹³ Piirainen K-A (toim.): Maakuntien järjestäytymismallit sosiaali- ja terveysalan t&k&i-toiminnassa. Selvitys löytyy linkistä: https://stm.fi/documents/1271139/6184554/Maakuntien+TKI-toiminnan+j%C3%A4rjest%C3%A4ytyminen_katsaus+nykytilaan+2018-09-1/8f00ba72-8d83-4212-9bfc-e13decd0593d/Maakuntien+TKI-toiminnan+j%C3%A4rjest%C3%A4ytyminen_katsaus+nykytilaan+2018-09-1.pdf



Kuva 2.2.3 Tutkimuksen vaikuttavuus yleiset terveys- ja hyvinvointivaikutukset aloittain

Kuvasta nähdään, että tutkimusalojen väliset erot ovat varsin suuria ja odotusten mukaisia. Lääketieteiden tekniikan ja terveysteknologian tutkimus edistää vahvimmin terveydellisiä vaikutuksia. Noin 90% alan tutkijoista näkee tutkimuksellaan näihin liittyviä vaikutuksia. Biotieteiden tutkijoista puolestaan noin 60% näkee tutkimuksellaan terveydellisiä vaikutuksia, mikä on selvästi enemmän kuin ekologian tutkijoilla. Biotieteiden terveydellinen vaikuttavuus on myös monipuolisempaa kuin ekologian, mutta vähemmän monipuolista kuin lääketieteiden tekniikan ja terveysteknologian tutkimuksen. Biotieteilijät liittävät tutkimuksensa vaikuttavuuden useimmin niiden tuottamiin konkreettisiin terveysvaikutuksiin, hieman harvemmin terveysriskien hallintaan ja parantuneeseen terveydenhuoltoon. Jälkimmäisissä terveys- ja hyvinvointivaikutusten osatekijöissä on mukana vahvempi yhteiskunnallinen rooli. Selvityksessä mukana oleva biotieteiden kenttä on varsin laaja, joten selvä ero lääketieteiden ja terveyden teknologioihin on myös ymmärrettävä. Esimerkiksi kasvibiologian tutkimus liittyy vain osin ihmisen terveyttä koskeviin kysymyksiin.

Tarkasteltavien alojen vaikutukset sosiaaliseen hyvinvointiin ovat vähäisiä, muutaman prosentin luokkaa. Lääketieteiden tekniikan ja terveysteknologian tutkijoilla vaikuttavuutta on muita enemmän: kolmesta prosentista vastaajista näkee tutkimuksensa edistävän sosiaalisten ongelmien vähentämistä ja yhteiskunnallista hyvinvointia. Terveystekniikan yhteys sosiaalisten ongelmien vähentämisen heijastelee tunnettua empiiristä yhteyttä terveys- ja hyvinvointiongelmien välillä. Näiden taustalla vaikuttaa yhteiskunnallinen eriarvoisuus: köyhyys, huono-osaisuus ja terveysongelmat liittyvät toisiinsa, sosiaalinen eriarvoisuus ilmenee viime kädessä terveyseroina.¹⁴

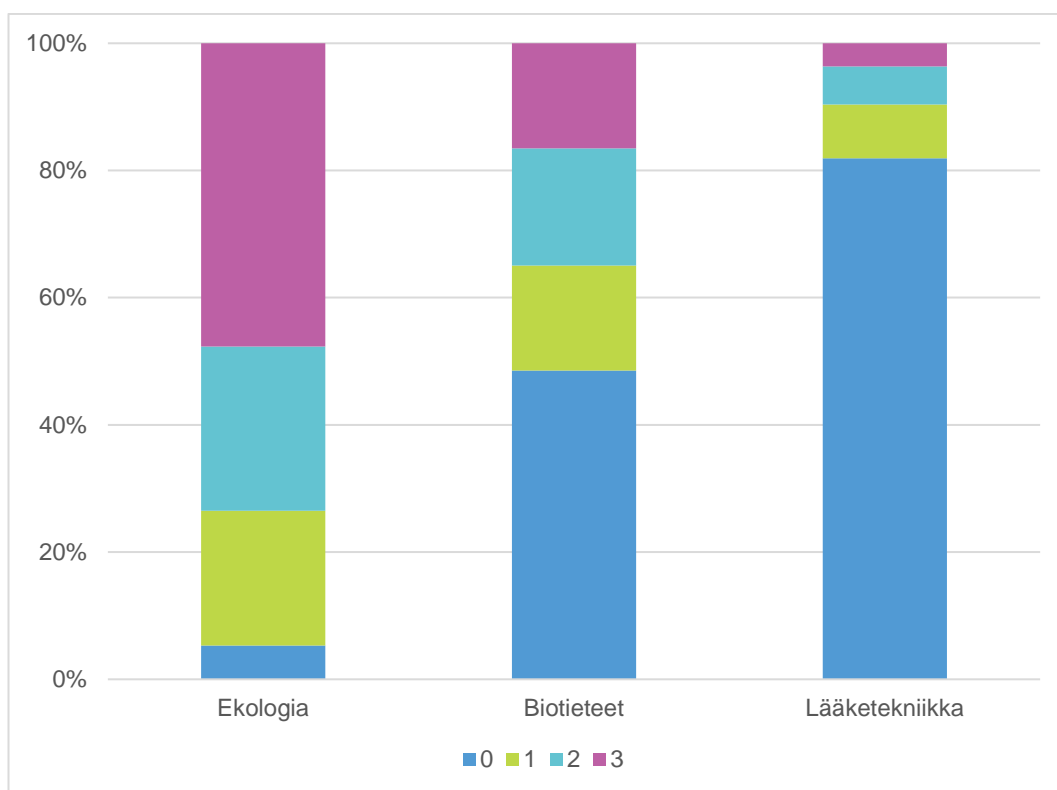
¹⁴ (<https://thl.fi/fi/web/hyvinvointi-ja-terveyserot/eriarvoisuus>)

Kuvauksia terveydellisistä vaikutuksista:

- ”Esim. muiden kuin antibioottien käyttäminen bakteeri-infektioiden hoidossa.”
- ”Papillomavirustutkimus: rokotuskäytänteet kohdunkaulan syöpää vastaan.”
- ”Tutkimuksemme on edistänyt kahden uusimman Alzheimerin taudin lääkkeellisen tai ravitsemuksellisen hoidon etenemistä klinisiin tutkimuksiin ja käyttöön.”
- ”We work with protein-protein interaction that is basis for in vivo imaging of inflammation that is developed in Turku PET centre. Our research results benefit design of better imaging tools. We have also analyzed protein-drug candidate interactions in a project where the molecules are further developed by drug companies.”
- ”Improvement of clinical practices and patient care, which has brought substantial cost savings and improved treatment.”

Ympäristöön liittyvä vaikuttavuus

Ympäristöllistä vaikuttavuutta vertaillaan yhdistetyllä muuttujalla, joka kuvaa vaikutuksia luonnonvarojen kestävään käyttöön ja luonnon monimuotoisuuteen, ympäristökuormitukseen sekä ympäristöriskien hallintaan ja luonnon palautumiskykyyn. (Ks. tarkemmin liite 2: Ympäristö ja luonnonvarat)



Kuva 2.2.4 Tutkimuksen ympäristövaikutukset aloittain

Alojen erot ympäristöllisessä vaikuttavuudessa ovat jopa suurempia kuin terveydellisessä vaikuttavuudessa. Biotieteiden ympäristöllinen vaikuttavuus on selvästi suurempaa kuin terveyteen liittyvien tekniikan alojen. Toisaalta se on selvästi vähäisempää ekologiaan verrattuna. Puolet biotieteilijöistä tunnistaa tutkimuksellaan ympäristöllisiä vaikutuksia. Ekologeista lähes kaikki näkevät yhteyksiä oman tutkimuksensa ja ympäristöasioiden hallinnan välillä. Tunnettu esimerkki biotieteellisen tutkimuksen käytöstä ympäristön suojelussa on biopuhdistus, jossa hyödynnetään mikrobien, kasvien ja sienten kykyä poistaa haitta-aineita saastuneesta maaperästä tai vesistöstä. Suomessa esimerkiksi VTT:llä on tutkittu biopuhdistuksen mahdollisuuksia saastuneilla kaivosalueilla.¹⁵ Biotieteellisen tutkimuksen ympäristöllinen vaikuttavuus kohdistuu vahvimmin luonnonvarojen kestävään käyttöön ja luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen. Yli neljäkymmentä prosenttia vastaajista näkee tutkimuksellaan olevan vaikutusta niihin.

Modernia kasvinjalostusta voidaan pitää esimerkkinä biotieteellisiä menetelmiä ja tutkimustuloksia hyödyntävästä alasta, jolla on mahdollisuus edistää luonnonvarojen kestäväää käyttöä ja turvata luonnon monimuotoisuutta. Kasvien geenien ja genomien tutkimus tuottaa tietoa, jota kasvinjalostajat hyödyntävät pyrkiessään kehittämään satoisampia viljelykasveja, esimerkiksi parantamalla kasvien tautiresistenssiä tai sopeutumista vaihteleviin ympäristöolosuhteisiin.¹⁶ Mitä tehokkaammin ruokaa pystytään tuottamaan maailman väestön kasvaessa, sitä paremmat ovat myös mahdollisuudet säilyttää erilaisia elinympäristöjä muuhun kuin ruuantuotantoon ja siten turvata luonnon monimuotoisuutta.

Kyselyaineistossa konkreettisia kuvauksia ympäristövaikutuksista on vähän. Tässä on kuitenkin muistettava, että osa kuvauksista liittyy enemmän muihin vaikuttavuuden ulottuvuuksiin, mutta ne saattavat pitää implisiittisesti sisällään myös ympäristöllisiä vaikutuksia.

Kuvauksia ympäristövaikutuksista:

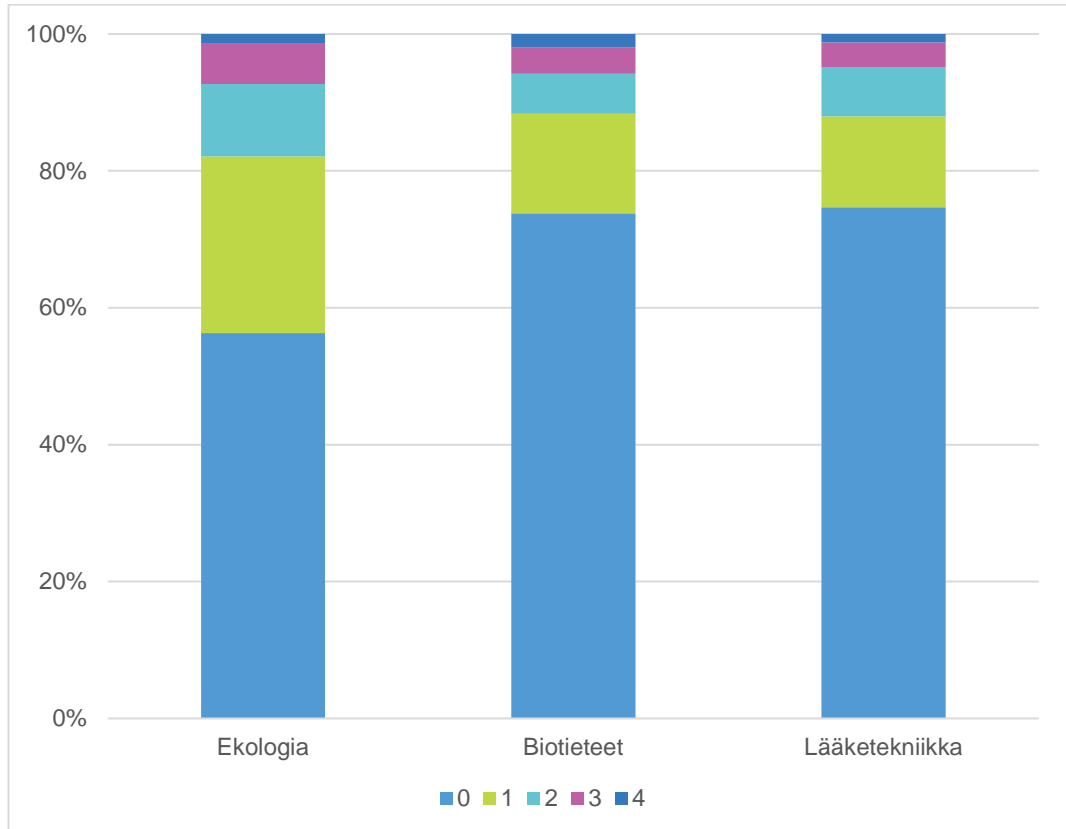
- ”On vaikeaa ottaa koko kunniaa edistysaskeleista mitä ympäristöterveyden (vesi) alalla on tapahtunut. Oman näkemysemme mukaan THL:n tutkimukseen perustuvalla osamisella on ollut merkittävä rooli erityisesti vesialan ohjeistojen (erityistilanne-ohjeisto, Water Safety Planning- työväline ja lainsäädännön (Talousvesiasetus ja sen soveltamisohjeisto, Rakennusasennuskokoelma) laatimisessa. Olemme olleet myös luomassa uusia analyyttisiä menetelmiä, jotka vesiala (tutkimuslaitokset, laboratoriot) on ottanut käyttöön.”
- ”Ilmansuojelu. Maanviljelyksen kestävä kehitys. Innovatiiviset seurantamenetelmät ympäristön seurannassa.”

¹⁵ Bomberg M, Arnold M ja Kinnunen P: Bioremediation and Metal Resistant Bacteria in a Closed, Cold Northern Mine. *Advanced Materials Research* 1130: 551-554 (2015).

¹⁶ Esim. Bevan MW ym. Genomic innovation for crop improvement. *Nature* 15;543(7645):346-354 (2017).

Kulttuurinen vaikuttavuus

Kulttuurisen vaikuttavuuden summamuuttuja kattaa monipuolisesti sivistyksen, luovuuden, yhteisöjen ja kulttuurisen monimuotoisuuden kehitystä. (Ks. tarkemmin liite 2: Inhimilliset kyvykkyydet ja kulttuuri)



Kuva 2.2.5 Tutkimuksen kulttuurinen vaikuttavuus

Yleinen sivistyksen ja kulttuurin alan vaikuttavuus on muita vaikuttavuuden aloja vähäisempää tarkastelussa mukana olevilla tutkimuksen aloilla. Ekologialla on enemmän kulttuurista vaikuttavuutta kuin muilla aloilla.¹⁷ Biotieteiden ja lääketieteen tekniikan välillä ei ole eroja kulttuurisessa vaikuttavuudessa, vain neljäsosa näkee tutkimuksellaan yhteyden yleisiin kulttuurisiin vaikutuksiin. Merkittävimpänä kulttuurisen vaikuttavuuden osatekijänä biotieteiden tutkijat pitävät kansalaisten sivistyksen, aktiivisuuden tai osallistumisen vahvistamista. Myös luovuutta, kokeilemista ja oppimista tukevien toimintaympäristöjen kehittäminen keräsi mainintoja kyselyyn osallistuneilta biotieteilijöiltä.

Biotieteilijöiden osallistuminen yhteiskunnalliseen keskusteluun ja eettisiin pohdintoihin on tärkeää, sillä monien bioteellisen tutkimuksen sovellusten hyödyntäminen edellyttää laajaa eettistä keskustelua ja kansalaisten hyväksyntää. Biotieteiden alan tutkimus on usein kansalaisille vaikeasti hahmotettavaa. Biotieteissä luontoa tutkitaan solu- ja molekyyalitasolla, mikä on tavallisille kansalaisille vieraampaa kuin ekologian ilmiöt, joissa kohteena usein ovat havaittavat eliölajit. Lääketieteen tekniikkaan verrattuna biotieteellinen terveystutkimus on perustutkimusta ja kauempana käytännön sovelluksista, joten kosketusta kansalaisten

¹⁷ $\chi^2 = .11$

arkeen on vähemmän. Tämän vuoksi alalla syntyneen tietämyksen ja kansalaisten maailmankuvien on välillä vaikeaa kohdata toisiaan.

Biotieteiden tutkijoilla on haastava tehtävä vahvistaa kansalaisten tiedollista ymmärrystä esimerkiksi geenien muokkauksesta. Esimerkkinä erilaisten maailmankuvien yhteentörmäyksestä voidaan pitää EU:n tuomioistuimen päätöstä soveltaa uusiin mutageneesiin perustuviin kasvinjalostustekniikoihin (ml. geenieditointi) geneettisesti muunnettuja organismeja (GMO) koskevaa direktiiviä (2001/18/EY).¹⁸ Päätöstä ovat kritisoineet useat tutkijat (ks. esim. Callaway 2018, Zaidi ym. 2019), joiden mielestä uusia mutageneesitekniikoita tulisi kohdella kuten perinteisiä mutageneesitekniikoita, joilla valmistettuja kasvilajikkeita direktiivi ei koske. Perusteena on se, että uusilla mutageneesitekniikoilla organismiin ei siirry vierasta DNA:ta, eikä muokattu organismi poikkea perinteisillä mutageneesitekniikoilla muokatuista.¹⁹ Myönteisen vastaanoton turvallisuutta ja pitkäaikaista kokemusta painottava tuomioistuimen päätös on saanut esimerkiksi monilta ympäristöalan kansalaisjärjestöiltä.²⁰

Toisaalta maailmankuvien ja käytäntöjen yhteentörmäys on nähtävissä myös eri maanosien suhtautumisessa geneettisesti muunneltuihin organismeihin. Eurooppalaisten kansalaismielipide ja sääätelykäytännöt poikkeavat esimerkiksi Yhdysvaltojen ja monien kehittyvien maiden suhtautumisesta uusiin kasvinjalostustekniikoihin ja niiden potentiaaliin tehostaa ruuan tuotantoa.

Kuvauksia kulttuurisesta vaikuttavuudesta:

- ”Olemme olleet mukana laatimassa oppimateriaalia kouluihin. Lukiolaisvierailujen järjestämisellä olemme mahdollistaneet oppilaiden vierailuja aitoon tutkimusympäristöön sekä mahdollisuuden keskustella tutkijoiden kanssa.”
- ”Lisännyt tietoisuutta solubiologian tieteenalan tärkeästä roolista, kun erilaisten sairauksien mekanismeja pyritään ymmärtämään. Tutkimus on edellytys uusien hoitomuotojen löytämiselle.”
- ”Spreading of knowledge about science behind Nobel prize winners awards. Outreach to local schools, bringing MSc students into contact with school children.”
- ”Making youngsters and kids interested in biosciences.”

Yhteenvedon voi todeta, että biotieteellisen tutkimuksen vaikuttavuus edustaa tässä tarkastelussa välimuotoa kahden toisistaan voimakkaammin poikkeavan tutkimusalan, ekologisen tutkimuksen ja lääketieteen tekniikan välissä. Kaikilla tarkastelun ulottuvuuksilla joko ekologia tai lääketieteen tekniikka on vaikuttavuudeltaan vahvinta. Julkiselta vaikuttavuudeltaan biotieteet on lähempänä lääketieteen tekniikkaa kuin ekologiaa, jonka vaikuttavuus tällä ulottuvuudella on vahvinta. Taloudelliselta vaikuttavuudeltaan biotieteet edustavat aitoa välimuotoa, niiden vaikuttavuus on merkittävästi vahvempaa kuin ekologian, mutta merkittävästi heikompaa kuin lääketieteen tekniikan. Sama pätee terveydellisiin vaikutuksiin, jossa

¹⁸ EU:n tuomioistuimen tuomio, InfoCuria-sivuston asiakirja ECLI:EU:C:2018:583. <http://curia.europa.eu/juris/document/document.jsf?jsessionid=F2E15E4D986946BB15FAAC7AC8AD04E8?text=&docid=204387&pageIndex=0&doclang=FI&mode=req&dir=&occ=first&part=1&cid=7845872>.

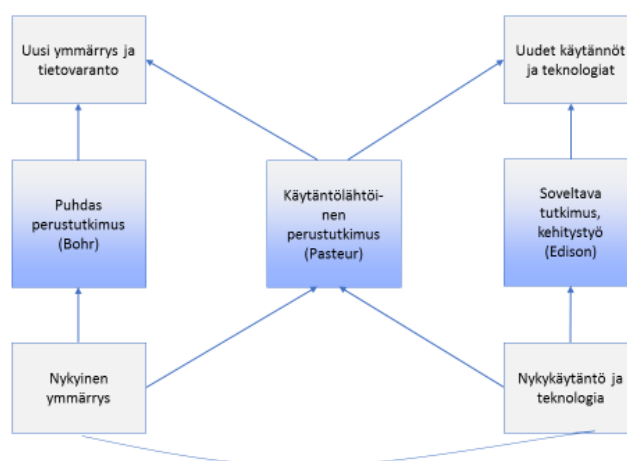
¹⁹ Callaway E: CRISPR plants now subject to tough GM laws in European Union. *Nature*. 560(7716):16 (2018). Zaidi SS, Vanderschuren H, Qaim M, Mahfouz MM, Kohli A, Mansoor S, Tester M: New plant breeding technologies for food security. *Science* 29;363(6434):1390-1391 (2019).

²⁰ Ks. esim. <https://www.ecowatch.com/gene-editing-gmos-europe-2589804007.html>

erot molempiin vertailualoihin ovat selvät. Sosiaalista hyvinvointia lääketieteen tekniikka edistää hieman muita aloja enemmän. Myös ympäristövaikutuksiltaan biotieteet on välimuoto vahvan ekologian ja heikon lääketieteen tekniikan välissä. Kulttuurisilta vaikutuksiltaan biotieteet vertautuu lääketieteen tekniikkaan sillä kulttuuriset vaikutukset ovat heikompia kuin muut vaikuttavuuden ulottuvudet.

2.3. Tutkimusorientaatiot ja vaikuttavuuden ulottuvuudet

Selvityksessä analysoitiin myös tutkimusorientaatioiden tai -tyyppien merkitystä biotieteellisessä tutkimuksessa hyödyntämällä Donald Stokesin mallia, jossa erilaiset tutkimustyytit voidaan erottaa niiden tavassa yhdistää perusymmärrykseen pyrkimystä ja käytön huomioimista.²¹ Stokes erottaa kolme erilaista tutkimuksen tyyppiä seuraavasti: Puhtaassa perustutkimuksessa tavoitteena on jonkin alan tiedollisen ymmärryksen lisääminen vailla yhteyttä käytön tavoitteisiin (Bohr). Käytäntölähtöisessä perustutkimuksessa yhdistyvät perusymmärryksen lisääminen ja käytön huomioiminen samoissa hankkeissa (Pasteur). Puhtaasti soveltava tutkimus tähtää tiedon hyödyntämiseen käytännön tilanteissa ja sovelluksissa vailla pyrkimystä ilmiöitä koskevan perusymmärryksen lisäämiseen (Edison).



Kuva 2.3.1. Tutkimuksen perusorientaatiot ja tavoitteet

John R. Feussner²² on formalisoinut näiden tutkimustyyppien välisiä eroja. Täydentämällä Feussnerin kuviota, tutkimustyyppien erot voi esittää yllä olevassa kuvassa (ks. kuva 2.3.1).

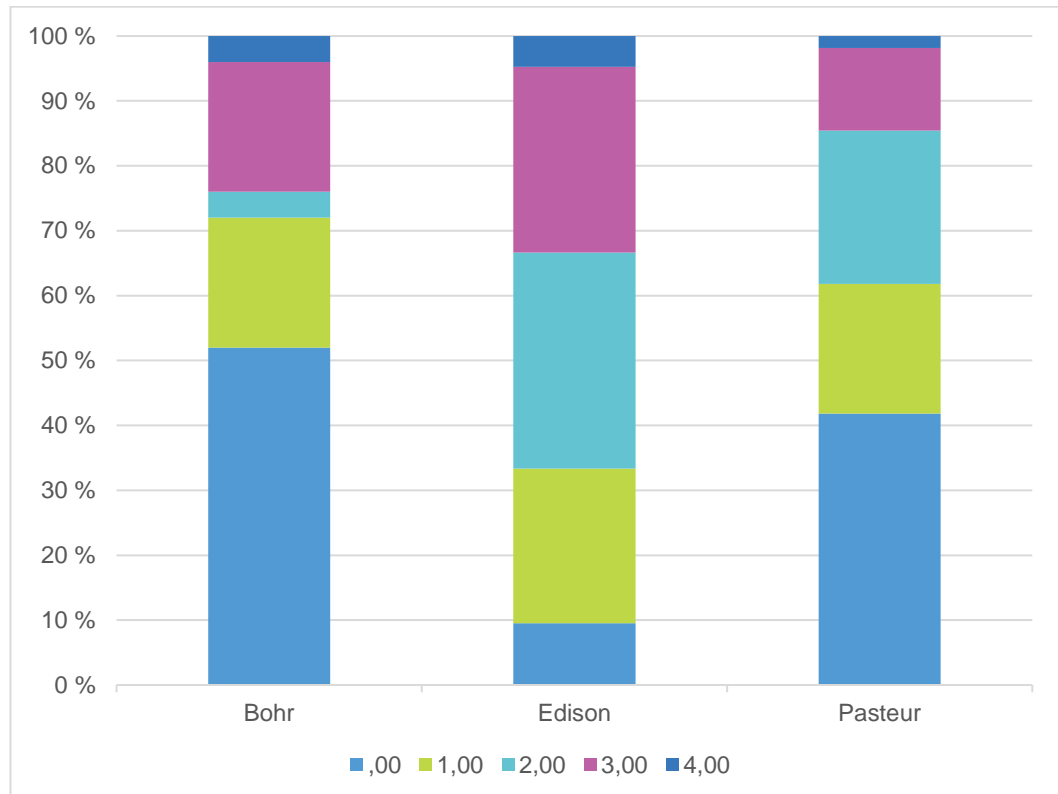
Perustutkimuksen tyyppien osalta erot ovat selkeät, niitä erottaa se huomioidaanko tutkimuksessa mahdollista tulevaa käyttöä vai ei. Sen sijaan soveltavan tutkimuksen tyyppi ei ole käsitteellisesti aivan yhtä selvä. Soveltavakin tutkimus edellyttää ymmärryksen lisääntymistä. Erona käytäntölähtöiseen perustutkimukseen soveltavassa tutkimuksessa ymmärryksen lisääntyminen tapahtuu puhtaasti tiedon soveltamisen ja käytön kontekstissa. Siihen ei

²¹ Ks. Donald E. Stokes: Pasteur's Quadrant: Basic Science and Technological Innovation. Brookings Institution Press, Washington, D.C. (1977). Reijo Miettinen & Juha Tuunainen: Perus- ja soveltava tutkimus tiedepolitiikan luokittelukategorioina ja retorisisina resursseina. Tiedepolitiikka 3/2010.

²² (http://sph.unc.edu/files/2013/07/feussner_100804.pdf)

liity varsinaista pyrkimystä kyseisen tiedon alan ymmärryksen lisäämiseen. Stokesin mallin tutkimustyyppit ovat todellisuutta yksinkertaistavia ideaalityyppejä.

Biotieteiden alueella tutkimuksen vaikuttavuus vaihtelee jonkin verran tutkimustyypeittäin. Tutkimuksen julkisessa vaikuttavuudessa eroja ei ole, mutta tutkimuksen taloudellisessa vaikuttavuudessa soveltava tutkimus eroaa molemmista perustutkimuksen tyypeistä. Puh- taasti soveltavan tutkimuksen tekijät näkevät tutkimuksellaan muita selvästi useammin ta- loudellisia vaikutuksia.²³ Noin 90 prosenttia soveltavan tutkimuksen tekijöistä liittyy tutki- mukseensa taloudellista vaikuttavuutta. Hivenen yllättävästi puhtaan perustutkimuksen ja käytäntösuuntautuneen perustutkimuksen tekijöiden välillä tutkimuksen taloudellisissa vai- kutuksissa ei ole merkittäviä eroja tässä aineistossa.

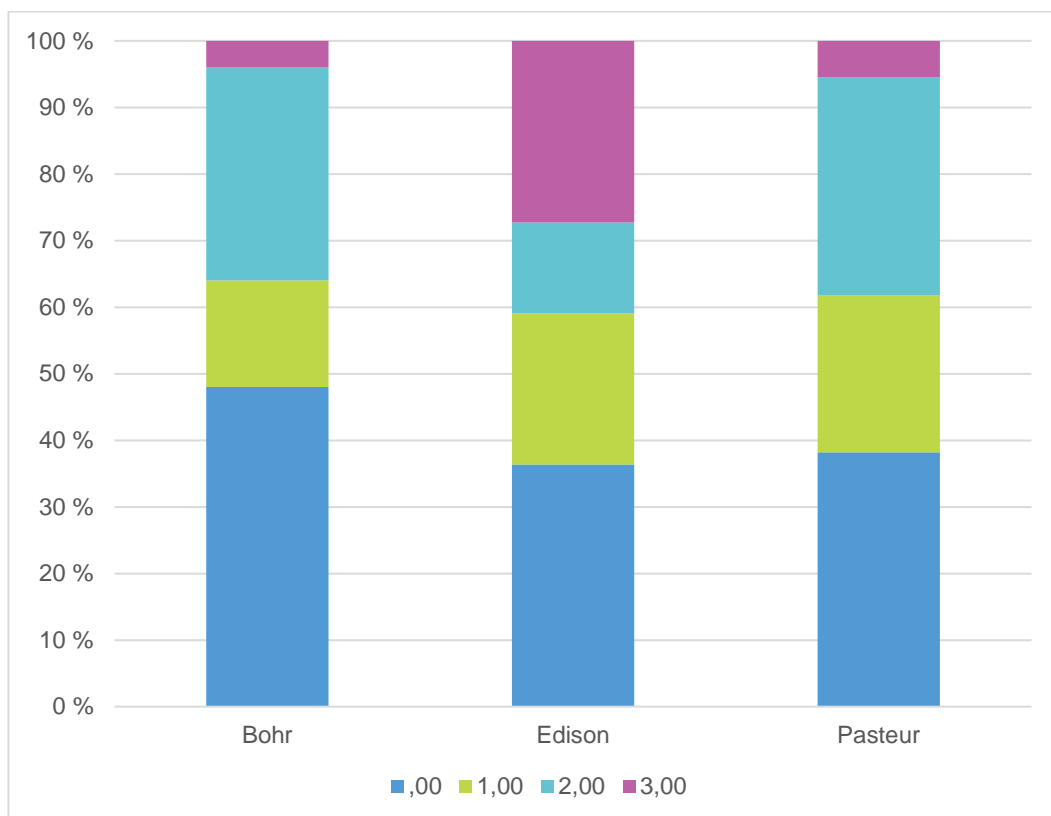


Kuva 2.3.2 Biotieteiden taloudellinen vaikuttavuus tutkimustyypeittäin (Bohr=puhdas perustutkimus, Pasteur=käytäntölähtöinen perustutkimus, Edison=soveltava tutkimus)

Tulosta voi tulkita toisaalta niin, että taloudellinen vaikuttavuus edellyttää vahvasti sovelta- vaa tutkimusotetta. Soveltava tutkimus näyttää edistävän erityisesti työllistymismahdolli- suuksia ja asiantuntijatyötä perustutkimusta vahvemmin. Tämän kääntöpuolena on se, että suurella osalla biologisten ilmiöiden ymmärtämiseen tähtäävästä perustutkimuksesta ei ole suoranaista yhteyttä tässä mitattuihin taloudellisiin vaikutuksiin. Voikin sanoa, että jos keski- tytään edistämään vain taloudellisiin vaikutuksiin tähtäävää soveltavaa tutkimusta, sen kääntöpuolena merkittävä osa biologisten ilmiöiden perusymmärryksestä jää syntymättä.

Tutkimuksen terveydellisessä vaikuttavuudessa esiintyy myös jonkin verran tutkimustyypp- pien välisiä eroja. Kuvaa voi tulkita niin, että soveltavan orientaation vahvistuessa myös ter- veydelliset vaikutukset vahvistuvat. Mitä vahvemmin käytäntöön suuntautunutta biotieteelli- nen tutkimus on, sitä enemmän sillä nähdään terveyteen liittyviä yhteiskunnallisia vaikutuk- sia.

²³ $\chi^2 = .07$



Kuva 2.3.3 Biotieteiden terveydellinen vaikuttavuus tutkimustyypeittäin (Bohr=puhdas perustutkimus, Pasteur=käytäntölähtöinen perustutkimus, Edison=soveltava tutkimus)

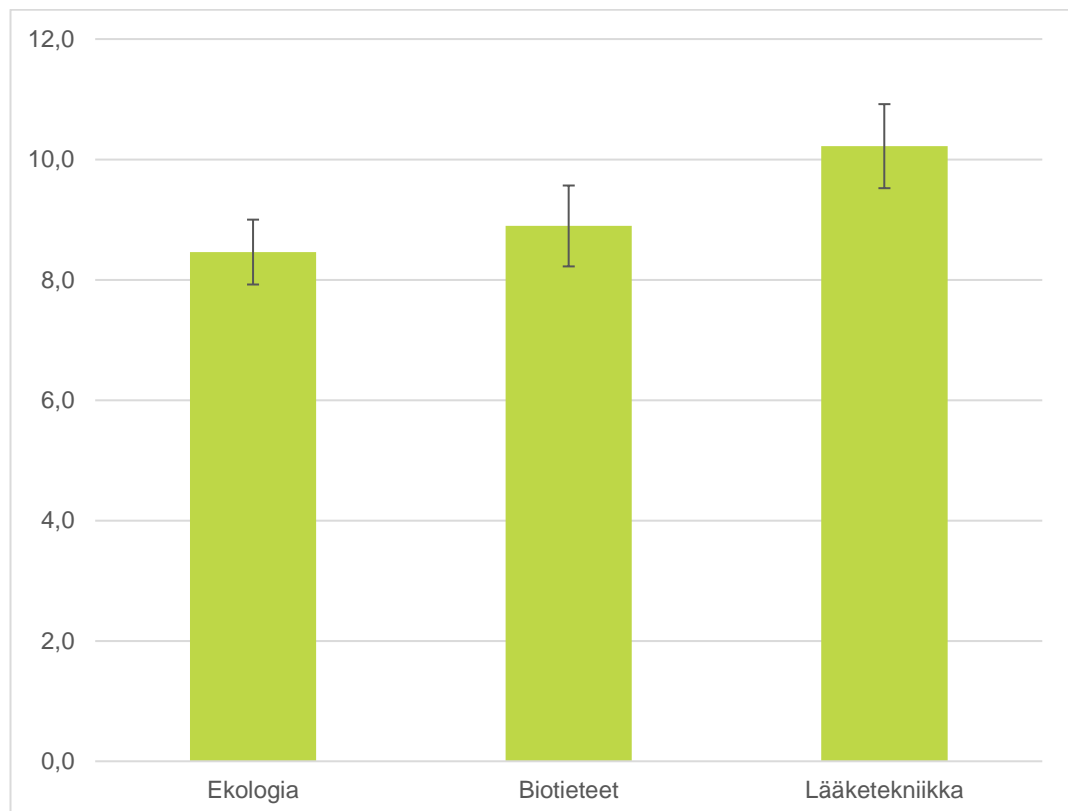
Julkisen vaikuttavuuden, ympäristövaikutusten tai kulttuurisen vaikuttavuuden osalta tutkimuksen yhteiskunnallisessa vaikuttavuudessa ei näytä esiintyvän tutkimusorientaatioihin perustuvia eroja. Näiden osalta siis aiemmin esitetyt yleiset tulokset näyttäisivät pätevän.

3. Tutkimustiedon välittyminen yhteiskuntaan

Tässä luvussa tarkastellaan biotieteellisessä tutkimuksessa syntyvän tiedon, osaamisen ja teknologioiden välittymistä tiedeyhteisön ulkopuolelle. Tarkastelujen pohjana on yhdeksän kysymyksen kokonaisuus, joka kartoittaa erilaisia mahdollisia vaikuttavuuden reittejä.²⁴ Kysymyksistä on faktorianalyysin perusteella muodostettu kaksi summamuuttujaa, joista toinen kuvaa käytännön yhteistyötä ja toinen erilaisia tapoja vaikuttaa julkisuuden foorumeilla. Summamuuttujiin perustuvien tieteenalakohtaisten vertailujen jälkeen tarkastellaan vaikutuskanavia yksityiskohtaisemmin biotieteiden osalta.

Summamuuttujiin sisältyvien tekijöiden lisäksi tutkijat voivat vaikuttaa oman tieteenalansa ja tutkimusyhteisönsä ulkopuolelle myös tieteidenvälisen yhteistyön kautta ja avaamalla tutkimuksen tuotoksia vapaasti muiden käytettäväksi. Lisäksi osaavien ihmisten liikkuvuus ja kouluttaminen on tärkeä tiedon siirron ja vaikuttavuuden kanava.²⁵


Käytännön yhteistyö



Kuva 3.1 Käytännöllinen yhteistyö vaikuttavuuden kanavana aloittain

24 Ks. Liite 3, Tieteen tila 2016, kysymys 7.

25 Nämä eivät merkitsevästi lisää em. summamuuttujien selitysasetta, jonka vuoksi niitä tarkastellaan jatkossa erikseen. Summamuuttujan teoreettinen maksimiarvo on 15.



Tiivistä *käytännön yhteistyötä* kuvataan yhteistyön erilaisia puolia yhteen liittäväällä summamuuttujalla. Käytännön yhteistyössä tutkimuksen tuloksia viedään potentiaalisille käyttäjille (esim. mallit, patentit, suositukset). Tuloksista myös keskustellaan eri sidosryhmien kanssa. Lisäksi tutkimusta tehdään vuorovaikutteisissa prosesseissa, johon osallistuu tiedeyhteisön ulkopuolisia toimijoita.

Biotieteille ja ekologialle yhteistyö käytännön toimijoiden kanssa on jokseenkin yhtä tärkeää. Käytännöllinen yhteistyö on viime kädessä sovelluksiin tähtääville tekniikan tutkijoille tärkeämpää kuin perustutkimuksen tekijöille.

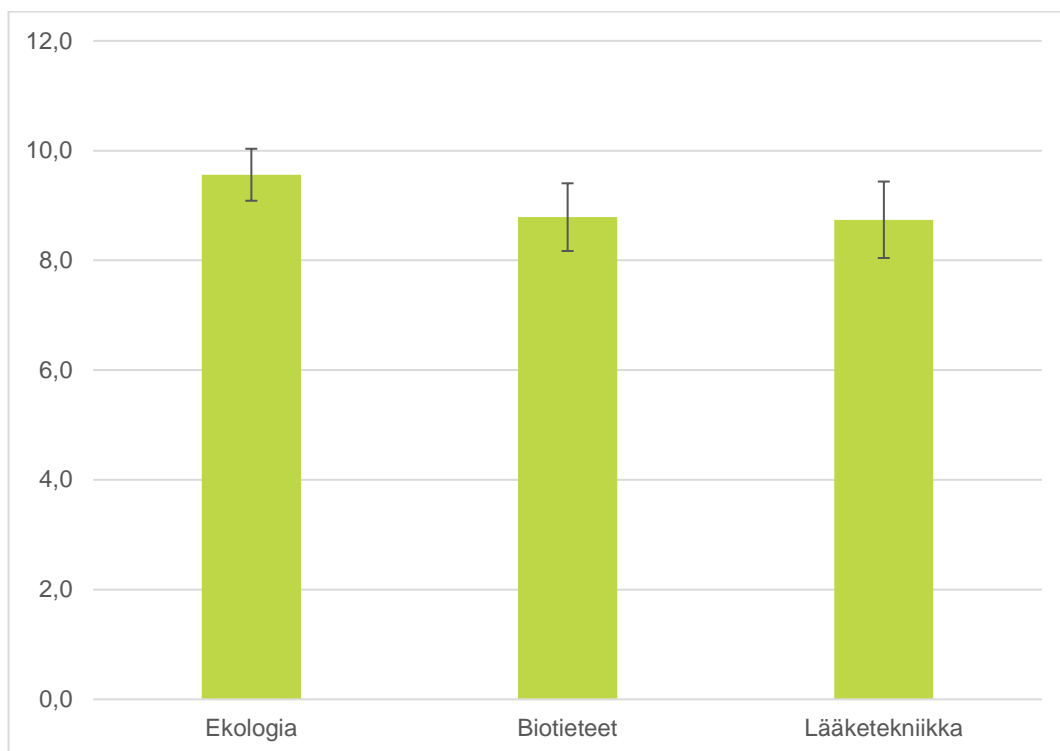
Käytännöllisessä yhteistyössä tärkeintä biotieteilijöille on tulosten vieminen sidosryhmien käyttöön esimerkiksi työpajoissa ja tapaamisissa. Lähes kuusikymmentä prosenttia vastanesta pitää tätä erittäin tärkeänä tai melko tärkeänä tapana välittää tutkimuksessa syntyntä tietoa tiedeyhteisön ulkopuolelle.

Tiedon siirtyminen osaavien ihmisten välityksellä, kuten asiantuntijoiden liikkuvuuden ja kouluttamisen kautta, on kaikille tieteenaloille tärkeää. Yli puolet kaikkien alojen vastaajista pitää osaavien ihmisten välityksellä tapahtuvaa liikkumista tiedon, teknologian ja osaamisen siirtymisen kannalta tärkeänä.

Julkisuus vaikuttamisen kanavana

Julkisuuden kautta vaikuttaminen muodostuu tiedon yleistajuistamisesta, julkisista esiintymisistä ja kannanotoista sekä tutkimuksellisista interventioista.

Julkisessa vaikuttamisessa biotieteet eivät eroa teknisestä lääketieteen tutkimuksesta. Ekologialle julkinen vaikuttaminen on hieman tärkeämpää kuin muille vertailun aloille. Erot eivät ole suuria. Kuten aiemmin todettiin myös politiikka ja hallinto ovat tärkeämpiä ekologian vaikutusten synnyssä kuin biotieteissä ja lääketieteen tekniikassa.



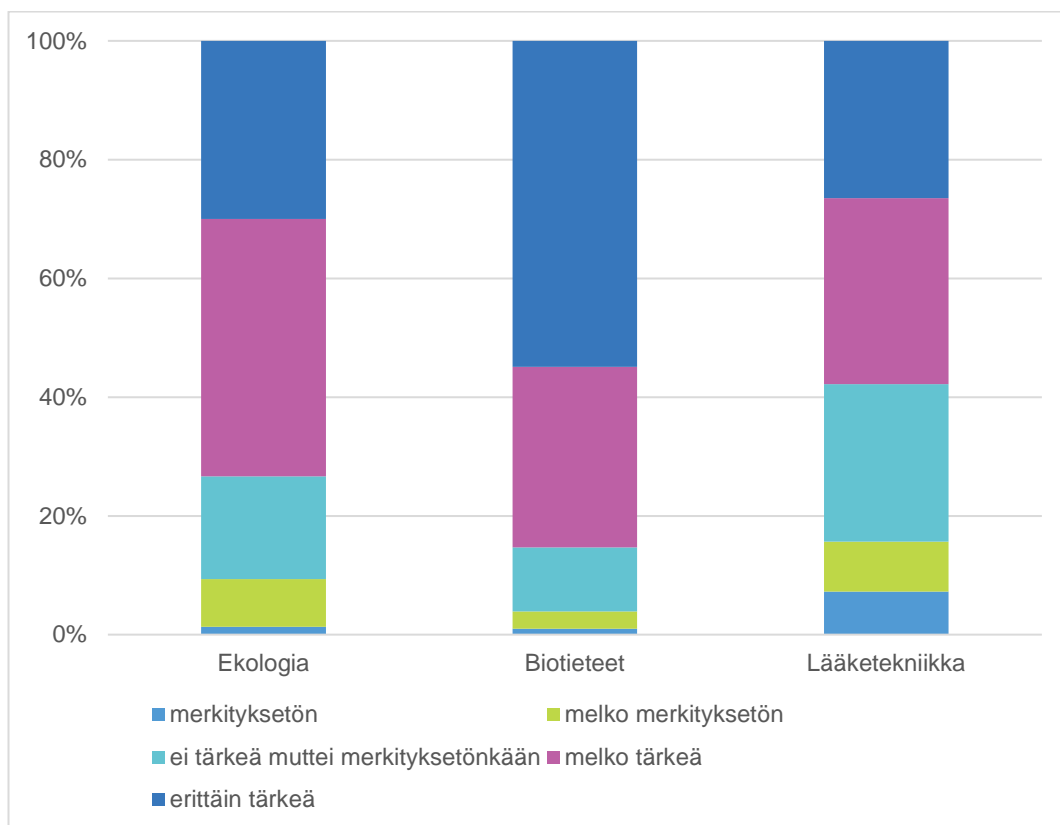
Kuva 3.2 Julkisuus vaikuttamisen kanavana aloittain²⁶

Tiedon yleistajuistaminen esimerkiksi lehtiartikkeleita tai näyttelyitä tuottamalla on biotieteilijöille tärkein tapa vaikuttaa julkisuuden välityksellä. Lähes puolet vastaajista pitää tätä erittäin tai melko tärkeänä keinona välittää tietoa tiedeyhteisön ulkopuolelle. Julkiset kannanotot tai tutkimukselliset interventiot ovat selvästi harvinaisempi vaikuttamisen väline. Nämä ovat tärkeitä suunnilleen neljäsosalle biotieteilijöistä.

Tutkimustulosten ja aineistojen avaaminen

Tutkimustulosten ja aineistojen avaaminen muiden käytettäväksi on biotieteilijöille muita aloja merkittävämpi vaikuttamisen kanava. Yli puolet biotieteilijöistä pitää tätä erittäin tärkeänä tapana välittää tietoa oman tiedeyhteisön ulkopuolelle. Erittäin tai melko tärkeää tulosten ja aineistojen avaaminen on kahdeksallekymmenelle prosentille vastaajista. Vain neljä prosenttia biotieteilijöistä pitää tätä omalta kannaltaan merkityksettömänä. Myös ekologeille tulosten avoin välittäminen on tärkeämpää kuin lääketieteen tekniikan tutkijoille.

²⁶ Summamuuuttujan teoreettinen maksimi-arvo on 15.



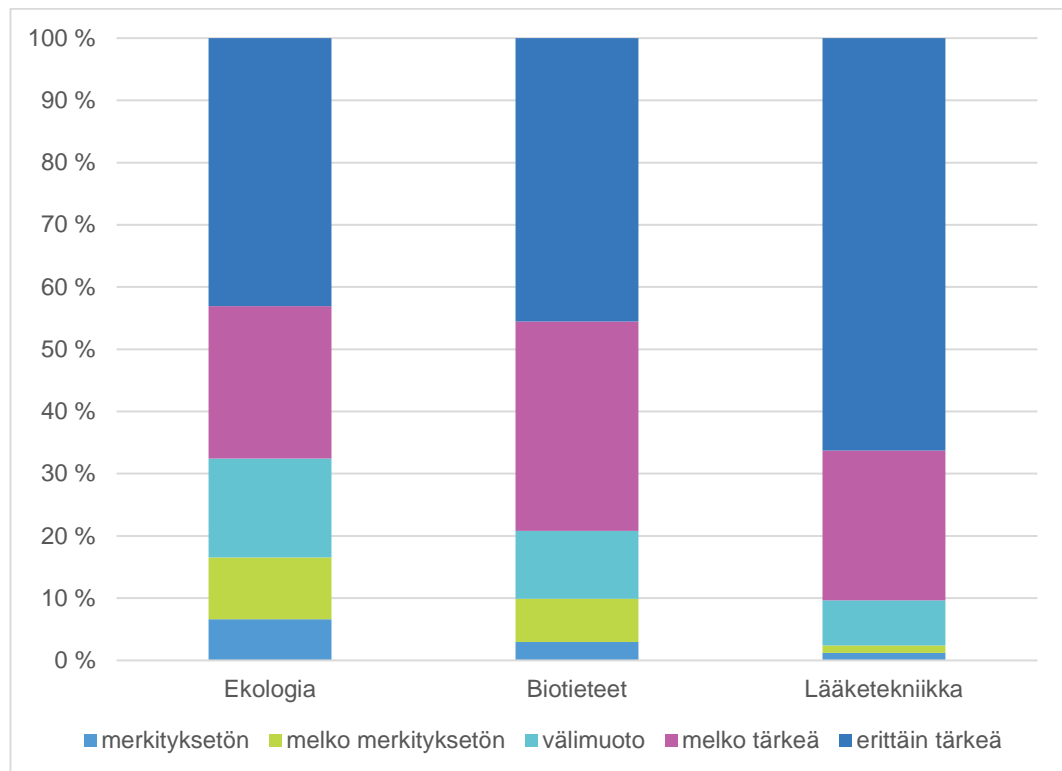
Kuva 3.3 Tulosten ja aineistojen avaaminen muiden käyttöön aloittain

Perustutkimuksen ja soveltavamman teknisen tutkimuksen erilaiset roolit näkyvät tässä tuloksessa selkeästi. Perustutkimus tuottaa tietoa ja aineistoja, joiden avaaminen mahdollistaa soveltavamman tutkimuksen ja käytännön hyödyntämisen. Teknisempi tutkimus ei välttämättä tuota tällaista laajemmin sovellettavaa dataa ja näytteitä vaan pikemmin hyödyntää, täsmentää ja konkretisoi jo olemassa olevia aineistoja. Teknisemmässä tutkimuksessa myös tulosten omistusoikeuksiin liittyy enemmän sääntelyä kuin perustutkimukseen, joka yleensä tähtää siihen, että tulokset ovat mahdollisimman laajalti kaikkien haluavien käytävissä.

Yhteistyö käytännön toimijoiden kanssa on biotieteilijöille yhtä tärkeä vaikuttavuuden kanava kuin ekologeille. Lääketieteen tekniikan tutkijoille käytännöllinen yhteistyö on merkittävästi tärkeämpää kuin perustutkimuksen edustajille. Julkisuuteen vaikuttamisessa biotieteet ovat lähempänä lääketieteen tekniikkaa kuin ekologiaa. Tulosten ja aineistojen avaaminen on biotieteilijöille selvästi merkittävämpi vaikuttavuuden kanava kuin vertailualojen tutkijoille. Biotieteellisten aineistojen avaamisessa ollaankin jo pitkällä. Biopankkitoimintaa voi tässä pitää esimerkillisenä. Suomessa toimii tällä hetkellä neljä valtakunnallista ja kuusi alueellista biopankkia, jotka luovuttavat näytteitä ja tietoja korkeatasoisten tutkimus- ja kehityshankkeiden käyttöön. Pankkien tavoitteena on edistää sairauksien syiden tutkimusta ja väestön terveydentilaa. Muiden aineistojen osalta toiminta on vähemmän vakiintunutta, mutta pyrkimys aineistojen saatavuuden lisäämiseen on ollut mm. Suomen Akatemian tavoitteena. Rahoitettavilta tutkimushankkeilta odotetaan suunnitelmaa, jossa kerrotaan, miten aineistoja käsitellään ja miten niiden uudelleenkäyttöä edistetään.

Tieteenalojen välinen yhteistyö

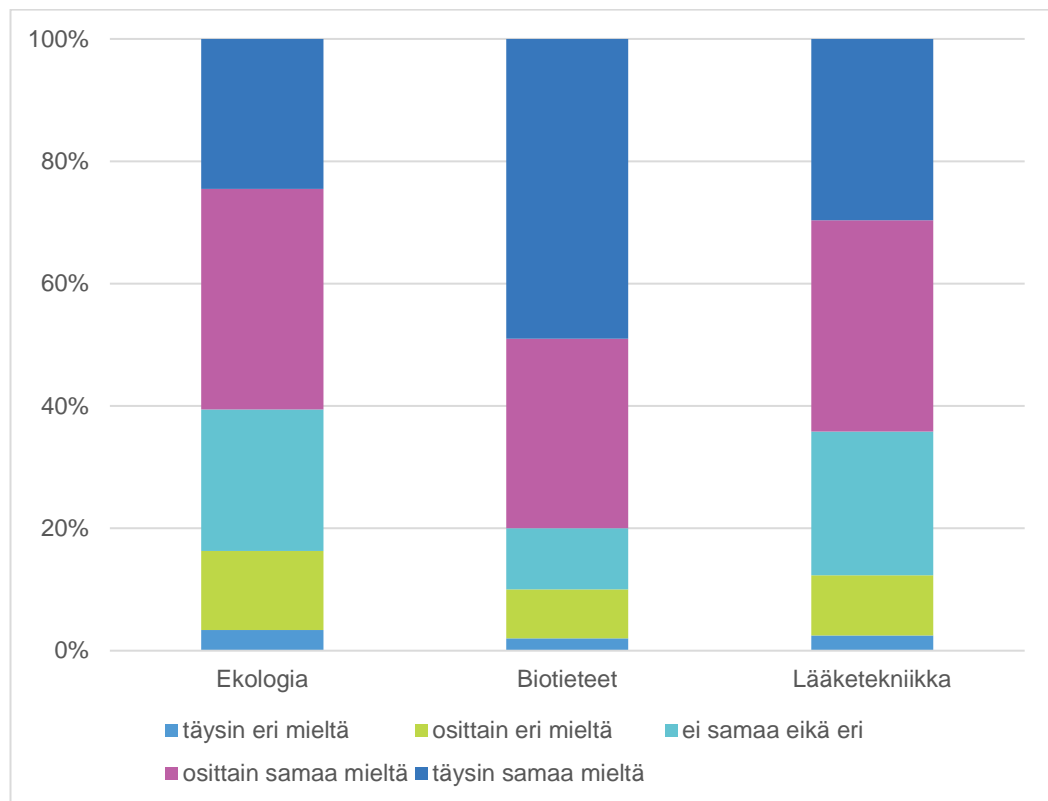
Kuvan 3.4 perusteella voidaan sanoa, että kaikilla tieteenaloilla tieteiden välinen yhteistyö on tärkeä tapa välittää tietoa oman tiedeyhteisön ulkopuolelle. Alojen välillä on kuitenkin merkittäviä eroja niin, että biotieteilijöille ja erityisesti lääketieteellisen tekniikan edustajille tieteiden välinen yhteistyö on erityisen tärkeää. Lääketieteellisen tekniikan osalta tulosta voi tulkita niin, että yhteistyö perustutkimuksen tekijöiden kanssa on uusiin innovaatioihin tärkeä tekijä teknisen tutkimuksen tekijöille erityisen tärkeää. Biotieteilijöiden ja ekologiain eroa voinee selittää se, että tieteenalana ekologia on hyvin laaja kokonaisuus, joka pitää sisällään monia erityisalvoja. Näiden keskinäistä yhteistyötä ei pidetä tieteiden välisenä yhteistyönä toisin kuin biotieteiden eri alojen välistä yhteistyötä. Biotieteiden sisällä alat ovat voimakkaammin eriytyneitä ekologiaan verrattuna.



Kuva 3.4 Tieteiden välisen yhteistyön merkitys tieteenaloittain

4. Vaikuttavuuden esteet

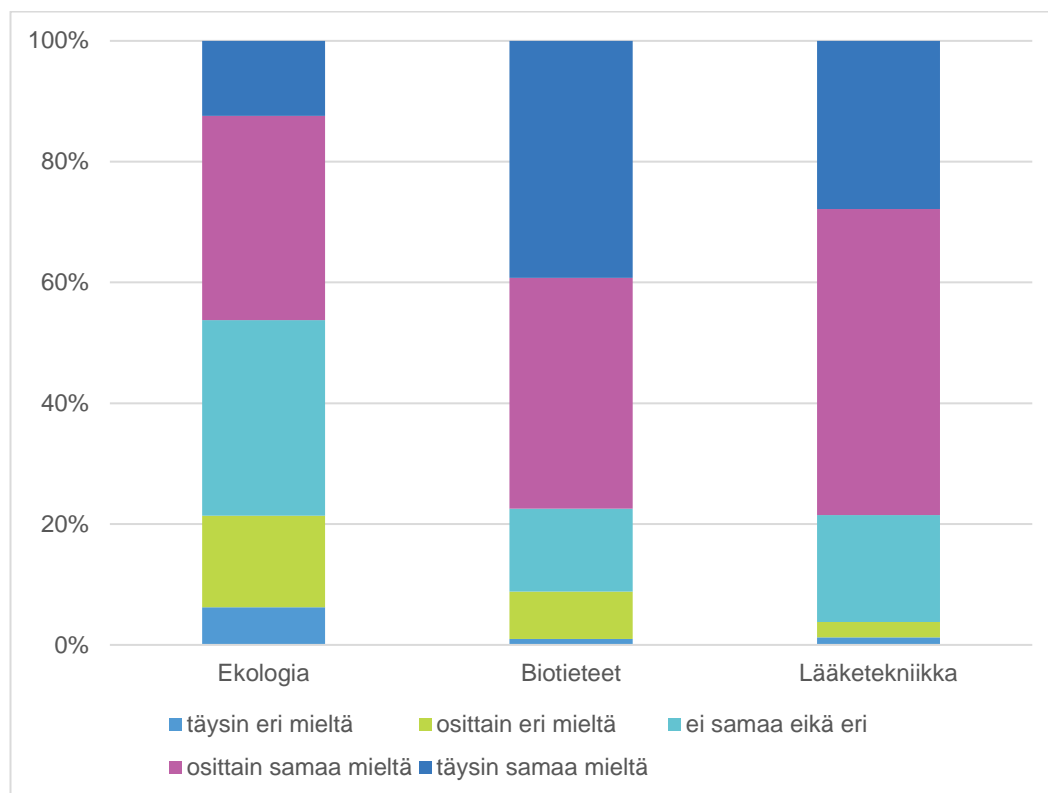
Tieteellisen tutkimuksen, erityisesti perustutkimuksen, vaikutusten tunnistaminen on usein hankalaa, monista eri syistä johtuen. Seuraavassa tarkastellaan tekijöitä, jotka vaikeuttavat tutkimuksen vaikutusten tunnistamista. Tarkasteltavia tekijöitä on neljä: aikaviive, tutkimuksen onnistuminen, tutkijoista riippumattomat ihmiset ja prosessit sekä vaikuttavuuden toivotavuutta koskevat erilaiset näkemykset ja odotukset.²⁷



Kuva 4.1 Aikaviive vaikuttavuuden esteenä aloittain

Biotieteellinen tutkimus on erityisen pitkäjänteistä käytännön vaikutusten kannalta. Se eroaa sekä ekologiasta että lääketieteen teknikasta tarkasteltaessa aikaviiveen merkitystä. Biotieteilijöiden mielestä se, että tutkimuksen vaikutukset ilmenevät pitkällä aikaviiveellä (yli 10 vuotta), on selvästi suurempi este vaikutusten tunnistamiselle kuin vertailun muilla tieteenaloilla. Esimerkiksi lääkekehityksessä tällainen aikaviive perustutkimuksen tuloksista markkinoille tuotaviin tuotteisiin on melko tyypillinen.

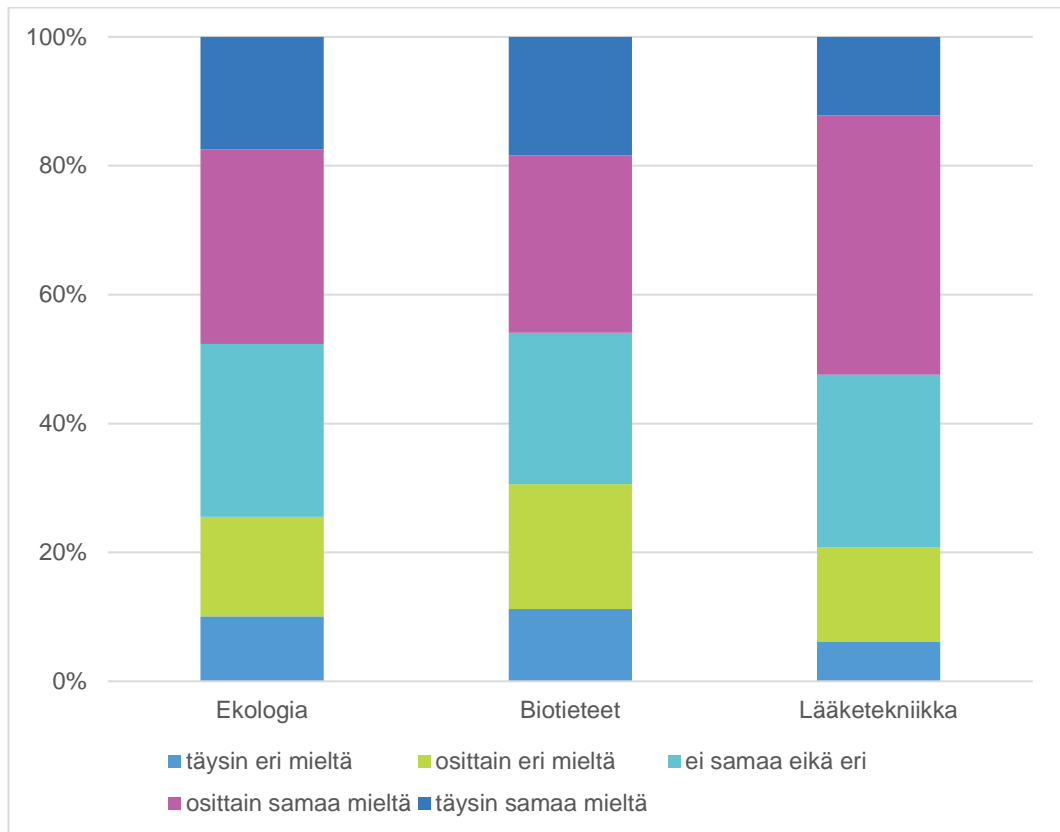
²⁷ Ks. Liite 4, Tieteen tila 2016 kysymys 15.



Kuva 4.2 Tutkimuksen onnistumisriskin merkitys aloittain

Biotieteellinen tutkimus samoin kuin lääketieteellisen tekniikan tutkimus vaikuttaa yleisemmin riskitutkimukselta kuin ekologinen tutkimus. Kuvassa on esitetty jakaumat liittyen väitteeseen: ”vaikutukset riippuvat pitkälti siitä, miten tutkimus onnistuu (kuten esim. high risk, high gain -tyyppisessä tutkimuksessa)”. Lähes 40 prosenttia biotieteilijöistä on väitteen kanssa täysin samaa mieltä ja 80 prosenttia vastaajista joko täysin tai osittain samaa mieltä. Myös lääketieteen tekniikan tutkimuksen näyttäisi liittyvän merkittävästi onnistumiseen liittyviä riskejä.

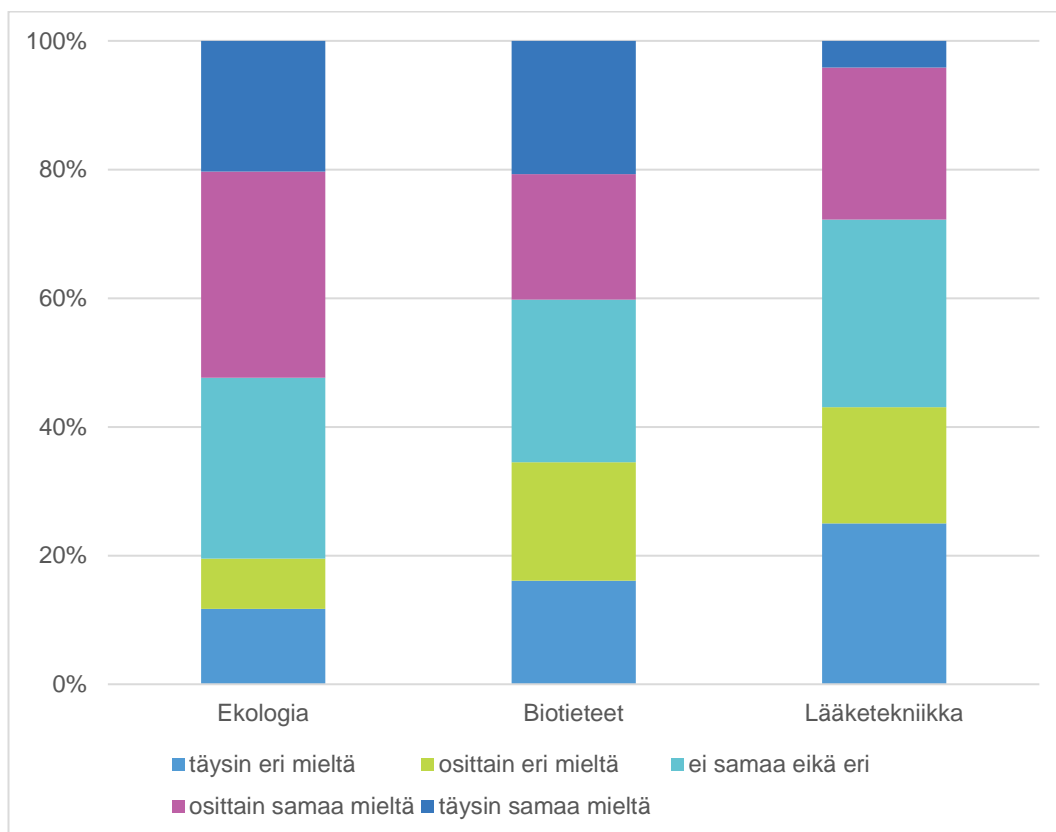
Kolmantena kysymyksenä, jolla arvioidaan tutkimuksen vaikuttavuuden esteitä, on niiden riippuvuus muista ihmisistä. Tätä kysyttiin missä määrin tutkijat olivat samaa mieltä seuraavan väittämän kanssa: ”vaikutusten syntyminen riippuu olennaisesti muista ihmisistä tai prosesseista, joihin tutkijoilla on hyvin rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa”.



Kuva 4.4 Tutkijoista riippumattomat vaikuttavuuden esteet aloittain.

Kuvasta nähdään, että tieteenalojen välillä ei ole merkitseviä eroja. Kaikilla aloilla noin puolet näkee tutkijoista riippumattomien prosessien tai inhimillisten tekijöiden rajoittavan tutkimuksen vaikuttavuutta. Biotieteilijät näyttäisivät olevan eri mieltä väitteen kanssa hieman muita useammin tässä aineistossa, mutta ero ei ole tilastollisesti merkitsevä.

Viimeinen tarkasteltava vaikuttavuuden este on vaikutusten toivottavuutta koskevat näkemykset. Tätä kysyttiin väittämällä ”vaikutuksista tai niiden toivottavuudesta on selvästi erilaisia näkemyksiä”. Erilaiset toiveet ja odotukset ovat perustutkimuksen tekijöille vahvempi vaikuttavuuden este kuin teknisen tutkimuksen tekijöille. Biotieteilijöitä poikkeavat näkemykset haittaavat vähemmän kuin ekologeja.



Kuva 4.5 Poikkeavat odotukset vaikuttavuuden esteenä aloittain

Biotieteellinen tutkimus on erityisen pitkäjänteistä, pitkä aikaviive haittaa käytännön vaikutusten syntyä selvästi enemmän kuin muilla vertailun aloilla. Se on myös vahvasti riskitutkimusta, jonka vaikutukset riippuvat muista aloista enemmän tutkimuksen onnistumisesta. Sen sijaan muiden ihmisten tai tutkijoista riippumattomien prosessien osalta biotieteet eivät poikkea merkittävästi muista tutkimusaloista. Vaikutuksiin liittyvät erilaiset toiveet ja odotukset haittaavat biotieteilijöitä enemmän kuin teknisemmän tutkimuksen tekijöitä, mutta vähemmän kuin ekologeja.

5. Yhteenveto – millaista tutkimuksen vaikuttavuus on biotieteissä ja millaisia esteitä siihen liittyy?

Selvityksessä mukana ollut biotieteiden kirjo oli laaja. Kysely kattoi seuraavat seitsemän tutkimusalaa: biokemia ja biofysiikka, solu- ja molekyylibiologia, kehitysbiologia ja -fysiologia, neurotiede, mikrobiologia, kasviologia sekä systeemibiologia ja bioinformatiikka. Alan vaikuttavuuden laatua selvitettiin vertailemalla sitä toisaalta ekologian, evoluutiobiologian ja ekofysiologian, toisaalta lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian tutkimukseen.

Kokonaisuudessaan tutkimusalat ovat vaikuttavuuden yleiseltä tasoltaan melko lähellä toisiaan, vaikka biotieteiden taso on hieman alempi kuin ekologian tai lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian. Biotieteellisen tutkimuksen vaikuttavuus jää yleensä välimuodoksi kahden toisistaan voimakkaammin poikkeavan tutkimusalan, ekologisen tutkimuksen ja lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian väliin. Kaikilla tarkastelun ulottuvuuksilla joko ekologia tai lääketieteen tekniikka on vaikuttavuudeltaan vahvinta. Biologian perusilmiöt ovatkin varsin etäällä arkikokemuksesta ja arkielämän intresseistä. Tämän vuoksi oman tutkimuksen ja arjen tarpeiden välisen yhteyden tunnistaminen voi olla monesti hankalaa. Myös etäisyys perustutkimuksen löydöksistä yhteiskunnallisiin vaikutuksiin on pitkä.


Biotieteiden suora relevanssi julkisten palvelujen ja instituutioiden parantamisessa on vähäisempää kuin ekologian. Eron voi katsoa johtuvan vaikutusmekanismien erilaisuudesta. Ekologian vaikutukset välittyvät usein yhteiskunnallisten uudistusten kautta, biotieteiden vaikutukset puolestaan toteutuvat viimekädessä teknisinä ja menetelmällisinä uudistuksina. Biotieteilijät näkevät tutkimuksellaan ekologeja enemmän taloudellisia vaikutuksia. Vahvin yhteys liittyy yritysten uusien tuotteiden ja palvelujen kehittämiseen sekä uusien yritysten ja sijoituskohteiden syntymiseen.

Biotieteiden terveydellinen vaikuttavuus on monipuolisempaa kuin ekologian, mutta vähemmän monipuolista kuin lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian tutkimuksen. Biotieteilijät näkevät tutkimuksensa liittyvän useammin suoriin terveysvaikutuksiin kuin institutionaalisesti välittyneeseen terveysriskien hallintaan tai terveydenhuollon kehittämiseen. Soveltava tutkimusote vahvistaa biotieteiden terveydellistä vaikuttavuutta.

Biotieteiden ympäristöllinen vaikuttavuus on selvästi suurempaa kuin terveyteen liittyvien tekniikan alojen. Toisaalta se on selvästi vähäisempää ekologiaan verrattuna. Puolet biotieteilijöistä tunnistaa tutkimuksellaan jonkinlaisia ympäristöllisiä vaikutuksia. Vaikuttavuus kohdistuu vahvimmin luonnonvarojen kestävään käyttöön ja luonnon monimuotoisuuden turvaamiseen.

Ekologialla on enemmän kulttuurista vaikuttavuutta kuin muilla aloilla. Biotieteiden ja lääketieteen tekniikan välillä ei ole eroja kulttuurisessa vaikuttavuudessa, vain neljäsosa näkee tutkimuksellaan yhteyden yleisiin kulttuuriin vaikutuksiin. Vaikka kansalaisten sivistyksen, osallistumisen ja oppimisen edistäminen on biotieteilijöille tärkeää, solu- ja molekyyli-tason ilmiöiden merkityksen havainnollistaminen tavallisille kansalaisille on haasteellista.

Tutkimustiedon välittymisen tavoissa biotieteet poikkeavat sekä ekologiasta että lääketieteen tekniikasta. Toisaalta yhteistyö käytännön toimijoiden kanssa on biotieteilijöillä ja ekologeille vähemmän tärkeää kuin lääketieteen tekniikan edustajille. Toisaalta julkisuuden kautta vaikuttamisessa biotieteilijät muistuttavat teknisempiä tutkijoita. Molemmille julkisuuden välityksellä toimiminen on vähemmän tärkeää kuin ekologeille. Biotieteilijöille tutkimusaineistojen avaaminen muiden käytettäväksi on muita tärkeämpi vaikuttavuuden kanava.



Biotieteellinen tutkimus on erityisen pitkäjänteistä. Pitkä aikaviive vaikeuttaa käytännön vaikutusten syntyä selvästi enemmän kuin muilla vertailun tutkimusaloilla. Se on myös vahvasti riskitutkimusta, jonka vaikutukset riippuvat muita aloja enemmän tutkimuksen onnistumisesta. Sen sijaan muiden ihmisten tai tutkijoista riippumattomien prosessien osalta biotieteet eivät poikkea merkittävästi muista tutkimusaloista. Vaikutuksiin liittyvät erilaiset toiveet ja odotukset haittaavat biotieteilijöitä enemmän kuin teknisemmän tutkimuksen tekijöitä, mutta vähemmän kuin ekologeja.

Tutkimuksen yhteiskunnallisesta vaikuttavuudesta on tullut viime vuosina tärkeä tiede- ja innovaatiopolitiikan keskustelun aihe, kun tiedettä on alettu yleisesti pitää keskeisenä tuotantotekijänä ja taloudellisen kilpailukyvyn lähteenä. Ilmiö on globaali ja keskustelu on siirtynyt tutkijoiden ja asiantuntijoiden piiristä osaksi yleistä poliittista agendaa. Samanaikaisesti vaatimukset tieteen tilivelvollisuudesta ovat lisääntyneet, tutkijoilta vaaditaan näyttöä tieteen tekemisen yhteiskunnallisista hyödyistä. Vaatimukset perustuvat usein epärealistiseen käsitykseen tieteen ja sen yhteiskunnallisten vaikutusten välisten suhteiden yksinkertaisuudesta. Taustalla kummittelee ajatus vaikutusten lineaarisuudesta, joka innovaatiotutkimuksessa on osoitettu epäpäteväksi. Nykytiedon valossa tieteen vaikuttavuuden kenttä on erittäin monitahoinen, eikä sitä voi kuvata liiaksi yksinkertaistavien mallien avulla.

Tutkimuksen vaikuttavuuden ja relevanssin osoittaminen on erityisen haasteellista biotieteiden kaltaisella tutkimuksen alueella, jossa tutkimus operoi usein etäällä arkikokemuksesta ja ajallinen etäisyys tutkimuksessa syntyvän tiedon ja sen käytännöllisen hyödyntämisen välillä helposti ylittää vuosikymmenen. Tästä huolimatta biotieteilijöiden tulisi tarttua haasteeseen ja etsiä tapoja tehdä tutkimuksensa merkitystä laajemmin ymmärretyksi. Tuntevatko tutkijat riittävän hyvin esimerkiksi YK:n kestävän kehityksen tavoitteita ja ovatko he tulleet pohtineeksi millainen yhteys omalla tutkimuksella ja tutkimusalalla on näiden tavoitteiden saavuttamisessa? Tutkijat toki tietävät, että saamme paljon kiittää biotieteitä siitä, että elämme nykyisin pidempään ja terveempinä. Mutta kuinka laajalti tavalliset kansalaiset yhdistävät elämämme paremman laadun biotieteen tuloksiin? Tutkijoilla on tämän ymmärryksen lisäämisessä erityinen vastuu.

Liitteet:

Liite 1:

Aineiston kuvaus:

Selvitys perustuu helmi-maaliskuussa 2018 kerättyyn kyselyaineistoon. Kysely lähetettiin vuosina 2012-2016 Suomen Akatemiasta rahoitusta hakeneille biotieteiden tutkijoille. Kohdejoukon muodostivat hakijat seuraavilta tieteenaloilta: biokemia ja biofysiikka, solu- ja molekyyli-biologia, kehitysbiologia ja -fysiologia, neurotiede, mikrobiologia, kasvibiologia, systeemibiologia ja bioinformatiikka.

Kysely tehtiin joko suomen tai englanninkielisenä riippuen siitä kumman kielen henkilöt olivat ilmoittaneet asiointikielekseen. Kyselyitä lähetettiin yhteensä 633 kappaletta, joista 393 suomen ja 240 englanninkielellä. Vastauksia saatiin yhteensä 114 kappaletta (70 ja 44). Vastanneiden osuus oli 18 prosenttia, mikä on tyypillinen/hyvä kyselytutkimuksen vastausprosentti. Kyselyn keskeyttäneitä oli 11, jolloin lopullisen aineiston kooksi muodostui 103 vastaajaa (16.3%) Varsinainen analyysiaineisto muodostettiin yhdistämällä biotieteilijöitä koskevaa aineisto Tieteentila 2016 -hankkeessa koottuun laajaan haastatteluaineistoon. Aineiston kuvaus ja kysymyslomake löytyvät alla olevan linkin takaa.

(ks. tarkemmin http://www.aka.fi/globalassets/30tiedepoliittinen-toiminta/tieteentila/tt_tutkimuksen_laajempi_vaikuttavuus110117.pdf).

Jälkimmäisestä aineistosta poimittiin lopulliseen tiedostoon ekologian sekä lääketieteen tekniikan ja terveysteknologian alojen vastaajat. Lopullisessa aineistossa on yhteensä 337 vastaajaa seuraavasti:

Ekologia, 151

Lääketieteen tekniikka ja terveysteknologia, 83

Biotieteet, 103

Liite 2. Tieteen tila 2016. Kysely tutkimuksen laajemmasta vaikuttavuudesta, kysymys 17.

Missä tutkimuksenne potentiaaliset vaikutukset ilmenevät (lyhyellä tai pitkällä aikavälillä)?

Valitse kaikki ne asiat tai kehityskulut, joihin tutkimuksenne voi onnistuessaan (myötä)vaikuttaa. Jos tutkimuksenne vaikuttavuus ei sovi alla oleviin kategorioihin, kerro siitä omin sanoin seuraavan sivun avovastauksessa (kysymys 18).

Julkiset instituutiot ja palvelut

- Poliittisen päätöksenteon, lainsäädännön tai muun sääntelyn valmistelu
- Opetussuunnitelmien uudistaminen, kasvatuksen suunnittelu
- Muihin julkisiin palveluihin (esim. yleinen turvallisuus, liikenne, sosiaalipalvelut) liittyvät parannukset
- Julkisten instituutioiden toimintakyvyn parantuminen (esim. ongelmiin puuttuminen, avoimet keskustelufoorumit) Muu
- vaikutus julkisiin instituutioihin ja palveluihin, mikä?

Talous ja sen uudistuminen

- Yksittäisten yritysten toimintakyvyn parantuminen tai kilpailukyvyn vahvistuminen (esim. uudet tai parannetut tuotteet tai palvelut)
- Työllistymismahdollisuuksien tai asiantuntijatyön lisääntyminen (esim. uuden osaamisen kautta syntyvät työpaikat)
- Uusi yritystoiminta, sijoitusten houkutteleminen
- Taloudellisen toimintaympäristön kehittäminen tai uudistuminen, taloudellinen mukautumiskyky (esim. rakenteellinen monipuolisuus, uudet toimintatavat)
- Muu vaikutus talouteen ja sen uudistumiseen, mikä?

Terveys ja hyvinvointi

- Vähentynyt sairastavuus, parantunut fyysinen terveys tai mielenterveys
- Sosiaalisten ongelmien vähentyminen, lisääntynyt yhteiskunnallinen hyvinvointi
- Parantunut terveydenhuolto
- Terveysriskien hallinta tai ennaltaehkäisy
- Muu vaikutus terveyteen ja hyvinvointiin, mikä?

Ympäristö ja luonnonvarat

- Ympäristön kuormituksen vähentyminen, ympäristön tilan parantuminen
- Luonnonvarojen kestävä käyttö, luonnon monimuotoisuuden turvaaminen
- Rakennetun ympäristön, infrastruktuurin tai alueiden käytön kestävyys
- Ympäristöriskien hallinta tai ennaltaehkäisy, ekologinen palautumiskyky Muuvaikutus ympä-
- ristöön ja luonnonvaroihin, mikä?

Inhimilliset kyvykkydet ja kulttuuri

- Kansalaisten sivistyksen, aktiivisuuden tai osallistumisen vahvistaminen
- Kulttuurisen monimuotoisuuden turvaaminen, parantunut kulttuurien välinen vuorovaikutus tai rinnakkaiselo
- Luovuutta, kokeilemista ja oppimista tukevien toimintaympäristöjen kehittäminen
- Kansallisen tai kansainvälisen yhteisön kehitys (esim. kansallinen identiteetti, globaali oikeudenmukaisuus) Muu
- vaikutus inhimillisiin kyvykkyysiin ja kulttuuriin, mikä?

Liite 3. Tieteen tila- ja taso 2016. Kysely tutkimuksen laajemmasta vaikuttavuudesta, kysymys 7.

Miten tutkimukseenne tuottama uusi tieto, teknologia, osaaminen tai ymmärrys välittyy tiedeyhteisön ulkopuolelle?

*

Arvioi seuraavien vaikuttamisen kanavien tärkeyttä oman tutkimukseenne kohdalla. Tärkeys viittaa tässä yhteydessä kanavan aktiiviseen käyttöön.

(5=erittäin tärkeä, 4=melko tärkeä, 3=ei tärkeä mutta ei merkityksetönkään, 2=melko merkityksetön, 1=merkityksetön, EOS=en osaa sanoa)

5.1.1.1.

	5	4	3	2	1	EOS
a. Tietoa levitetään eri tieteenalojen yhteistyön kautta (esim. monitieteiset julkaisut ja konferenssit)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
b. Tutkimustuloksia viedään potentiaalisille käyttäjille (esim. mallien, patenttien, suositusten hyödyntäminen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
c. Tutkimuksen tuotoksia avataan avoimesti käytettäväksi (esim. aineistojen avaaminen, open access julkaiseminen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
d. Tutkimuksesta keskustellaan erilaisten sidosryhmien kanssa (esim. tapaamiset, työpajat)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
e. Tietoa yleistajuistetaan suurelle yleisölle (esim. lehtiartikkelien, näyttelyiden välityksellä)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
f. Osaavien ihmisten välityksellä (esim. asiantuntijoiden liikkuvuus ja kouluttaminen)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
g. Tutkijoiden oman "täsmävaikuttamisen" kautta (esim. kannanotot, esiintymiset, lobbaus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
h. Tutkimusta tehdään vuorovaikutteisessa prosessissa, johon osallistuu tiedeyhteisön ulkopuolisia toimijoita (esim. osallistava tutkimus, yhteissuunnittelu)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
i. Tutkimukseen ryhtyminen itsessään on interventio (esim. vallitsevien uskomusten tai vaiettujen aiheiden kriittinen tarkastelu, kokeileva tutkimus)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Liite 4. Tieteen tila- ja taso 2016. Kysely tutkimuksen laajemmasta vaikuttavuudesta, kysymys 15.

Millaiset tekijät vaikeuttavat tutkimuksen vaikutusten tunnistamista ja/tai edistämistä? *

Arvioi seuraavien väittämien paikkansapitävyyttä oman tutkimuksen kohdalla.

(5=täysin samaa mieltä, 4=osittain samaa mieltä, 3=ei samaa eikä eri mieltä, 2=osittain eri mieltä, 1=täysin eri mieltä, EOS=en osaa sanoa)

5.1.1.2.

	5	4	3	2	1	EOS
Vaikutukset ilmenevät tyypillisesti pitkällä aikavälillä (yli 10 vuotta)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutukset riippuvat pitkälti siitä, miten tutkimus onnistuu (kuten esim. high risk, high gain -tyyppisessä tutkimuksessa)	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutusten syntyminen riippuu olennaisesti muista ihmisistä tai prosesseista, joihin tutkijoilla on hyvin rajalliset mahdollisuudet vaikuttaa	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>
Vaikutuksista tai niiden toivottavuudesta on selvästi erilaisia näkemyksiä	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>	<input type="radio"/>

Liite 5. Selvityksessä käytettyjen summamuuttujien muodostaminen ja reliabiliteetit

Summamuuttujat on muodostettu joko reliabiliteettitestauksen tai faktorianalyysin ja reliabiliteettitestauksen perusteella (erottelumenetelmänä maximum likelihood, varimax rotaatio). Faktorianalyysiin perustuvat summamuuttujat pohjautuvat kahteen vahvimmin latautuneeseen faktoriin. Summamuuttujaan on valittu ko. faktorin vahvimmin latautuneet muuttujat, joille on annettavissa mielekäs yhtenäinen tulkinta. Summamuuttujien reliabiliteetti on testattu käyttämällä Cronbachin α -kerrointa.

a. Vaikuttavuuden ulottuvuudet

Tutkimuksen kokonaisvaikuttavuus

Summamuuttuja sisältää kaikki liitteessä 1 vaikuttavuuden ulottuvuuksia mittaavat kysymykset lukuun ottamatta muu-vaihtoehtoja eli yhteensä 20 muuttujaa.

Cronbachin α =.74

Ympäristö ja luonnonvarat

Summamuuttuja sisältää ko. ulottuvuutta mittaavat kysymykset muu-vaihtoehtoa lukuun ottamatta.

Cronbachin α =.78

Taloudellinen vaikuttavuus

Summamuuttuja sisältää ko. ulottuvuutta mittaavat kysymykset muu-vaihtoehtoa lukuun ottamatta.

Cronbachin α =.66

Julkiset palvelut ja instituutiot

Summamuuttuja sisältää ko. ulottuvuutta mittaavat kysymykset muu-vaihtoehtoa lukuun ottamatta.

Cronbachin α =.44

Terveys ja hyvinvointi

Summamuuttuja sisältää ko. ulottuvuutta mittaavat kysymykset muu-vaihtoehtoa lukuun ottamatta.

Cronbachin α =.69

Kulttuurinen vaikuttavuus

Summamuuttuja sisältää liitteen 1 kohdan ”Inhimilliset kyvykkyydet ja kulttuuri” - kysymykset muu-vaihtoehtoa lukuun ottamatta.

Cronbachin α =.63

