

Teknologianeutraliteetti ja yhteiskunnan strategiset tavoitteet tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa

Vera Djakonoff, Atte Ojanen, Katri Sarkia, Heidi Uitto, Vesa Salminen, Esko Hakanen ja Juho Carpén

VALTIONEUVOSTON SELVITYS- JA
TUTKIMUSTOIMINNAN JULKAISUSARJA 2024:12

tietokayttoon.fi

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:12

Teknologianeutraliteetti ja yhteiskunnan strategiset tavoitteet tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa

Vera Djakonoff, Atte Ojanen, Katri Sarkia (Demos Helsinki); Heidi Uitto, Vesa Salminen (4Front); Juho Carpén, Esko Hakanen (Aalto-yliopisto)

Valtioneuvoston kanslia Helsinki 2024

Julkaisujen jakelu

Distribution av publikationer

**Valtioneuvoston
julkaisuarkisto Valto**

Publikations-
arkivet Valto

julkaisut.valtioneuvosto.fi

Valtioneuvoston kanslia
CC BY-ND 4.0

ISBN pdf: 978-952-383-332-6
ISSN pdf: 2342-6799

Taitto: Valtioneuvoston hallintoyksikkö, Julkaisutuotanto

Helsinki 2024

Teknologianeutraliteetti ja yhteiskunnan strategiset tavoitteet tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa

Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2024:12

Julkaisija Valtioneuvoston kanslia

Tekijä/t Vera Djakonoff, Atte Ojanen, Katri Sarkia, Heidi Uitto, Vesa Salminen, Esko Hakanen ja Juho Carpén

Yhteisötekijä Demos Helsinki, 4Front, Aalto yliopisto

Kieli suomi

Sivumäärä 233

Tiivistelmä

Teknologianeutraliteetti on keskeinen sääntelyä ohjaava periaate sekä kansallisella että EU-tasolla, jonka mukaan mitään tiettyjä teknologisia ratkaisuja ei tulisi suosia, vaan jättää teknologiset valinnat markkinoiden tehtäväksi. Periaatteen merkityksestä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan yhteiskunnallisiin tavoitteisiin ja strategiaan valintoihin, kuten kvanttiteknologiaan tai vetytalouteen panostamiseen on kuitenkin vain vähän tutkimusta. Teknologianeutraliteetti ja yhteiskunnan strategiset tavoitteet tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa (TYSTI) -selvityshankkeen tavoitteena oli:

- Analysoida nousevien teknologioiden ja teknologianeutraliteetti käsitteiden merkitystä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan strategisten valintojen kannalta
- Kartoittaa, miten teknologianeutraliteetti on otettu huomioon nousevien teknologioiden liittyvässä säädösvalmistelussa ja rahoituksen suuntaamisessa Suomessa.
- Määrittää yleiset periaatteet, joiden pohjalta tutkimus- ja innovaatiopolitiikka voidaan suunnata vaikuttavasti, huomioiden teknologianeutraliteetin periaatteen suhde yhteiskunnallisiin tavoitteisiin.

Vaikuttava tutkimus- ja innovaatiopolitiikka edellyttää valtionhallinnolta vahvaa johtajuutta ja ennakoitua, TKI-toimijoiden yhteistä jaettava pitkä aikavälin tilannekuvaa sekä teknologianeutraliteetin tarkastelua välineenä – ei päämääränä. Tämä loppuraportti kokoaa yhteen selvityshankkeen tulokset sen eri osatehtävistä ja esittelee sen teknologianeutraliteetin syvennetyn ymmärryksen pohjalta syntyneen kansallisen toimintamallin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan vaikuttavaan suuntaamiseen kohti yhteiskunnallisia tavoitteita. Lisäksi esitetään toimenpidesuosituksia mallin toimeenpanoksi.

Klausuuli Tämä julkaisu on toteutettu osana valtioneuvoston selvitys- ja tutkimussuunnitelman toimeenpanoa. (tietokayttoon.fi) Julkaisun sisällöstä vastaavat tiedon tuottajat, eikä tekstisisältö välttämättä edusta valtioneuvoston näkemystä.

Asiasanat Teknologia, teknologiapolitiikka, tutkimus, yritykset, tutkimustoiminta, julkinen hallinto, valtion ohjaus, innovaatiopolitiikka, innovaatiojärjestelmät

ISBN PDF 978-952-383-332-6

ISSN PDF 2342-6799

Julkaisun osoite <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-332-6>

Teknikneutralitet och samhällets strategiska mål i forsknings- och innovationspolitiken

Publikationsserie för statsrådets utrednings- och forskningsverksamhet 2024:12

Utgivare Statsrådets kansli

Författare Vera Djakonoff, Atte Ojanen, Katri Sarkia, Heidi Uitto, Vesa Salminen, Esko Hakanen ja Juho Carpén

Utarbetad av Demos Helsinki, 4Front, Aalto universitet

Språk finska

Sidantal

233

Referat

Teknikneutralitet är en viktig lagstiftningsprincip på både nationell nivå och EU-nivå, vilket innebär att ingen särskild teknisk lösning ska gynnas, utan att de tekniska valen ska överlåtas till marknadskrafterna. Det finns dock begränsad forskning om hur relevant denna princip är för samhällsmål och strategiska val inom forsknings- och innovationspolitik, till exempel investeringar i kvantteknik eller vätgasekonomi. Syftet med projektet Teknikneutralitet och strategiska samhällsmål i forsknings- och innovationspolitiken (TYSTI) var:

- Att analysera betydelsen av framväxande teknik och teknikneutralitets koncept för strategiska val inom forsknings- och innovationspolitiken.
- Att kartlägga hur teknikneutralitet har beaktats i lagstiftningen och finansieringen av framväxande teknik i Finland.
- Att identifiera de allmänna principerna för att styra forsknings- och innovationspolitikens effektivt när man balanserar teknikneutralitet med samhälleliga mål.

En effektiv forsknings- och innovationspolitik kräver starkt ledarskap och framsynhet från regeringens sida, en gemensam långsiktig vision av den långsiktiga situationen för FoU-aktörer och en syn på teknikneutralitet som ett medel – inte ett mål. Denna slutrapport sammanfattar resultaten av projektet och presenterar dess huvudsakliga resultat i form av ett nationellt ramverk för att effektivt styra forsknings- och innovationspolitiken mot samhälleliga mål, samtidigt som teknikneutralitet respekteras. En uppsättning rekommendationer för att genomföra ramverket presenteras också.

Klausul Den här publikation är en del i genomförandet av statsrådets utrednings- och forskningsplan. (tietokayttoon.fi) De som producerar informationen ansvarar för innehållet i publikationen. Textinnehållet återspeglar inte nödvändigtvis statsrådets ståndpunkt

Nyckelord teknologi, teknologipolitik, företag, forskning, forskningsverksamhet, offentlig förvaltning, statlig styrning, innovationspolitik, innovationssystem

ISBN PDF 978-952-383-332-6

ISSN PDF

2342-6799

URN-adress <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-332-6>

Technology neutrality and society's strategic objectives in research and innovation policy

Publications of the Government's analysis, assessment and research activities 2024:12

Publisher	Prime Minister's Office		
Author(s)	Vera Djakonoff, Atte Ojanen, Katri Sarkia, Heidi Uitto, Vesa Salminen, Esko Hakanen ja Juho Carpén		
Group Author	Demos Helsinki, 4Front, Aalto University		
Language	Finnish	Pages	233

Abstract

Technology neutrality is a key regulatory principle in both national and EU level, according to which no particular technological solution should be favoured, leaving technological choices to market forces. However, there is limited research on the relevance of this principle to the societal objectives and strategic choices in research and innovation (R&I) policies, such as investing in quantum technologies or the hydrogen economy. The aim of the Technology Neutrality and Strategic Societal Objectives in Research and Innovation Policy (TYSTI) project was to:

- To analyse the relevance of the concepts of emerging technologies and technology neutrality for strategic choices in R&I policies.
- To map how technology neutrality has been considered in the legislation and funding of emerging technologies in Finland.
- Identify the general principles for steering R&I policy effectively when balancing technology neutrality with societal objectives.

Impactful research and innovation policy calls for strong leadership and foresight on the part of the government, a shared long-term vision for RDI actors, and a view of technology neutrality as a means - not an end. This final report summarises the results of the project and presents its main output, which is the national framework for effectively steering research and innovation policy towards societal objectives, while respecting technology neutrality. A set of recommendations for implementing the framework are also presented.

Provision This publication is part of the implementation of the Government Plan for Analysis, Assessment and Research. (tietokayttoon.fi) The content is the responsibility of the producers of the information and does not necessarily represent the view of the Government.

Keywords Technology, technology policy, enterprises, research, research activities, public administration, steering, innovation policy, innovation systems

ISBN PDF	978-952-383-332-6	ISSN PDF	2342-6799
-----------------	-------------------	-----------------	-----------

URN address <https://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-332-6>

Sisältö

Esipuhe	8
Kiitokset	10
1 Johdanto	11
2 Hankkeen toteutus, aineistot ja menetelmät	14
2.1 Osatehtävä 1: Viitekehys teknologianeutraliteetille.....	14
2.1.1 Aineisto ja analyysi	14
2.2 Osatehtävä 2: Nousevien teknologioiden sääntely ja rahoitus	16
2.3 Osatehtävä 3: Periaatteet teknologiakehityksen vaikuttavaan suuntaamiseen tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa.....	18
2.4 Osatehtävä 4: Toimintamalli tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suuntaamiseksi ja suositukset	22
3 Hankkeen tausta ja keskeiset käsitteet	24
3.1 Nousevat teknologiat.....	24
3.2 Teknologianeutraliteetti	30
3.3 Teknologianeutraali vai teknologisesti avoin ja monimuotoinen	32
3.4 Yhteenvedo	35
4 Teknologian kehityksen ennakointi ja teknologianeutraliteetin merkitys	37
4.1 Teknologian kehitys yritysnekökulmasta	37
4.1.1 Instituutioteoria.....	38
4.1.2 Disruptiivinen innovaatio	40
4.1.3 Innovointi välittäjätoiminnan ja teknologiayhdistelmien kautta	41
4.1.4 Sosiotekninen muutos ja järjestelmä.....	43
4.1.5 Monikeskeiset informaatioyhteishyödykkeet	44
4.2 Teknologian kehitys markkinoilla.....	45
4.3 Teknologianeutraali vai teknologiakohtainen sääntely.....	48
4.4 Yhteenvedo	54
5 Nousevien teknologioiden sääntely ja rahoitus	59
5.1 Teknologianeutraliteetti säädösvalmistelussa.....	59
5.1.1 Teknologianeutraliteetti osana lainsäädäntöä.....	59
5.1.2 Teknologianeutraliteetti hallituksen esityksissä.....	64

5.2	Nouseviin teknologioihin liittyvä sääntely	76
5.2.1	Yleiskuva teknologioihin liittyvästä sääntelystä.....	76
5.2.2	Bio- ja geeniteknologiaan liittyvät säädöshankkeet	78
5.2.3	Tekoälyyn liittyvät säädöshankkeet	82
5.2.4	Energiateknologiaan ja biopolttoaineisiin liittyvät säädöshankkeet	89
5.3	Nousevien teknologioiden julkinen rahoitus	95
5.4	Kansainvälinen vertailu	118
5.4.1	Ruotsi	118
5.4.2	Irlanti	123
5.4.3	Belgia (Flander)	127
5.5	Yhteenveto	131
6	Periaatteet teknologiakehityksen vaikuttavaan suuntaamiseen tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa	134
6.1	Tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan vaikuttavat muospaineet.....	134
6.1.1	Politiikka ja turvallisuus	135
6.1.2	Talous.....	138
6.1.3	Yhteiskunta	141
6.1.4	Teknologia	143
6.1.5	Ympäristö	146
6.2	Julkisen hallinnon mahdolliset roolit innovaatiopolitiikassa	148
6.2.1	Vuorovaikutteinen analyysi julkisen hallinnon roolista tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa ...	149
6.2.2	Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan koetut jännitteet	151
6.2.3	Arkkityypit valtion roolista	155
6.3	Periaatteet ohjaavat vaikuttavaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa.....	160
6.3.1	Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi	162
6.3.2	Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä	165
6.3.3	Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti	169
6.4	Yhteenveto	174
7	Toimintamalli ja suositukset vaikuttavalle innovaatiopolitiikalle	177
7.1	Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan uudistamisen tausta.....	178
7.2	TKI-toimijoiden yhteistyö on keskeistä vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle.....	182
7.3	Toimintamalli vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle	188
8	Toimenpidesuosituksat ja johtopäätökset	205
8.1	Toimenpidesuosituksat vaikuttavaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan.....	205
8.2	Keskeiset tulokset ja johtopäätökset	215
	Liitteet	219
	Liite 1: Virkamieshaastattelujen kysymykset	219
	Lähteet.....	221

ESIPUHE

Arvoisa lukija,

Teknologiat kehittyvät nopeammin kuin koskaan ennen ja niiden vaikutukset ulottuvat kaikille elämäntilanteille. Uudet teknologiat, kuten tekoäly, lohkoketjut ja bioteknologia, tarjoavat ennennäkemättömiä mahdollisuuksia innovaatiotoimintaan ja tuottavuuden kasvuun. Teknologiakehityksestä voi kuitenkin aiheutua myös kielteisiä vaikutuksia yksilöille, yhteiskunnille sekä ympäristölle, minkä vuoksi niiden kehityksen ennakoimista ja seurantaan on tehtävä aikaisempaa järjestelmällisemmin.

Samaan aikaan ilmastonmuutoksen torjunta, Covid-19-pandemia ja Venäjän hyökkäyssota ovat osoittaneet, että tiede, teknologiat ja innovaatiot ovat välttämättömiä kestävyyssiirtymien nopeuttamiseksi ja yhteiskuntia koetteleviin häiriöihin sopeutumiseksi ja niistä selviämiseksi. Globaaleihin haasteisiin ja murroksiin on pystyttävä vastaamaan nykyistä nopeammin ja tehokkaammin. Geopolitiikan kehitys puolestaan vaikuttaa siihen, että tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa teknologiat, turvallisuuskohdat ja yhteistyökumppanuudet ovat nousseet aikaisempaa merkittävämpään rooliin. Käynnissä olevat muutokset vaikuttavat monella tavalla toimintaympäristöön ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa on kehitettävä uusia toimintatapoja niihin vastaamiseksi.

Tämän selvityksen ydinkysymys on, miten julkinen sektori voi yhtäältä vaikuttavasti edistää yhteiskunnan strategisten tavoitteiden toteutusta tukemalla uusien teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa sekä toisaalta hyödyntää teknologianeutraaliteettiperiaatetta ja siitä saatavia myönteisiä vaikutuksia teknologiakehitykseen ja markkinoiden toimintaan.

Raportti sisältää ansiokasta analyysia teknologianeutraaliteettiperiaatteesta ja sen soveltamisesta Suomessa ja kansainvälisesti sekä tavoista hyödyntää periaatetta menestyksellisesti tärkeiden päämäärien saavuttamisessa. Tekijöiden valmisteleva vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamalli nojaa ennustettavaan, yhteiseen suuntaan ja tki-toimijoiden väliseen yhteistyöhön strategisten tavoitteiden saavuttamisessa, teknologioiden, markkinoiden avoimuuden ja monimuotoisuuden tukemiseen sekä teknologioiden myönteisten vaikutusten vahvistamiseen

ja epätoivottavien lopputulemien välttämiseen. Toimintamallin kuusi eri toimintoa korostavat tki-toimijoiden välistä yhteistyötä, ennakointia ja teknologiakehityksen yhteiskunnallisten vaikutusten seurantaa.

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikka on monien muutosten ja odotusten keskellä. Toivon, että tämä selvitys tarjoaa hyödyllistä tietoa ja näkökulmia niille, jotka ovat kiinnostuneita teknologian roolista yhteiskunnan kehityksessä sekä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan vaikuttavien toimintamallien kehittämisestä.

Haluan lämpimästi kiittää konsortiota laadukkaasta raportista. Suuret kiitokset myös ohjausryhmälle sekä kaikille haastatteluihin, työpajoihin ja muuhun valmisteluun osallistuneille.

Inspiroivia lukuhetkiä toivottaen,

Kirsti Vilén
ohjausryhmän puheenjohtaja
työ- ja elinkeinoministeriö

25.3.2024

KIITOKSET

Kiitämme avusta Demos Helsingin asiantuntijoita Santeri Koivulaa, Johannes Mikkosta, Anna Björkiä, Johannes Anttilaa ja Venla Parkkilaa; 4Frontin Kalle Piirasta sekä Aalto-yliopiston diplomityöntekijä Juuso Heikkilää ja väitöskirjatutkija Joel Wolffia. Lämmin kiitos myös hankkeen asiantuntijoille Aalto-yliopiston Ville Elorannalle ja Pekka Töytärille. Lisäksi haluamme kiittää kansainvälistä asiantuntijapaneelia arvokkaan asiantuntemuksensa ja näkemyksensä tuomisesta hankkeeseen: Ville Takala, Karin Väyrynen, Susana Borrás, Mervi Karikorpi, Hille Hinsberg ja Totti Könnölä. Erityiset kiitokset myös jokaiselle haastatteluihin ja työpajoihin osallistuneelle sidosryhmäläiselle tärkeästä panostuksesta hankkeelle. Kiitos ohjausryhmälle, ja erityisesti sen puheenjohtajalle työ- ja elinkeinoministeriön Kirsti Vilénille, ja muille jäsenille: työ- ja elinkeinoministeriön Jonna Lehtinen, Harri Länsipuro, valtiovarainministeriön Anita Juho, liikenne- ja viestintäministeriön Atte Riihelä ja Anne Miettinen, opetus ja kulttuuriministeriön Petteri Kauppinen, ympäristöministeriön Heikki Sorasahi ja Jaakko Kuisma, sisäministeriön Ismo Parviainen sekä puolustusministeriön Kati Vuorenvirta – kiitos.

1 Johdanto

Teknologiset läpimurrot sekä niistä nousevat innovaatiot ja ratkaisut ovat kriittisessä asemassa aikamme yhteiskunnallisiin haasteisiin vastaamisessa ja oikeudenmukaisen vihreän ja digitaalisen siirtymän rakentamisessa. Julkisella hallinnolla ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikalla on tärkeä rooli uusien teknologioiden (esim. tekoäly, kvantti- ja bioteknologia, vetytalous) kehittämisen tukemisessa sekä niiden strategisessa hyödyntämisessä. Kilpailukyvyyn ja kansainvälisten osaamiskeskittymien kehittyminen edellyttävät Suomelta myös valintoja eri teknologisten tutkimus- ja osaamisalueiden välillä.

Tasapainottelu avoimen teknologiakehityksen ja yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamisen välillä ei ole joko-tai-kysymys. Monet aikamme merkittävimmistä teknologioista ovat syntyneet varhaisen vaiheen julkisten investointien vauhdittamana. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan keinoin voidaan kannustaa teknologista kehitystä kohti tiettyjä yhteiskunnallisia tavoitteita. Tämä vaatii kuitenkin kriteerejä ja periaatteita priorisoinnille ja valinnoille. Valintojen tekemisen tärkeys korostuu Suomessa rajallisten resurssien tarkoituksenmukaisessa kohdistamisessa. Kestävän kasvun ja uuden kansainvälisen liiketoiminnan luomiseksi on tunnistettu tarve vahvalle eri toimijoiden väliselle yhteistyöhön pohjaavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suuntaamiselle ja toimeenpanolle.¹²³

Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikka on ollut viime vuosien aikana suurten muutosten kohteena. Vuonna 2021 Suomen pääministeri Sanna Marinin hallitus perusti parlamentaarisen TKI-työryhmän, jonka tehtävänä oli löytää ratkaisuja julkisen tutkimus- ja kehittämisrahoituksen pitkäjänteiseen kasvattamiseen. Työryhmän loppuraportti julkaistiin joulukuussa samana vuonna. Raportissa ehdotettiin, että

-
- 1 Työ- ja elinkeinoministeriö. (2022). Tekoäly 4.0 -ohjelma : Suomi kaksoissiirtymän suunnannäyttäjänä – Tekoäly 4.0 -ohjelman loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:60. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164394/TEM_2022_60.pdf?sequence=4
 - 2 VTT. (2022). VTT:n visiopaperi: Lupaavimmat teknologiat. <https://www.vttresearch.com/fi/vtt-n-visiopaperi-lupaavimmat-teknologiat>
 - 3 Valtiovarainministeriö. (2021). Suomen teknologiapolitiikka 2020-luvulla : Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:30. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-692-3>

valtion tutkimus- ja kehittämisrahoituksen kasvattaminen tapahtuisi säätämällä T&K-rahoituslaki, joka määrittäisi vuotuiset valtion T&K-menojen tasot tavoitteen saavuttamiseksi. Lisäksi työryhmä suositteli lakisäätöisen budjettikehyskautta pidemmän T&K-rahoituksen suunnitelman laatimista, jotta sitoutuminen T&K-rahoituksen ja -toiminnan kehittämiseen selkiytyisi ja rahoituksen käyttöä voitaisiin tarkentaa.

Tämän suunnitelman laatimiseksi asetettiin toinen, vuonna 2022 toiminut parlamentaarinen työryhmä, jonka loppuraportti ”Tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen käyttöä koskeva monivuotinen suunnitelma” julkistettiin maaliskuussa 2023.⁴ Raportissa esitettiin linjauksia liittyen mm. TKI-järjestelmän johtamisen vahvistamiseen, osaamisen ja T&K-työvoiman saatavuuden lisäämiseen, yhteistyön vahvistamiseen, kansallisiin strategisiin valintoihin, T&K-rahoituksen vaikuttavuuden arviointiin sekä tutkimus- ja innovaatiomyönteisen toimintaympäristön kehittämiseen. Keskeisenä rakenteellisena linjauksena esitettiin tutkimus- ja innovaationeuvoston (TIN) roolin vahvistamista tutkimus- ja innovaatiopolitiikan johtamisessa ja koordinoinnissa. Uusi tutkimus- ja innovaationeuvosto asetettiin marraskuussa 2023. Neuvoston pääsihteeri ja pysyvät asiantuntijat valittiin helmikuussa 2024.

Onkin huomioitava, että tämä selvitys on toteutettu samaan aikaan edellä mainittujen muutosten kanssa, mikä on asettanut myös omat haasteensa selvityksen toteutukselle. Esimerkiksi selvityksessä laaditun toimintamallin kannalta tärkeässä roolissa olevan tutkimus- ja innovaationeuvoston käytännön rooli ja toimenkuva on vielä raportin kirjoitushetkellä osin jäsentymätön. Käynnissä oleva teollisuusstrategian valmistelu tulee myös epäilemättä vaikuttamaan olennaisesti Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suuntaan tulevina vuosina.

Teknologianeutraliteetti on noussut yhdeksi keskeisistä kansallisen ja EU-sääntelyn sekä rahoituksen periaatteista. Periaatteen mukaan sääntelyn ei pitäisi suosia tai syrjiä mitään tiettyä teknologiaa, vaan mahdollistaa erilaiset vaihtoehdot tietyn tavoitteen toteuttamiseen.⁵ Periaatteelle on esitetty useita perusteluja, kuten kilpailun, innovaatioiden ja sääntelyn pitkäjänteisyyden edistäminen. Teknologianeutraalin lainsäädännön ja rahoituksen väitetään sopeutuvan nopeisiin teknologisiin muutoksiin, sillä se ei ole sidottu mihinkään tiettyyn vanhentuneeseen teknologiaan.⁶

4 Parlamentaarinen TKI-työryhmä 2022. (2023). Tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen käyttöä koskeva monivuotinen suunnitelma : Parlamentaarisen TKI-työryhmän 2022 loppuraportti. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-978-6>

5 Craig, C. (2016). ”Technological neutrality: recalibrating copyright in the information age,” *Theoretical Inquiries in Law* (17:2), pp. 601-632. ; Greenberg, B. 2015. ”Rethinking technology neutrality”, *Minnesota Law Review* 100, pp. 1495-1562

6 Koops, E. et al. (2006). ”Starting Points for ICT Regulation; Deconstructing Prevalent Policy One-Liners”, *IT & Law* (9), pp. 77-108.

Suomen parlamentaarinen TKI-työryhmä muotoilee teknologia- ja toimialaneutraaliuden seuraavasti: ”Julkinen TKI-järjestelmä ei mikromanageroi eikä valitse voittavia yrityksiä, teknologioita tai toimialoja yksityiskohtaisella tasolla. Tukien suuntaamisessa voidaan kuitenkin ottaa huomioon olemassa olevat vahvuudet sekä yhteiskunnan strategiset tavoitteet.”⁷ Vaikka teknologianeutraliteetin vaikutus mielletään usein positiiviseksi, voi sen tiukka noudattaminen kilpailluilla markkinoilla myös vahvistaa teknologian polkuriippuvuuksia (path-dependency) ja lukkiutumisen (lock-in) riskejä, suosien vakiintuneita teknologioita. Näin ollen teknologianeutraali tutkimus- ja innovaatiopolitiikka voi myös hidastaa uusien, radikaalien teknologioiden kehittämistä ja käyttöönottoa, ja täten jarruttaa erilaisten yhteiskunnallisten tavoitteiden, kuten kestävyyssiirtymän saavuttamista.

Teknologianeutraliteetti ja yhteiskunnan strategiset tavoitteet tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa (TYSTI) -hankkeessa selvitettiin tapoja edistää suomalaisen yhteiskunnan strategisia tavoitteita teknologianeutraliteetin periaate huomioiden. Hankkeessa on pureuduttu teknologianeutraliteetin periaatteen eri määritelmiin ja käytännön tulkintoihin erityisesti sen toivottujen positiivisten seurausten vahvistamiseksi. Tämä raportti kokoaa yhteen koko hankkeen tulokset sen eri osatehtävistä. Ensimmäinen osatehtävä (luvut 3 ja 4) keskittyi keinoihin tunnistaa nousevia teknologioita ja kriteereitä arvioida niiden tulevaa vaikuttavuutta ja potentiaalia. Valittu painotus eri vaihtoehtojen tai teknologioiden välillä on keskeinen strateginen päätös organisaatioille, mutta tutkimusaiheena huonosti tunnettu. Aihetta arvioidaan teknologianeutraliteettiperiaatteen merkityksen ja toteutumisen näkökulmasta. Toisessa osatehtävässä (luku 5) toteutettiin nykytilakartoitus uusien teknologioiden sääntelystä, tukemisesta ja rahoituksesta erityisesti julkisen sektorin ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikan perspektiivistä. Tutkimuksessa arvioitiin muun muassa miten tukikeinot tasapainottelevat teknologiatyöntö- ja markkinavetoisuuden välillä. Kolmannessa osatehtävässä (luku 6) analysoitiin aiempien osatehtävien tuloksia ja määritettiin näin yleiset periaatteet, joiden pohjalta tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa voidaan suunnata vaikuttavasti. Periaatteet auttavat hahmottamaan, millaisia erilaisia toimintatapoja tarvitaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan eri päämäärien edistämiseksi, kun tasapainotellaan teknologianeutraliteetin ja yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamisen välillä. Neljäs osatehtävä (luku 7 ja 8) kokoaa hankkeen keskeiset tulokset yhteen ja esittelee analyysin pohjalta laaditun vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamallin sekä toimenpidesuosituksen sen käytäntöön viemiseksi. Lisäksi eri työvaiheiden keskeisistä havainnoista vedetään johtopäätökset.

7 Parlamentaarinen TKI-työryhmä 2022. (1.3.2023). Tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen käyttöä koskeva monivuotinen suunnitelma : Parlamentaarisen TKI-työryhmän 2022 loppuraportti. Valtioneuvoston kanslia.

2 Hankkeen toteutus, aineistot ja menetelmät

Edellä on kuvattu hankkeen eteneminen eri työvaiheiden eli osatehtävien kautta. Tässä luvussa käydään läpi kunkin osatehtävän toteutus sekä niissä käytetyt aineistot ja menetelmät. Osatehtävien tulokset ja analyysi esitellään tulevissa luvuissa.

2.1 Osatehtävä 1: Viitekehys teknologianeutraliteetille

Ensimmäisen osatehtävän pääaineiston muodostavat laadulliset tapaustutkimukset, jotka julkaistaan vielä omina kokonaisuuksinaan. Näihin sisältyvät Juuso Heikkilän ja Juho Carpénin diplomityöt⁸ sekä tähän selvitystyöhön tukeutuvat akateemiset artikkelit, jotka ovat tätä kirjoitettaessa vielä työstettävänä. Esitettävien johtopäätöksien tukena on hyödynnetty myös aiemmin Aalto-yliopistossa tehtyä työtä liittyen uusien teknologioiden kehittämiseen, digitaalisiin palveluratkaisuihin ja uusiin liiketoimintamalleihin liittyen, mikä tarkoittaa, että tutkimusryhmä on pystynyt vertaamaan nyt tehtyjä havaintoja yli 200 tutkimushaastatteluun ja kymmeneen vertaisarvioituihin tieteellisiin julkaisuihin. Seuraavassa kuvataan kerätty tutkimusaineisto ja valittu tutkimuksen lähestymistapa pääpiirteissään.

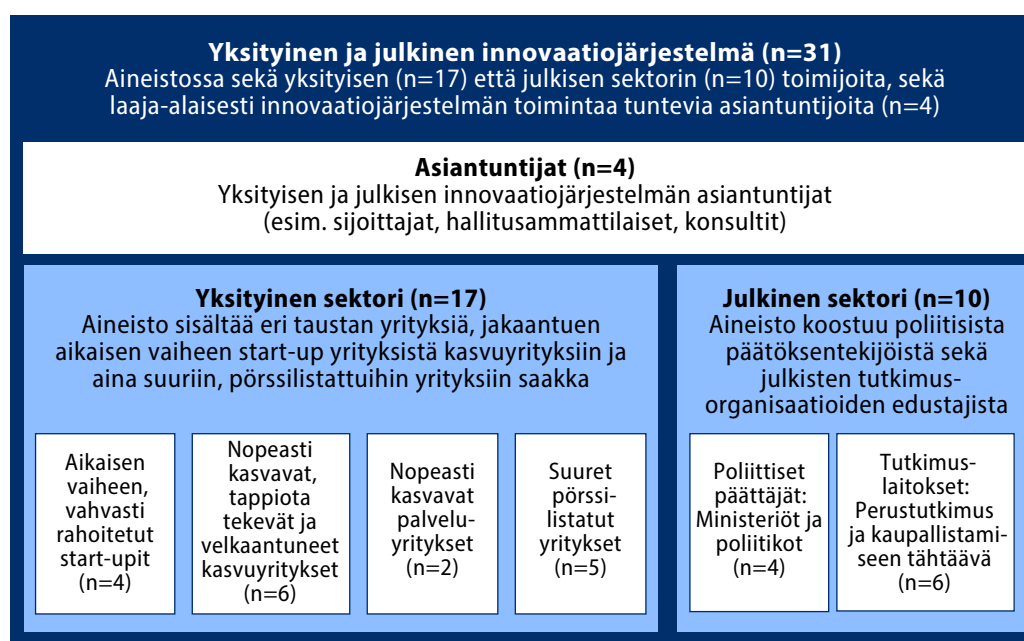
2.1.1 Aineisto ja analyysi

Selvitystyötä varten kerättiin 32 tutkimushaastattelua 31 informantilta kesän 2023 aikana. Haastateltavat valittiin huolellisesti edustamaan erilaisia ryhmiä, tavoitteita ja organisaatiotyyppisiä, jotta saatiin mahdollisimman kattava otos uusia teknologioita kehittäviä, niitä jo hyödyntäviä, sekä tätä toimintaa rahoittavia sekä säänteleviä tahoja. Haastateltavia organisaatiota valittaessa huomioitiin, että aineistoon valitaan sekä digitaalisiin ratkaisuihin että fyysisiin hyödykkeisiin painottavien yritysten ja organisaatioiden edustajia. Lähtökohtaisesti kutakin organisaatiota valittiin edustamaan yksi informantti, mistä johtuen haastatteluun pyydettiin pääasiassa

8 Carpén, J. (2024) The implications of technological neutrality for innovation policy design. Aalto University; Heikkilä, J. (2024). Finland's strategic position in deep tech: Enablers and barriers to innovating emerging technologies in Finland. Aalto University.

johtavassa asemassa olevia henkilöitä, kuten toimitusjohtajia tai teknologiajohtajia. Tehdyt haastattelut nauhoitettiin ja tämän jälkeen litteroitiin ulkoisen palvelun avustuksella. Ne noudattivat teemahaastattelun periaatetta ja kestivät tyypillisesti noin tunnin. Kuva 1 yhteenvetää kerätyn tutkimusaineiston.

Kuvio 1. Yhteenvedo ensimmäisen osatehtävän haastatteluaineistosta.



Tutkimukseen osallistui 31 haastateltavaa, joista 17 edusti yksityistä sektoria, 10 julkista sektoria, ja 4 asiantuntijaa näiden ulkopuolelta (esim. yksityinen pääomasijoittaja). Yksityisen sektorin haastateltavat edustivat sekä pieniä startupeja (n=4), vahvasti kasvavia yrityksiä (n=6), kasvavia palveluyrityksiä (n=2), sekä suuria pörssiyrityksiä (n=5). Julkisen sektorin haastateltavat jakaantuivat ministeriöiden edustajiin ja poliitikkoihin (n=4) sekä tutkimusrahoittajiin tai tutkimusorganisaatioiden edustajiin (n=6).

Datan sisältöanalyysi toteutettiin abduktiivisesti, mutta kunnioittaen induktiivisen koodauksen periaatteita. Induktiivisessa osuudessa kerätystä aineistosta luotiin rakenne, joka osoittaa kuinka yksittäisistä haastatteluaineiston osista muodostettiin

laajempia teemoja, mitkä muodostivat tulosten keskeisimmät johtopäätökset. Abduktiivinen ote viittaa siihen, että teemoja ja keskeisimpiä johtopäätöksiä hahmotellessa työ hyödynsi laajasti aiempaa akateemista tutkimusta aiheesta, ja pyrki samalla tulkitsemaan tehtyjä havaintoja tästä näkökulmasta.

Aineistonkeruun tueksi suunniteltiin virtuaalityöpöytäharjoitus, jota tehtiin haastattelujen lomassa aikataulun salliessa. Tässä haastateltavaa pyydettiin sijoittamaan omasta näkökulmastaan tärkeimmät informaatiolähteet, joiden kautta he pyrkivät ennakoimaan teknologista kehitystä, sekä arvioimaan erilaisten politiikka-instrumenttien toimivuutta oman yrityksensä näkökulmasta. Valittuja esimerkkejä näistä harjoituksesta esitellään tulosten esittelyn ohessa. Harjoituksen tavoitteena ei ollut kerätä tilastollisesti merkittävää aineistoa, vaan ennemminkin herättää keskustelua haastateltavan kanssa. Ensimmäisessä harjoituksessa haastateltavaa pyydettiin sijoittamaan tärkeysjärjestykseen erilaisia keinoja teknologian kehityksen ennakointiin tulevaisuudessa. Harjoitusta varten oli listattu vaihtoehtoja, joita tyyppillisesti käytetään tällaisessa työssä (kuten asiantuntijanäkemykset, trendianalyysit, simulaatiot, teknologian tiekartat, jne.). Toisessa harjoituksessa haastateltavaa pyydettiin erittelemään ja antamaan esimerkkejä erilaisista vaikuttimista, jotka hän tai hänen edustamansa organisaationsa näkee joko hyödyllisinä tai haitallisina tuotekehitystoiminnassa. Tähänkin harjoitukseen oli laadittu valmiita vastausvaihtoehtoja, kuten T&K-toiminnan verokannustimet, suora T&K-rahoitus, asiakkaille ohjatut tuet, innovaatiopalkinnot, standardointi, jne.

2.2 Osatehtävä 2: Nousevien teknologioiden sääntely ja rahoitus

Selvityksen toisen osatehtävän tavoitteena oli muodostaa käsitys siitä, miten teknologianeutraliteetti on otettu huomioon nousevien teknologioiden sääntelyssä ja rahoituksessa. Osatehtävä jakautui kolmeen eri työvaiheeseen, joista vastasi 4Front. Niiden toteutus on kuvattu seuraavassa.

Säädöshankkeiden kartoitus

Selvityksen yhtenä tavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva teknologianeutraliteetin soveltamisesta lainsäädännössä. Tätä tarkoitusta varten selvityksessä analysoitiin teknologianeutraliteetti-termin esiintymistä hallituksen esityksissä vuosina 1991–2022. Analyysi toteutettiin hyödyntämällä Turun yliopiston kehittämää Lakitutka-palvelua (palvelun alkuperäislähteenä on eduskunnan avoimen datan verkkopalvelu). Palvelun avulla etsittiin kaikki hallituksen esitykset, joista löytyy termi

”teknologianeutr⁹” Niiden hallitusten esitysten osalta, joissa teknologianeutraliteetti oli mainittu useimmin (neljä kertaa tai enemmän) laadittiin tarkempi analyysi termin esiintymisestä.

Edellä kuvatun analyysin rinnalla laadittiin kokonaiskuva yleisesti nouseviin teknologioihin liittyvistä säädöshankkeista. Analyysi toteutettiin tarkastelemalla aluksi yleisesti ”teknolog⁹”-termin esiintymistä hallituksen esityksissä. Lisäksi kartoitettiin tarkemmin nouseviin teknologioihin liittyviä säädöshankkeita, sekä analysoitiin tarkemmin kolmen eniten esityksissä esillä olleiden teknologioiden (tekoäly, bioteknologia, energiateknologia) säädöshankkeita. On huomioitava, että analyysi on luonteeltaan kartoittava ja tarjoaa suuntaa antavan kokonaiskuvan teknologioihin liittyvistä säädöshankkeista. On mahdollista, että kartoituksen ulkopuolelle on jäänyt tarkasteltuihin teknologioihin liittyviä säädöshankkeita, joissa teknologioihin viitattu toisella termillä. Jokaisen kolmen teeman osalta laadittiin case-esimerkit yhdestä keskeistä ja/tai tämän selvityksen kannalta relevantista säädöshankkeesta tai -kokonaisuudesta.

Säädöshankkeiden kartoituksen taustaksi analysoitiin myös kansalliset ja EU-tason säädösvalmistelun ohjeistukset teknologianeutraliteetin näkökulmasta sekä kartoitettiin termin esiintymistä EU:n asiakirjoissa EUR-Lex-palvelun avulla.

Julkisten rahoituslähteiden analyysi

Osatehtävän toisen kokonaisuuden muodostaa kartoitus ja kuvaus nouseviin teknologioihin kohdistuvasta julkisesta rahoituksesta innovaatioiden elinkaaren eri vaiheissa perustutkimuksesta lähellä markkinoita olevaan toimintaan. Rahoituksen kohdentumisen lisäksi tarkasteltiin rahoitusorganisaatioiden strategisia linjauksia ja rahoituskriteereitä siitä näkökulmasta, missä määrin niihin sisältyy nouseviin teknologioihin liittyviä valintoja ja rajauksia.

Tarkastelun kohteena olivat merkittävimmät suomalaiset julkiset tutkimus- ja yritysrahoitusorganisaatiot (Suomen Akatemia, Business Finland, Suomen Teollisuus-sijoitus, Finnvera, ELY-keskukset) sekä budjettirahoitus osana valtion talousarviota. Lisäksi on kuvattu lyhyesti keskeiset EU:n rahoitusinstrumentit. Analysoituja aineistoja ovat mm. rahoittajien strategiat, julkisesti saatavilla olevat rahoitustilastot, valtion talousarviot sekä eri rahoitusinstrumenttien rahoitusehdot. Rahoituksen

9 Vertailun vuoksi tehtiin haut termeillä ”teknologiariippumat⁹” ja ”tekniikkaneutr⁹”. Ensimmäinen termi tuotti vain 11 osumaa ja jälkimmäinen termi 39 osumaa. Näitä tuloksia ei ole huomioitu analyysissa.

kohdentumista tarkastellessa on pyritty ottamaan huomioon raportissa määritelty nousevien teknologioiden määritelmä, vaikkakin täydellistä rajausta on haastavaa tehdä mm. siitä syystä, että useissa rahoitusohjelmissa rahoitetaan monenlaista tutkimus- ja innovaatiotoimintaa, eikä ainoastaan nousevia teknologioita.

Kansainvälinen vertailu

Osatehtävän kolmannen osan muodostaa tiivis vertailu kolmen verrokkimaan käytännöistä nousevien teknologioiden rahoituksessa ja sääntelyssä. Verrokkimaiksi valittiin Suomen kaltaisia maita, joissa on tunnistettavissa erilaisia lähestymistapoja teknologianeutraaliteettiperiaatteen soveltamisessa. Tarkasteluun valitut maat olivat Ruotsi, Irlanti ja Belgia (Flanderin alue). Vertailu toteutettiin kirjoituspöytätyönä perustuen saatavilla oleviin julkisiin aineistoihin ja asiakirjoihin.

2.3 Osatehtävä 3: Periaatteet teknologiakehityksen vaikuttavaan suuntaamiseen tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa

Kolmas osatehtävä hyödynsi aiempien osatehtävien tuloksia ja syvensi analyysia vuorovaikutuksessa asiantuntijoiden kanssa. Vaiheen lopputuloksena määriteltiin yleiset periaatteet ohjaamaan vaikuttavaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa. Työvaiheesta vastasi Demos Helsinki.

Osatehtävän metodologian muodostavat dokumenttianalyysi, asiantuntija-haastattelut, sidosryhmätyöpaja teknologia-, innovaatio-, ja teollisuuspolitiikan asiantuntijoiden ja sidosryhmien kanssa sekä ohjausryhmän työpaja. Periaatteet on siis muodostettu aikaisempien työvaiheiden tulosten pohjalta, joiden keskeisiä aihioita on syvennetty tässä vaiheessa toteuttamalla haastattelut asiantuntijapaneelin kanssa, kartoittamalla keskeisiä teknologiakehitykseen vaikuttavia muutosvoimia kirjallisuudesta sekä sidosryhmä- että ohjausryhmätyöpajassa.

Muutospaineiden kartoitus

Muutospaineita teknologiakehityksen vaikuttavaan suuntaamiseen tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa arvioitiin tarkastelemalla globaalisti keskeisiä ilmiöitä (kuten talouskehitys, ilmastonmuutos, turvallisuus, geopolitiikka) ja teknologioita seuraavan 15 vuoden aikana Suomen näkökulmasta. Osatehtävässä kartoitettiin nousevien teknologioihin liittyviä tärkeimpiä epävarmuuksia, trendejä, nousevia ilmiöitä

sekä heikkoja signaaleja. Kartoitus toteutettiin dokumenttianalyysillä sekä hankkeen kansainvälisen asiantuntijapaneelin haastatteluilla. Aineistona käytetään keskeisiä kokoavia raportteja, kuten:

- Linturi, R. (2020). Kohti parempaa tulevaisuutta. Teknologian mahdollisuudet ja uhat kestävän kehityksen edistämiseksi. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu, 5, 2020.
- VTT. (2022). VTT:n visiopaperi: Lupaavimmat teknologiat.
- Warnke, P., Cuhls, K., Schmoch, U., et al. (2019). 100 Radical Innovation Breakthroughs for the future. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.
- Penttilä R. E. J., Tamminen, S., Engelberg, A., & Ryntty, K. (2023). Murrokselliset teknologiat ja kansallinen turvallisuus: Onko Suomi valmis haasteeseen? Nordic West Office.
- Izsak, K., Perez, M., Kroll, H. & Wydra, S. (2020). Advanced Technologies for Industry – EU Report, Technological trends and policies. European Commission.
- Harjuniemi, T., Jousilahti, J., Nuutinen, J., et al. (2023). Econchange: State's changing role in regard to the economy in turbulent times. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja, 2023:28.

Toimintaympäristön muutosvoimien ja haasteiden mallintamisessa hyödynnettiin PESTE-analyysia. Viisi muutospainoiden luokkaa ovat: politiikka ja turvallisuus, talous, yhteiskunta, teknologia ja ympäristö.

Asiantuntijahaastattelut ja työpajat

Muutospaineiden kartoituksen jatkona toteutettiin haastattelut hankkeen kansainvälisen asiantuntijapaneelin jäsenille. Tutkimuskysymykset muodostettiin hankkeen kahden ensimmäisen osatehtävän havaintojen pohjalta. Näissä työvaiheissa saadut tulokset analysoitiin ja niistä tunnistettiin avoimia kysymyksiä hankkeen työn ohjaamiseksi. Kysymysten muotoilussa hyödynnettiin myös asiantuntijapaneelin sekä hankkeen ohjausryhmän esittämiä huomioita. Haastattelujen rakenne laadittiin aikaisempien tulosten sekä tunnistettujen avointen kysymysten pohjalta. Haastattelut toteutettiin lokakuun 2023 aikana, haastatellen kaikkia asiantuntijapaneelin jäseniä yksilöinä:

- Susana Borrás – Professor of Innovation and Governance, Copenhagen Business School
- Hille Hinsberg – Product Manager, Proud Engineers
- Mervi Karikorpi – EU:n innovaatio- ja teollisuuspolitiikan päällikkö, Teknologiateollisuus
- Totti Könnölä – Toimitusjohtaja, Insight Foresight Institute
- Ville Takala – Tutkijatohtori, Hanken
- Karin Väyrynen – Professori, Oulun yliopisto

Haastattelurungon muodostivat seuraavat kysymykset:

- Miten määrittelisit teknologianeutraliteetin?
- Miten teknologianeutraliteettiä tulisi mielestäsi tulkita – sääntelyn suunnittelun piirteenä, markkinatilanteena, teknologisenä monimuotoisuutena, tavoitteena itsessään vai jollain muulla tavalla?
- Kysymys TKI-politiikkaan liittyvistä toimijoista (teknologiakehittäjät, poliittiset johtajat, virkamiehet) – kuka käyttää valtaa ja miten? Kenen pitäisi käyttää valtaa?
- Tiedätkö kansainvälisiä esimerkkejä siitä, miten hallitukset tekevät TKI-politiikkaa, millaista toimintaa pidät relevanttina tässä ajassa? Mikä käytännön tulkinta on mielestäsi merkityksellisin esimerkki?
- On erilaisia näkemyksiä siitä, miten julkishallinnon pitäisi lähestyä uusien teknologioiden ennakoimista, tunnistamista ja tukemista. Mitkä periaatteet ovat mielestäsi hyödyllisiä julkishallinnolle uusien teknologioiden tukemiseksi samalla, kun edistetään oikeudenmukaisia markkinaolosuhteita?
- Kuinka yhteiskunnalliset haasteet tulisi huomioida uusien ja nousevien teknologioiden tukemisessa? Miten teknologisia ja systeemisiä siirtymiä voidaan nopeuttaa TKI-politiikan avulla?

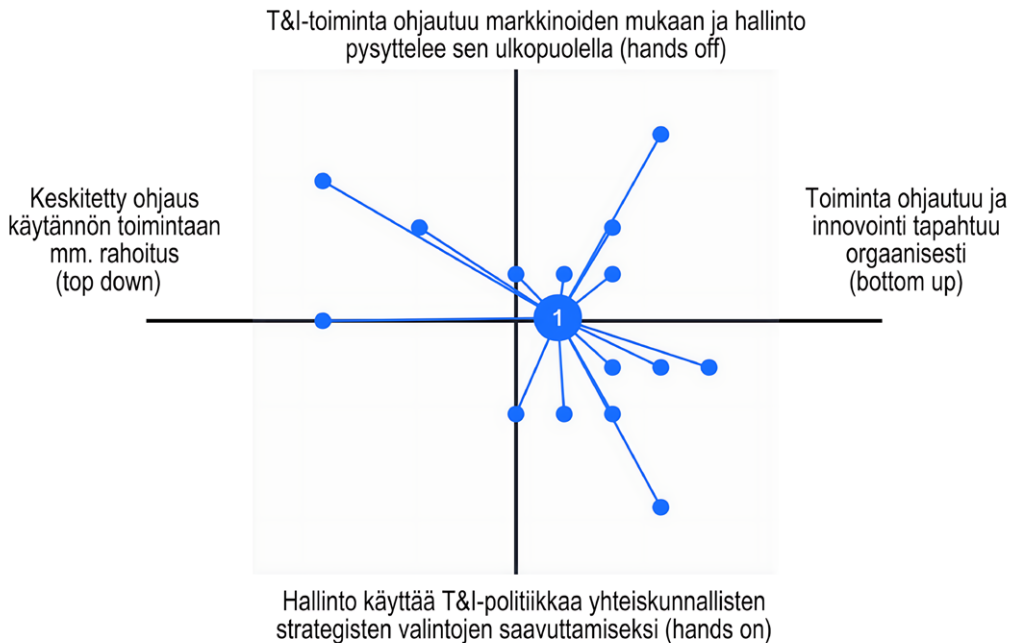
Muutospaineiden kartoituksen jälkeen järjestettiin sidosryhmätyöpaja yhdessä teknologia-, innovaatio-, ja teollisuuspolitiikan yksityisten ja julkisten sidosryhmien sekä muiden asiantuntijoiden kanssa. Muutospaineiden analyysin tulokset toimivat työpajan pohjana.

Matriisit tutkimus- ja innovaatiopolitiikan jännitteistä ja arkkityypit valtion roolista

Työpajatyöskentelyn fasilitoimiseksi luotiin myös matriiseja eli yksinkertaistettuja kärjistyksiä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan dynamiikoista, erityisesti valtion perspektiivistä. Ne kuvaavat eri TKI-toimijoiden, kuten tutkimuslaitosten, yritysten ja valtiovallan välisiä suhteita. Matriiseihin oli sijoitettu myös toisen osatehtävän kansainväliset tapausesimerkit suuntaa antavina yksinkertaistuksina.

Kuvio 2. Yksi luoduista matriiseista ja työpajan tulos ideaalitalanteesta.

1. Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi



Vaiheen tuloksena syntyi kolme eri arkkityyppiä, joista jokainen edustaa yhtä mahdollista valtion lähestymistapaa nousevien teknologioiden kehityksen tukemiseen sekä jännitteisiin ja muutospaineisiin vastaamiseksi. Arkkityypit toimivat välineinä eri näkemysten ja ääripäiden huomioimiseksi työpajoissa, ja ne on muodostettu aiempien osatehtävien ja asiantuntijapaneelin perusteella:

- Valtio A: Vahvimmat markkinatoimijat teknologiakehityksen luotsina
- Valtio B: Pitkän aikavälin kansallinen visio
- Valtio C: Mukautuva ja reaktiivinen yhteistyö

Jokaisesta valtion tutkimus- ja innovaatiopolitiikan arkkityypistä kuvattiin niiden eetos, lähestyminen yhteiskunnan strategiaan tavoitteisiin ja nouseviin teknologioihin, teknologianeutraaliteettiä sekä tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa huomioituun aikaväliin.

Näiden vaiheiden tuloksien perusteella muodostettiin kymmenen eri periaatetta vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle, kolmen eri päämäärän alle, jotka ovat: 1) Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategi-avalinnoiksi, 2) Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä, sekä; 3) Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti.

2.4 Osatehtävä 4: Toimintamalli tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suuntaamiseksi ja suositukset

Neljäs osatehtävä jatkoi kolmannen työtä, edelleen tarkentaen määriteltyjä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan periaatteita konkreettisemmaksi toimintamalliksi ja toimenpidesuosituksiksi. Menetelminä hyödynnettiin haastatteluja virkamiesten kanssa sekä yhteiskehittämis- ja validointityöpajaa. Demos Helsingin johtaman osuuden keskeisiä tutkimuskysymyksiä olivat muun muassa:

- Mitkä ovat tärkeimmät kehityskohteet kansallisissa toimintatavoissa uusien ja nousevien teknologioiden tukemiseksi ja innovaatiotoiminnan vaikuttavuuden lisäämiseksi?
- Mikä on valtion rooli nousevien teknologioiden mahdollisuuksien vaikuttavassa hyödyntämisessä ja kannusteiden asettamisessa eri aloilla?

- Miten radikaaleja paradigman muutoksia pystytään tukemaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa? Miten EU:n rahoitusohjelmat ja kumppanuudet tulisi huomioida osana tätä?

Osatehtävän ensimmäisessä vaiheessa toteutettiin hypoteesivetoiset haastattelut virkamiehille (6 kpl), jotka strukturoitiin edellisessä osatehtävässä tunnistettujen periaatteiden pohjalta. Niissä olivat edustettuina muun muassa Tutkimus- ja innovaationeuvosto, Business Finland, Puolustusministeriö, Ympäristöministeriö, ja Teknologiateollisuus ry. Muut ministeriöt olivat hyvin edustettuina hankkeen ohjausryhmässä. Haastattelujen tavoitteena oli tarkentaa julkisen hallinnon näkemyksiä siitä, miten muodostetut periaatteet voisivat toteutua Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa aidosti vaikuttavalla tavalla, mukaan lukien se, miten EU:n rahoitusohjelmat ja kumppanuudet tulisi huomioida. Haastatteluista saadun syötteen pohjalta muodostettiin ensimmäinen versio tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamallista, joita yhteiskehitettiin eteenpäin työpajassa yhdessä sidosryhmien kanssa helmikuussa 2024. Haastattelukymykset löytyvät liitteestä 1.

Osatehtävän ja hankkeen viimeisessä vaiheessa toimintamallista luotiin lopullinen versio ja sen toimenpidesuosituksia validoitiin sidosryhmien kanssa. Toimintamalli koostuu kuudesta vaiheesta, jotka ovat rakentuneet läpi hankkeen tehdyn työn pohjalta. Vaiheet ovat:

- Jaettu ymmärrys tutkimus- ja innovaatiopolitiikan strategisista tavoitteista ja valinnoista
- Pitkäjänteinen yhteistyö ja sen johtaminen
- Kokeilevan teknologiakehityksen edistäminen
- Päivittyvä tilannekuva ja teknologiakehityksen toimintaympäristön ennakointi
- Teknologiakehityksen tulkinta yhteiskunnallisten tavoitteiden näkökulmasta
- Oppiminen ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimien tarkistaminen ja uudelleenkohdentaminen

Toimintamallin käytäntöön viemiseksi esitetään konkreettisia toimenpidesuosituksia (luku 7.4).

3 Hankkeen tausta ja keskeiset käsitteet

3.1 Nousevat teknologiat

Nousevien teknologioiden (emerging technologies) tunnistaminen on haastavaa. Osaltaan tätä tehtävää hankaloittaa tutkittavan ilmiön määrittely: käsitteelle ei ole muodostunut laajasti hyväksyttyä käsitteistöä, rajausta tai jäsennyttä, joiden myötä osattaisiin selkeästi tunnistaa, mitkä ovat nousevia teknologioita.¹⁰ Sinänsä keskustelun monitulkintaisuus on ymmärrettävää, sillä ennen kuin teknologia on selvästi vakiinnuttanut paikkansa ja tullut yleisesti tunnetuksi, sen roolin ja tarkoituksen sanoittaminen heijastelee kunkin toimijan omaa tarkastelukulmaa. Teknologiamurroksen kognitiivisia vaikutuksia analysoivat tutkimukset¹¹ korostavatkin, kuinka teknologian kehitys ja sen merkityksen tulkinta muokkautuu inhimillisten tekijöiden ja työhön osallistuvien persoonien näkemyksen myötä. Tämä näkökulma on myös luonnollinen osa sosioteknistä muutosta käsittelevää tutkimusta.

Erilaisia jäsennyksiä nousevien teknologioiden määrittelyyn on toki esitetty. Kattavassa, noin 500 artikkelin kirjallisuuskatsauksessaan Rotolo, Hicks & Martin tunnistavat viisi keskeistä vaatimusta nousevalle teknologialle¹²:

1. **Radikaali uutuusarvo:** tietty toiminto tai tulos tuotetaan erilaisella periaatteella, joka on uusi sekä kehittäjälle että markkinoille.
2. **Nopeampi kasvu:** teknologia kasvaa nopeammin kuin sen vaihtoehdot tai verrokkit.
3. **Koherenssi:** teknologialle on muodostunut tunnistettava kädenjälki tutkimus- ja harmaassa kirjallisuudessa ja sen muoto kehittyy ja tarkentuu jatkuvasti, tyypillinen teknologian määritelmä rajautuu jatkuvasti yksiselitteisemmäksi.

10 Rotolo, D., Hicks, D., & Martin, B. R. (2015). What is an emerging technology? *Research Policy*, 44(10), 1827–1843. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.006>

11 Garud, R., & Karnøe, P. (2003). Bricolage versus breakthrough: Distributed and embedded agency in technology entrepreneurship. *Research Policy*, 32, 277–300. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00100-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00100-2); Kaplan, S., & Tripsas, M. (2008). Thinking about technology: Applying a cognitive lens to technical change. *Research Policy*, 37(5), 790–805. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2008.02.002>

12 Rotolo et al., 2015 (ibid.)

4. **Merkittävä vaikutus:** teknologian käyttöönotolla ennakoitaan olevan merkittäviä vaikutuksia, jotka heijastuvat erilaisiin olemassa oleviin toimijoihin, käytänteisiin ja prosesseihin ja niihin liittyvään tietämykseen.
5. **Epävarmuus ja monitulkintaisuus:** teknologialla saavutettava lopputulos ja vaikutukset ovat vielä epävarmoja ja siten sen merkitys ja hyödyt ovat monitulkintaisia.

Näiden tekijöiden myötä Rotolo, Hicks ja Martin myös esittelevät määritelmän nousevalle teknologialle, jossa korostetaan edellä mainittujen tekijöiden lisäksi teknologian laajaa sosioekonomista merkitystä erilaisille sidosryhmille, mukaan lukien erilaiset toimijat ja instituutiot sekä näiden keskinäisille vuorovaikutussuhteille.¹³ Vaikka artikkeli perustuu laajaan kirjallisuuskatsaukseen ja on julkaistu arvostetussa tiedelehdessä (Research Policy), tämäkään työ ei pysty tarjoamaan täysin kattavaa tai selkeää määritelmää nousevien teknologioiden tunnistamiseen. Sen sijaan kirjoittajien esittämä määritelmä havainnollistaa, kuinka haastavaa on arvioida nousevien teknologioiden roolia ja merkitystä: tietyn teknologian rajausta sisältää paljon subjektiivista arviointia, jopa saavutettavaan lopputulokseen liittyen. Tästä johtuen nousevien teknologioiden ennakointi liittyy helposti epämääraisiin ja avoimesti määriteltyihin kokonaisuuksiin ja ratkaisuihin. Näiden epävarmuuksien vuoksi nousevat teknologiat ja ratkaisut näyttävät erityisen haastavina sääntelyn näkökulmasta, sillä määräyksiä joudutaan usein kohdistamaan 'liikkuvaan maaliin', eli epätarkasti ja monitulkintaisesti rajattuihin kokonaisuuksiin.¹⁴

Seuraavassa taulukossa on koottu Suomen tiede- ja innovaatiopolitiikan kannalta relevantteja listoja nousevista teknologioista. Esimerkiksi EU:n, teknologia-neuvottelukunnan ja NATO:n käsitys tällä hetkellä nousevista teknologia-alueista on varsin yhtenevä, vaikka alueiden sisällä on tiettyjä eroja painotuksissa. Itse asiassa osapuilleen samat alueet on tunnistettu jo alun perin 2009 lanseeratusta EU:n avainteknologiapolitiikassa (oikea sarake).

13 Rotolo, D., Hicks, D., & Martin, B. R. (2015). What is an emerging technology? Research Policy, 44(10), 1827–1843. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.006>

14 Kuhlmann, S., Stegmaier, P., & Konrad, K. (2019). The tentative governance of emerging science and technology—A conceptual introduction. Research Policy, 48(5), 1091–1097. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.006>

Taulukko 1. Nousevia teknologioita eri lähteistä.

EU:n STEP-regulaatio	Teknologia-neuvottelukunnan suosittelemat teknologiat¹⁵	NATO Emerging and Disruptive Technology Strategy¹⁶	EU:n Key Enabling Technologies (KETs)¹⁷
Syvät ja digitaaliset teknologiat	Tekoäly ja ohjelmistoteknologiat	Tekoäly	Tekoäly
	Kvanttitekniikka	Kvanttitekniikka	
	Radio- ja tietoliikenne	Seuraavan sukupolven tietoverkot	Tietoturvalisuus ja turvalliset tietoliikenneyhteydet
	Tietoturva- ja luottamuspalvelut		
	Autonomiset järjestelmät	Autonomia	
Puhtaat teknologiat	Energia-, hiilineutraalius-, varastointitekniikat	Energia- ja propulsiotekniikat	
Biotekniikat	Uudet materiaalit	Uudet materiaalit ja valmistustekniikat	Kehittyneet- ja nanomateriaalit
	Biotekniikka	Biotekniikka ja ihmisen toiminta-/suorituskyky	Life-science -tekniikat
	Ruoka- ja terveystekniikat		
			Mikro-/ nano-elektroniikka ja fotonika
	Kehittynyt valmistus		Kehittynyt valmistus
		Avaruus	
		Hypersooninen (>Mach 5) lento-tekniikka ja dynamiikka	

15 Teknologianeuvottelukunta. (2021). Suomen teknologiapolitiikka 2020-luvulla : Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:30. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-692-3>

16 NATO, 2030 Emerging and Disruptive Technologies, Saatavilla https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm

17 EPRS/STOA, 2021. Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty. Saatavilla: [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS_STU\(2021\)697184_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS_STU(2021)697184_EN.pdf); Euroopan komissio, n/a. Key Enabling technologies policy. Saatavilla: https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/key-enabling-technologies_en

Kun tarkastellaan harmaan kirjallisuuden keskustelua nousevista teknologioista laajemmin, on suhteellisen selvää, että eri organisaatiot, jotka analysoivat nousevia teknologioita ja suunnittelevat ja/tai toteuttavat niihin kohdistettuja politiikkatoimia, toimivat eri aikajänteellä. Esimerkiksi NATO:n teknologiastrategiassa¹⁸ painotetaan teknologioita, joiden odotetaan nousevan käyttöön noin 20 vuoden aikajänteellä. Toisaalta kaupalliset tutkimuslaitokset arvioivat nousevia teknologioita esimerkiksi 3–5 vuoden jänteellä. Lisäksi keskusteluun sekoittuu teknologioiden strategisuus ja muu tärkeys esim. elinkeinopolitiikan tai turvallisuuden näkökulmasta, sekä teknologian kehityksen ja vaikutusten ajankohtaisuus ja muu kiireellisyys. Hieman karrikoiden, teknologiat nousevat puheenaiheeksi silloin, kun ne etenevät kaupallisen hyödyntämisen vaiheeseen, jolloin ne eivät ole enää varsinaisesti nousevia teknologioita yllä esitetyn määritelmän mukaan. Esimerkiksi EU:n Strategic Technologies for Europe (STEP)-regulaatiossa on tunnistettu strategisia teknologia-alueita, joihin EU:n jäsenmaiden tulisi panostaa teknologisen kilpailukyvyyn säilyttämiseksi. Joukossa on kuitenkin teknologioita, jotka eivät ole ”nousevia teknologioita”.

Tekoäly on hyvä esimerkki tämän käsitteistön ja sen soveltamisen haasteista (ks. tiivis kuvaus tekoälyn elinkaaresta oheisessa infolaatikossa). Tämän hankkeen kannalta on kiinnostavaa, että tekoäly ei esimerkiksi täytä NATO:n ”nousevan teknologian” määritelmää, vaikka istuukin Rotolon määritelmään. Tekoälyn voidaan väittää jo ”nousseen eli tekoälyn kaupallinen hyödyntäminen on arkipäiväistynyt ja valtavirtaistunut viime vuosina, erityisesti 2020-luvulla. Tekoäly on määritelmällisesti ja käyttötarkoituksen osalta monitulkintainen, mutta hajoaa analysoitaessa joukoksi eri teknologioita ja sovelluksia, joiden monitulkintaisuus on merkittävästi pienempi kuin kattokäsitteen. Tiedetään jo varsin laajasti, että tekoäly prosessi- ja päätösautomaation ja erilaisten avustejärjestelmien muodossa tulee korvaamaan ihmistyötä helposti etenkin automatisoitavissa sääntöpohjaisissa työnkuissa. Tämä ei tarkoita, etteikö tekoäly olisi strategisen tärkeä kysymys – se vain ei ole määritelmällisesti nouseva teknologia. Tämän sinällään mahdollisesti semanttiselta vaikuttavan keskustelun vakava puoli on, että nousevat teknologiat pitäisi ottaa vakavasti, jo silloin kun ollaan vielä kansallisen kilpailukyvyyn ja osaamispääoman rakentamisen vaiheessa.

18 Ks. lisää esim. NATO (n/a) Emerging and disruptive technologies. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm

Otteita tekoälyn kehityskaaresta

Tekoäly on saanut erittäin paljon huomiota erityisesti suurten kielimallien julkisen esittelyn myötä. Tekoäly on myös nousut sääntelyn agendalle EU:ssa, jossa on käsitelty tekoälyasetusta. Vaikka tekoälyn nousu keskusteluun on ollut nopeaa, sillä on pitkä ja vaiheikas historia, josta seuraavassa tiivis yleiskatsaus.

Mitä on tekoäly

Yleiskielinen sanakirjamääritelmä tekoälylle on esimerkiksi ”tutkimuksen ja tekniikan alue, jossa tutkitaan ja kehitetään tietokonejärjestelmiä, jotka pystyvät tehtäviin, joiden ajatellaan vaativan inhimillistä älykkyyttä, kuten kuvien tulkinta, kielen ymmärrys ja kääntäminen, sekä päätöksenteko”.

IBM on esittänyt vielä yksinkertaisemman määritelmän ”tekoäly on ala, jossa yhdistellään tietotekniikkaa ja aineistoja ongelmanratkaisuun”.

Tekoäly ei siis ole yksittäinen tietty teknologia, vaan se on kattokäsite joukolle erilaisia useiden teknologioiden sovelluksia, joissa yhdistyvät sovellettu matematiikka ja tilastotiede sekä ohjelmisto- ja tietotekniikan eri alueet, tavalla, joka mallintaa mahdollisesti elävän olennon ajatusprosesseja, yleensä jonkin suhteellisen rajatun ongelman ratkaisuun.

Tekoälyn nousut ja laskut

Tekoälyn historia alkaa 1950-luvulta ja sen julkisen tutkimuksen kulta-ajaksi sanotaan noin 30 vuoden jaksoa 1950-luvulta 1970-luvun loppuun. Tänä aikana luotiin tekoälyn kehittämisen käsitteellinen ja teoreettinen perusta. Teknologian rajoitteista johtuen sovellusten kehittäminen ei kuitenkaan edennyt ja rahoittajien kiinnostus loppui 1970-luvun myötä.

1980-luvulla tietotekniikka kehittyi ja sen mahdollistamana koettiin seuraava sysäys tekoälyn kehittämiseen. Silloin kiinnostuksen kohteena olivat erityisesti erilaiset asiantuntijajärjestelmät (Expert Systems) ja päätöksenteon tukijärjestelmät (Decision Support Systems). Nämä järjestelmät olivat kuitenkin varsin rajoittuneita ja toimivat suhteellisen yksinkertaisin menetelmin, ja rahoitus loppui jälleen 1980-luvun tullen loppuun. Pettymys tekoälyn mahdollisuuksiin oli jopa niin

perusteellista, että tutkijat välttivät leimautumisen pelossa käyttämästä termiä tekoäly 1990- ja 2000-luvun ajan. Itse kehitystyö kuitenkin jatkui monissa teollisissa sovelluksissa, kuten konenäössä, koneoppimisessa, prosessiautomaatiossa jne.

Meneillään olevan tekoälyn kehitysaallon polttoaineena on ollut laskentatehon kasvu, sensorien kehittyminen, sekä verkottumisen mahdollistaman virtualisointi ja aineistojen määrän, saatavuuden ja käytettävyyden kasvu. 2010-luvulla tekoälyn kehittäminen siirtyi aineistovetoiseksi ja se näkyy siihen liittyvän aineettoman pääoman räjähdysmäisenä kasvuna ensiksi 2011-alkaen ja edelleen kiihtymisenä 2017. Tekoälyn liittyvien patenttiperheiden määrä lisääntyi kolme suuruusluokkaa 2000-luvun alun ja vuoden 2017 välillä, mikä ennakoiki kaupallista hyödyntämisen alkua. Nyt julkisesti puheenaiheena olevien suurten kielimallien kehitys alkoi 2018, ja OpenAI-yrityksen GPT-4:n perheen 4. sukupolven perusmallin käyttöliittymän ChatGPT julkaisu vuonna 2022 sai yleisen kiinnostuksen tekoälyyn erittäin voimakkaaseen kasvuun.

Julkisen huomion kohteena ollut kielimallien kehitys on lisäksi kuitenkin vain yksi teknologiaperhe ja sovellus tekoälyn sateenvarjon alla. Tekoälyä ja siihen verrattavia sovelluksia kuten hahmontunnistusta/konenäköä sovelletaan lääketieteelliseen diagnostiikkaan, teollisuuden prosessien valvontaan, aineenkoestukseen ja laadunvalvontaan. Tekoälyä sovelletaan tietoverkkojen optimointiin ja reititysalgoritmeihin, sekä yhdyskunta- ja väyläsuunnitteluun sekä logistiikan optimointiin. Tekoälyä ollaan kehittämässä myös esimerkiksi kemian- ja lääketieteellisuuden uusien yhdisteiden kehittämiseen.

3.2 Teknologianeutraliteetti

Teknologianeutraliteetin käsite juontaa juurensa EU-sääntelyyn. Siihen on ensimmäistä kertaa viitattu televiestintäverkkojen sääntelyn yhteydessä, kun vuonna 2002 julkaistu televiestintäpaketti ja sen yleispalveludirektiivi (2002/22/EY) muotoiltiin teknologianeutraaliksi¹⁹ (ks. tarkempi kuvaus luvussa 5). Tämän jälkeen käsite on noussut tärkeäksi säädösvalmistelun perusperiaatteeksi. Se on myös yksi parlamentaarisen TKI-työryhmän määrittelemästä kymmenestä keskeisestä periaatteesta, joiden pohjalta Suomen tutkimus-, kehitys- ja innovaatio- eli TKI-järjestelmää pyritään kehittämään.²⁰ Viime vuonna julkaistussa loppuraportissa parlamentaarinen TKI-työryhmä muotoilee tämän periaatteen seuraavasti:

”Teknologia- ja toimialaneutraalius: Julkinen TKI-järjestelmä ei mikromanage-roi eikä valitse voittavia yrityksiä, teknologioita tai toimialoja yksityiskohtaisella tasolla. Tukien suuntaamisessa voidaan kuitenkin ottaa huomioon olemassa olevat vahvuudet sekä yhteiskunnan strategiset tavoitteet. Järjestelmä toimii alhaalta ylös periaatteella, jolloin julkinen TKI- rahoitus kanavoidaan tavoilla, joka mahdollistaa uusien ja yllättävienkin toimijoiden ja toimialojen nousun.”

(Parlamentaarinen TKI-työryhmä, 2023, s. 65)

Usein teknologianeutraliteetin käsite nähdään pitkälti positiivisessa valossa ja selkeästi tavoittelemisen arvoisena periaatteena. Asia ei kuitenkaan ole lainkaan näin yksiselitteinen. Teknologianeutraliteetin periaatetta on kritisoitu jopa varsin jyrkästi siitä, että myös teknologianeutraalius käytännössä johtaa yhteiskunnalliseen kannanottoon ja tietynlaisen teknologian suosimiseen. Tällainen tilanne voi seurata esimerkiksi energijärjestelmien ja -teknologioiden kilpailussa, jossa selkeä yhteiskunnallinen tahtotila on korvata perinteiset fossiiliset teknologiat uusilla, uusiutuvilla vaihtoehdoilla. Siten yhteiskunnalla olisi selkeä syy tukea esimerkiksi liikenteen sähköistymistä erilaisin mekanismein, kuten antamalla tukea sähköautojen hankintaan tai latausinfrastruktuurin kehittämiseen. Kuitenkin sama tavoite, eli liikenteen hiilidioksidipäästöjen vähentäminen, voitaisiin saavuttaa sähköistymisen sijaan myös monin eri tavoin, kuten vety- tai biokaasuajoneuvojen kautta. On kuitenkin mahdotonta, että yhteiskunta tukisi kaikkien näiden kilpailevien vaihtoehtojen kehittämistä täysin tasapuolisesti ja tehokkaasti. Siksi tällaiset yhteiskunnallisen

19 Euroopan komissio (European Commission). (2018). The European Union’s Efforts to Simplify Legislation – Annual Burden Survey. <https://perma.cc/QXU4-VNRY>

20 Parlamentaarinen TKI-työryhmä 2022. (2023). Tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen käyttöä koskeva monivuotinen suunnitelma : Parlamentaarisen TKI-työryhmän 2022 loppuraportti. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-978-6>

ongelman ratkaisuun tähtäävät tuet ovat usein teknologiaspesifejä, eivätkä siten istu teknologianeutraliteetin periaatteisiin.²¹ Päinvastoin, tällaisessa tilanteessa teknologianeutraalius auttaisi ylläpitämään vallalla olevia rakenteita ja hidastamaan toivottavan murroksen kehitystä, mikäli teknologianeutraalit tuet kohdistuisivat kaikkien vaihtoehtojen lisäksi tasapuolisesti myös polttomoottoriautoihin ja siihen liittyvään infrastruktuuriin. Siten teknologianeutraali sääntely soveltuu huonosti yhteiskunnallisten tavoitteiden ajamiseen tai markkinan epäkohtien korjaamiseen.

Akateemisessa tutkimuksessa on esitetty väitteitä, joiden mukaan sääntelyä tarvitaan sekä teknologianeutraalina että -spesifinä. Näiden vaihtoehtojen välillä tasapainoilu auttaa tarjoamaan avointa kilpailua tukevia rakenteita, mutta samalla mahdollistaa havaittujen markkinan epäkohtien tai virheiden korjaamista yhteiskunnan kannalta toivottuun suuntaan.²² Erityisesti monimutkaisissa ja nopeasti muuttuvissa ympäristöissä on entistä haastavampaa asettaa laajoja yhteiskunnallisia tavoitteita, jotka itsessään mahdollistaisivat teknologianeutraalin sääntelyn. Tällaisissa ympäristöissä luontevaa olisikin keskittyä sääntelemään säävutettuja vaikutuksia tai lopputuloksia itse teknologioihin keskittymisen sijaan.²³ Lainsäädännön näkökulmasta tämä tarkoittaa, että sääntelyn tulee olla riittävän yleistasoista, jottei teknologisiin vaihtoehtoihin tarvitse ottaa kantaa, mutta riittävän konkreettista, jotta ei-toivotut vaikutukset voidaan rajata sääntelyllä pois.

21 Bergek, A., Hansen, T., Hanson, J., Mäkitie, T., & Steen, M. (2022). Complexity challenges for transition policy: lessons from coastal shipping in Norway. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 46(April 2022), 0–4. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.100687>

22 Aghion, P., David, P. A. & Foray, D. (2009). Science, technology and innovation for economic growth: Linking policy research and practice in 'STIG Systems'. *Research Policy*, 38, 681-693.

23 Koops, B.-J. (2006). Should ICT regulation be technology-neutral? Starting points for ICT regulation. *Deconstructing prevalent policy one-liners*, IT & Law Series, Bert-Jaap Koops, Miriam Lips, Corien Prins & Maurice Schellekens, eds, 9, 77-108.

3.3 Teknologianeutraali vai teknologisesti avoin ja monimuotoinen

Käsitteenä teknologianeutraliteetti liittyy vahvasti sääntelyyn, kun taas teknologinen avoimuus ja monimuotoisuus kuvaa päätöksenteon reunaehtoja tai sillä saavutettua lopputulosta. Teknologianeutraliteetti ei tarkoita pelkästään pidättäytymistä ”voittajien valitsemisesta,” mutta myös teknologisen avoimuuden ja monimuotoisuuden tukemista. On myös hyvä muistaa, että sanaa ”teknologia” itsessään voidaan käyttää erilaisin tavoin, kuten Arthur kirjassaan ”The Nature of Technology” kuvaa²⁴:

1. Keino tuottaa määritelty päämäärä (kuten kuulalaakeri, sähkögeneraattori, tiedonkäsittelyalgoritmi).
2. Yhdistelmä alan käytäntöjä, komponentteja tai ratkaisuja (esim. ”bioteknologia” tai ”tietotekniikka”).
3. Kokoelma laitteita ja tuotannollisia käytänteitä, jotka ovat saavutettavissa tietyille kulttuurille tai yhteisölle (kun sanaa käytetään kuvaamaan laajoja merkitysyhteyksiä ihmiskunnan tasolla, kuten ”teknologiaa tarvitaan taistelussa ilmastonmuutosta vastaan”).

Valittu näkökulma ”teknologian” tarkasteluun vaikuttaa oleellisesti myös siihen, mitä neutraliteetilla, avoimuudella tai monimuotoisuudella tarkoitetaan tietyssä yhteydessä. Kuten aiemmin todettiin, teknologianeutraali sääntely juontaa juurensa televiestintäverkkoihin ja niihin liittyviin ratkaisuihin. Tämän tyyppinen teknologianeutraliteetti viittaa vahvasti Arthurin ensimmäiseen näkökulmaan. Kuitenkin yhteiskunnan kannalta merkittävimmät pyrkimykset ja tavoitteet liittyvät vahvasti kolmanteen ja kaikista laajimpaan näkökulmaan: uusien teknologioiden kautta voidaan laajentaa saavutettavissa olevien laitteiden ja käytänteiden kirjoa, mikä puolestaan mahdollistaa yhteiskunnallisen kehityksen, entistä paremmat toimintatavat ja uudenlaista hyvinvointia. Tämän suuntainen kehitys voidaan nähdä yhteiskunnan kannalta kaikista merkittävimpänä. Vastaavasti Arthurin kolmas näkökulma on jo itsessään varsin avoin ja monimuotoinen, sillä määritelmässä ei varsinaisesti rajata ”teknologiaa” mihinkään tiettyyn ratkaisuun tai keinoon, vaan tarkastellaan vaihtoehtoja osana laajaa kokonaisuutta. Mikäli ”teknologia” ymmärretään itsessään näin laajana käsitteenä, ei teknologianeutraliteetti (tai sen puute) ole enää erityisen tarpeellinen tarkastelukulma.

24 Arthur, W. B. (2009). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Penguin Books.

Myös teknologianeutraliteettia voi tarkastella eri näkökulmista. Sitä myös usein käytetään eri asiayhteyksissä erilaisten tavoitteiden viestittämiseen. Kuvassa 5 esitellään kolme lähestymiskulmaa teknologianeutraliteettiin.²⁵ Ensimmäinen lähestymiskulma kuvaa teknologianeutraliteettia teknologisen avoimuuden mahdollistajana. Teknologisen avoimuuden ajatellaan tukevan erilaisten teknologia-yhdistelmien syntyä. Siten tuloksena on tehokkaasti toimiva markkina sekä linjauksia (mm. lainsäädännössä), jotka ovat yhteensopivia tulevaisuudessa kehittyvien uusien teknologioiden kanssa. Toinen lähestymiskulma korostaa markkinan monimuotoisuutta ja selittää monia markkinadynamiikan hyötyjä teknologian monimuotoisuuden kautta. Tässä lähestymiskulmassa kuluttajat hyötyvät monimuotoisesta markkinasta ja yritykset puolestaan hyötyvät avoimesta ja ennustettavasta kilpailuympäristöstä. Kolmas lähestymiskulma teknologianeutraliteettiin puolestaan tarkastelee teknologisen monimuotoisuuden vaikutuksia yhteiskunnallisella tasolla. Tästä näkökulmasta erilaiset tilanne- ja kontekstispesifit vaikutukset korostuvat teknologianeutraliteetin vaikutusten arvioinnissa.

Kuvio 3. Kolme näkökulmaa teknologianeutraliteettiin, sen merkitykseen ja vaikutuksiin.

1. Teknologianeutraliteetti teknologisen avoimuuden mahdollistajana	2. Teknologianeutraliteetti markkinan monimuotoisuuden ja markkinadynamiikan hyötyjen lisääjänä	3. Teknologisen monimuotoisuuden vaikutukset yhteiskunnallisella tasolla
<p>Avoimuus mahdollistaa vapaan kilpailun eri teknologisten vaihtoehtojen välillä.</p> <p>Lainsäädännön osalta teknologianeutraliteetti auttaa luomaan sääntelyä, joka soveltuu myös uusien, laadintahetkellä tuntemattomien ratkaisujen kanssa.</p>	<p>Teknologianeutraliteetti lisää kilpailua markkinoilla ja siten toimii kuluttajan eduksi.</p> <p>Teknologian monimuotoisuus lisää vaihtoehtoja ja sujuvampi dynamiikka helpottaa kilpailevaan teknologiaan vaihtamiseen.</p> <p>Lopputuloksena oikeudenmukainen ja ennustettava kilpailuasetelma.</p>	<p>Heijastuu useisiin eri toimijoiden ja tasojen yhteistoimintaan (esim. kuluttajat, valmistavat yritykset, raaka-ainetuottajat).</p> <p>Vaikutus kontekstisidonnainen: monimuotoisuuden korostaminen voi hidastaa laajoja muutoksia, tai aiheuttaa erisuuntaisia vaikutuksia eri rajauksella tai aikajänteellä (esim. vihreä siirtymä vs. autokannan sähköistyminen).</p>

25 Laajempi keskustelu teknologianeutraliteetista käsitteenä ja politiikan keinoista vaikuttaa sen toteutumiseen: Carpén, 2024, sivut 40-74. Carpén, J. (2024) The implications of technological neutrality for innovation policy design. Aalto University.

Ensimmäinen näkökulma keskittyy vahvasti teknologiaan välineenä tietyn tavoitteen toteuttamisessa. Siten teknologianeutraliteetin rooli on mahdollistaa erilaiset vaihtoehdot tietyn lopputuloksen saavuttamiseen ja varmistaa, että kilpailu eri vaihtoehtojen välillä säilyy mahdollisimman avoimena. Sääntelyn näkökulmasta tämä tarkoittaa, ettei tiettyihin teknologiavalintoihin tule ottaa kantaa. Tällöin sääntely voidaan myös laatia niin, että se säilyy yhteensopivana tulevaisuudessa uusien, laadintahetkellä tuntemattomien teknologisten ratkaisujen kanssa. Käytännössä tämä näkökulma voi tarkoittaa, ettei tiettyjä ratkaisuja pystytä tukemaan erityisen tehokkaasti toisten vaihtoehtojen sijaan. Tietyn yhteiskunnallisen tavoitteen, esimerkiksi vihreän siirtymän edistämiseen, tämä näkökulma saattaa asettaa haasteita erityisesti lyhyellä aikavälillä, mutta olla eduksi pidemmällä. Tästä näkökulmasta tarkasteltuna teknologianeutraali ratkaisu olisi edellyttää teknologisia ratkaisuja, jotka ovat laajasti yhteensopivia toistensa kanssa. Esimerkiksi sähköautoille tämä voisi tarkoittaa laajasti keskenään yhteensopivia autoja, latauslaitteita tai teknologiaratkaisuja. Vaatimus laajasta yhteensopivuudesta herkästi nostaa kustannuksia käytettäville tuotteille (ja siten hidastaa niiden kehittymistä ja heikentää kannattavuutta), mutta lopulta tuottaa toistensa kanssa hyvin yhteensopivia teknologioita (hyödyttäen yhteiskuntaa pidemmällä aikajänteellä).

Toinen näkökulma teknologianeutraliteettiin korostaa hyvin toimivan markkinan etuja. Teknologianeutraliteetti voidaan nähdä markkinan monimuotoisuuden ja markkinadynamiikan hyötyjen lisääjänä, mikä puolestaan lisää kilpailua markkinoilla, mikä taas mielletään edulliseksi niin kuluttajien kuin yhteiskunnan näkökulmasta. Teknologianeutraliteetin vaaliminen myös helpottaa kilpaileviin teknologioihin vaihtamisen (esim. takaamalla yhteensopivuuden vanhan ja uuden laitteen välillä). Myös yritysten voidaan nähdä hyötyvän tämän tyyppisestä asetelmasta, sillä se lisää markkinoiden kehittymisen ennustettavuutta ja siten luo oikeudenmukaisemman kilpailuasetelman yritysten välille, jossa paras teknologia voittaa. Käytännössä tämä näkökulma voi edistää kuluttajien keskuudessa toivottujen teknologioiden nopeaa kehittämistä (esim. kannustaa luomaan lukuisia vaihtoehtoja samaan tarpeeseen, kuten puhelimia erilaisilla ominaisuuksilla). Toisaalta monimuotoinen markkina myös johtaa herkästi tilanteeseen, jossa nämä kilpailevat vaihtoehdot synnyttävät lukuisia päällekkäisiä ratkaisuja samaan tarkoitukseen (esim. kun eri valmistajat alkavat suosimaan erilaisia liittimiä puhelimiensa lataamiseen).

Kolmas näkökulma teknologianeutraliteetin tarkasteluun on selvästi laajempi. Yksittäisten teknologioiden tai markkinamekanismien sijaan se tarkastelee teknologisen monimuotoisuuden vaikutuksia yhteiskunnallisella tasolla. Tämä laajempi tarkastelu huomioi pitkälti myös edellisten näkökulmien sisältöjä, mutta keskittyy näiden merkitykseen osana monimutkaisia vuorovaikutussuhteita ja kokonaisuuksia. Tällöin vaikutusten arviointi on usein tarpeen tehdä rajaamalla tarkastelu

tietyyn kontekstiin tai tilanteeseen. On esimerkiksi hyvin eri asia arvioida teknologisen monimuotoisuuden vaikutusta autokannan sähköistymiseen kuin vihreään siirtymään yleisellä tasolla. Mikäli monimuotoisuuden vaaliminen edellyttää useita päällekkäisten vaihtoehtojen tukemista ja ylläpitämistä (esim. lukuisat erilaiset ratkaisut sähköautojen lataukseen), tämä herkästi hidastaa laajempaa yhteiskunnallista muutosta eli vihreää siirtymää. Toisaalta pidemmällä aikajänteellä vihreän siirtymän toteutuminen (muutos kohti ekologisesti kestävästä taloutta ja kasvua fossiilisesta energiasta luopumalla) hyötyy teknologisen monimuotoisuuden ylläpitämisestä, kun ei sitouduta tiettyyn teknologiseen ratkaisuun. Siten teknologisen monimuotoisuuden vaaliminen teknologianeutraliteetin nojalla saattaa aiheuttaa erisuuntaisia vaikutuksia tarkastelukulmasta, ongelman rajauksesta, tai arvioinnin aikajänteestä riippuen.

3.4 Yhteenveto

Tässä kappaleessa taustoitettiin raportin kannalta oleellisia käsitteitä: nousevat teknologiat, teknologianeutraliteetti, ja tarkasteltiin näiden merkitystä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kannalta.

Kuten aiemmin kuvattiin, nousevien teknologioiden tunnistaminen on hankalaa niin teorian kuin käytännön tasolla. Teorian tasolla haasteet liittyvät ennen kaikkea monitulkintaisiin ja vakiintumattomiin määritelmiin. Esitellyt viisi keskeistä vaatimusta nousevalle teknologialle (radikaali uutuusarvo; vaihtoehtojen nopeampi kasvu; ratkaisun koherenssi; merkittävä vaikutus; epävarmuus ja monitulkintaisuus) havainnollistavat, kuinka tulkinnanvaraista nousevien teknologioiden arviointi on. Vastaavasti käytännön tasolla haasteet ovat varsin ilmeiset: paitsi että tulevaisuus on aina epävarmaa, sääntelyä joudutaan usein kohdentamaan 'liikkuvaan maaliin', eli epätarkasti ja monitulkintaisesti rajattuihin kokonaisuuksiin.

Myös teknologianeutraliteetti on käsitteenä monitulkintainen ja monitahoinen. Edellä esitettiin kolme näkökulmaa sen tarkasteluun (teknologisen avoimuuden mahdollistajana; markkinan monimuotoisuuden ja markkinadynamiikan hyötyjen lisääjänä; teknologisen monimuotoisuuden yhteiskunnalliset vaikutukset). Lisäksi avattiin, miksi ehdoton suhtautuminen teknologianeutraaliuteen soveltuu heikosti yhteiskunnallisten tavoitteiden ajamiseen tai markkinan epäkohtien korjaamiseen; teknologianeutraaliuteen vaikutukset ovat usein kontekstisidonnaisia ja niiden yksiselitteinen arviointi on usein hankalaa. Siten ei olekaan yllättävää, että akateemisessa tutkimuksessa on esitetty sekä teknologianeutraalia että -spesifiä sääntelyä tukevia näkökulmia. Tasapainoilu ääripäiden välillä auttaa tarjoamaan avointa kilpailua tukevia rakenteita, mutta samalla mahdollistaa havaittujen markkinan

epäkohtien tai virheiden korjaamista yhteiskunnan kannalta toivottuun suuntaan, mikäli tämä koetaan tarkoituksenmukaiseksi. Erityisesti monimutkaisissa ja nopeasti muuttuvissa ympäristöissä on entistä haastavampaa asettaa laajoja yhteiskunnallisia tavoitteita, jotka itsessään mahdollistaisivat teknologianeutraalin sääntelyn. Tällaisissa ympäristöissä luontevaa olisikin keskittyä sääntelemään saavutettuja vaikutuksia tai lopputuloksia itse teknologioihin keskittymisen sijaan. Lainsäädännön näkökulmasta tämä tarkoittaa, että sääntelyn tulee olla riittävän yleistasoista, jottei teknologisiin vaihtoehtoihin tarvitse ottaa kantaa, mutta riittävän konkreettista, jotta ei-toivotut vaikutukset voidaan rajata sääntelyllä pois.

Teknologianeutraliteetti on politiikan ja sääntelyn periaate, joka ei takaa itsessään markkinoiden avoimuutta tai teknologioiden monimuotoisuutta. Sääntelyn kannalta oleellista olisikin pyrkiä saavutettaviin vaikutuksiin tai lopputuloksiin, sen sijaan että otettaisiin kantaa yksittäisiin teknologiavalintoihin. Joka tapauksessa suhtautuminen teknologianeutraliteettiin hyvin todennäköisesti heijastuu siihen, millainen mahdollisuus nousevilla teknologioilla on saada jalansijaa ja kehittyä merkittävään rooliin markkinalla. Käsitteiden monitulkintaisuus kuitenkin hankaloittaa niiden yhteiskunnallisen merkityksen arviointia. Kokonaisuuden kannalta oleellista onkin huomioida, miten teknologianeutraliteettia käsitellään: sääntelyn työkaluna (ts. neutraalius itseisarvona), markkinoiden tilana (avoimuus, monimuotoisuus), vai jonain näihin kahteen heijastuvana tavoitteena (esim. resilienssi, innovaatiot).

4 Teknologian kehityksen ennakointi ja teknologianeutraliteetin merkitys

Tämä luku koostaa yhteen ensimmäisessä osatehtävässä tehtyjen tapaustutkimusten keskeisimmät havainnot liittyen keinoihin tunnistaa ja arvioida uusien teknologioiden vaikutuksia. Tämän lisäksi osuus tukee yhteiskunnan strategisten tavoitteiden ja kilpailukyvyn kannalta olennaisten uusien teknologiayhdistelmien ja osaamistarpeiden tunnistamista. Tavoitteena on luoda pohjaa, johon perustuen voidaan suunnata ja kehittää julkista tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa vaikuttavasti.

Tekstin lomassa esitellään osatehtävän 1 tutkimusaineiston pohjalta laadittuja tapauskuvauksia. Näissä laatikoissa esitetään esimerkinomaisesti anonymisoituja yrityskuvauksia, joiden tavoitteena on havainnollistaa teknologianeutraliteetin vaikutusta tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle käytännön tasolla. Tapausesimerkit kytkeytyvät myöhemmin esitettävään yhteenvetoon (Luku 4.4, Kuva 9).

4.1 Teknologian kehitys yritysnäkökulmasta

Yksi keskeisistä perusteluista teknologianeutraliteetin puolesta on, että se takaa tehokkaasti ja dynaamisesti toimivat markkinat. Tässä ajattelussa teknologianeutraliteetti johtaa tiukempaan kilpailuun toimittajien välillä, mistä kuluttajat hyötyisivät parempina tuotteina sekä halvempina hintoina, ja vastaavasti yhteiskunta yhteensopivina ja monimuotoisina tuoteinnovaatioina. Siten teknologianeutraliteetin tuottamat hyödyt syntyvät markkinoilla toimivien yritysten aikaansaannoksina.

Sääntelyä nousevien teknologioiden tukemiseksi kuitenkin tarvitaan, sillä niiden kehittyminen markkinaehtoisesti on varsin epävarmaa. Johtavassa asemassa olevien yritysten intresseissä ei lähtökohtaisesti ole suosia nousevia teknologioita, sillä voidaan ajatella, että tällaiset uudet vaihtoehdot saattavat heilauttaa kilpailuasetelmia tai vaatia investointeja, jotka eivät sovi yrityksen ydinliiketoimintaan, sekä johtaa kalliisiin virhearviointeihin, mikäli yritys panostaa väärään teknologiaan.²⁶

26 Day, G. S., & Schoemaker, P. J. H. (2000). Avoiding the pitfalls of emerging technologies. *California Management Review*, 42(2), 8–33. <https://doi.org/10.2307/41166030>; Stringer, R. (2000). How to manage radical innovation. *California Management Review*, 42(4), 70–88. <https://doi.org/10.2307/41166054>

Johtavassa asemassa olevilta yrityksiltä myös odotetaan hyvin erilaisia asioita kuin pienemmiltä haastajiltaan ja näiden institutionaalisten erojen on esitetty suosivan pieniä haastajayrityksiä nousevien teknologioiden kehittäjinä ja kaupallistajina.²⁷ Usein ajatellaankin, ettei yritysten innovoinnin esteenä ole niinkään uusien, radikaalien ideoiden puute, vaan yrityksen kyky sisäistää uusia ideoita ja ottaa käyttöön uutta tietoa.²⁸

Koska niin monet teknologianeutraliteetin oletetut hyödyt pohjautuvat yritystoimintaan, on perusteltua tarkastella yritysten suhtautumista teknologian kehittämiseen. Tässä luvussa tiivistetään keskeisiä liikkeenjohdon teorioita teknologian kehitykseen liittyen. Näitä teorioita käytetään usein kuvaamaan teknologisen kehityksen ennakointia liiketoiminnassa ja siten nämä linkittyvät teknologianeutraliteetin merkitykseen liikkeenjohdon näkökulmasta.

4.1.1 Instituutioteoria

Instituutioteoria on eräs vakiintuneimmista ja tunnetuimmista liikkeenjohdon teorioista. Sen pääperiaate on tutkia organisaatioiden ja yksilöiden päätöksenteon sosiaalisia vaikuttimia, jotka ovat muovanneet vakiintuneita uskomuksia, sääntöjä, normeja, käytänteitä tai muita rakenteita.²⁹ Näiden periaatteiden pohjalta voidaan määritellä vallitseva instituutiologiikka.³⁰ Siten vallitseva instituutiologiikka kuvaa vakiintuneita toimintatapoja ja usein kirjoittamattomia sääntöjä, joiden pohjalta yksilöt toimivat osana suurempia yhteisöjä. Instituutioteorian keskeinen väite onkin, että yksilöt noudattavat heidän yhteisöissään vallitsevia instituutioita, sillä vakiintuneista toimintatavoista tai kirjoittamattomista säännöistä poikkeaminen on psyykkisesti raskasta tai jopa pelottavaa, mutta myös vaikeasti perusteltavissa muille samalla tavalla ajatteleville. Siksi instituutioteoria onkin tyypillinen selitys muutoshaluttomuudelle tai sen hitaudelle, jota havaitaan markkinoiden kysynnässä

27 Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press.

28 Powell, Walter W. (1998). Learning from collaboration: Knowledge and networks in the biotechnology and pharmaceutical industries. *California Management Review*, 40(3), 228–240. <https://doi.org/10.2307/41165952>; Stringer, R. (2000). How to manage radical innovation. *California Management Review*, 42(4), 70–88. <https://doi.org/10.2307/41166054>

29 Lawrence, T. B., & Shadnam, M. (2008). Institutional theory. In *The international encyclopedia of communication*. Wiley.

30 Thornton, P. H., & Ocasio, W. (2008). Institutional Logics. In K. Sahlin, R. Suddaby, R. Greenwood, & C. Oliver (Eds.), *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism* (1st ed.). Sage Publications.

tai liikkeenjohdon päätöksenteossa. Myös sääntely muodostaa vahvan instituutiojärjestelmän, jonka muutosta koskevat pitkälti samat reunaehdot. Siten muutoksen aikaansaaminen vaatii tyypillisesti disruptiivisen ja erityisen houkuttelevan innovaation, jonka luoma tekninen ja kaupallinen mahdollisuus voittaa koetun muutosvastarinnan.

EPSILON: Suuri yritys on hidas muuttumaan ja luottaa eniten itseensä* – Anonymisoitu tapausesimerkki OT1 aineiston pohjalta

Tehtyjen havaintojen perusteella julkisrahoitteiset projektit nähdään pakollisena osana kilpailuasetelmaa, mutta niiden konkreettinen hyöty tutkimus- ja innovaatiotoimintaan nähdään varsin rajallisena suurten yritysten keskuudessa.

Epsilon on suomalaisittain suuri pörssinoteerattu yritys valmistavan teollisuuden parista. Yritys on panostanut vahvasti omaan tuotekehitykseensä läpi historiansa, ja pidetään kansainvälisesti laadukkaana oman segmenttinsä tuotevalmistajana. Kuitenkin Epsilonin suuri koko aiheuttaa haasteita, joita on laajasti tunnistettu liikkeenjohdon kirjallisuudessa, mm. ”instituutioteoriaa” käsittelevissä lähteissä. Nämä haasteet liittyvät muutoksen hitauteen, taipumukseen vältellä riskejä, ja haluun turvata oma roolinsa ja markkina-asemansa uusien teknologioiden kehityksessä. Yritys on hyötynyt useista julkisen puolen rahoitushankkeista ja on ollut osallisena useissa suurissa tutkimusprojekteissa myös viime vuosien aikana. Aktiivisuudestaan huolimatta Epsilon on kuitenkin tunnistanut myös erilaisia haasteita julkisesti rahoitettuihin projekteihin liittyen. Eräs keskeinen ongelma liittyy erilaisiin organisaatiokulttuureihin ja näkemyksiin yhteistyön tai tutkimusprojektin tavoitteista: usein useiden kumppaneiden väliset yhteistyöprojektit jäävät hyvin pinnallisiksi, eikä projekteissa todella saavuteta uusia ajatuksia tai aikaansaada innovatiivisten teknologioiden kehitystä. Tämän lisäksi julkisrahoitteiset projektit koetaan liian lyhyiksi, jolloin yhteistyön fokus painottuu liikaa projekti-rahituksen valmisteluun, hakemiseen ja raportointiin, itse hankkeissa tehtävän sisältötyön sijaan. Kun uusi yhteistyöprojekti ja sen käytänteet saadaan toimiviksi, projekti päättyy ja työtä pitäisi jatkaa uusien kumppaneiden tai uuden fokuksen parissa. Kuitenkin julkisrahoitteisia projekteja haetaan, koska niistä saadaan kilpailuetua tuotekehityksen rahoituksen muodossa. Tukirahoitus myös mahdollistaa vähittäisen (inkrementaalisen) kehityksen hankkeet, joita yritys ei näe itse kaupallisesti riittävän

kannattavina toteutettavaksi omarahoitteisesti. Projekteja kuitenkin haetaan, koska rahaa on tarjolla. Projektit kohdistuvat hyvin usein teknologiaspesifeihin ratkaisuihin, jotka parantavat olemassa olevia prosesseja, mutta eivät yleensä johda radikaaleihin innovaatioihin tai tiedon läikymiseen uusien teknologisten avauksien mahdollistamiseksi. Usein kuitenkin ajatellaan, että hankkeissa on silti mahdollista löytää uusia avauksia tai ideoita myöhemmän kehitystyön pohjaksi.

**Huomio: Anonymisoinnin takaamiseksi tähän tapauskuvaukseen on yhdistelty näkemyksiä useamman suuren yrityksen edustajilta. Siten "Epsilon" kuvastaa ajattelua, joka kerätyssä tutkimusaineistossa havaittiin tyypilliseksi suurten yritysten edustajien kesken, yksittäisen yrityksen sijaan.*

4.1.2 Disruptiivinen innovaatio

Clayton Christensenin esittämää teoriaa disruptiivisesta innovaatiosta käytetään usein selittämään uuden teknologian saapumista markkinoille. Hänen kirjassaan esitetty näkemys kuvaa, kuinka toimialamurros tai markkinoiden vakiintuneiden toimintamallien muuttuminen usein syntyy vastaamalla sellaisen asiakassegmentin tarpeisiin, jotka määrävässä markkina-asemassa olevat yritykset ovat laiminlyöneet.³¹ Disruption käsitettä käytetään kuvaamaan tilannetta, jossa markkinoille tulee uusi tuote tai teknologia, joka muuttaa kilpailua ja saa aiemmin menestyneet yritykset vaikeuksiin. Tuorempi näkökulma disruptioon korostaa, kuinka toimintatapa, joka on luonut perustan yrityksen aiemmalle menestykselle, muuttuukin taakaksi, joka vaarantaa yrityksen tulevaisuuden uusien teknologioiden nousun myötä.³² Disruptiivinen innovaatio tukee instituutioteorian ajattelua, jossa korostetaan muutoksen vaikeutta. Tämän ajattelun mukaan yrityksen aiempi menestys ei ole tae uusien ideoiden kehittämistä tai kyvystä ennakoida tulevaa teknologian kehitystä.

31 Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press.

32 Gans, J. (2016). *The Disruption Dilemma*. The MIT Press.

4.1.3 Innovointi välittäjätoiminnan ja teknologiayhdistelmien kautta

Eräs tunnettu tapa löytää uusia ideoita ja kehittää uusia teknologisia innovaatioita tapahtuu teknologiayhdistelmien kautta (*technology brokering*).³³ Tämä toimintamalli pohjautuu välittäjätoimintaan (*brokerage*)³⁴, jossa yksilöt ja organisaatiot hyödyntävät olemassa olevia, mutta eristyksiin jääneitä ideoita, teknologioita tai mahdollisuuksia. Tyypillinen esimerkki välittäjätoiminnasta ja teknologiayhdistelmien roolista on hehkulamppu: sen keksijäksi tunnettu Thomas Edison ei välttämättä itsessään johtanut kaikkea tarvittavaa teknologista kehitystä, mutta ansaitsee ehdottomasti kunnian useiden keskenään irrallisten ideoiden taitavasta yhdistelystä ja markkinoille tuonnista. Teknologiayhdistelmien näkökulmasta teknologian ennakointi on äärimmäisen haastavaa, sillä yhden kehityssuunnan sijaan tulee olla valmis myös yllättäviin yhdistelmiin, joissa yhdistellään olemassa olevia, mutta aiemmin irrallaan toimineita ratkaisuja yhteen tavalla, joka voi jopa mullistaa vakiintuneet markkinat ja käytännöt.³⁵

33 Hargadon, A., & Sutton, R. I. (1997). Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative Science Quarterly*, 42(4), 716–749. <https://doi.org/10.2307/2393655>

34 Grosser, T. J., Obstfeld, D., Labianca, G. (Joe), & Borgatti, S. (2019). Measuring mediation and separation brokerage orientations: A further step toward studying the social network brokerage process. *Academy of Management Discoveries*, 5(2), 114–136. <https://doi.org/10.5465/amd.2017.0110>; Hakanen, E. (2018). Platform-based exchange: New business models in technology industries. Aalto University, School of Science.

35 Arthur, W. B. (2009). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Penguin Books.

Alfa: Ruoantuotannon startup pyrkii mullistamaan maatalouden – Anonymisoitu tapausesimerkki OT1 aineiston pohjalta

Alfa tarjoaa esimerkin vaikeasti ennakoitavasta, mutta mahdollisesti täysin mullistavasta teknologisesta ratkaisusta, joka voi muuttaa tai korvata monet tunnetut ruoantuotannon periaatteet ja tuotantoketjut.

Alfa on teknologiavetoinen startup-yritys, joka tähtää maailmanlaajuisen ruoantuotannon kestävyyshaasteen ratkaisemiseen. Yritys yhdistelee teknologioita monelta eri toimialoilta. Se kehittää ruoan massatuotannolle vaihtoehtoisia tuotantomekanismeja, jolla olisi minimaalinen vaikutus globaaleille maa-, vesi- ja ympäristöresursseille. Onnistuessaan yritys haastaisi perinteisen teollisen maatalouden ja saattaisi mullistaa ruoantuotannon tunnetut periaatteet. Siten yritys operoi radikaalisti uuden innovaation parissa, eikä sovi perinteisiin teollisuusrajauksiin. Tämä tapa toimia täysin uudessa ympäristössä ja luoda itselleen uniikki rooli eri alojen välissä on selkeästi hyödyttänyt Alfaa. Yritys on luonut itselleen profiilin, jonka turvin se pystyy toimimaan löyhemmän sääntelyn parissa. Toisaalta tämä uniikki positio on myös aiheuttanut haasteita istua erilaisiin rahoitusinstrumentteihin tai -malleihin. Yritys on hyötynyt julkisen tutkimuksen tuloksista ja on myös saanut merkittävää julkista rahoitusta, myös kansainvälisellä tasolla. Yritys on luonteestaan johtuen pystynyt myös ottamaan rahoitukseensa ja liikeideaansa liittyen riskejä, jotka eivät olisi mahdollista suurille pörssilistatuille yrityksille. Alfaan historia pohjautuu laajaan taustaan erilaista perustutkimusta ja siten yritys on hyötynyt merkittävässä määrin suomalaisen yhteiskunnan panostuksista teknologiakehitykseen. Yrityksen keskeinen teknologia on syntynyt yhdistelemällä erilaisia teknologioita, eikä sen kehitystä ole osattu ennakoida suunnitelmallisesti.

Teknologiayhdistelmillä on ollut merkittävä vaikutus useiden teknologisten läpimurtojen kehitykseen. Yhdistelmien vaikutusta korostaa muun muassa Meyer-Krahmer³⁶, joka viittaa yhdysvaltalaisen TRACES-projektin (Technology in Retrospect and Critical Events in Science) löydöksiin. Tässä projektissa tehtiin taannehtiva katsaus tieteen vaikutuksista useisiin teknologisiin innovaatioihin. Siinä tutkittiin keraamisten magneettien, videonauhurin, suun kautta otettavien ehkäisytablettien, elektronimikroskoopin ja matriisieristysten kehitystä. Tutkimus paljasti, että nämä merkittävät innovaatiot syntyivät useiden, alun perin erillisten tieteellisten ja teknologisten alojen lähentymisestä keskenään.

4.1.4 Sosiotekninen muutos ja järjestelmä

Harold Leavittin malli sosioteknisestä muutoksesta on tunnettu tapa kuvata kuinka yritykset suhtautuvat teknologian kehitykseen. Se auttaa myös kuvaamaan teknologioiden laajempaa yhteiskunnallista merkitystä sekä muutosprosessin eri elementtejä ja vaiheita. Mallissaan Leavitt korostaa, kuinka minkä tahansa teknologian kehittyminen on vain yksi komponentti laajassa yhteiskunnallisessa muutoksessa, sillä sosioteknisen muutoksen aikaansaantiin vaaditaan samanaikainen muutos teknologian lisäksi teknologiaa hyödyntävissä ihmisissä (heidän asenteensa, arvonsa, motiivinsa), tehtävissä (tehtävät työt, niiden fyysiset ja psyykkiset vaatimukset), sekä rakenteissa (yritysten ohjaavissa organisaatio- ja hierarkiarakenteissa, ehkä jopa sääntelyssä).³⁷ Tuorempi tutkimus aiheesta puhuu sosioteknisistä järjestelmistä, joissa teknologiavetoista yhteiskunnallista muutosta kuvataan monitasoisena ja kompleksina järjestelmänä. Nousevia teknologioita kuvataan joukkona eri ratkaisuja ja vaihtoehtoja, joista vain osa lopulta markkinoiden ja yhteiskunnan myötävaikutuksella nousee merkittävään asemaan ja siten aiheuttavat laajan toimialamurroksen.³⁸ Ajankohtaisena käytännön esimerkkinä nousevista teknologioista ja niiden laajemmasta yhteiskunnallisesta vaikutuksesta voidaan pitää digitalisaatiota ja erilaisten informaatiohyödykkeiden merkityksen kasvua (esimerkiksi liiketoiminnassa käytettävien digitaalisten sovellusten, datalähteiden ja muiden vastaavien resurssien). Toisin sanoen, vaikka teknologinen kehitys lohkoketjutekniologioiden tai kryptorahakkeiden ympärillä on selvästi havaittavissa, niiden laajempi

36 Meyer-Krahmer, F. (1997). Science-based Technologies and Interdisciplinarity: Challenges for Firms and Policy. Teoksessa C. Edquist (toim.) *Systems of innovation: Technologies, institutions, and organizations* (s. 298-317). Lontoo: Pinter.

37 Leavitt, H. J. (1964). Applied Organizational Change in Industry: Structural, Technological and Humanistic Approaches. In J. G. March (Ed.), *Handbook of Organizations* (pp. 1144-1170). Rand McNally & Company.

38 Esimerkiksi Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399-417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>

yhteiskunnallinen merkitys on vielä pitkälti epäselvää. Emme vielä tiedä, millaisia muutoksia ne tuovat mukanaan vallitseviin sosioteknisiin järjestelmiin tai esimerkiksi markkinamekanismeihin, yritysten välisiin sopimusrakenteisiin, tai yhteiskunnalliseen vaikuttamiseen. On täysin mahdollista, että tämänkaltaiset teknologiat (kuten lohkoketjut) aikaansaavat merkittäviä muutoksia esimerkiksi tapaan hallinnoida digitaalisia informaatioresursseja hajautetusti eri yritysten tai ison toimijajoukon kesken. Tällaisella muutoksella voidaan nähdä merkittäviä vaikutuksia innovaatiopolitiikan kannalta, joskaan lopullisista vaikutuksista ei ole vielä tietoa.

4.1.5 Monikeskeiset informaatioyhteishyödykkeet

Käytännön haasteet informaatiohyödykkeiden hallinnoinnissa perinteisin keinoin, kuten vaikka datan omistajuuteen liittyen³⁹, ovat tuottaneet varsin lupauksia avauksia akateemisen keskustelun parissa. Tällaisena avauksena voidaan pitää esimerkiksi monikeskeisiä informaatioyhteishyödykkeitä (*polycentric information commons*)⁴⁰ koskevaa keskustelua, jossa pohditaan avoimeen ohjelmistokehitykseen liittyvien aineettomien resurssien hallinnointia. Tässä keskustelussa tunnustetaan, että aineettomien hyödykkeiden arvottaminen vaatii uudenlaisia työkaluja ja tapoja. Vaikka ne ovat luonteeltaan erilaisia, niiden hallinnointiin liittyy samankaltaisia haasteita ja mahdollisuuksia kuin fyysisiin yhteishyödykkeisiin.⁴¹ Näihin kuuluvat esimerkiksi yhteistoiminnan (*collective action*) tunnetut haasteet liittyen yhteismaan ongelmaan (*tragedy of the commons*), eli tilanteisiin, joissa resurssien kuluttamisen hyödyt kertyvät yksilöille, mutta haitat kumuloituvat kollektiivisesti. Tällöin yksilön oman edun tavoittelu on ristiriidassa kollektiivin intressien kanssa aiheuttaen riskin lyhytnäköisestä, itsekkästä toiminnasta. Keinot tukea monikeskeisten informaatiohyödykkeiden tuottamista ovat pitkälti samoja, kuin ne joilla tuetaan fyysisten resurssien tuottamista.⁴² Keskeistä onkin luoda tasapainoiset yhteiset

39 Dataa ei voi "omistaa" perinteisessä merkityksessä, kuten esimerkiksi monia fyysisiä resursseja, vaan sitä ennemmin dataa "hallinnoidaan" tai "siihen pääsyä kontrolloidaan". Lue lisää: Seppälä, T., Hakanen, E., Lähteenmäki, I., Mattila, J., & Niemi, R. (2019). The resource dependency of data: A prospective on data sharing in supply chains. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3493650>

40 Mindel, V., Mathiassen, L., & Rai, A. (2018). The sustainability of polycentric information commons. *MIS Quarterly*, 42(2), 607–631. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2018/14015>

41 Ostrom, E. (2005). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1007/s11127-007-9157-x>

42 Mindel, V., Mathiassen, L., & Rai, A. (2018). The sustainability of polycentric information commons. *MIS Quarterly*, 42(2), 607–631. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2018/14015>

pelisäännöt, joka kannustavat yksilöä toimimaan yhteisön eduksi. Sama vaatimus pätee myös markkinoille, joissa kehitetään nousevia teknologioita tai muita informaatiohyödykkeitä.⁴³

4.2 Teknologian kehitys markkinoilla

Tässä luvussa summataan osatehtävän yksi keskeisimmät havainnot tehtyjen haastatteluiden sekä kirjallisuuskatsauksen pohjalta. Teknologianeutraalius ja -spesifisyys voidaan mieltää toisensa poissulkeviksi vaihtoehdoiksi, mutta tämän työn löydökset vahvistavat, että näillä lähtökohdilla on paljon synergiaetuja. Ennen kaikkea tulisi ymmärtää, että nämä periaatteet tukevat erilaisia markkinamekanismeja ja toiminnan insentiivejä, mistä johtuen ne soveltuvat palvelemaan hyvin erilaisia, mutta mahdollisesti toisiaan tukevia tavoitteita. Eri vaihtoehtojen vaikutus on usein hyvin kontekstisidonnainen. Teknologianeutraliteetin merkitys innovaatiopolitiikalle on hyvin monisyinen ilmiö.

Teknologianeutraaliteetti on perusteltua, mikäli markkinatalous on tehokas kehittämään ja löytämään parhaat ratkaisut omien tunnettujen mekanismiansa kautta. Tämä näkökulma korostui selvästi aihetta käsittelevässä kirjallisuudessa, mutta sai myös laajasti tukea tehdyissä tutkimushaastatteluissa. Länsimainen talousjärjestelmä ja sen markkinoiden voidaan ajatella olevan varsin toimiva keino kannustaa kilpailua, jossa tuotetaan kustannustehokkaasti laaja valikoima vaihtoehtoja, joista kukin kuluttaja pääsee valitsemaan itselleen sopivimman ratkaisun. Siten teknologianeutraalius osaltaan kannustaa ja ruokkii luovuutta, kun samaa ongelmaa pyritään ratkaisemaan aina vain paremmin keinoin. Se tukee systeemiä vaikutuksia, jotka kannustavat positiiviseen kilpailuun, monimuotoisuuteen ja joustavuuteen. Toisaalta, koska ajattelu nojaa vahvasti markkinamekanismeihin vaihtoehtojen luonnissa ja kehityksessä, joissakin tilanteissa pyrkimys teknologianeutraliteettiin voi myös rajoittaa kilpailua ja ohjata olemassa olevien ratkaisujen piiriin, uusien vaihtoehtojen kehittymisen sijaan. Näin tapahtuu etenkin tilanteessa, jossa uusien vaihtoehtojen innovointi nojaa määräävässä markkina-asemassa oleviin yrityksiin, joilla on varsin rajallinen kannustin kehittää teknologioita, jotka eroaisivat oleellisesti omista vakiintuneista ratkaisuistaan.⁴⁴

43 ATARCA. (2022). D2.1 Report on Crypto-economic Mechanisms for Anti-rival Goods. ATARCA – Accounting Technologies for Anti-Rival Coordination and Allocation, Funded by European Commission H2020, Grant no. 964678.

44 Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press.; Stringer, R. (2000). How to manage radical innovation. *California Management Review*, 42(4), 70–88. <https://doi.org/10.2307/41166054>

Tutkimuksessa kysyttiin myös yritysten ja organisaatioiden tapoja seurata ja tunnistaa nousevia teknologioita, eli kehitystä, joka saattaisi aiheuttaa markkinadisruptiota. Tästä näkökulmasta erityisesti suurten tai määräävässä markkina-asemassa olevien yritysten lähestymistapa teknologian kehitykseen ja tulevaisuuden ennakointiin nähtiin kiinnostavana kysymyksenä. Haastatteluissa kuitenkin tuli ilmi, että hyvin harva organisaatio käyttää systemaattista lähestymistapaa tulevaisuuden kehityksen ennakointiin. Myöskään yritysten kohdalla ei havaittu merkittävää eroa tai ryhmittymistä organisaation koosta riippuen.

Haastattelut osoittivat, että tärkeäksi nähtyjen keinojen lukumäärä sekä tavat esittää ja arvottaa niiden keskinäistä tärkeysjärjestystä vaihtelivat suuresti eri informanttien kesken. Eri haastatteluissa saadut vastaukset erosivat vahvasti toisistaan, eikä yhdenmukaista kokonaiskuvaa muodostunut. Saaduista vastauksista ei voitu havaita tiettyjä käyttäytymismalleja tai painotuksia eri organisaatioryhmien edustajien välillä. Suurten yritysten edustajien vastaukset eivät poikenneet merkittävästi muiden ryhmien edustajista. Vain harva yritys kertoi hyödyntävänsä johdonmukaisesti systemaattisia rakenteita tulevaisuuden ennakointiin. Harjoitus kuitenkin auttoi haastateltavia pohtimaan omia näkökulmiaan ja tuomaan esille perusteluja tekemilleen valinnoille.

Nousevat teknologiat vaativat usein erillistä huomiointia innovaatiopolitiikassa verrattuna vakiintuneisiin teknologioihin, sillä niiden kehittämiseen liittyy huomattavaa epävarmuutta ja mahdollisesti suuria investointeja ennen kuin ne vakiinnuttavat paikkansa markkinoilla. Yhteiskunnan rajallisten resurssien vuoksi innovaatiopolitiikassa tulisi huomioida haluttu lähestymistapa teknologiamonimuotoisuuteen liittyen (ks. Luku 3.2). Vaikka teknologiamonimuotoisuudella voidaan saavuttaa monia hyötyjä, kuten lukkitumisvaikutusten ehkäisyä, yhdistelmäinnovaatioiden mahdollistamista ja resilienssin kasvua, monimuotoisuuden ylläpito voi vaatia yhteiskunnallisia investointeja ja haastaa mittakaavaetujen saavuttamista.⁴⁵ Erityisesti lyhyellä aikavälillä monimuotoisuuden ja tehokkuuden tavoittelu voidaankin nähdä osin ristiriitaisina tavoitteina, sillä monimuotoisuuteen liittyvien yhdistelmäinnovaatioiden ja 'läikkymisvaikutusten' hyödyt korostuvat usein vasta pitkällä aikavälillä.⁴⁶

45 van den Bergh, Jeroen C.J.M. (2008). Optimal Diversity: Increasing Returns versus Recombinant Innovation. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 68(3–4), 565–580. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2008.09.003>; van Rijnsoever, F. J., van den Berg, J., Koch, J., & Hekkert, M. P. (2015). Smart Innovation Policy: How Network Position and Project Composition Affect the Diversity of an Emerging Technology. *Research Policy*, 44(5), 1094–1107. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.12.004>.

46 van den Bergh, Jeroen C.J.M. (2008). Optimal Diversity: Increasing Returns versus Recombinant Innovation. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 68(3–4), 565–580. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2008.09.003>

Gamma: teknologianeutraalius voi myös estää tai hidastaa innovaatioita – Anonymisoitu tapausesimerkki OT1 aineiston pohjalta

Teknologiakohtainen standardointi sekä tarjoaa mahdollisuuksia että asettaa haasteita yrityksille, jotka toimivat yhteiskunnallisesti merkittävien haasteiden parissa. Tuotantolaitosten vaatimat suuret investoinnit tarkoittavat, että niiden sijoituspaikka valikoidaan vertailemalla kansallisia rakenteita ja kannustimia.

Gamma voidaan nähdä uuden polven startup-yrityksenä, sillä se ei toimi ohjelmistobisneksessä vaan perustaa toimintansa perinteisen raskaan teollisuuden alalle. Yrityksen liikeidea perustuu merkittävien osin sääntelyn asettamiin yhteiskunnallisiin tavoitteisiin, reunaehtoihin ja niiden tarjoamiin mahdollisuuksiin. Gamma keskittyy ilmastonmuutoksen torjuntaan ja tarjoaa ratkaisuja hiilidioksidin sitomiseksi maaperään. Yrityksen toiminnan kehityksessä korostuu teknologisen kehityksen lisäksi vahva yhteiskunnallinen sosioekonominen näkökulma: koska kehitetty prosessi soveltuu hyvin esimerkiksi suurten teollisuuslaitosten hiilidioksidipäästöjen sidontaan, vaikuttavat yhteiskunnan asettamat reunaehdot ja tavoitteet merkittävästi yrityksen liikeidean menestykseen. Yrityksen kokemus sääntelyn vaikutuksista oli yllättävän kahtiajakoinen: toisaalta päästökriteerit lisäävät Gamman teknologian tarvetta, kun toisaalta erilaiset voimassa olevat teknologiakohtaiset standardit, käytännöt tai tukimekanismit saattavat vähentää potentiaalisten asiakkaiden mahdollisuutta tai halukkuutta investoida tämäntyyppiseen teknologiaan tai tuotantoprosessiin. Vanhoja teknologioita koskevat standardit koettiin uuden teknologian käyttöönoton esteenä, mikäli sääntely ei tunnistanut uutta teknologiaa pätevänä vaihtoehtona.

Gamman edustajat toivat esille, että edellä mainituista syistä johtuen he seuraavat tarkkaavaisesti eri valtioiden tai alueiden asettamaa sääntelyä tai kannustimia, ja näkevät että tällaisessa tilanteessa heidän on pakko suunnata panoksensa tältä kannalta lupaavimman maan tai alueen suuntaan. Yritys näkee teknologianeutraaliuden omalta kannaltaan jopa esteenä, sillä se hankaloittaa yksityisten ja julkisten investointien saantia spesifisti heidän kehittämäänsä teknologiaan. Heidän asiakasyrityksensä ovat monesti vastahakoisia investoimaan Gamman teknologiaan, mikäli sääntely ei ole selkeästi ottanut kantaa, onko heidän ratkaisunsa varteenotettava vaihtoehto nyt ja tulevaisuudessa. Yritys myös toi ilmi kokeneensa haasteita osaavan työvoiman rekrytoinnissa.

Toinen tunnistettu ongelma teknologianeutraliteettiin liittyen kytkeytyy yhteiskunnan kannalta keskeisten ongelmien tai strategisesti tärkeiden prioriteettien tavoitteenmukaiseen ratkaisuun.⁴⁷ Mikäli sääntely nojaa vahvasti teknologianeutraliteetin periaatteisiin ja markkinavetoiseen innovointiin, ohjautuu myös teknologinen kehitys aiheisiin ennen kaikkea kaupallisesti potentiaalsiin kohteisiin. Joissakin tilanteissa nämä eriyvät intressit, eli kaupalliset ja yhteiskunnalliset tavoitteet, voivat olla keskenään linjassa. Mikäli näin ei ole, monet yhteiskunnallisesti merkittävät, mutta kaupallisesti epäkiinnostavat, haasteet jäävät hyvin todennäköisesti vaille painoarvoa ja ratkaisua. Siksi teknologiaspesifit ratkaisut, kannustimet ja sääntely voivat osoittautua välttämättömiksi monien yhteiskunnallisesti kriittisten haasteiden ratkaisemiseksi. Erityisesti nousevien teknologioiden piirissä teknologiaspesifisyys auttaa panostamaan potentiaalsiin, mutta kaupallisesti epäkiinnostaviin vaihtoehtoihin ja siten paikata kehitystarpeita, jotka markkinaehtoinen innovointi todennäköisesti ei ratkaisisi.

4.3 Teknologianeutraali vai teknologiakohtainen sääntely

Erilaiset markkinamekanismit, toivottava lopputulos ja monet kontekstuaaliset tekijät vaikuttavat suurelta osin jakoon teknologianeutraalin tai -spesifin lähestymistavan hyödyistä. Siinä missä teknologianeutraaliuden ajatellaan tuottavan yhteiskunnallista etua markkinaehtoisen kilpailun kautta⁴⁸, on myös esitetty, että teknologiaspesifiä sääntelyä tarvitaan paikkaamaan markkinahäiriöitä tai kilpailun aiheuttamia epäkohtia.⁴⁹ Nämä erot näkyvät tavoissa, miten eri lähtökohtia ja niiden hyötyjä perustellaan. Teknologianeutraliteetilla tavoitellaan oikeudenmukaisuutta teknologioille/yrityksille sekä valinnanvapautta yksilöille. Teknologiaspesifiyttä voidaan tarvita huomioimaan monenlaisia toimijoiden, ympäristön ja ratkaisuiden eroja sekä välttämään joidenkin toimijoiden suosimista.

47 Lehmann, P. & Söderholm, P. (2018). Can Technology-Specific Deployment Policies Be Cost-Effective? The Case of Renewable Energy Support Schemes. *Environmental and Resource Economics*, 71, 475-505. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0169-9>

48 Puhakainen, E., & Väyrynen, K. E. (2021). The benefits and challenges of technology neutral regulation – a scoping review. *PACIS 2021 Proceedings*. <https://aisel.aisnet.org/pacis2021/48>

49 Lehmann, P. & Söderholm, P. (2018). Can Technology-Specific Deployment Policies Be Cost-Effective? The Case of Renewable Energy Support Schemes. *Environmental and Resource Economics*, 71, 475-505. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0169-9>

Sääntely vaikuttaa teknologian kehittymiseen ja yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseen erilaisin mekanismein. Näiden vaikutus on varsin konkreettisesti havaittavissa. Esimerkiksi päästökauppa ja uusiutuvalle energialle annettavat tuet ovat täysin perusteltu ja ymmärrettävä ohjausmekanismi yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseen. Vaikka asetetut tuet olisivat periaatteessa teknologia-neutraaleja, käytännössä kuitenkin tällainen tukimekanismi ei välttämättä vaikuta toivotusti, sillä tuet herkästi ohjautuvat vakiintuneisiin teknologioihin, joiden teknologinen toimivuus, taloudellinen kannattavuus ja investointien reunaehdot on jo tiedossa aiemman kokemuksen kautta. Mikäli tukimekanismin todellinen tavoite olisi kannustaa puhtaiden energiaratkaisujen monimuotoisuuteen tai edistää uusien, nousevien teknologioiden kehittämistä, tulisi tällaisia instrumentteja kohdentaa selvästi eri tavalla, huomioiden erilaisten teknologioiden maturiteetti. Ilman erityistä painotusta tiettyyn tavoitteeseen tai vaihtoehtoisten ratkaisujen tuottamiseen teknologian kehitys seuraa vahvasti aiempaa, tunnettua teknologiaa. Täysin teknologianeutraalit tukimekanismit eivät kannusta markkinatoimijoita uusien, radikaalien ideoiden kehittämiseen ja kaupallistamiseen, sillä on varsin luonnollista, että yritykset suosivat enemmän tunnettuja tai hyväksi havaittuja teknologioita tai ratkaisuja. Tiettyyn kohteeseen, ratkaisuun tai teknologiaan sitoutuminen ja sen tukeminen aiheuttaa kuitenkin luonnollisesti aina poliittisen riskin, mikäli valinta näyttäytyy jälkikäteen väärin ohjattuna tai virheellisesti perusteltuna.

Beta: joustava rahoitus mahdollistaa ketterän reagoinnin – Anonymisoitu tapausesimerkki OT1 aineiston pohjalta

Yrityksen nopea reagointi ja uudelleensuuntautuminen on ollut mahdollista itsenäisen rahoituksen myötä. Toisaalta julkinen rahoitus on tarjonnut yhteistyömahdollisuuksia ja uusia avauksia kumppaneiden kanssa.

Beta tukee asiakkaitaan ilmastonmuutoksen hidastamisessa auttaen heitä löytämään keinoja päästöjen vähentämiseen. Yritys on kehittänyt teknologisia ratkaisuja päästöjen mallinnukseen ja mittaamiseen, keskittyen erityisesti ilmakehään vapautuvien epäpuhtauksien ja ennakkoimattomien vuotojen tunnistamiseen. Yritys on rahoittanut toimintansa kassavaroilla ja yksityishenkilöiden sijoituksilla. Yritys on sekä kehittänyt omaa uutta teknologiaa (anturi), että yhdistänyt tämän olemassa oleviin, toisaalla käytössä olleisiin ratkaisuihin (prosessi) ja luonut täten uudenlaisen yhdistelmän. Toisaalta yrityksen päätarjoama ja fokus on elänyt sen noin kymmenen vuoden elinkaaren aikana vahvasti. Nopea muutostahti on myös aiheuttanut selkeitä ongelmia olemassa olevien rahoitusinstrumenttien kannalta, sillä ne eivät tyypillisesti tue tai mahdollista liiketoimintafokuksessa tapahtuvaa nopeaa muutosta, eli pivotointia. Beta on kuitenkin toiminnassaan hyötynyt erilaisista julkisrahoitteisista yhteistyöprojekteista sekä yleisestä tutkimusinfrastruktuurista.

Myös teknologianeutraali sääntely voi johtaa teknologisen sitoutumisen (*lock-in*) tai polkuriippuvuuksien (*path dependencies*) kasvuun. Näin siis siitä huolimatta, että monesti ajatellaan teknologianeutraalin sääntelyn vähentävän riskiä rajoittavasta teknologisesta sitoutumisesta.⁵⁰ Sääntelyn avulla voidaan kuitenkin myös ratkaista tunnistettuja ongelmia ja mahdollisesti jo syntyneitä polkuriippuvuuksia tai markkinahäiriöitä, esimerkiksi tiettyyn teknologiaan liittyen. Mikäli näihin ongelmiin tartutaan teknologiaspesifin sääntelyn keinoin, sääntelyssä olisi hyvä korostaa ja tukea teknologista monimuotoisuutta ”voittajien” valitsemisen sijaan. Näin

50 Puhakainen, E., & Väyrynen, K. E. (2021). The benefits and challenges of technology neutral regulation – a scoping review. PACIS 2021 Proceedings. <https://aisel.aisnet.org/pacis2021/48>

siksi, että teknologiaspesifi lähestymistapa johtaa herkästi tilanteisiin, jossa sääntely rajoittaa uusien vaihtoehtojen kehittämistä tai niiden käyttöönottoa, mikäli sääntely suoraan estää tietynlaisten, uusien tai vielä hyväksymättömien vaihtoehtojen tuomista markkinoille. Tästä näkökulmasta sääntelyn ketteryys ja kyky reagoida uusiin tarpeisiin tai tilanteisiin on keskeistä. Voidaan kuitenkin todeta, että sekä teknologianeutraaliin että -spesifiin sääntelyyn liittyy omia haasteitaan ja rajoituksia innovoinnille ja uusien teknologioiden saattamiselle markkinoille. Oleellista on, että päätöksenteossa tehdään mahdollisimman selkeäksi, mitä sääntelyllä tavoitellaan, ja samalla tunnistetaan, mitkä ovat todennäköiset reunaehdot ja seuraukset kullekin valitulle politiikalle.

Myös kustannustehokkuuden näkökulmasta teknologianeutraalius voidaan nähdä niin positiivisena kuin negatiivisena periaatteena. Keskeinen perusargumentti, jonka mukaan teknologianeutraalius johtaa tehokkaisiin markkinoihin ja sitä kautta laajoihin yhteiskunnallisiin hyötyihin, ei välttämättä päde kaikissa tilanteissa. Tämä näkökulma korostui erittäin selkeästi koronapandemian myötä, kun vakiintuneisiin globaaleihin tuotantoketjuihin kohdistui merkittäviä häiriöitä monista eri syistä johtuen. Vastausta tämän tyyppisiin, vaikeasti ennakoitaviin ja hallittaviin ongelmiin voidaan hakea myös teknologiaspesifisyyden kautta: mikäli alueellisella, valtakunnallisella tai geopoliittisella tasolla tehdään selkeä valinta tai rajaus tietyn teknologian kehittämiseen ja suosimiseen, on mahdollista toteuttaa siihen keskittynyt tuotantoketju varsin kustannustehokkaasti. Erityisesti tämän tyyppinen valinta auttaa kohdentamaan rajallisia resursseja valitun teknologian ympärille, keskittämään innovaatio toimintaa valittuun aihepiiriin ja samalla auttaa tuottamaan hyväksytyjä ja politiikan mukaisia kuluttajaratkaisuja tehokkaasti.

Delta: asiakkaille ohjatut tuet eivät aina ole toivottuja – Anonymisoitu tapausesimerkki ot1 aineiston pohjalta

Tiukasti kilpailluilla markkinoilla loppuasiakkaille annetut tuet tai kannustimet voivat toimia markkinaehtoista hinnoittelua vastaan, mikäli vastakkain ovat perinteinen, tunnettu toimintatapa ja uusi, tehokkaampi teknologinen ratkaisu.

Delta tarjoaa uudenlaista lähestymistapaa yritysten taloushallintoon ja prosessinhallintaan. Heidän teknologiansa pyrkii yksinkertaistamaan monimutkaisempien ratkaisujen toteuttamista ja integroimaan teknologioita käyttäjälle ystävälliseen muotoon. Yritys toimii markkinoilla, joihin on matala kynnys liittyä, mikä tarkoittaa, että kilpailu on myös erityisen kovaa. Vaikka alaan kohdistuukin tarkkaa sääntelyä ja vaatimuksia, tiukasta kilpailutilanteesta johtuen alalla toimii monesti myös vähemmän tunnettuja toimijoita, ja vaihtuvuus voi olla suurta. Tällaisissa olosuhteissa kynnys uudenlaisten teknologioiden hyödyntämiseen ja niiden kaupallistamiseen on verrattain korkea, sillä asiakkaalle on tarjolla paljon tunnettuja ja validoituja vaihtoehtoja. Useat julkiset rahoitusinstrumentit mahdollistavat palveluiden (kuten liikkeenjohdon konsultoinnin) hankinnan tukirahoituksella, mutta eivät vastaavasti teknologiaratkaisujen (kuten ohjelmistotuotteiden) hankintaa, vaikka kyse olisi täsmälleen samojen liiketoiminnallisten tavoitteiden toteuttamisesta eri keinoin. Tämän nähtiin ohjaavan kilpailua perinteisiin ja tunnettuihin ratkaisuihin uusien vaihtoehtojen sijaan.

Konkreettinen esimerkki tästä dynamiikasta näyttäytyi tiedusteltaessa yrityksen näkökulmasta erilaisten poliittisten instrumenttien merkitystä yritystoiminnalleen. Deltan edustaja esitti haastattelussa muista informanteista poikkeavan näkemyksen, jossa he nostivat loppuasiakkaille esitetyt julkiset tuet (subsidies for your customers) jopa haitallisena omalle liiketoiminnalleen. Tämä näkemys vaikutti pohjautuvan ajatteluun, jossa asiakkaille tarjotut tukien nähtiin häiritsevän markkinapohjaista hinnoittelua, ohjaavan valintoja tunnetumpiin ja pidempään markkinoilla olleisiin vaihtoehtoihin, ja siten heikentävän mahdollisuuksia tarjota innovatiivisia tai teknologisesti uusia vaihtoehtoja tietyn palvelun toteuttamiseen.

On varsin ymmärrettävää, että teknologianeutraaliudesta seuraavat vaikutukset tai saatavat hyödyt ovat kontekstisidonnaisia. Näitä erilaisia vaikutuksia tai hyötyjä tuleekin arvottaa suhteessa laajempiin kokonaisuuksiin ja yhteiskunnallisiin tavoitteisiin. Aineistossa esiintyneiden yritysten edustajat toivoivat sääntelyyn liittyen tavoitelähtöisyyttä, pitkäikäisyyttä ja vaikeaksi koetun teknologiasääntelyn välttämistä. Teknologiaspesifisyys nähtiin keinona tarjota selkeyttä tietyissä tilanteissa. Sen onnistuminen kuitenkin edellyttää markkinalähtöisyyttä, laajaa julkista osaaamista, varmuutta, osallistamista ja korkean tason päätösten välttämistä. Teknologiaspesifisyys nähtiin oikeudenmukaisimpana ja tarpeellisimpana väliaikaisissa tilanteissa, kuten markkinahäiriöissä sekä varhaisen vaiheen teknologioissa, jotka ovat vielä kaukana markkinoilta.

Tähän tutkimukseen osallistuneet haastateltavat kokivat teknologiaspesifin sääntelyn myös välttämättömäksi tietyissä tilanteissa. Se voi olla välttämätöntä esimerkiksi EU-sääntelyn, vaihtoehtojen puutteen ja osuvan laajan tavoitteen määrittelyn vaikeuden vuoksi. Teknologiaspesifejä valintoja perustellaan myös muilla tavoitteilla (aluepolitiikka tai geopolitiikka, perinteet tai toivotut käytänteet)⁵¹, kokonaisuuden tasolla toteutuvalla teknologianeutraaliudella sekä rajallisilla resursseilla. Tästä huolimatta sääntelyssä tulisi aina välttää tarpeetonta suosimista ja tarkoitushakuisuutta.

51 Tutkimusaineistossamme esiin tulleita aluepoliittisia perusteluja olivat esimerkiksi tutkimusrahoituksen ohjaaminen tietyn alueen toimijoille, mikä käytännössä rajaa myös teknologiset valinnan näiden toimijoiden tarjoaman mukaiseksi. Geopoliittiset tavoitteet näkyvät käytännössä esimerkiksi tehdessä teknologiaspesifejä valintoja yhteiskunnan kriisinhallinnan turvaamiseksi tai tiettyjen alueellisten toimitusketjujen vahvistamiseen, mutta myös suosiessa suomalaisia tarjoajia kansainvälisten kilpailijoiden sijaan. Perinteet ja toivotut käytänteet puolestaan näkyvät konkreettisesti esimerkiksi pankkeihin kohdistetuissa vaatimuksissa, joissa Finanssivalvonta vaatii pankkeja turvaamaan asiointimahdollisuudet ja kohtuullisen hintatason myös asiakkaille, jotka eivät syystä tai toisesta halua tai kykene käyttämään digitaalisia pankkipalveluja.

4.4 Yhteenveto

Keskeisin havainto selvitystyön tämän osuuden pohjalta on, että teknologianeutraaliutta tulisi ajatella päämäärän sijaan välineenä tai ominaisuutena. Lähestymistapa, jossa teknologianeutraaliutta tarkastellaan yhtenä keinona erilaisten tavoitteiden saavuttamiseen auttaa kirkastamaan myös sääntelyn roolia ja päämääriä. Tästä näkökulmasta teknologianeutraalius määrittelee oleellisilta osin sekä yritysten välisen kilpailun oikeudenmukaisuutta että kuluttajien tai yksilöiden valinnanvapautta kilpailevien vaihtoehtojen välillä. Toisaalta yhteiskunnallisella tasolla on monesti perusteltua asettaa tiukkojakin rajauksia hyväksyttävälle tai käytetyille teknologisille ratkaisuille, mikä osaltaan lisää oikeudenmukaisuutta yhteiskunnallisella tasolla ja mahdollistaa kilpailua rajaavien ehtojen asettamista. Näiden reunaehtojen avulla voidaan käyttää teknologianeutraaliutta tai -spesifisyyttä tehokkaana keinona ohjata markkinaa yhteiskunnan kannalta toivottavaan tai tärkeää suuntaan, kuten suosittaessa ympäristöystävällisempiä teknologioita muiden yli. Samalla kuitenkin tulee huomioida, että mahdollinen rajausta tiettyyn teknologiaan tai ratkaisuun tehdään markkinaehtoisen kilpailun ehdoilla, eikä näillä valinnoilla suosita tiettyjä toimijoita muiden yli.

Teknologianeutraaliuden korostamisen sijaan sääntelyn kannalta olennaisempaa olisi tarkastella vaikutusta innovaatiojärjestelmän kestävyteen ja uudistumiskykyyn. Mikäli teknologiaa tarkastellaan käsitteen laajassa merkityksessä, eli kokoelmana laitteita ja tuotannollisia käytänteitä, jotka ovat saavutettavissa tietyille kulttuurille tai yhteisölle⁵², tunnistetaan että teknologian kehitykseen ladataan suuri positiivinen odotusarvo. Tällöin keskeinen kysymys yhteiskunnan jatkuvan, moniarvoisen ja kestävä kasvun taustalla onkin koko innovaatiojärjestelmän uudistumiskyky tai resilienssi, eli kyky selviytyä muutoksista ja jopa kehittyä niiden seurauksena. Tämä lähestymistapa muistuttaa monikeskeisiin informaatioyhteishyödykkeisiin liittyvää keskustelua.⁵³

Ehdotetun kaltainen innovaatiojärjestelmä yhdistää monia keskeisiä liikkeenjohdon teoriakeskusteluja. Nimensä mukaisesti monikeskeiset informaatioyhteishyödykkeet ovat syntyvaltaan, hallinnoinniltaan ja omistajuudeltaan hajautettuja, eli näiden tuottaminen ja kehittäminen pitkän ajanjakson kuluessa edellyttää yhteisön edustajien sitouttamista yhteisen tavoitteen eteen. Tästä näkökulmasta yhteisölle tulee asettaa tietty tavoitetilä tai suunta, minkä jälkeen jäsenistö omaehtoisesti

52 Arthur, W. B. (2009). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Penguin Books.

53 Mindel, V., Mathiassen, L., & Rai, A. (2018). The sustainability of polycentric information commons. *MIS Quarterly*, 42(2), 607–631. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2018/14015>

toimii tämän tavoitteen saavuttamiseksi. Monimuotoisuus auttaa haastamaan ja kyseenalaistamaan vallitsevia instituutioita, eli järjestelmiä ja toimintaperiaatteita⁵⁴, mikä on keskeistä muutoksen aikaansaamiseksi. Mikäli teknologian kehitys olisi dynaamisempaa ja monimuotoisempaa, tapahtuvat markkinamuutokset tai disruptiot⁵⁵ eivät välttämättä aiheuta yhtä pahaa järkytystä johtaville yrityksille, niiden ollessa tottuneita monimuotoisempaan järjestelmään. Ennen kaikkea hajautuneisuus ja monimuotoisuus tukee ajatusta välittäjätoiminnan mahdollistamista teknologiayhdistelmistä ja yhteistyöstä.⁵⁶ Tämän lisäksi dynaaminen ympäristö tukee laajemman sosioteknisen muutoksen toteutumista. Tämä johtuu siitä, että teknologiseen kehitykseen liittyvät eri osa-alueet pystytään huomioimaan laajemmassa verkostossa, jossa eri toimijat kykenevät tukemaan eri tasoilla tapahtuvia muutoksia.⁵⁷ Siten innovaatiojärjestelmän tulee keskittyä tunnistamaan yhteiskunnallisesti, ellei globaalisti, merkittäviä haasteita ja asettamaan keskeiset reunaehdot, joiden myötä voidaan luotettavasti tunnistaa tätä tavoitetta kohti tehtävää työtä.

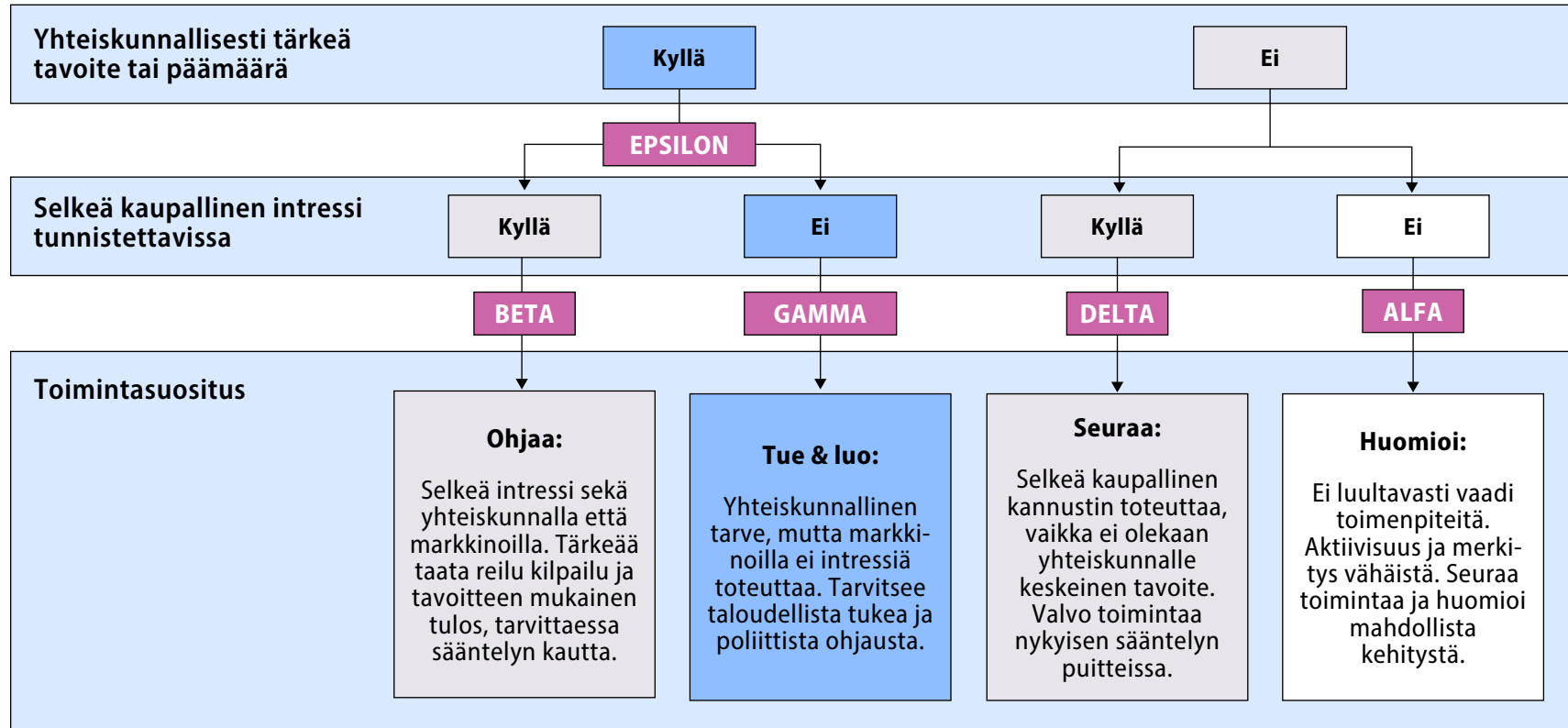
54 Thornton, P. H., & Ocasio, W. (2008). Institutional Logics. In K. Sahlin, R. Suddaby, R. Greenwood, & C. Oliver (Eds.), *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism* (1st ed.). Sage Publications.

55 Gans, J. (2016). *The Disruption Dilemma*. The MIT Press.

56 Grosser, T. J., Obstfeld, D., Labianca, G. (Joe), & Borgatti, S. (2019). Measuring mediation and separation brokerage orientations: A further step toward studying the social network brokerage process. *Academy of Management Discoveries*, 5(2), 114–136. <https://doi.org/10.5465/amd.2017.0110>

57 Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399–417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>

Kuvio 4. Yksinkertaistettu jäsenyys teknologianeutraliteettiin liittyvän sääntelyn tarpeesta, ja niihin liittyvät tapausesimerkit.



Kuvassa 4 on esitetty prosessimalli, jossa on kaksi teknologianeutraliteettiin liittyvää päätöksentekoa ohjaavaa päätasoa. Ensimmäisellä tasolla määritetään, onko tarkasteltava tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoite tai päämäärä yhteiskunnallisesti merkittävä (esim. hiilidioksidipäästöjen vähentäminen). Toisella tasolla määritetään, onko tämän tavoitteen toteuttamiseen tunnistettavissa selkeä kaupallinen intressi. Tällä yksinkertaisella tarkastelulla voidaan tunnistaa yhteiskunnallisesti tärkeät tavoitteet, joille ei ole selkeää kaupallista intressiä, eli asiat, joita yhteiskunta toivoisi tapahtuvan, mutta jotka eivät todennäköisesti toteudu markkinaehtoisesti. Näiden lisäksi kuvaan on merkitty tutkimusaineistosta esitettävät tapausesimerkit (Alfa, Beta, Gamma, Delta, Epsilon) ja havainnollistettu, kuinka ne liittyvät eri päätöksentekopolkuihin jäsenyksessä.

Innovaatiopolitiikkaan liittyen strategiset teknologiavalinnat voivatkin olla perusteltuja, mikäli yhteiskunnallisilla tuilla uskotaan saavutettavan huomattavia mitatakaavaetuja, eikä resurssit riitä useiden teknologioiden tukemiseen. Tällaisten strategisten teknologiavalintojen kanssa tulisi olla kuitenkin varovainen, sillä riskeinä ovat hallinnon aiheuttamat lukkiutumiskeinot ja valintojen epäonnistuminen. Näissä teknologia-alueiden valinnoissa tulisikin varmistaa riittävä kansainvälisen kilpailukyky sekä oikeudenmukainen valintaprosessi vaihtoehtojen välillä. Tämän luvun pohjalta voidaan antaa yksinkertaisia suosituksia teknologian kehityksen ennakkointiin ja teknologianeutraliteetin merkitykseen liittyen. Nämä suositukset pohjautuvat kuvassa 4 esitettävään prosessimalliin ja sen eri polkuihin:

Ohjaa. Tilanteet, joissa on tunnistettavissa yhteiskunnallisesti tärkeä päämäärä sekä kaupallinen intressi, ovat niitä, joihin markkinan huomio helposti ohjautuu. Ne ovat merkittäviä myös sääntelyn näkökulmasta. Sääntelyn rooli on ennen kaikkea taata reilu kilpailu, joka johtaa yhteiskunnan tavoitteen mukaiseen lopputulokseen. Jos tarpeellista, sääntelyn tulee ohjata kilpailua kohti haluttua päämäärää. Käytännön esimerkkeinä tällaisesta tilanteesta voi pitää tuuli- tai aurinkovoimaa (joka edistää yhteiskunnalle tärkeää vihreää siirtymää, mutta on monesti myös kaupallisesti kannattavin energiamuoto). Toinen hyvin tunnettu esimerkki on Tesla: toisin kuin polttomoottoriautojen markkinaa johtavat yritykset väittivät, sähköautojen valmistaminen muodostui erittäin kannattavaksi teknologiseksi ratkaisuksi, joka samalla edisti yhteiskunnallisesti tärkeää tavoitetta liikenteen päästöjen vähentämisen muodossa.

Tue & luo. Sääntelyn kautta tapahtuvia toimia tarvitaan kipeimmin tilanteissa, joissa on tunnistettavissa yhteiskunnallisesti tärkeä päämäärä, mutta selkeä kaupallinen intressi puuttuu. Monesti erilaiset kansalais- tai hyväntekeväisyysjärjestöt yrittävät edistää tällaisia päämääriä, joita ei nähdä kaupallisesti kannattavina, mutta silti tärkeinä ja huomionarvoisina. Esimerkkejä tällaisista toimijoista ovat Ocean Cleanup

Project (joka pyrkii putsaamaan muovijätettä Tyynestämerestä) tai Punaisen Ristin ”Red Cross Innovation” (joka pyrkii hyödyntämään uusia teknologioita, kuten tekoälyä tai drooneja, kriisinhallintaan ja humanitaarisen avun tarpeisiin). Monesti tällaiset hankkeet nojaavat vahvasti yhteiskunnan niille antamaan tukeen. Toisaalta kaupallisten intressien puuttuminen voi myös auttaa yhteiskunnallisen tavoitteen saavuttamisesta: esimerkiksi Wikipedian kaltaisen avoimen tietosanakirjan kannalta on suorastaan toivottavaa, ettei toimintaa ohjaa markkinavetoiset mekanismit, jotka pääsisivät vaikuttamaan esitettyyn sisältöön.

Seuraa. Sääntelyä kaivataan myös tilanteissa, jossa ei ole tunnistettavissa yhteiskunnalle tärkeää päämäärää tai tavoitetta. Sääntelyn tarve on ilmeisempi silloin, kun toimintaa ohjaavat selkeät kaupalliset intressit – tällöin tehtävänä on taata, että toiminta pysyy yhteisesti sovittujen pelisääntöjen puitteissa. On täysin mahdollista, että taloudellisesti kannattava toiminta on yhteiskunnan kannalta jopa epätoivottavaa teknologista kehitystä: käytännön esimerkiksi tällaisesta tilanteesta käy oikeastaan mikä tahansa laiton toiminta (kuten verkossa tapahtuva huumekauppa). Myös moni uusien teknologioiden mahdollistama, mutta täysin laillinen liiketoiminta voidaan nähdä yhteiskunnan eri tavoitteiden kannalta epäedullisena: mikäli uhkapelaaminen tai pikavipit tulevat uusien teknologioiden myötä entistä helpommin saavutettaviksi, on varsin todennäköistä, että myös niiden negatiiviset seuraukset korostuvat.

Huomioi. Viimeisimpänä polkuna kuvassa esitetään tilanne, jossa sekä selkeä yhteiskunnallinen päämäärä että kaupallinen intressi puuttuvat. Vaikka tällaiset tilanteita tai niihin liittyviä teknologioita ei nähdä erityisen huomionarvoisia, se ei kuitenkaan tarkoita, etteivät ne voisi olla merkittäviä. Käytännössä kaikki perustutkimus voidaan luokitella tähän kategoriaan: määritelmällisesti perustutkimuksen tavoitteena on yleinen tiedon lisääminen ja se ohjautuu tekijöidensä uteliaisuuden ja yleisen tiedonhalun myötä. Kuitenkin perustutkimusta tarvitaan, sillä se luo uusia mahdollisuuksia monenlaisille teknologisille ratkaisuille, joiden tarvetta, toteutustapaa, tai laajempaa yhteiskunnallista merkitystä ei välttämättä tiedetä kuin vasta hyvin pitkän ajan kuluttua. Vaikka tämän polun tilanteet eivät yleensä vaadi aktiivisia toimenpiteitä sääntelyn näkökulmasta, on silti tärkeää huomioida myös tässä kentässä tapahtuva kehitys, sillä se on todennäköisesti merkittävässä roolissa luomassa uusia teknologisia ja kaupallisia mahdollisuuksia.

5 Nousevien teknologioiden sääntely ja rahoitus

Selvityksen toisessa osatehtävässä tarkasteltiin, miten teknologianeutraliteetti on otettu huomioon nousevien teknologioiden sääntelyssä ja rahoituksessa Suomessa. Näitä käsitteitä on jo avattu edellisessä luvussa. Tämän luvun havainnot puolestaan tuottavat tietoa siitä, miten edellä kuvatut nousevien teknologioiden ja teknologianeutralisuuden käsite ja problematiikka näkyvät säädösvalmistelussa ja rahoituksen suuntaamisessa.

5.1 Teknologianeutraliteetti säädösvalmistelussa

Tässä luvussa kuvataan, millä tavoin teknologianeutraliteettiperiaatetta on sovellettu osana säädösvalmistelua: millä tavoin periaate on noussut osaksi säädösvalmistelua Suomessa ja kansallisesti, ja millä tavoin käsitteeseen viitataan säädösvalmistelun ohjeistuksissa. Analyysin toteutus on kuvattu tarkemmin luvussa 2.2.

5.1.1 Teknologianeutraliteetti osana lainsäädäntöä

Teknologianeutraliteetti-käsitteen ilmaantuminen osaksi lainsäädäntöä

Kuten raportin luvussa 3.2 on todettu, teknologianeutraliteetin käsite nousi konkreettisesti esiin ensimmäisen kerran 2000-luvun alussa EU:n viestintämarkkinoita koskevan sääntelyn yhteydessä. EU:n vuonna 2002 voimaan tullessa puitedirektiivissä termiä käytettiin seuraavasti. Huomionarvoista on, että tässä yhteydessä ei suomenkielisessä versiossa vielä käytetty teknologianeutraliteetti-termiä, vaan sen sijaan edellytettiin jäsenvaltioita ”välttämään sääntelyn sitomista yksittäisiin tekniikoihin”.

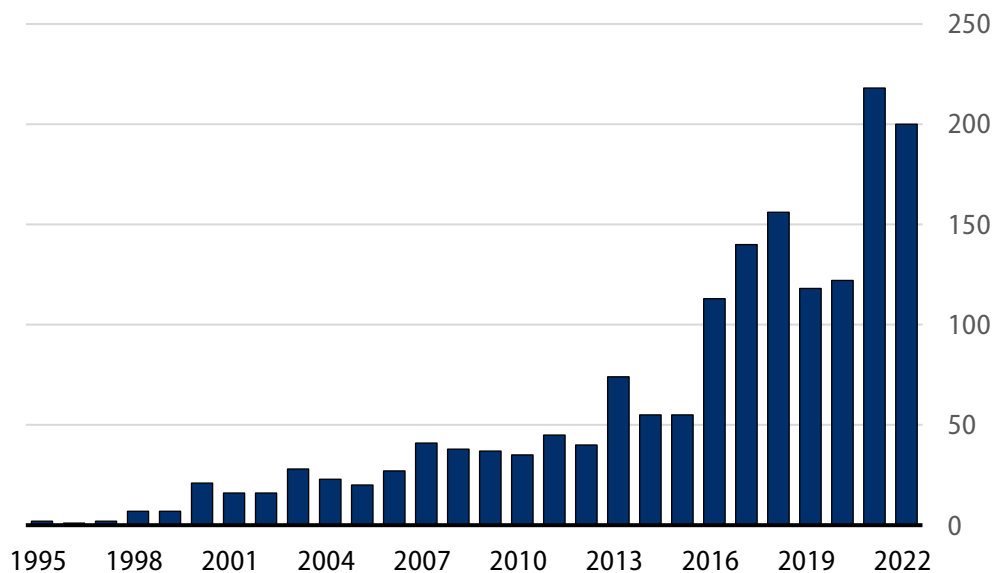
Englanniksi: “The requirement for Member States to ensure that national regulatory authorities take the utmost account of the desirability of making regulation technologically neutral, that is to say that it neither imposes nor discriminates in favour of the use of a particular type of technology, does not preclude the taking of proportionate steps to promote certain specific services where this is justified, for example digital television as a means for increasing spectrum efficiency.”⁵⁸

58 Directive 2002/21 on a common regulatory framework for electronic communications networks and services (Framework Directive) [2002] OJ L108/33.

Suomenkielinen virallinen käännös: "Jäsenvaltioille asetettu vaatimus varmistaa, että kansalliset sääntelyviranomaiset pyrkivät kaikin tavoin välttämään sääntelyn sitomista yksittäisiin tekniikoihin, mikä merkitsee, etteivät ne saa edellyttää tai suosia tietyn tyyppisen tekniikan käyttöä, ei sulje pois oikeasuhteisia toimenpiteitä tiettyjen yksittäisten palvelujen, kuten spektrin käyttöä tehostavan digitaalitelevision, edistämiseksi perustelluissa tapauksissa."⁵⁹

Sääntelyn taustalla on kuitenkin pidempään jatkunut valmistelu ja käsitteen juuret ajoittunevat 1990-luvun puoliväliin. EU-asiakirjojen analyysi (ks. infolaatikko) osoittaa, että ensimmäisen kerran termi näyttäisi esiintyvän virallisissa asiakirjoissa vuonna 1995 televiestintämarkkinoihin sääntelyyn liittyvässä valmisteluasiakirjassa (Green Paper), jossa todetaan ytimekkäästi, että sääntelyn tulisi olla teknologianeutraalia.⁶⁰ Sittemmin, erityisesti vuodesta 2016 alkaen, viittaukset teknologianeutraliteettiin EU:n säädösvalmistelun asiakirjoissa ovat selvästi yleistyneet.

Kuvio 5. Teknologianeutraliteettiin viittaavien asiakirjojen määrä EUR-Lex-palvelussa.



59 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi 2002/21/EY, annettu 7 päivänä maaliskuuta 2002, sähköisten viestintäverkkojen ja -palvelujen yhteisestä sääntelyjärjestelmästä (puitedirektiivi).

60 The Consultation on the Green Paper on the Liberalisation of Telecommunications Infrastructure and Cable Television Networks. (COM/95/158).

Teknologianeutraliteetti EU-säädöksissä

Osana selvitystä tarkasteltiin, millä tavoin ja missä yhteyksissä teknologianeutraliteetti on ollut esillä EU:n säädöshankkeissa. Hankkeita haettiin termillä ”technolog* neutral*” englanninkielisestä EUR-Lex-palvelusta (eur-lex.europa.eu). Haussa löytyi yhteensä 1 789 asiakirjaa, joissa esiintyy viittaus ko. termiin.⁶¹

Suurin osa asiakirjoista (1 445) on luonteeltaan valmisteluasiakirjoja (preparatory documents). Lainsäädäntöasiakirjoja (legal acts) löytyi haussa 138 kpl ja oikeuskäytäntöön (case law) liittyviä asiakirjoja 64 kpl. Asiakirjoista suurimmassa osassa on ollut laatijana Euroopan komissio (684), Euroopan unionin neuvosto (633), tai Euroopan parlamentti (284). Yhdellä asiakirjalla voi kuitenkin olla useampi laatija.

Huomattava osa asiakirjoista (67 %, 1 199 kpl) on laadittu vuoden 2016 jälkeen. Ensimmäinen asiakirja palvelussa vuodelta 1995 (ks. edellä).

Edellä kuvattu kehitys EU-säätelyssä selittää paljolti myös Suomessa tapahtunutta kehitystä, jota on analysoitu tarkemmin seuraavissa luvuissa. Ensimmäinen viittaus teknologianeutraliteettiin Suomen säädösvalmistelussa ajoittuu samaan aikaan edellä mainitun viestintämarkkinoiden puitedirektiivin kanssa. Hallituksen esityksessä eduskunnalle viestintämarkkinoita koskevan lainsäädännön muuttamisesta (HE 241/2001) todetaan muun muassa, että esityksen tavoitteena on ”...uudistaa viestinnän lainsäädäntöä niin, että kaikkia viestintäverkkoja kohdellaan lain tasolla teknologianeutraalisti.” Lisäksi nostetaan esiin kaupallisten televisioyhtiöiden esitys toimilupamaksun poistamisesta, joka yhtiöiden mukaan on ”olisi vastoin EU:n teknologiaperiaatetta”.⁶²

61 Suomenkielisestä palvelusta asiakirjoja löytyi 807 kpl hakusanalla ”teknologianeutr*”.

62 Hallituksen esitys Eduskunnalle viestintämarkkinoita koskevan lainsäädännön muuttamisesta (HE 241/2001).

Teknologianeutraliteetti säädösvalmistelun ohjeistuksissa

Viime vuosina teknologianeutraliteetti on noussut vahvemmin esille sekä EU:ssa että Suomessa osana laajempaa keskustelua **innovaatiomyönteisestä sääntelystä**.⁶³ Taustalla on osaltaan EU:n paremman sääntelyn ohjelma⁶⁴ ja siihen liittyvä innovaatioperiaate.⁶⁵

EU:n paremman sääntelyn yleisissä ohjeistuksissa (Better Regulation Guidelines) ei suoraan mainita teknologianeutraliteettia, mutta ohjeistuksissa kuitenkin todetaan, että EU-sääntelyn tulee olla "tulevaisuuden kestävä ja avointa innovatiivisille ratkaisuille".

*"'Better regulation' is also a means of guaranteeing that EU legislation has the broad support of EU citizens and remains fit for purpose, future-proof and open to innovative solutions in a context of ever more rapid technological, societal and environmental change."*⁶⁶

Sen sijaan tutkimus- ja innovaatiotoimintaan liittyvässä paremman sääntelyn työkalussa (Tool #22: Research and innovation) teknologianeutraliteettiin viitataan suoraan. Työkalun mukaisesti lainsäädännön tulisi pyrkiä teknologianeutraliteettiin ja välttää lukkiutumista tiettyyn teknologiaan:

*"Legislation should remain open to innovative solutions that will help achieve the policy objective of the measure under consideration. It should aim for technology neutrality and seek to avoid lock-in to one specific technology solution or technique. Generally, the less prescriptive and detailed a measure is, the more room it leaves for potential innovation. Excessively prescriptive and detailed regulation can create barriers to entry for innovative solutions, even if the innovation could contribute to achieving the policy goal of regulation. They can also limit the possibility to adapt rules in a timely manner, when circumstances change."*⁶⁷

63 Innovaatiomyönteisestä sääntelystä yleisemmin mm. TEM:n verkkosivuilla: <https://tem.fi/innovaatiomyonteinen-saantely> sekä Salminen, V. ym. (2020) Innovaatiomyönteinen sääntely : Nykytila ja hyvät käytännöt. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:27.

64 https://commission.europa.eu/law/law-making-process/planning-and-proposing-law/better-regulation_fi

65 European Commission (n/a): Ensuring EU legislation supports innovation. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/law-and-regulations/ensuring-eu-legislation-supports-innovation_en

66 European Commission. (2021). Better Regulation Guidelines. https://commission.europa.eu/system/files/2021-11/swd2021_305_en.pdf. Ei saatavilla suomeksi.

67 European Commission. (2021). Better Regulation Toolbox. Tool #22: Research and innovation. Ei saatavilla suomeksi.

Teknologianeutraliteetti linkittyy EU:n paremman sääntelyn ohjeistuksissa vahvasti ”tulevaisuuskestävyyden” (future proof) käsitteeseen. Termi ”future proof” mainitaan useissa muissa paremman sääntelyn työkaluissa (*Tool #20: Strategic foresight for impact assessments and evaluations; Tool #28: Digital-ready policymaking; Tool #69: Emerging methods and policy instruments*).

Komission paremman sääntelyn ohjeistukset innovaatiovaikutusten arvioinnista heijastuvat myös Suomen kansallisiin ohjeistuksiin säädöshankkeiden vaikutusten arvioinnista. Uusimmassa, vuonna 2022 päivitetystä, **lainvalmistelun vaikutusarviointiohjeessa** teknologianeutraliteetti onkin mainittu osana innovaatioiden syntyä ja leviämistä käsittelevää osuutta:

”Innovaatiomyönteinen sääntely on tulevaisuutta kestäväää sääntelyä, joka mukautuu toimintaympäristön muuttuessa. Tähän sisältyy sääntelykeinojen oikea valinta, teknologianeutraalius, päämäärälähtöisyys, riittävä joustavuus sekä selkeys ja ennakoitavuus. Sääntely, joka perustuu tavoiteltuun lopputulokseen eikä lukitse käytettäviä teknologisia ratkaisuita, edistää innovaatioita.”⁶⁸

Kaiken kaikkiaan lainvalmistelun näkökulmasta teknologianeutraliteetti voidaan nähdä selkeästi rajatun käsitteen sijaan **osana laajempaa keskustelua säädösvalmistelun hyvistä periaatteista**, jonka mukaan sääntelyn tulisi kohdella kansalaisia/yrityksiä/muita toimijoita tasavertaisesti eli olla luonteeltaan neutraalia. Kuten esimerkiksi Määttä (2009) on todennut, ”elinkeinoelämää silmällä pitäen neutraliteetilla tarkoitetaan yksinkertaisimmillaan sitä, että yrityksiä kohdellaan oikeusjärjestelmässä tasapuolisesti.” Tästä näkökulmasta tarkasteltuna teknologianeutraliteettiperiaate voidaan nähdä yhtenä yleisemmän neutraliteettiperiaatteen ilmenemismuotona esimerkiksi kilpailuneutraliteetin, yrityskokoneutraliteetin tai toimialaneutraliteetin rinnalla.⁶⁹

68 Valtioneuvosto (2022) Lainvalmistelun vaikutusarviointiohje. Valtioneuvoston julkaisu 2022:6. s. 44.

69 Määttä, K. (2009) Oikeustaloustieteellinen näkökulma kotimaiseen lainvalmisteluun. OPTL:n tutkimuksia, 242, s. 112.

5.1.2 Teknologianeutraliteetti hallituksen esityksissä

Selvityksen yhtenä tavoitteena oli muodostaa kokonaiskuva teknologianeutraliteetin soveltamisesta lainsäädännössä. Tätä tarkoitusta varten selvityksessä analysoitiin termin esiintymistä hallituksen esityksissä vuosina 1991–2022. Analyysi toteutettiin hyödyntämällä Turun yliopiston kehittämää Lakitutka-palvelua (palvelun alkupe- räislähteenä on eduskunnan avoimen datan verkkopalvelu). Palvelun avulla etsittiin kaikki hallituksen esitykset, joista löytyy termi ”teknologianeutr*⁷⁰”. Niiden hallitus- ten esitysten osalta, joissa teknologianeutraliteetti oli mainittu useimmin (neljä ker- taa tai enemmän) laadittiin tarkempi analyysi termin esiintymisestä. Seuraavassa on kuvattu analyysin keskeiset havainnot.

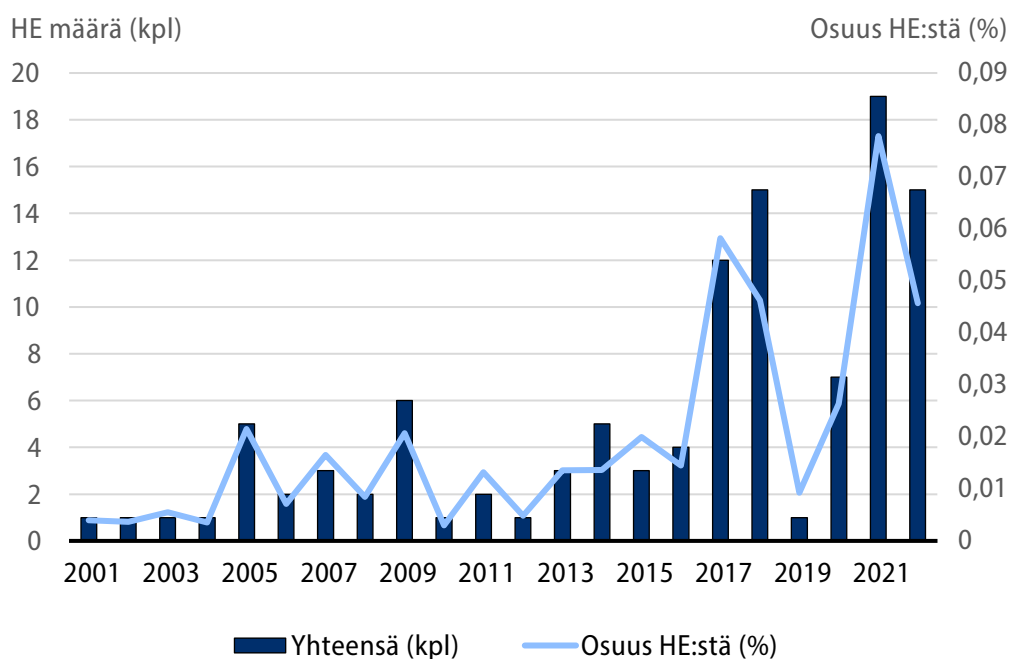
Viittaukset teknologianeutraliteettiin selvästi yleistyneet

Teknologianeutraliteetti on mainittu vuosina 1991–2022 yhteensä 110 eri hallituk- sen esityksessä. Ensimmäinen maininta on vuodelta 2001 (ks. edellä), jonka jälkeen termi mainittiin joitakin kertoja vuodessa eri esitysten yhteydessä. Osuus kaikista esityksistä vuosina 2001–2022 on 2 prosenttia. Vuodesta 2017 lähtien on kuitenkin havaittavissa selvä yleistymisen termin käytössä sekä esitysten määriä että suhteel- lista osuutta tarkasteltaessa. ”Huippuvuonna” 2021 teknologianeutraliteetti mai- nittiin 19 eri esityksessä, mikä vastaa 8 prosenttia kaikista hallituksen esityksistä kyseisenä vuonna.

Poikkeuksen kehityksestä muodostaa vuosi 2019, jolloin sekä esitysten määrä että suhteellinen osuus kaikista esityksistä oli selvästi alemmalla tasolla. Tätä selittänee se, että kyseisenä vuonna järjestettiin eduskuntavaalit, jolloin esitysten määrä on ylipäättään pienempi. Suhteellisen osuuden laskua ko. vuonna voi selittää se, että vaalivuosina ei tyypillisesti käynnistetä uusia merkittäviä säädöshankkeita ja esityk- set ovat luonteeltaan suoraviivaisempia ja lyhyempiä.

Kuten edellä on todettu, Suomen kehitystä selittää paljolti teknologianeutraliteet- ti-käsitteen vakiintuminen osaksi EU-sääntelyä 2000-luvun alussa, ja termin yleis- tyminen vuodesta 2016 lähtien. Suomen kontekstissa termin käytön yleistymistä vuodesta 2017 lähtien vaikuttaisi selittävän erityisesti pääministeri Sipilän hallitus- kaudella käynnistetty merkittävä liikenteen palveluihin liittyvä lainsäädäntötyö sekä EU:n yleiseen tietosuojasetukseen (GDPR) ja henkilötietojen sääntelyyn liittyvät esitykset. Toisaalta esitysten tarkempi tarkastelu osoittaa, että ne kohdistuvat melko laajasti erilaisiin teemoihin eikä kehitystä näin ollen selitä vain yksittäiset kokonai- suudet tai teemat.

70 Lisäksi tehtiin haut termeillä ”teknologiariippumat*⁷⁰” ja ”tekniikkaneutr*⁷⁰”. Ensimmäinen termi tuotti vain 11 osumaa ja jälkimmäinen termi 39 osumaa.

Kuvio 6. Teknologianeutraliteetti-termin esiintyminen hallituksen esityksissä.

Varsinaisissa säädösteksteissä termi teknologianeutraliteetti ei sen sijaan juurikaan esiinny. Finlex-palvelun ajantasaisen lainsäädännön analyysissä hakusana ”teknologianeutr*” tuotti ainoastaan yhden osuman (Laki sähköisen viestinnän palveluista, 7.11.2014/917, pykälä 53).

Selvityksessä analysoitiin tarkemmin kaikki sellaiset esitykset, joissa teknologianeutraliteetti mainittiin neljä kertaa tai useammin. Tällaisia esityksiä oli aineistossa yhteensä 18 kappaletta, jakautuen tasaisesti eri vuosille. Tarkasteltaessa tarkemmin termin esiintymistä em. 18 esityksessä, havaitaan että selvästi useimmin termi mainitaan esityksen yksityiskohtaisissa perusteluissa (36 mainintaa) tai nykytilan kuvauksessa (29 mainintaa). Huomionarvoista on kuitenkin myös, että varsin usein (22 mainintaa) termi mainitaan myös esityksen tavoitteiden ja keskeisten ehdotusten yhteydessä. Vaikutuksia arvioivissa osioissa termi mainitaan yhteensä 9 kertaa.

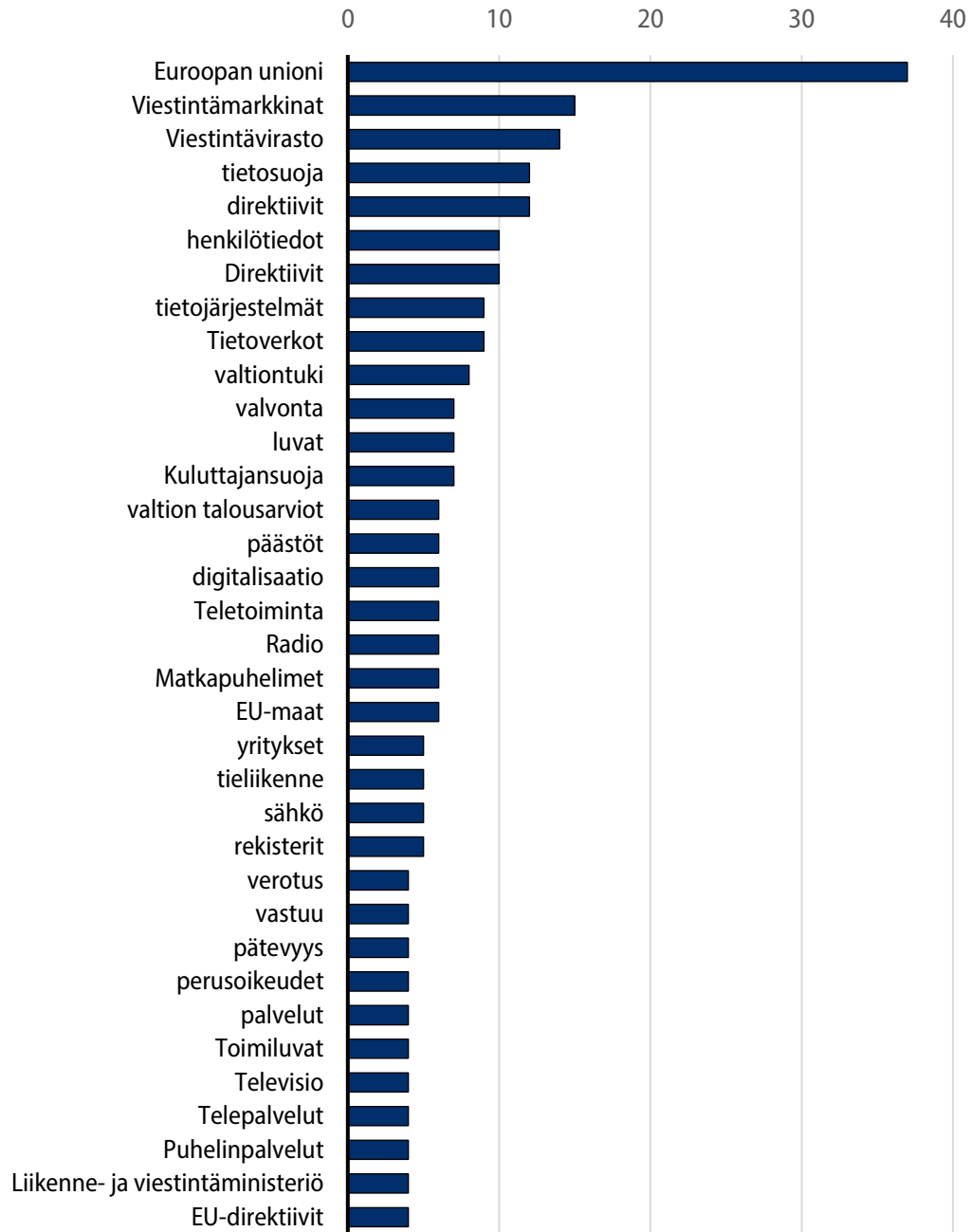
Taulukko 2. Teknologianeutraliteetti-termin esiintyminen hallituksen esitysten eri osioissa. Mukana esitykset, joissa termi esiintyy neljä kertaa tai useammin (yht. 18 esitystä).

Esityksen osa	Mainintojen määrä yhteensä
Tiivistelmä / pääasiallinen sisältö	3
Johdanto	3
Nykytila	29
Esityksen tavoitteet ja keskeiset ehdotukset	22
Esityksen vaikutukset	9
Valmistelu	5
Yksityiskohtaiset perustelut	36
Muu mikä?	18
Yhteensä	125

EU- ja viestintäasiat korostuvat esitysten asiasanoissa

Tarkasteltaessa teknologianeutraliteetti-viittauksia sisältävien esitysten asiasanoja havaitaan, että selvästi yleisin asiasana (37 kpl) on Euroopan unioni. Etenkin kun huomioidaan myös muut EU-säätelyyn viittaavat asiasanat (esim. ”direktiivit”, ”EU-maat”), havaitaan että huomattava osa kaikista esityksistä liittyy jollain tavalla EU-säätelyyn. Toinen asiasanojen kautta esiin nouseva kokonaisuus liittyy viestintään, viestintämarkkinoihin ja -palveluihin. Myös tietosuoja ja henkilötiedot esiintyvät asiasanoina useissa eri esityksissä. Havainto esitysten liittymisestä erityisesti EU- ja viestintäasioihin on odotettu, ottaen huomioon termin juuret nimenomaan viestintämarkkinoihin liittyvässä säätelyssä.

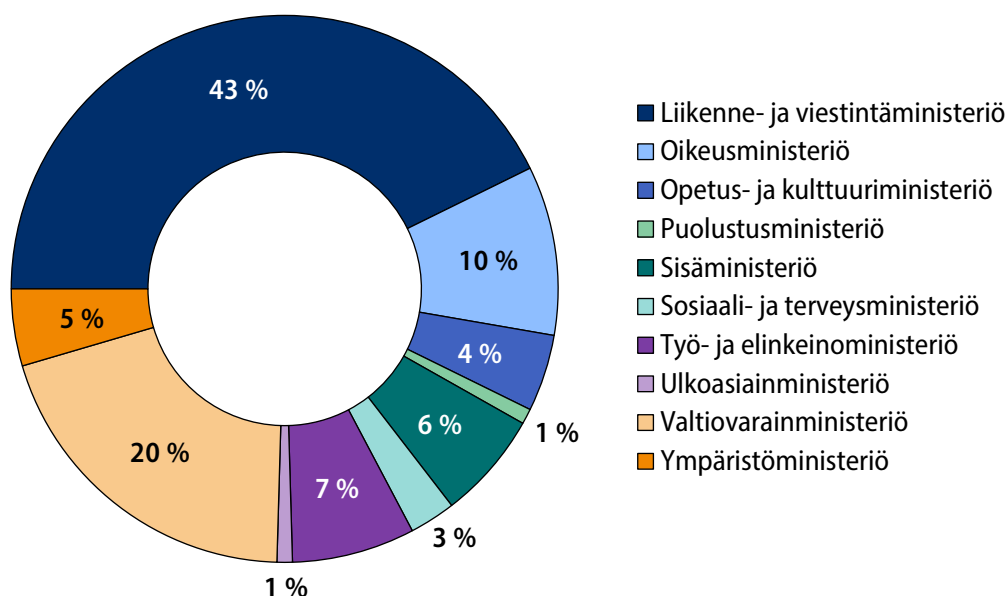
Kuvio 7. Yleisimmät asiasanat hallituksen esityksissä, joissa viitattu teknologianeutraliteettiin.



Selvästi eniten viittauksia teknologianeutraliteettiin LVM:n esityksissä

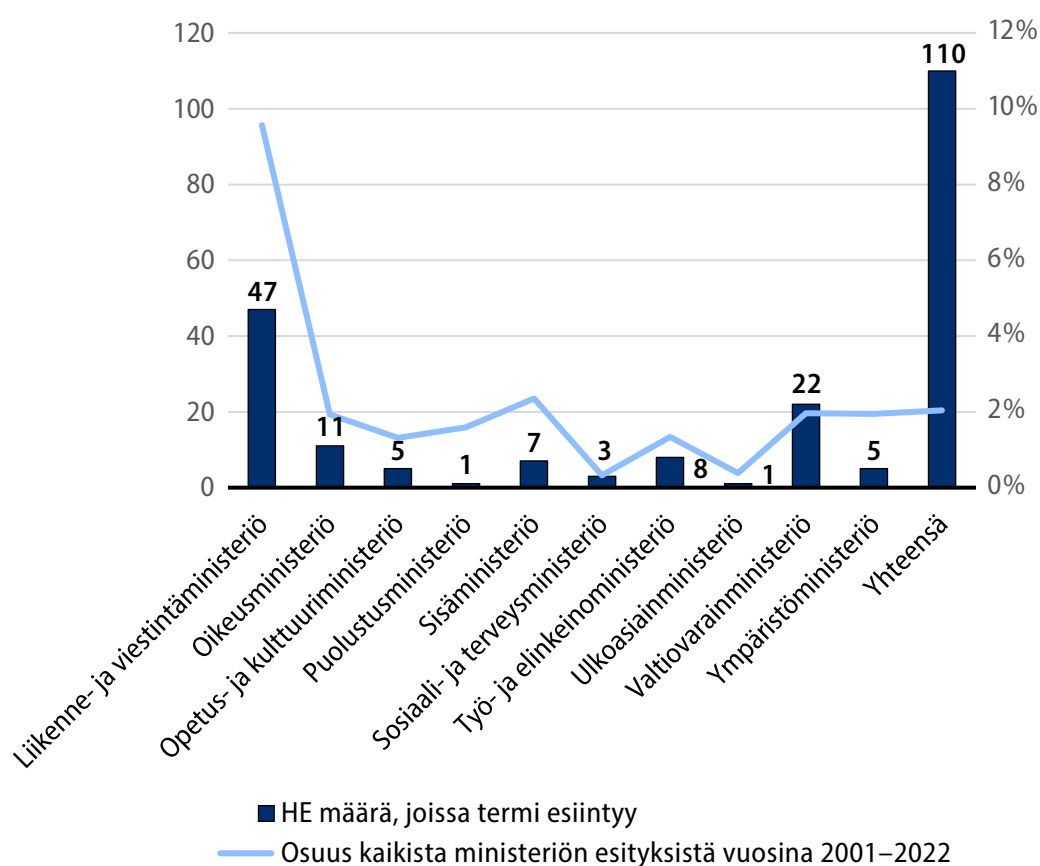
Selvästi suurin osa esityksistä, joissa teknologianeutraliteetti on mainittu, on **liikenne- ja viestintäministeriön** (LVM) esityksiä. Koko tarkastelujaksolla annetuista esityksistä 43 prosenttia (47/110 kpl) on LVM:n esityksiä. LVM:n esitykset liittyvät tyypillisesti erilaisiin viestintämarkkinoita koskeviin kysymyksiin, mutta mukana on kuitenkin myös laajasti myös esimerkiksi liikenteen tai viestinnän palveluihin, polttoaineisiin ja liikenneinfran rakentamiseen liittyviä esityksiä.

Kuvio 8. Eri ministeriöiden osuudet kaikista esityksistä, joissa on viitattu teknologianeutraliteettiin (n=110).



Tarkasteltaessa esitysten osuuksia kaikista eri ministeriöiden esityksistä havaitaan, että lähes joka kymmenennessä LVM:n esityksessä vuosina 2001–2022 (yhteensä 491 kpl) on viitattu teknologianeutraliteettiin. Muiden ministeriöiden vastaavat osuudet vaihtelevat 0–2 prosentin välillä.

Kuvio 9. Teknologianeutraliteettiin viittaavien hallitusten esitysten jakautuminen ministeriöittäin sekä osuudet ko. ministeriön kaikista esityksistä vuosina 2001–2022.



LVM:n esityksistä eniten (ja kaikista esityksistä toiseksi eniten) viittauksia teknologianeutraliteettiin (17 kpl) esiintyi esityksessä koskien lakia sähköisen viestinnän palveluista annetuin lain muuttamista (HE 98/2020). Mielenkiintoista on, että tässä esityksessä viittaukset teknologianeutraliteettiin jakautuivat tasaisesti esityksen eri osioihin, mutta hyvin poikkeuksellisesti eniten mainintoja oli ”suhde perustuslakiin”-osiossa, jossa todettiin mm. seuraavaa:

”Audiovisuaalisen kaupalliselle viestinnälle asetettujen vaatimusten laajentaminen videonjakoalustapalveluihin tukee teknologianeutraalia lähestymistapaa ja luo tasapuolisemmat toimintaedellytykset erityyppisille audiovisuaalisille palveluille.”

”Sääntelyn laajentuminen tilausohjelmopalveluihin tukee teknologianeutraalia lähestymistapaa ottaen huomioon, että audiovisuaalista sisältöä tarjotaan yhä enenevässä määrin internetin kautta välitettävissä tilausohjelmopalveluissa.”

Kaikista esityksistä kolmanneksi eniten viittauksia teknologianeutraliteettiin LVM:n esityksessä laiksi tietoyhteiskuntakaareksi (HE 221/2013). Tässä esityksessä suurin osa maininnoista (8/14) esiintyi yksityiskohtaiset perustelut -osiossa, mutta myös vaikutuksia arvioivassa osiossa termiin viitattiin neljästi. Tältä osin esitys onkin hyvä esimerkki tavasta, jolla esityksen vaikutuksia on tarkasteltu teknologianeutraliteetin näkökulmasta:

”Ehdotetussa tietoyhteiskuntakaaressa pyritään lisäämään teknologianeutraalisuutta, joka mahdollistaa sääntelyn suuntaamisen myös tulevaisuuteen. Tarve teknologianeutraalille sääntelylle kasvaa toimijakentän laajentuessa internetin uusien palvelujen myötä ja osittain syrjäyttäessä esimerkiksi vanhoja kupari- ja terrestriaalitekologioita. Sääntelyn tarve korostuu myös, jos kilpailu markkinoilla ei tuota tehokkaita ja markkinaehtoisia lopputuloksia. Ehdotuksessa esitetyt muutokset toisivat teknologianeutraaliutta myös internet-pohjaisiin palveluihin. [...] Jos sääntely ei olisi teleyritysten kannalta ennakoitavaa ja teknologianeutraalia, sillä saattaisi olla epätoivottuja vaikutuksia niiden investointeihin ja teknologiavalintoihin.”

LVM:n korostunut rooli ei ole yllättävää, kun huomioidaan, että teknologianeutraliteetti on alun perin lähtöisin nimenomaan LVM:n hallinnonalaan kuuluvasta tele- ja viestintämarkkinoiden sääntelystä. Edellä kuvattujen tulosten sekä selvityksen yhteydessä toteutettujen taustahaastatteluiden pohjalta voidaankin sanoa, että periaatteella on selvästi vahvimmat juuret nimenomaan LVM:n hallinnonalla, missä se on vakiintunut yhdeksi lainvalmistelua ohjaavaksi periaatteeksi. Sen sijaan muilla hallinnonaloilla termin merkitys säädösvalmistelussa on selvästi vähäisempi.

Teknologianeutraliteetti muiden ministeriöiden esityksissä

Seuraavaksi eniten viittauksia teknologianeutraliteettiin on **valtiovarainministeriön** (VM) esityksissä (20 %, 22 kpl). VM:n suurehkoa osuutta selittää osaltaan se, että esityksistä 10 kpl liittyy valtion talousarvioihin. Talousarvioissa viittauksen teknologianeutraliteettiin esiintyvät pääsääntöisesti eri määrärahoja koskevissa selvityksissä. Esimerkiksi vuoden 2022 lisätalousarviossa oli seuraavat maininnat teknologianeutraliteetista:

”Business Finland tukee mikroelektroniikan arvoketjun syntymistä ja 6G:n, tekoälyn ja kvanttilaskennan testaus- ja kokeilu ympäristöjä, joissa yritykset ja tutkimuslaitokset kehittävät teknologianeutraaleja hankkeita.”⁷¹

”Vuonna 2018 pidettiin kansallisen energia- ja ilmastostrategian mukaisesti teknologianeutraali tarjouskilpailu uusiutuvan energian tuesta.”⁷²

Valtiovarainministeriön esityksissä eniten viittauksia (5 kpl) teknologianeutraliteettiin oli esityksessä digitaalista henkilöllisyyttä koskevaksi lainsäädännöksi (HE 133/2022 vp). Esityksessä todetaan muun muassa, että ”lain määritelmä on teknologianeutraali”, millä viitataan siihen, että vahva sähköinen tunnistus voi ”perustua teknisesti eri menetelmiin.”⁷³

Kolmanneksi eniten mainintoja on **oikeusministeriön** (OM) esityksissä (10 %, 11 kpl). Monet OM:n esityksistä kohdistuu esityksiin, joissa käsitellään henkilötietoihin ja/tai yksilöiden oikeuksiin ja osallistumismahdollisuuksiin liittyviä kysymyksiä. Esimerkiksi esityksessä laiksi henkilötietojen käsittelystä rikosasioissa ja kansallisen turvallisuuden ylläpitämisen yhteydessä teknologianeutraliteetti mainittiin seuraavasti:

”Säännöksen mukaisesti sen, joka haluaa tarkastaa itseään koskevat tiedot 1 momentissa tarkoitetulla tavalla, olisi esitettävä tätä tarkoittava pyyntö rekisterinpitäjälle omakätisesti allekirjoitetulla asiakirjalla tai sitä vastaavalla varmennetulla tavalla tai henkilökohtaisesti rekisterinpitäjän luona. Säännös olisi teknologianeutraali, eli se mahdollistaisi tarkastusoikeuden toteuttamisen esimerkiksi sähköisen käyttöliittymän kautta, mikäli se on mahdollista toteuttaa ehdotettujen edellytysten mukaisesti.” (HE 31/2018)

71 Hallituksen esitys eduskunnalle valtion talousarvioksi vuodelle 2023. HE 154/2022.

72 Hallituksen esitys eduskunnalle valtion talousarvioksi vuodelle 2023. HE 154/2022.

73 Hallituksen esitys eduskunnalle digitaalista henkilöllisyyttä koskevaksi lainsäädännöksi. HE 133/2022.

Toisena esimerkkinä voidaan mainita mm. vuoden 2022 esitys laeiksi osakeyhtiölain, asunto-osakeyhtiölain, osuuskuntalain ja yhdistyslain muuttamisesta:

”Tekniikan ja kokouspalveluiden ja -käytäntöjen kehitys ei puolla suljettua äänestystä koskevan pakottavan rajoituksen säilyttämistä. Myös suljettu äänestys-ilmaus perustuu aiempaan, fyysisten äänestyslippujen käytäntöön, jossa suljettu lippu on esimerkiksi taitettu tai laitettu kuoreen siten, että äänestyslippujen palautusta seuraava henkilö ei voi nähdä äänestäjän ottamaa kantaa. Äänestysjärjestelmien kehityksen myötä ehdotetaan ”suljettu äänestys”-ilmausten korvaamista teknologianeutraalilla ”salainen äänestys”-ilmauksella.” (HE 47/2022)

Työ- ja elinkeinoministeriön (TEM) esityksissä teknologianeutraliteetti on mainittu kahdeksassa eri esityksessä. Eniten viittauksia teknologianeutraliteettiin (20 mainintaa, eniten kaikista esityksistä) oli TEM:n esityksessä (HE 175/2017 vp), jossa ehdotetaan muutettavaksi uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta annettua lakia. Esityksen mukaisesti ”laissa säädettäisiin tarjouskilpailuun perustuvasta preemiojärjestelmästä, jossa teknologianeutraalisti edistettäisiin uusiutuviin energialähteisiin perustuvia voimalaitosinvestointeja.” Esityksessä teknologianeutraliteetti mainittiin erityisesti esityksen tavoiteosiossa ”teknologianeutraalin tarjouskilpailun” yhteydessä, esimerkiksi seuraavasti:

”Keskeisenä tavoitteena on kansantalouden kokonaisuuden sekä preemiojärjestelmän kustannustehokkuus, mikä varmistettaisiin teknologianeutraaleilla tarjouskilpailuilla.” (HE 175/2017 vp)

Opetus- ja kulttuuriministeriön esityksistä eniten viittauksia teknologianeutraliteettiin oli esityksessä laiksi tekijänoikeuslain ja sähköisen viestinnän palveluista annetun lain muuttamisesta (HE 43/2022 vp). Tässä esityksessä teknologianeutraliteetti mainitaan kahdeksan kertaa, joista puolet nykytilaa koskevassa osiossa. Esitys kuvastaakin hyvin EU-sääntelystä lähtöisin olevan teknologianeutraliteettiperiaatteen soveltamista käytännössä.

”Vaikka kansallisen sääntelyn lähtökohta on teknologianeutraali, sopimuskäytäntö ei välttämättä ole teknologianeutraalia. Näin ollen 2000-luvulla ongelmaksi muodostui eräässä vaiheessa se, että ohjelmaostoa koskevissa sopimuksissa lähetystoiminta sidottiin DVB-T ja DVB-C-standardilla tapahtuvaksi, mikä poissulki ohjelmien lähettämisen mobiililähetyksenä (DVB-H). Sopimusvaudesta johtuen sopimuskäytäntö voi siten muodostua tekniikkasidonnaiseksi. [...] Tekijänoikeuslain kirjoitustapa ei esimerkiksi tekijänoikeuslain 25 h §:n osalta ole ollut neutraali suhteessa käytettyyn tekniikkaan nähden. Sen 1 momentin pääsäännös on neutraali mutta muut kolme momenttia koskevat kaapeleitse tai

johtimise tapahtuvia edelleen lähettämisen tilanteita. Nyt kun EU:n sääntelykehys on tältä osin muutettu täysin teknologianeutraaliksi, tämä on otettava huomioon tekijänoikeuslain asianomaisten säännösten muotoiluissa.”

Sisäministeriön esityksissä teknologianeutraliteetti on mainittu seitsemässä eri esityksessä. Eniten viittauksia (5) teknologianeutraliteettiin oli esityksessä siviilitiedustelua koskevasi lainsäädännöksi. Tässä esityksessä termiä käytetään ennen kaikkea mahdollistamaan myös erilaiset teknologiset ratkaisut jatkossa teknologioiden muuttuessa.

”Tietoliikennetiedustelua käytettäisiin viestintäverkossa rajan ylittävään tietoliikenteeseen. Viestintäverkon määritelmään sisältyisi vaatimus tiedonsiirron sähkömagneettisesta toteutustavasta, mutta muuten se olisi luonteeltaan teknologianeutraali. Koska valtaosa Suomen ja ulkomaiden välisestä tietoliikenteestä välittyy valokuituja tiedonsiirtoon käytävissä kaapeleissa, kohdistuisi tietoliikennetiedustelu käytännössä pääasiassa kaapelivälitteiseen tietoliikenteeseen. Viestintäverkon käsitteen teknologianeutraalisuudella varmistettaisiin kuitenkin lain soveltuvuus myös muissa teknisissä ympäristöissä ja muuttuvien viestintäteknologioiden olosuhteissa.”

Ympäristöministeriön esityksissä teknologianeutraliteetti mainitaan viidessä eri esityksessä. Eniten mainintoja (4 kpl) esiintyi esityksessä laiksi ympäristönsuojelulain muuttamisesta, jossa todetaan muun muassa, että ”sääntelyn tarkoituksena on selventää lain teknologianeutraalia lähestymistapaa”, jonka perusteella ”mikä tahansa soveltuva laite tai menetelmä on lähtökohtaisesti hyväksyttävissä.”⁷⁴

Puolustusministeriön (PLM) esityksissä teknologianeutraliteetti on mainittu ainoastaan kerran (Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi sotilastiedustelusta sekä eräksi siihen liittyviksi laeiksi, HE 203/2017). Kyseisessä esityksessä termi mainitaan kuitenkin neljä kertaa.

”Viestintäverkon määritelmä olisi luonteeltaan teknologianeutraali. Koska valtaosa Suomen ja ulkomaiden välisestä tietoliikenteestä välittyy valokuituja pitkin tiedonsiirtoon käytävissä kaapeleissa, kohdistuisi tietoliikennetiedustelu käytännössä pääasiassa kaapelivälitteiseen tietoliikenteeseen. Viestintäverkon käsitteen teknologianeutraalisuudella varmistettaisiin kuitenkin lain soveltuvuus myös muissa teknisissä ympäristöissä ja muuttuvien viestintäteknologioiden olosuhteissa.” (HE 203/2017)

⁷⁴ Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi ympäristönsuojelulain muuttamisesta. HE 128/2016.

Sosiaali- ja terveysministeriön (STM) esityksissä teknologianeutraliteetti mainitaan kolmessa eri esityksessä. Yhdessäkään esityksessä termiä ei kuitenkaan mainita kahta kertaa enempää. Esimerkkinä voidaan mainita esitys laeiksi säteilylain ja terveydensuojelulain 50 §:n muuttamisesta, jossa viitataan Tietosuojavaltuutetun toimiston lausuntoon. Sen mukaan ”tunnistamista ja kulunvalvontaa koskevan lain-säädännön tulisi olla (...) teknologianeutraalia, eikä niitä tulisi sitoa tiettyyn tekniseen ratkaisuun.”

Taulukko 3. Hallituksen esitykset, joissa teknologianeutraliteetti-termi esiintyy neljä kertaa tai enemmän.

Vuosi	Esityksen nimi	Ministeriö	Hakusanaosumat
2017	Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta annetun lain ja tuulivoiman kompensatioalueista annetun lain 6 §:n muuttamisesta (HE 175/2017 vp)	TEM	20
2020	Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi sähköisen viestinnän palveluista annetun lain muuttamisesta ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi (HE 98/2020 vp)	LVM	17
2013	Hallituksen esitys eduskunnalle tietoyhteiskunta-kaareksi sekä laeiksi maankäyttö- ja rakennuslain 161 §:n ja rikoslain 38 luvun 8 §:n muuttamisesta (HE 221/2013)	LVM	14
2022	Hallituksen esitys eduskunnalle laeiksi tekijänoikeuslain ja sähköisen viestinnän palveluista annetun lain muuttamisesta (HE 43/2022 vp)	OKM	8
2002	Hallituksen esitys Eduskunnalle viestintämarkkinoita koskevan lainsäädännön muuttamisesta (HE 112/2002)	LVM	7
2006	Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi viestintämarkkinalain muuttamisesta (HE 150/2006)	LVM	7
2009	Hallituksen esitys Eduskunnalle laiksi vahvasta sähköisestä tunnistamisesta ja sähköisistä allekirjoituksista sekä eräksi siihen liittyviksi laeiksi (HE 36/2009)	LVM	6

Vuosi	Esityksen nimi	Ministeriö	Hakusana- osumat
2016	Hallituksen esitys liikennekaareksi ja eräksi siihen liittyviksi laeiksi (HE 161/2016 vp)	LVM	5
2017	Hallituksen esitys eduskunnalle siviilitiedustelua koskevaksi lainsäädännöksi (HE 202/2017 vp)	SM	5
2020	Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi laajakaistarakentamisen tuesta (HE 221/2020 vp)	LVM	5
2021	Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräksi muiksi laeiksi (HE 48/2021 vp)	TEM	5
2022	Hallituksen esitys eduskunnalle digitaalista henkilöllisyyttä koskevaksi lainsäädännöksi (HE 133/2022 vp)	VM	5
2016	Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi ympäristönsuojelulain muuttamisesta (HE 128/2016 vp)	YM	4
2017	Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi sotilastiedustelusta sekä eräksi siihen liittyviksi laeiksi (HE 203/2017 vp)	PLM	4
2001	Hallituksen esitys Eduskunnalle viestintämarkkinoita koskevan lainsäädännön muuttamisesta (HE 241/2001)	LVM	4
2008	Hallituksen esitys Eduskunnalle laeiksi viestintämarkkinalain sekä radiotaajuuksista ja telelaitteista annetun lain muuttamisesta (HE 223/2008)	LVM	4
2016	Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi vahvasta sähköisestä tunnistamisesta ja sähköisistä allekirjoituksista annetun lain muuttamisesta sekä eräksi siihen liittyviksi laeiksi (HE 176/2009)	LVM	4
2009	Hallituksen esitys Eduskunnalle laeiksi eräiden radiotaajuuksien huutokaupoista sekä viestintämarkkinalain 4 ja 12 §:n muuttamisesta (HE 37/2009)	LVM	4

5.2 Nouseviin teknologioihin liittyvä sääntely

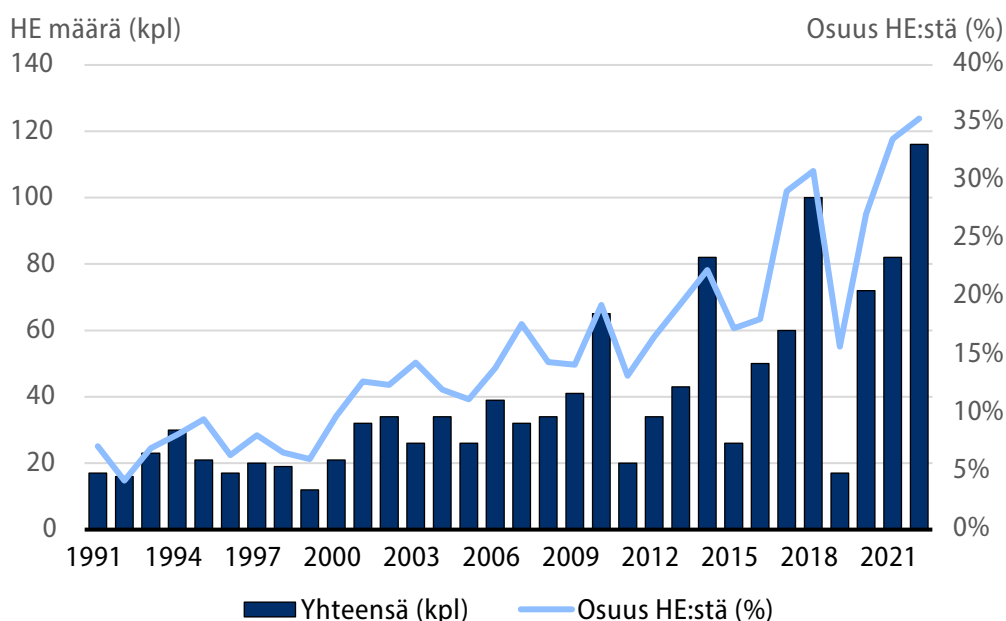
Tässä luvussa on kuvattu kokonaiskuva nouseviin teknologioihin kohdistuvista säädöshankkeista. Kokonaiskuvan lisäksi on tarkasteltu tarkemmin case-esimerkkeinä kolme viimeaikaista nouseviin teknologioihin liittyvää säädöshanketta. Analyysin toteutus ja siihen liittyvät rajoitteet on kuvattu luvussa 2.2.

5.2.1 Yleiskuva teknologioihin liittyvästä sääntelystä

Tarkasteltaessa yleisellä tasolla viittauksia teknologioihin hallituksen esityksissä, havaitaan, että teknologioihin viitataan esityksissä enenevässä määrin. Osuus esityksistä, joissa termi on mainittu, on kasvanut tasaisesti tarkastelujaksolla noin 5–10 prosentista jopa yli 30 prosenttiin. Vuonna 2022 teknologia mainittiin yli joka kolmanneksessa (35 %, 116 kpl) esityksiä. Eniten mainintoja on työ- ja elinkeinoministeriön (20 % kaikista esityksistä, joissa termi mainittu 1991–2022), valtiovarainministeriön (18 %), liikenne- ja viestintäministeriön (13 %) ja ulkoministeriön (12 %) esityksissä.

Huomionarvoista on myös se, että termin sisältävien esitysten suhteellinen osuus kaikista esityksistä vaikuttaisi olevan selvästi alhaisempi niinä vuosina, jolloin on järjestetty eduskuntavaalit (2011, 2015, 2019).

Kuvio 10. Viittaukset teknologia-termiin ("teknolog*") hallituksen esityksissä 1991–2022.



Analyysia täydennettiin tarkastelemalla, missä määrin hallituksen esityksissä on viitattu tiettyihin nouseviin teknologioihin. Tarkasteluun valittiin VTT:n Lupaavimmat teknologiat -visiopaperissa esiin nostamia, nousevia ja Suomen kannalta lupaavimmiksi arvioituja teknologioita. Oheisessa taulukossa on esitetty analyysin tulokset. Eniten viittauksia hallituksen esityksissä tunnistettiin bioteknologiaan liittyen (64 esitystä), toiseksi eniten (58) energiateknologiaan liittyen ja kolmanneksi eniten (49) tekoölyyn liittyen. Terveysteknologiaan viittavia esityksiä tunnistettiin 24 kpl. Muihin teknologioihin esityksissä viitattiin selvästi harvemmin.

Kolme eniten esityksissä mainittua teknologiaa (tekoöly, bioteknologia ja energiateknologia) valittiin tarkempaan tarkasteluun, jonka havainnot kuvattu seuraavissa luvuissa.

Taulukko 4. Nouseviin teknologioihin liittyvät hallituksen esitykset. Lista teknologioista: VTT 2022. HE lähde: Lakitutka-palvelu (alkuperäislähteenä eduskunnan avoimen datan verkkopalvelu).

Teknologia (käytetty hakutermi)⁷⁵	HE määrä	Ensimmäinen viittaus⁷⁶
Bioteknologia (biotekn*)	91	1991
Energiateknologia (energiatekn*)	60	1991
Tekoöly (tekoöly*)	49	2017
Terveysteknologia (terveystekn*)	25	2005
Uudet materiaalit (materiaalitek*)	8	1992
Avaruusteknologia (avaruustekn*)	7	1993
Mikroelektronikka ja fotonikka (mikroelektr*+foton*)	6+1	1994
Valmistusteknologia (valmistusteknolog*)	4	1994
Langattomat tietoverkot (langat* tietoverk*)	3	2010
Turvallisuusteknologia (turvallisuusteknolog*)	1	2012
Kvanttitekknologia (kvanttitekknolog*)	0	-

75 Valmistusteknologioiden ja turvallisuusteknologioiden osalta käytettiin pidempää hakutermiä, sillä lyhyempi hakutermi ("valmistustekn*", "turvallisuustekn*") tuotti selvästi osumia, jotka viittasivat yleisesti valmistusteknisiin tai turvallisuusteknisiin asioihin, ei uusiin valmistusteknologiaihin.

76 Aineisto rajoittuu vuoteen 1991 eli sitä varhaisemmat maininnat eivät ole mukana.

5.2.2 Bio- ja geeniteknologiaan liittyvät säädöshankkeet

Bioteknologiaan liittyviä säädöshankkeita tunnistettiin kartoituksessa yhteensä 91 kappaletta. Eniten esityksiä on STM:stä (21 kpl), toiseksi eniten UM:stä (16 kpl), kolmanneksi eniten MMM:stä (14 kpl), ja neljänneksi eniten (12 kpl) TEM:stä (ml. kauppa- ja teollisuusministeriö, KTM). VM:n esityksiä tunnistettiin 18 kpl, joskin kaikki niistä liittyivät valtion talousarvioon. Ulkoministeriön esitykset liittyvät puolestaan kansainvälisiin sopimuksiin, joissa bioteknologia on voitu mainita yhtenä teknologiana muiden joukossa. Teknologianeutraliteettiin on viitattu kolmessa bioteknologiaan liittyvässä esityksessä.

Viimeisin viittaus bioteknologiaan on hallituksen esitys laiksi Genomikeskuksesta (HE 110/2022) vuodelta 2022 (esitys raukesi eduskunnassa myöhemmin samana vuonna). Ensimmäinen viittaus bioteknologiaan esiintyi MMM:n vuoden 1992 esityksessä laeiksi kasvinjalostajanoikeudesta sekä siementavaran kaupasta annetun lain 8 §:n muuttamisesta. Esityksessä oli viitattu eri sidosryhmien lausuntoihin seuraavasti:

”Kauppa- ja teollisuusministeriö, patenti- ja rekisterihallitus ja Teollisuuden Keskusliitto esittivät, ettei kasvinjalostajanoikeutta koskevalla lainsäädännöllä saa supistaa nykyisiä mahdollisuuksia bioteknologisten keksintöjen patentoimiseen.”
(HE 24/1992)

Suurimmassa osassa esityksiä viittaukset ovat vain yksittäisiä tai yleisiä toimintaympäristöön liittyviä, eikä erityisesti bioteknologiaan liittyviä esityksiä tunnistettu. Yhtenä yksityiskohtana voidaan mainita myös hallituksen esitys laiksi ulkomaalaisten yritystojen seurannasta annetun lain muuttamisesta (HE 103/2020). Esityksessä käsitellään yhtenä osana ulkomaisten sijoitusten mahdollisia vaikutuksia kriittiseen teknologiaan ja kaksikäyttötuotteisiin, joista bioteknologia on mainittu yhtenä esimerkkinä.

Useimmiten bioteknologia (”biotekn*”) **mainittiin biopankkilakiin liittyvissä esityksissä** (HE 325/2010 (rauennot), HE 86/2011). Vuoden 2011 esityksessä bioteknologiaan (biotekn*) viitataan yhteensä 14 kertaa, mukaan lukien seuraavissa yhteyksissä:

”Yksiköt eli biopankit, joissa näytteitä sekä niihin liittyvää tietoa säilytetään ja käsitellään, luovat perustan biopankkitutkimukselle. (...) Tutkimus hyödyttää myös lääkevalmisteiden ja diagnostisten menetelmien kehitystyötä. Bioteknologian nopea kehittyminen edellyttää näytteiden käyttöön liittyvien riskien hallintaa.”

”Bioteknologiaturkimuksen sovellusten odotetaan parantavan erityisesti lääkkeiden ja diagnostisten menetelmien kehittymistä sekä tautien syntymekanismien ja vaikutusten nykyistä parempaa ymmärtämistä.”

”Maassamme on 1980-luvun loppupuolelta saakka määrätietoisesti panostettu biolääketieteen perustutkimukseen ja myöhemmässä vaiheessa myös tutkimustulosten hyödyntämiseen. Ratkaiseva merkitys on ollut Suomen Akatemian ja Tekesin julkisella tutkimusrahoituksella. Tutkimusrakenteita on vahvistettu biotekniikan erityisrahoituksella, joka on edesauttanut Suomen biokeskusverkoston syntymistä.”

Ajantasaisesta lainsäädännöstä tunnistettiin ainoastaan yksi säädös, jossa viitataan suoraan bioteknologiaan (biotekn*) (Laki kasvinjalostajanoikeudesta, 22.12.2009/1279). Sen sijaan alkuperäisiä säädöksiä tunnistettiin 98 kpl. Huomattava osa näistä säädöksistä koskee korkeakoulujen tutkimustoimintaa. Muista säädöksistä esimerkkeinä voidaan mainita mm. valtioneuvoston geeniteknikkaan liittyvät asetukset (821/1995, 928/2004), joissa säädetään mm. Biotekniikan neuvottelukunnan roolista ja tehtävistä.

Bioteknologian sääntelyyn liittyvää analyysia tarkennettiin tarkastelemalla tarkemmin case-esimerkinä **geeniteknologiaan** liittyviä säädöshankkeita. Analyysin havainnot on kuvattu seuraavassa.

Tapaus: Geeniteknologian sääntely ja geeniteknikkalaki

Geeniteknologia on esimerkiksi elintarvikkeiden ja lääkkeiden valmistuksesta sekä diagnostiikassa hyödynnetty bioteknologian muoto, jossa muutetaan eliöiden perintötekijöitä tiettyä tarkoitusta varten. Geeniteknologian käyttöä säädellään lailla (Geeniteknikkalaki 377/1995) sekä useilla sitä täydentävillä asetuksilla. Sääntely perustuu pääosin EU-direktiiveihin.⁷⁷ Keskeinen toimija geeniteknologiaan liittyvässä sääntelyssä on STM:n yhteydessä toimiva **geeniteknikan lautakunta**, joka toimii paitsi toimii alan lupaviranomaisena, myös valmistelee kotimaisille ja kansainvälisille viranomaisille annettavia lausuntoja.⁷⁸

77 <https://stm.fi/geeniteknologia>. Lista säädöksistä Geeniteknikan lautakunnan sivuilla: <https://geeniteknikanlautakunta.fi/lainsaadanto>

78 <https://geeniteknikanlautakunta.fi/>

Esityksiä, joissa viitattiin geeniteknologiaan/-tekniikkaan (geenitekn*) tunnistettiin yhteensä 140 kpl eli selvästi enemmän kuin bioteknologian kohdalla. Esityksistä valtaosa on STM:n (34 kpl) ja MMM:n (32) esityksiä. Myös VM:n esityksiä on 33 kpl, mutta lähes kaikki niistä liittyvät valtion talousarvioihin. Ensimmäinen esitys, jossa viitataan geeniteknologiaan, on vuodelta 1992.⁷⁹

Tämän selvityksen kannalta kiinnostavimpana kokonaisuutena näyttäytyy geenitekniikkalakiin liittyvät esitykset. Geenitekniikkalain tavoitteena on 1) edistää geenitekniikan turvallista käyttöä ja kehittymistä ennaltavaramuutoksen periaatteen mukaisesti sekä eettisesti hyväksyttävällä tavalla; sekä 2) suojella ihmisen ja eläinten terveyttä ja ympäristöä, kun muuntogeenisiä organismeja käytetään suljetussa tilassa tai tarkoituksellisesti levitetään ympäristöön. Laissa säädetään muun muassa eri toimijoiden rooleista ja velvollisuuksista geeniteknologiaan liittyen.⁸⁰

Ensimmäinen hallituksen esitys geenitekniikkalaksi annettiin vuonna 1994 (HE 349/1994). Sittemmin lakia tai sen osio on muutettu useita kertoja eri yhteyksissä (HE 22/2000, HE 42/2004, HE 193/2009, HE 75/2010, HE 331/2014, HE 49/2021). Alkuperäisessä esityksessä (HE 349/1994) lain tavoitteita perusteltiin seuraavasti:

”Suomessa ei ole toistaiseksi voimassa geenitekniikalla muunnettuja organismeja koskevaa lainsäädäntöä. Lakiesityksen tavoitteena on saattaa Suomessa voimaan kansainväliset kriteerit täyttävä geenitekniikkaa koskeva lainsäädäntö. Esityksen nojalla Suomessa saatettaisiin voimaan EY:n geenitekniikalla muunnettujen organismien käyttöä ja markkinoille luovuttamista koskevat säännökset siten kuin ETA-sopimus sitä edellyttää. Geenitekniikkalalla asetettaisiin toiminnanharjoittajalle yleisiä velvollisuuksia siten, että ehkäistään geenitekniikan käytöstä ympäristölle ja ihmisen terveydelle ja omaisuudelle mahdollisesti aiheutuvia haittoja.”⁸¹

79 Hallituksen esitys Eduskunnalle laeiksi kasvinjalostajanoikeudesta sekä siementavaran kaupasta annetun lain 8 §:n muuttamisesta (HE 24 / 1992).

80 Geenitekniikkalaki, <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950377>

81 HE 349/1994.

Tavoitteissa kuvattiin myös esityksen merkitystä alan tutkimus- ja kehitystoiminnan kannalta seuraavasti:

”Geenitekniikan turvallisen käytön edistäminen ja geenitekniikan kehittämisen ovat omiaan edistämään alan tutkimusta ja tuotekehitystä. Geenitekniikan kehittämisen kannalta on tarpeen määritellä ne toimenpiteet, joilla voidaan arvioida ja vähentää niitä mahdollisia vaaroja ja haittoja, joita saattaa esiintyä, kun geenitekniikalla muunnettuja organismeja käytetään suljetussa oloissa, levitetään tarkoituksellisesti ympäristöön tai markkinoidaan kaupallisina tuotteina. Lisäksi on tarpeen asettaa asianmukaiset vaatimukset geenitekniikan käytön ja sitä koskevan toiminnan turvallisuudelle. Lain tavoitteena on luoda ennakkovontajärjestelmä, joka kattaa geenitekniikan käytön kaikissa eri vaiheissa alkaen tutkimuksesta ja päätyen geenitekniikalla muunnettuja organismeja sisältävän markkinoille luovutettavan tuotteen ennakkohyväksyntään.”⁸²

Tavoitteiden kohdalla tunnistettiin ja nostettiin esiin myös tarve huomioida teknologian nopea kehitys ja siitä aiheutuvat eettiset kysymykset:

”Geenitekniikan tutkimuksen ja erityisesti sen sovelluksien eettisen arvioinnin tarvetta aiheuttaa tutkimuksen eteneminen nopeasti uusille alueille. Eettisen arvioinnin perusteet ja menetelmät ovat kuitenkin vielä kansainvälisestikin kehittymättömät ja jatkuvasti muuttuvat. Lisäksi on osittain kysymys arvoista ja arvostuksista, joiden täsmällinen määrittäminen säädöksissä on lähes mahdotonta. Tämän vuoksi erityisiä säännöksiä eettisestä arvioinnista ei ole ehdotettu erikseen säädettäväksi.”

Teknologianeutraliteettiä ei ko. esityksessä (tai myöhemmissä esityksissä lain muuttamiseksi) viitattu. Ylipäätään geeniteknologiaan liittyvissä esityksissä (140 kpl) teknologianeutraliteettiä mainittiin kymmenessä eri esityksessä. Näistä kahdeksan liittyy valtion talousarvioihin ja kaksi muutakin esitystä sellaisia, joissa teknologianeutraliteettiä ei liittynyt geeniteknologian sääntelyyn. Toisin sanoen tarkemman tarkastelun perusteella näyttäisi siltä, että teknologianeutraliteettiä ei ole ollut esillä geeniteknologiaan liittyvässä sääntelyssä.

82 HE 349/1994.

5.2.3 Tekoälyyn liittyvät säädöshankkeet

Tekoälyyn viittavia hallituksen esityksiä tunnistettiin selvityksen osana toteutuksessa haussa yhteensä 49 kappaletta vuosilta 1991–2022. Esitykset jakautuvat laajasti erilaisiin teemoihin ja eri hallinnonaloille. Eniten mainintoja on VM:n esityksissä (19 kpl), mitä selittää osaltaan se, että joukossa on 11 kpl valtion talousarvioita. STM:n esityksiä joukossa on toiseksi eniten, 10 kpl. Huomionarvoista on, että tarkastelluista teknologioista tekoälyyn liittyvä ensimmäinen viittaus on kaikkein tuorein, mutta siihen liittyviä esityksiä tunnistettiin kolmanneksi eniten. Tämä kuvastaa hyvin tekoälyn nopeaa kehitystä viime vuosina.

Suurin osa esityksistä on tarkemman tarkastelun perusteella sellaisia, joissa tekoäly on mainittu yleisellä tasolla tai huomioitavana asiana, eikä yksikään hallituksen esitys kohdistu suoraan tekoälyyn. Varsinaisissa säädöksissä tekoäly on mainittu kolmesti.⁸³ Teknologianeutraliteetti oli mainittu yhteensä 10/49 tekoälyyn liittyvässä esityksessä, joista viisi liittyi valtion talousarvioihin. Seuraavassa on nostettu esiin säädöshankkeita, joissa tekoälyyn on viitattu useasti tai se näyttäytyy muulla tavoin merkittävänä tekijänä esityksessä.

Hallituksen esitys eduskunnalle julkisen hallinnon automaattista päätöksentekoa koskevaksi lainsäädännöksi (HE 72/2022). Esityksessä on viitattu tekoälyyn kaikista eniten, yhteensä 24 kertaa. Osa maininnoista on hyvin yleisiä viittauksia esimerkiksi käynnissä oleviin hankkeisiin tai taustaselvityksiin ja kansainvälisiin esimerkkeihin. Esityksessä myös viitataan komission huhtikuussa 2021 antamaan ehdotukseen tekoälyasetuksesta (ks. jäljempänä). Esityksessä viitataan myös yhden kerran teknologianeutraliteettiin (ei kuitenkaan tekoälyn yhteydessä). Tämän selvityksen kannalta mielenkiintoisin viittaus tekoälyyn liittyy seuraavaan lausuntopalautetta koskevaan yhteenvetoon:

”Useat lausunnonantajat pitivät tärkeänä säännellä automaation käyttämistä myös tosiasiallisessa hallintotoiminnassa. Useissa lausunnoissa suhtauduttiin myönteisesti tekoälysovellusten pois sulkemiseen ainakin sääntelyn ensimmäisessä vaiheessa. Osa lausunnonantajista piti tällaista sääntelytapaa liian rajavana ja katsoi, että sääntelyn tulisi olla teknologianeutraalia.”

83 Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista (1048/2018), Laki sosiaali- ja terveystietojen toissijaisesta käytöstä (552/2019), Valtioneuvoston asetus Euroopan unionin rahoittamien pinta-alaperusteisten sekä eräiden muiden tukien toimeenpanosta (134/2023).

Hallituksen esitys eduskunnalle rakentamislainsäädännön ja siihen liittyviksi laeiksi (HE 139/2022). Esityksessä tekoäly mainittiin 17 kertaa eri yhteyksissä, muun muassa seuraavasti:

”Esityksen mukainen tietomallivaatimus mahdollistaa tekoälysovellusten ja lisätyn todellisuuden käyttämisen rakennusvalvontatyössä.”

”Tiedon saatavuus ja ajantasaisuus mahdollistaisi tekoälyä hyödyntävien kiinteistön huoltoon ja ylläpitoon liittyvien sovellusten kehittämisen, minkä avulla kiinteistöjen omistajat voisivat saada automaattisia herätteitä kiinteistöjen huoltotarpeista. Tekoälysovellusten hyödyntäminen mahdollistaisi lukemattoman määrän erilaisia hyödyntämiskohteita ja palveluja kiinteistön omistajille.”

Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi sosiaali- ja terveystietojen toissijaisesta käytöstä sekä eräiksi siihen liittyviksi laeiksi (HE 159/2017). Tekoäly on mainittu esityksessä neljä kertaa. Seuraavassa on poimintoja viittauksista tekoälyyn:

”Esitys luo nykyistä paremman pohjan myös ennakoivan analytiikan eli matemaattisiin malleihin perustuvan ennustamisen sekä tekoälysovellusten käytölle. Ennakoiva analytiikka ja tekoälysovellukset kehittyvät suurten tietoaaineistojen käsittelyssä voimakkaasti. Niiden avulla tietomassoja voidaan hyödyntää aiempaa paremmin esimerkiksi ammattilaisten hoitotyössä ja päätöksenteossa.”

”Terveystietojen toiminnan ja siihen liittyvien tekoälyratkaisujen kehittyessä automatisoitujen yksittäispäätösten rooli tulee todennäköisesti korostumaan myös opetusaineistojen valmistettaessa.”

Hallituksen esitys eduskunnalle avoimen datan direktiivin täytäntöönpanoa koskeva lainsäädännön (HE 74/2021). Esityksessä tekoäly mainittiin yhteensä kolme kertaa, mutta kaikki maininnat esiintyivät seuraavassa yritysvaikutusten arviointiin liittyvässä kappaleessa:

”Avoimen datan rooli kasvaa tulevaisuudessa myös tekoälyn käytön yleistyessä. Laajojen avoimesti saatavilla olevien datamassojen käsittelyä ja hyödyntämistä varten tarvitaan myös uudenlaisia tekoälypohjaisia innovaatioita, ja tällaisia datamassoja voidaan myös käyttää koneoppivien tekoälyjärjestelmien opetusaineistoina.”

Kuten edellä on todettu, toistaiseksi Suomessa ei ole erityisesti suoraan tekoälyyn kohdistuvia hallituksen esityksiä. Tekoälyn sääntely on kuitenkin etenemässä nopeasti⁸⁴ ja EU:ssa on parhaillaan valmisteilla tekoälyasetus⁸⁵, jota on analysoitu tarkemmin seuraavassa.

Tapaus: EU:n tekoälyasetus

Euroopan komissio antoi keväällä 2021 ehdotuksen Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi eurooppalaisesta lähestymistavasta tekoälyyn.⁸⁶ Asian käsittely siirtyi trilogineuvotteluihin keväällä 2023 Euroopan parlamentin ja neuvoston hyväksyttyä kantansa. Tekoälyehdotuksen tavoitteena on muun muassa varmistaa, että ”markkinoille saatetut ja siellä käytetyt tekoälyjärjestelmät ovat turvallisia ja noudattavat perusoikeuksia ja unionin arvoja koskevaa voimassa olevaa lainsäädäntöä” sekä helpottaa sisämarkkinoiden kehittämistä tekoälysovelluksille ja estää markkinoiden pirstaloituminen. Seuraavassa on kuvattu tarkemmin Euroopan komission ehdotusta sekä neuvoston ja parlamentin kantoja.

Lopullinen asetus oli loppuvuodesta 2023 käsittelyssä EU:n trilogineuvotteluissa ja useat keskeiset asiakokonaisuudet olivat yhä auki, mukaan lukien tekoälyn määritelmä, kielletyt tekoälyn käyttötapaukset, korkean riskien tekoälyjärjestelmien luokittelu ja yleiskäyttöisiä tekoälyjärjestelmiä koskeva sääntely.⁸⁷ Euroopan parlamentti ja neuvosto pääsivät 9. joulukuuta 2023 poliittiseen yhteisymmärryksen tekoälysäädöksestä. Tekoälysäädös tulee voimaan 20 päivää sen jälkeen, kun se on julkaistu Euroopan unionin virallisessa lehdessä, ja sitä sovelletaan täysimääräisesti kaksi vuotta myöhemmin joitakin poikkeuksia lukuun ottamatta: Tiettyt kiellot tulevat voimaan kuuden kuukauden kuluttua, kun taas yleistä tarkoitusta koskevat tekoälyä koskevat säännökset pannaan täytäntöön vuoden kuluttua.⁸⁸

84 Rusanen, A. (2023). Tekoälyä ollaan jo sääntelemässä. Valtiovarainministeriö. <https://valtioneuvosto.fi/-/10623/tekoalya-ollaan-jo-saantelemassa>

85 Euroopan komissio. (2021) Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetus tekoälyä koskevista yhdenmukaistetuista säännöistä (tekoälysäädös) ja tiettyjen unionin säädösten muuttamisesta. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF

86 COM/2021/206 final

87 Työ- ja elinkeinoministeriö. U-jatkokirje; komission ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn harmonisoiduksi sääntelyksi (Artificial Intelligence Act). (2023). <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2023-AK-22139.pdf>

88 Euroopan komissio. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/fi/policies/regulatory-framework-ai>

Kirjoitushetkellä lopullista säädösasiakirjaa ei oltu julkaistu, joten lopullisen version yksityiskohdat eivät vielä ole saatavilla julkisista lähteistä. Analyysi perustuu ensisijaisesti Euroopan komission asetusehdotukseen ja muiden EU:n toimielinten ja Suomen kantoihin.

Asetus on luonteeltaan riskiperustainen ja riskejä lähestytään käyttötapauskohteisesti, mutta myös tekoälyjärjestelmien tarjoajilla on merkittävä rooli. Komission ehdotuksessa riskit on luokiteltu minimaalisen, matalan ja korkean riskin käyttötarkoituksiin (esim. oikeuslaitoksessa käytettävät järjestelmät, koulutussektorin järjestelmät, kriittinen infrastruktuuri) sekä kiellettyihin käyttötarkoituksiin (esim. Sosiaalinen pisteytysjärjestelmä, ihmisten subliminaalinen manipulaatio virtuaalitodellisuudessa). Sääntelyn vaatimustason ehdotetaan siis riippuvan käyttötarkoituksesta ja sen riskeistä. Tämän lisäksi ehdotuksessa sekä neuvoston ja parlamentin kannoissa on esitetty säädöksiä koskien yleiskäyttöisiä tekoälyjärjestelmiä (general purpose AI systems) ja niiden toimittajia.

Teknologianeutraaliteettiperiaate nousee esiin erityisesti keskustelussa yleiskäyttöisten tekoälyjärjestelmien määrittelyssä ja niiden sääntelyssä. Määritelmä on erilainen eri toimielinten kannoissa ja lopullinen määritelmä muodostunee trilogineuvotteluiden päätyttyä. Komission esityksessä (COM/2021/206 final) pyritään määrittelemään tekoälyjärjestelmät ”mahdollisimman teknologianeutraaliksi ja tulevaisuuden vaatimukset huomioon ottavaksi”. Tämän lisäksi komissio haluaa jättää määritelmään joustovaraa teknologiakehitystä ajatellen. Komission ehdotuksen sidosryhmien näkemyksiä käsittelevässä osuudessa on myös korostettu tarvetta ”teknologianeutraalille ja oikeasuhteiselle sääntelykehykselle”.

”Tekoälyjärjestelmän määritelmästä pyritään tekemään mahdollisimman teknologianeutraali ja tulevaisuuden vaatimukset huomioon ottava, koska tekoälyteknologia ja sen markkinat kehittyvät nopeasti. Tarvittavan oikeusvarmuuden takaamiseksi I osastoa täydennetään liitteellä I, joka sisältää yksityiskohtaisen luettelon tekoälyn kehittämisessä käytetyistä lähestymistavoista ja tekniikoista (kts. alaviite⁸⁹). Komission mukauttaa luetteloa uuden teknologian kehityksen mukaisesti.”⁹⁰

89 3 artiklan 1 alakohdassa tarkoitettut (a) Koneoppimisen lähestymistavat, mukaan lukien ohjattu, ohjaamaton ja vahvistava oppiminen, jossa käytetään monia erilaisia menetelmiä, kuten syväoppimista; (b) Logiikkaan ja tietämykseen perustuvat lähestymistavat, mukaan lukien tietämyksen esittäminen, induktiivinen (looginen) ohjelmointi, tietämyskannat, päättelykoneet, (symbolinen) päättely ja asiantuntijajärjestelmät; (c) Tilastolliset lähestymistavat, Bayes-estimointi, haku- ja optimointimenetelmät. COM/2021/206 final, Liite 1.

90 COM/2021/206 final

Tekoälyn määritelmä on kirjattu hieman eri tavalla neuvoston ja parlamentin kantoihin. Parlamentin kannassa⁹¹ tekoäly on määritelty yleisellä ja avoimella tasolla, sitomatta tiettyyn teknologiaan ja neuvoston kannassa⁹² tekoäly koskee koneoppivia ja logiikka- ja/tai tietopohjaisia järjestelmiä ja sääntelyssä on luovuttu Komission mahdollisuudesta muuttaa listausta tekoälyn määritelmään kuuluvista teknologioista.⁹³

Tekoälyjärjestelmien määrittelyn merkitys ja sen teknologianeutraalisuus korostuu myös Suomen kannoissa (U 28/2021 vp ja sen jatkokirjeet).⁹⁴

”Valtioneuvosto kiinnittää huomiota myös tekoälyteknologioiden luonteeseen ja siihen, että tekoälyteknologiat ovat joukko kehittyviä ohjelmistoja ja teknologioita, joille ei voida antaa yksiselitteistä määritelmää. Sääntelyn riittävän tarkkarajaisuuden varmistamiseksi tekoälyn määritelmää tulee tarkastella jatkosäätelyssä ja selvittää, sovelletaanko asetusta tietojärjestelmäkokonaisuuksien tekoälyosaan vai tekoälyosan myötä koko tietojärjestelmäkokonaisuuteen. Uuden teknologian kehittyessä on varmistettava lainsäädännön ajantasaisuus ja teknologianeutraalius.”⁹⁵

Eryteisesti vastauksena neuvoston määritelmään tekoälyjärjestelmistä, jossa järjestelmät ja niiden sääntely luokiteltaisiin erikseen perustamalleihin ja yleiskäyttöisiin tekoälyjärjestelmiin, Suomi korostaa kannoissaan myös teknologianeutraaliteettia ja selkeyttä.

91 European parliament. 2023. Amendments adopted by the European Parliament on 14 June 2023 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union legislative acts (COM(2021)0206 – C9-0146/2021 – 2021/0106(COD)). https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0236_EN.pdf

92 Council of the European Union. 2022. Proposal for a Regulation of the European Parliament and of the Council laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union legislative acts – General approach. <https://data.consilium.europa.eu/doc/document/ST-14954-2022-INIT/en/pdf>

93 Haupthman, M. (2023). TEM:in sidosryhmätilaisuus. https://tem.fi/documents/1410877/134249119/Neuvoston_ ja_europarlamentin_kannat.pdf/07d03be1-bb88-cfee-6913-67c750322bf1/Neuvoston_ ja_europarlamentin_kannat.pdf?t=1687416763832

94 Valtioneuvoston U-kirjelmä U 28/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kirjelma/Sivut/U_28+2021.aspx

95 Valtioneuvoston U-kirjelmä U 28/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kirjelma/Sivut/U_28+2021.aspx

”Suomi pyrkii siihen, että yleiskäyttöisiä tekoälyjärjestelmiä koskeva lainsäädäntökehys olisi mahdollisimman selkeä ja teknologianeutraali. Suomen mukaan neuvotteluissa tulisi pyrkiä siihen, että sekä perustamalleja ja yleiskäyttöisiä tekoälyjärjestelmiä koskisi mahdollisimman yhtenäinen sääntely sen sijaan, että asetuksessa luotaisiin erillinen perustamalleihin keskittyvä sääntely. Suomi kiinnittää huomiota siihen, että Euroopan parlamentti ehdottaa perustamallien tarjoajille asetettavan merkittävästi uusia velvoitteita. Suomi pitää tarpeellisena arvioida, tulisiko perustamallien tarjoajille asetettavissa velvollisuuksissa huomioida paremmin mallien aiheuttamat riskit käyttötapausten mukaan.”⁹⁶

Suomen kannassa korostuu myös tarve julkisen hallinnon digitalisoimiseksi ja asetuksen mahdolliset vaikutukset tähän. Tähän liittyy olennaisesti muun muassa hallituksen esitys eduskunnalle julkisen hallinnon automaattista päätöksentekoa koskevaksi lainsäädännöksi (HE 72/2022). Riippuen lopullisen asetuksen muotoilusta ja tekoälyjärjestelmän määritelmästä, on mahdollista, että sääntöpohjainen automaatio käyttötarkoituksensa mukaisesti päätyisi korkean riskin tai kiellettyjen käyttötarkoitusten luokkaan tai muuten hankaloittaisi julkisen hallinnon digitalisoimista.

”Suomen mukaan tekoälyjärjestelmän määritelmän tulisi kattaa vain järjestelmät, joita voidaan aidosti pitää tekoälynä. Suomen pyrkimyksenä on, että sääntelyn ulkopuolelle rajataan järjestelmät, jotka soveltavat ihmisen määrittämiä sääntöjä ja toimintaohjeita automaattisesti käyttämättä itse harkintavaltaa tai muuttamatta toimintalogiikkaansa (ns. sääntöpohjainen automaatio). Kyseinen rajaus tarkentaisi tekoälyjärjestelmän määritelmää ja lisäisi sääntelyn oikeusvarmuutta.”⁹⁷

Komission asetusehdotuksessa on otettu huomioon myös sääntelyn vaikutukset innovaatiotoimintaan ja pk-yrityksiin ja pyritty näin minimoimaan sääntelystä aiheutuvaa haittaa kilpailukyvyille. Ehdotuksessa kannustetaan kansallisia toimivaltaisia viranomaisia perustamaan sääntelyn hiekkalaatikoita. Tekoälyä säätelevillä hiekkalaatikoilla on tarkoitus luoda valvottu ympäristön innovatiivisten tekniikoiden testaamiseksi rajoitetun ajan toimivaltaisten viranomaisten kanssa sovitun

96 Työ- ja elinkeinoministeriö. U-jatkokirje; komission ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn harmonisoiduksi sääntelyksi (Artificial Intelligence Act). (2023). <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2023-AK-22139.pdf>

97 U-jatkokirje; komission ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn harmonisoiduksi sääntelyksi (Artificial Intelligence Act). <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2022-AK-56791.pdf>

testaussuunnitelman perusteella. Pk-yritysten mahdollisten haittojen poistamiseksi asetusehdotus sisältää säännöksiä, joilla tuetaan sääntöjen noudattamista ja pienennetään kustannuksia, mukaan lukien sääntelyn hiekkalaatikoiden luominen ja velvollisuus ottaa huomioon pk-yritysten edut.

Sääntelyssä määritellään, että jäsenmaiden viranomaisten on perustettava yksin tai yhdessä muiden jäsenmaiden kanssa vähintään yksi kansallisen tason sääntelyhiekkalaatikko. EU:n tekoälytoimisto tulee tarjoamaan neuvontaa hiekkalaatikoja koskevista parhaista käytänteistä ja tukee niiden käyttöönottoa. Tämän lisäksi toimisto tukee jäsenmaita testaamiseen liittyvissä kysymyksissä.⁹⁸ Hiekkalaatikkojen tarkoituksena on tarjota tekoälyjärjestelmien tarjoajille mahdollisuuksia kehittää, validoida ja testata innovatiivisia tekoälyjärjestelmiä ennen markkinoille saattamista tai käyttöönottoa. Tämä on mahdollista tietyn ajan ja suunnitelman puitteissa. Viranomaisten tehtävä on tarjota hiekkalaatikoiden asiakkaille neuvontaa ja tukea säädöksen vaatimuksista ja velvoitteista. Hiekkalaatikoiden puitteissa tekoälyjärjestelmien tai niihin liittyvien palveluiden tarjoajat eivät joudu hallinnollisten sakkojen kohteeksi, mutta he ovat vastuussa kolmansille osapuolille koituneista haitoista. Viranomaisen raportoi hiekkalaatikoiden toiminnasta ja opeista EU:lle. Sääädöksessä on myös kirjauksia koskien korkean riskin tekoälyjärjestelmien testaamisesta todellisissa olosuhteissa. Järjestelmiä voi testata hiekkalaatikkojen ulkopuolella yhteensä vuoden ajan ja testaamista koskee asetuksessa säädetyt määräykset, ml. testaussuunnitelma.⁹⁹

98 Euroopan komissio. (8.3.2024). European AI Office. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-office>

99 Teknologiateollisuus 2024. (12.2.2024). EU:n tekoälyasetus – tekoälyjärjestelmien ja yleiskäyttöisten tekoälymallien turvallisuussäädös. https://teknologiateollisuus.fi/sites/default/files/inline-files/EU_teko%C3%A4lyasetus_Teknologiateollisuus.pdf

5.2.4 Energiateknologiaan ja biopolttoaineisiin liittyvät säädöshankkeet

Energiateknologiaan liittyviä hallituksen esityksiä tunnistettiin kartoituksessa kolmanneksi eniten kaikista teknologioista (60 kpl). Esityksistä peräti 35 kpl on VM:n valtion talousarvioon liittyviä esityksiä. Seuraavaksi eniten on TEM:n (ml. KTM) liittyviä esityksiä (12 kpl) sekä UM:n kansainvälisiin sopimuksiin liittyviä esityksiä (8 kpl). Lisäksi joukossa on kolme YM:n esitystä, ja yksi esitys OM:stä ja MMM:stä. Teknologianeutraliteetti on mainittu terminä kahdeksassa esityksessä.

Ensimmäisen kerran energiateknologia mainitaan hallituksen esityksissä vuonna 1991 esityksessä laiksi energia-avustuksista (huom. aineisto loppuu vuoteen 1991 eli on hyvin mahdollista, että mainintoja on myös varhaisemmissa esityksissä), jossa termi esiintyy 26 kertaa, esim. seuraavasti:

”Uudelle teknologialle annettavat avustukset tulisivat koskemaan koko energian tuotanto- ja käyttöketjun investointeja ja laitteita. Avustuksia voitaisiin antaa myös Suomessa ja Suomen rajojen ulkopuolella tehtäviin energiateknologiaa koskeviin selvityksiin, jotka palvelevat Suomen energiahuoltoa, ympäristönsuojelua tai energiateknologian siirtoa.”

”Ehdotettu laki tehostaisi myös uuden energiateknologian käyttöönottoa. Avustuksia voitaisiin myöntää uutta teknologiaa käyttäville investoinneille ja laitteille koko energian tuotanto-, jakelu- ja käyttöketjussa.”

Energiateknologioihin viitataan sittemmin mm. useissa esityksissä, jotka liittyvät lakiin uusiutuvilla energialähteillä tuotetun sähkön tuotantotuesta. Maininnat ovat kuitenkin yksittäisiä ja yleisiä.

Analyysin tarkentamiseksi kartoitettiin tarkemmin erikseen **biopolttoaineisiin** liittyviä säädöshankkeita. Biopolttoaineisiin (biopolttoaine*) viittaavia hallituksia esityksiä tunnistettiin yhteensä jopa 149 kpl. Esityksistä 54 on VM:n, 35 TEM:n, 27 YM:n ja 16 LVM:n esityksiä. Ensimmäinen esitys aineistossa on vuodelta 1992 ja viimeisin vuodelta 2022. Pelkästään vuonna 2022 biopolttoaineisiin viitattiin 19 eri esityksessä. Esitysten joukossa on myös useita esityksiä, jotka liittyvät suoraan biopolttoaineisiin (termi mainitaan 11 eri esityksen nimessä). Useissa esityksissä (18 kpl) on myös viitattu teknologianeutraliteettiin. Toisin sanoen biopolttoaineet on mainittu 16 prosentissa kaikista esityksissä, joissa on viitattu ylipäätään teknologianeutraliteettiin. Tämän selvityksen kannalta kiinnostavimmat esitykset liittyvät ns. jakeluelvoitelakiin, jota on kuvattu tarkemmin seuraavassa.

Tapaus: Jakeluelvoitelaki

Biopolttoaineet (esim. bioetanoli ja uusiutuva diesel) ovat biomassasta tuotettuja liikenteessä käytettäviä polttoaineita. Bionesteet (esim. pyrolyysiöljy) ovat puolestaan biomassasta valmistettuja, muuhun kuin liikennettä varten (esim. lämmitykseen) tuotettuja nestemäisiä polttoaineita kuten. **Jakeluelvoitelaisa** eli laissa biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä (446/2007) säädetään liikennepolttoaineiden jakelijan velvollisuudesta toimittaa kulutukseen biopolttoaineita (jakeluelvoite).¹⁰⁰

Jakeluelvoitelain avulla pannaan käytäntöön ns. **RED II -direktiivi** (EU 2018/2001) uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä. Direktiivi annettiin joulukuussa 2018 ja se tuli saattaa kansallista lainsäädäntöä viimeistään 30.6.2021. RED II:ssa säädetään sitovasta yleistavoitteesta, jonka mukaan uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian osuus on vähintään 32 prosenttia EU:n energian kokonaisloppukulutuksesta vuonna 2030. Direktiivissä viitataan vuonna 2015 annettuun direktiiviin bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta annetun direktiivin muuttamisesta (2015/2013). Kyseisessä direktiivissä todetaan seuraavaa:

”On tärkeää, että komissio esittää viipymättä kokonaisvaltaisen ehdotuksen vuoden 2020 jälkeiseksi kustannustehokkaaksi ja teknologianeutraaliksi toimintalinjaksi, jotta voidaan tarjota pitkän aikavälin näkymiä investointien tekemiselle sellaisiin kestäviin biopolttoaineisiin, joista todennäköisesti ei aiheudu epäsuoria maankäytön muutoksia, ja muihin keinoihin liikenteen hiilipäästöjen vähentämiseksi.”¹⁰¹

Ensimmäinen hallituksen esitys jakeluelvoitelaksi annettiin vuonna 2006 (HE 231/2006). Vaikka kyse on suhteellisen tuoreesta lainsäädännöstä, on lakia ehditty muuttaa jo useasti eri hallitusten esitysten pohjalta (HE 213/2009, HE 197/2010, HE 13/2013, HE 17/2017, HE 184/2017, HE 199/2018, HE 70/2020, HE 134/2020, HE 48/2021, HE 297/2022 (rauennut), HE 53/2023). Jakeluelvoitelakia – kuten myös kestävyyslakia – koskevat muutosesitykset olivat syksyllä 2023 lausuntokierroksella. Päivitetyt lait astuivat voimaan 1.1.2024.

100 Työ- ja elinkeinoministeriö. (n.d.). Biopolttoaineet ja bionesteet. <https://tem.fi/biopolttoaineet>

101 Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2015/1513 bensiinin ja dieselpolttoaineiden laadusta annetun direktiivin 98/70/EY ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämisestä annetun direktiivin 2009/28/EY muuttamisesta. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015L1513>

Alkuperäisessä esityksessä (HE 231/2006) lain tavoitteita kuvattiin seuraavasti:

”Biopolttoaineiden käytön edistäminen pyritään toteuttamaan asettamalla laissa liikennepolttoaineita kulutukseen toimittavia yrityksiä koskeva velvoite tuoda biopolttoaineita markkinoille tietty energiasältöön perustuva osuus liikennepolttoaineista. Tällä tavoin varmistetaan, että Suomeen syntyy liikenteen biopolttoaineille kysyntää. (...)

Ehdotetussa laissa ei voida edellyttää, että tarvittava biopolttoainemäärä tuotetaisiin kotimaassa kotimaisista raaka-aineista. Toimijat valitsevat käytettävät biopolttoaineet markkinaehtoisesti. Tavoitteena on kuitenkin, että syntyvä kysyntä edistäisi myös kotimaisen liikenteen biopolttoaineiden tuotannon laajempaa käynnistymistä. Peltobiomassojen hyödyntäminen liikenteen biopolttoaineiden tuotantoon toisi maataloudelle uusia tuotantovaihtoehtoja.”¹⁰²

Alkuperäisessä esityksessä teknologianeutraliteettiin ei vielä viitattu. Ainoa jakeluvelvoitelakiin liittyvä hallituksen esitys, jossa teknologianeutraliteetti mainitaan, on vuoden 2021 esitys jakeluvelvoitelain muuttamisesta (HE 48/2021). Tässä esityksessä teknologianeutraliteetti mainitaan viidesti. Kaksi ensimmäistä mainintaa liittyy esityksessä referoituun talousvaliokunnan antamaan lausuntoon:

”Talousvaliokunta lisäsi, että liikenteen teknologioiden kehittyessä nopeasti myös sääntelyn teknologianeutraalius on tärkeä lähtökohta: on keskeistä, ettei sääntelyllä priorisoida tiettyjä teknologioita. Biopolttoaineiden käytön edistämistä ei pidä myöskään nähdä vastakkaisena tavoitteena liikenteen sähköistymiskehitykselle, ja sääntelyn tulee huomioida myös uusiutuvalla energialla tuotetun sähkön mahdollisuudet. (...)

Talousvaliokunta katsoi saamansa selvityksen perusteella, että kehittyneitä biopolttoaineita ei pidä määritellä rajoitetun ja tyhjentävän listan kautta, vaan tulee pyrkiä laajaan määritelmään, joka mahdollistaisi teknologianeutraalisti myös tulevan kehityksen ottaen erityisesti huomioon jäte- ja tähdepohjaisten polttoaineiden kehitysnäkymät.”

102 Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräksi muiksi laeiksi (HE 48/2021 vp).

Hallituksen esityksen (HE 48/2021) kolmas viittaus teknologianeutraliteettiin liittyy AFRY Management Consulting Oy:n tekemään selvitykseen jakeluelvoitejärjestelmän kehittämistä. Selvityksen tavoitteena oli "tuottaa tietoa jakeluelvoitteen kehittämiseksi niin, että liikenteen kasvihuonekaasujen vähentämistavoitteet toteutuisivat biopolttoaineiden osalta mahdollisimman kustannustehokkaasti sekä teknologianeutraalisti". Selvityksen yhtenä johtopäätöksenä todetaan muun muassa, että "kaasun liikennekäytön lisääminen täydentää jakeluelvoitteen teknologianeutraalin lähestymistavan ja yhdessä ympäristöpohjaisen veromallin kanssa se ohjaa liikenteen energiakulutusta kustannustehokkaasti kohti 50 % päästöjen vähennystavoitetta vuonna 2030".¹⁰³

Neljäs viittaus teknologianeutraliteettiin liittyy nykytilan arviointia koskevaan osioon, jossa todetaan, että "Yhdessä polttoaineen energiasisältöön ja hiilidioksidipäästöihin perustuvan valmisteveron ja kestävyyskriteerisääntelyn kanssa, jakeluelvoitejärjestelmä on koettu kustannustehokkaaksi ja teknologianeutraaliksi tavaksi vähentää liikenteen hiilidioksidipäästöjä".¹⁰⁴ Viides ja viimeinen maininta liittyy muiden toteuttamisvaihtoehtojen analysoinnin yhteydessä esitettyyn arvioon, jonka mukaan "Suomessa jakeluelvoite on toimintaperiaatteeltaan varsin selkeä ja yksinkertainen. Sen tavoitteena on toteuttaa tieliikenteen päästövähennämät kustannustehokkaasti ja teknologianeutraalisti".¹⁰⁵

Edellä esitettyjen mainintojen lisäksi **talousvaliokunnan mietinnössä** on muitakin viittauksia teknologianeutraliteettiin. Mietinnössä todetaan mm., että "(t) alousvaliokunta on aiemmin useissa eri asiayhteyksissä korostanut teknologianeutraalia lähestymistapaa uusiutuviin polttoaineisiin". Lisäksi todetaan, että "energiasektorin päästövähennyksiä ohjaa jo teknologianeutraali ja kustannustehokas päästökauppa, joten synteettisten polttoaineiden tuotannossa käytetylle sähkölle asetetut erilliset vaatimukset johtavat herkästi päällekkäiseen ja kustannustehottomaan sääntelyyn". Lopussa vielä painotetaan erityisesti teknologianeutraaliuden merkitystä.¹⁰⁶

103 Sipilä, E. ym. (2021) Jakeluelvoitteen laajentaminen. AFRY Management Consulting Oy.

104 HE 48/2021

105 HE 48/2021

106 Talousvaliokunta (2021) Valiokunnan mietintö TaVM 17/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TaVM_17+2021.aspx

”Eri käyttövoimien sääntelyssä, sen tulkinnassa ja tukijärjestelmissä teknologia-neutraaliuden lähtökohta on keskeinen. Tämä korostuu sekä sääntelyn tulevassa kehittämisessä ja seurannassa että käsiteltävän sääntelyn soveltamisessa, jossa keskeisessä asemassa on Energiaviraston päätöksenteko ennakkotietomenettelyssä ja osana toiminnanharjoittajan kestävyysjärjestelmän hyväksyntää.”

Myös **liikenne- ja viestintävaliokunnan lausunnossa** on viittaus teknologianeutraliteettiin: ”Valiokunta korostaa, että keskeistä sääntelyssä on säilyttää riittävä teknologianeutraalisuus. Liikenteen energiaratkaisuihin tarvitaan tässä vaiheessa monipuolisesti useita vähäpäästöisiä vaihtoehtoja, joista on tapauskohtaisesti mahdollista valita sopivin eri käyttötarkoituksiin.”¹⁰⁷ Samoin **ympäristövaliokunnan lausunnossa** pidetään tärkeänä, ”että sääntely ja muut ohjauskeinot ovat teknologianeutraaleja, mutta kannustavat myös tosiasiallisesti kaasumaisten biopolttoainesten käyttöön”.¹⁰⁸

Valiokuntien lisäksi teknologianeutraliteetti mainittiin viidessä asiantuntijalausunnoissa.¹⁰⁹ **Suomen Biokierto ja Biokaasu ry:n** mukaan ”jakeluelvoite on toimiva, markkinalähtöinen, teknologianeutraali, ennakoitavissa oleva, RED II:n kanssa yhteensopiva ja kustannustehokas ohjauskeino vähentää liikenteen päästöjä ja lisätä uusiutuvia polttoaineita”.¹¹⁰ Sen sijaan **MTK:n** lausunnossa esitettiin vaihtoehtoisia tapoja jakeluelvoitteen toteuttamiseksi erilaisten biopolttonesteiden ja biokaasujen välillä. Tähän liittyen lausunnossa todettiin, että ”ellei esityksiä huomioida on ilmeistä, ettei teknologianeutraliteetti näiden välillä säädöksissä toteudu. Tämä taas olisi suoraan vastaan jakeluelvoitelainsäädännön tavoitetta toteuttaa liikenteen päästövähennämät kustannustehokkaasti ja teknologianeutraalisti.”¹¹¹

107 Liikenne- ja viestintävaliokunta (2021) Valiokunnan lausunto LiVL 12/2021 vp HE 48/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/LiVL_12+2021.aspx

108 Ympäristövaliokunta (2021) Valiokunnan lausunto YmVL 8/2021 vp HE 48/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/YmVL_8+2021.aspx

109 Kaikki hallituksen esitykseen HE 48/2021 liittyvät asiantuntijalausunnot eduskunnan verkkosivuilla: https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/KasittelytiedotValtiopaivaasia/Sivut/HE_48+2021_asiantuntijalausunnot.aspx

110 Suomen Biokaasu ja Biokierto ry (2021) Lausunto hallituksen esitykseen eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräksi muiksi laeiksi (E 48/2021 vp).

111 MTK (2021) Lausunto maa- ja metsätalousvaliokunnalle biokaasun sisällyttämisestä jakeluelvoitteeseen HE48/2021vp.

VTT:n antamassa lausunnossa puolestaan todettiin, että ”biokaasun ja muuta kuin biologista alkuperää olevien uusiutuvien nestemäisten ja kaasumaisten liikenteen polttoaineiden ottaminen jakeluvelvoitteen piiriin edistää teknologianeutraaliutta ja laajentaa mahdollisuuksia tuottaa kestäviä uusiutuvia polttoaineita” ja että ”myös lain nimen muuttaminen teknologianeutraaliin suuntaan on kannatettavaa”.¹¹² **Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston (LUT)** lausunnossa yhdyttiin Talousvaliokunnan kantaan, ”jonka mukaan liikenteen teknologioiden kehittyessä nopeasti myös sääntelyn teknologianeutraalius on tärkeä lähtökohta: on keskeistä, ettei sääntelyllä priorisoida tiettyjä teknologioita, raaka-aineita tai menetelmiä”.¹¹³ Suomen ilmastopaneelin lausunnossa esityksen teknologianeutraalisuuteen suhtauduttiin kuitenkin kriittisesti:

”Esityksen yleisperusteluissa todetaan, että biopolttoaineiden velvoitejärjestelmä on kustannustehokas ja teknologianeutraali. Näin ei ole. Velvoitejärjestelmä kohdistuu vain polttomoottoriautoihin, eikä se suoraan edistä sähköistä ja vetypohjaista liikennettä. Polttomoottoriautojenkaan osalta sitä ei voi pitää teknologianeutraalina, koska bioetanolin käytölle on tekninen yläraja jaettavassa benssiinissä, ja vain dieselin osalta voidaan joustaa ylöspäin parafiinisten biodieselin avulla.”¹¹⁴

-
- 112 VTT (2021) Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n lausunto Hallituksen esitykseen eduskunnalle biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräksi muiksi laeiksi HE 48/2021 vp.
- 113 LUT (2021) Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston (LUT) lausunto Hallituksen esitykseen eduskunnalle biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräksi muiksi laeiksi HE 48/2021 vp.
- 114 Suomen ilmastopaneeli (2021) Asiantuntijalausunto. HE 48/2021 vp Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräksi muiksi laeiksi. Talousvaliokunta 12.5.2021.

5.3 Nousevien teknologioiden julkinen rahoitus

Selvityksen osana tarkasteltiin, millä tavoin ja missä määrin Suomessa kohdistuu julkista rahoitusta nouseviin teknologioihin. Yleisenä havaintona voidaankin todeta, että Suomessa on rahoitettu nouseviin teknologioihin liittyviä hankkeita monin eri tavoin. Rahoitusta on saatavilla teknologiakehityksen kaikkiin vaiheisiin sekä yritysten ja tutkimuslaitosten yhteishankkeisiin sekä ekosysteemien kehittämiseen. Julkisen rahoitustietojen pohjalta on kuitenkin mahdotonta antaa tarkkaa arviota siitä, kuinka suuri osuus kunkin rahoittajan rahoituksesta kohdistuu esimerkiksi teknologioiden kehittämiseen, perustutkimukseen tai kaupallistamiseen. Suomalaiset rahoitusorganisaatiot yhdessä muodostavat rahoituspolun perustutkimuksesta ja osaamisen kehittämisestä (Suomen Akatemia), tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimintaan (Business Finland) ja kaupallistamiseen ja skaalaamiseen (Tesi, Ilmastoraho, Finnvera). Erityisesti Suomen Akatemialla ja Business Finlandilla on ohjelmia, joissa rahoitusta kohdennetaan erilaisiin nouseviin teknologioihin liittyviin tutkimus- ja kehityshankkeisiin. Monesti ohjelmien tematiikka on jätetty kuitenkin laveaksi, esimerkiksi jokin yhteiskunnallinen haaste, jolloin myös rahoitettavissa hankkeissa tarkasteltavat tai kehitettävät teknologiat on jätetty avoimeksi. Seuraavassa on kuvattu tarkemmin keskeisten rahoittajien nouseviin teknologioihin liittyvää rahoitusta.

Teknologianeuvottelukunnan linjaukset teknologiavalintoihin julkisessa rahoituksessa

Teknologianeuvottelukunta on linjannut raportissaan¹¹⁵ periaatteita sille, missä tapauksissa teknologianeutraliteetista on perusteltua poiketa julkisessa rahoituksessa. Neuvottelukunta painottaa, että lähtökohtaisesti julkisen rahoituksen tulisi kohdentua markkinaveitaisesti eri teknologioihin ja mahdolliset kansalliset strategiset valinnat tulisi perustella huolella. Tämän prosessin tueksi raportissa on luotu viitekehys, joka perustuu rahoituksen tarkasteluun kahdessa ulottuvuudessa: 1) teknologia-alueen vaikutukset ja merkittävyys ja 2) interventiokynnys.

115 Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:30. 2021. Suomen teknologiapolitiikka 2020-luvulla – Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163185/VM_2021_30.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Teknologia-alueen merkittävyyden arvioinnissa tulisi ottaa huomioon ainakin seuraavat ehdot, joista ainakin yhden tulisi täyttyä:

Infrastruktuurimaisuus: Uudet digitaaliset infrastruktuurit ja teknologiset mahdollistajat, jotka palvelevat suurinta osaa toimijoista ja joita ei ole perusteltua jättää erikseen jokaisen toimijan kehitettäväksi, vaan toteuttaa yhteisesti ja säästää näin merkittävä määrä päällekkäistä työtä ja varoja. Esimerkkeinä tästä kategoriasta toimivat luottamuspalvelut (esimerkiksi Tupas-järjestelmä) ja supertietokoneympäristö LUMI.

Horisontaaliset osaamislustat: Teknologiset osaamislustat, jotka hyödyttävät käytännössä kaikkia toimialoja niin julkista kuin yksityistä sektoria. Esimerkkinä tästä kategoriasta toimii tekoälyosaaminen.

Kansallisesti kriittinen toimiala: Poikkeuksena täysin poikkileikkaavien, kaikille tärkeiden teknologioiden ja infrastruktuurien säännöstä, on syytä varmistaa Suomen viennille ja taloudelliselle kehitykselle kriittisten toimialojen ja kaupallisten klustereiden eteneminen. Esimerkkeiksi raportti nostaa mm. radioverkkoteknologian (Nokia maailman toiseksi suurin tietoliikenteen infrastruktuuriyrittäjä), valmistavan teollisuuden (puolet Suomen viennistä), Suomen luonnonvarojen hyödyntämiseen liittyvät vientitoimialat (kuten metsä, kaivos, biotalous).

Edellisten lisäksi on määritelty seuraavat **interventiokynnystä koskevat kriteerit:**

- **Matala:** osaamispanostus – pääsääntöisesti kannattava investointi
- **Matalahko:** Tuotekehityspanostukset – synnyttävät aina myös osaamista
- **Korkea:** Kaupallistamiseen liittyvät teknologiavalinnat – kaupallistamisessa pitää tukea parhaita hankkeita, ei tehdä kategorisia teknologiavalintoja

Suomen Akatemia

Suomen Akatemia rahoittaa tutkimusta ja tutkimusyhteistyötä kotimaassa. Sen strategiassa painotetaan korkealaatuista, vastuullista ja vaikuttavaa tutkimusta. Rahoitus ja toiminta voi kohdentua sekä tutkimusideoiden vapaaseen kilpailuun sekä strategisesti valittuun tutkimusrahoitukseen ja innovatiivisiin avauksiin, jotka luovat siirtymiä tutkimuksen hyödyntämiseen. Suomen Akatemialla on sekä avoimia että suunnattuja rahoitusmuotoja. Esimerkkejä suunnatuista, temaattisista rahoitusmuodoista ovat akatemiaohjelmat sekä strateginen tutkimus.

Suomen Akatemia rahoittaa nousevia teknologioita useiden **akatemiaohjelmien** kautta. Akatemiaohjelmien aiheet voivat syntyä tieteen lähtökohdista ja ennakoinnin avulla yhteiskunnallisesti tärkeiksi tunnistetuista tarpeista. Päätökset ohjelmien käynnistämisestä tekee Suomen Akatemian hallitus. Alla olevaan taulukkoon on koottu Suomen Akatemian käynnissä olevia ohjelmia, joiden alla rahoitetaan nousevia teknologioita ja niihin liittyvää pohjatutkimusta. Ohjelmat ovat luonteeltaan melko laveja ja pohjautuvat usein esimerkiksi yhteiskunnallisiin haasteisiin ja vaikuttavuuteen. Tarkastelluista ohjelmista mikään ei varsinaisesti rahoita vain yhtä teknologiaa tai toteuttamiskeinoa, vaan niiden sisällä voidaan rahoittaa monenlaisia hankkeita, myös esimerkiksi yhteiskunnallista tutkimusta.

Käynnissä olevissa (tilanne 12/2023) akatemiaohjelmissa on useita nouseviin teknologioihin perustuvia ohjelmia, joissa rahoitetaan erilaisia hankkeita. Näiden ohjelmien yhteisvolyymi on noin 51 miljoonaa euroa. Kaikkien käynnissä olevien akatemiaohjelmien kokonaisrahoitus on 115 miljoonaa euroa. Ohjelmien alla kuitenkin rahoitetaan hyvin erilaisia hankkeita, joista vain osa kohdistuu suoraan nouseviin teknologioihin. Esimerkiksi akatemiaohjelmassa BioFuture2025 on rahoitettu teknologisen tutkimuksen lisäksi esimerkiksi hankkeita, jotka tutkivat biotaloutta ja oikeudenmukaisuutta sekä yritysjohtajien emotionaalisia ja rationaalisia haasteita biotalouteen siirtymisessä.

Taulukko 5. Akatemian käynnissä olevat akademiaohjelmat, joissa rahoitetaan nouseviin teknologioihin liittyvää tutkimusta (tilanne 12/2023). Lähde: kirjoittajan kooste, Suomen Akatemia.

Akatemiaohjelma	Teknologiat/tutkimusalueet	Rahoitus (MEUR)
BioFuture2025	Biopohjaiset ratkaisut	10
Elämän molekulaariset säätelyverkot (R'Life)	Molekyylibiologia, bioinformatiikka	8
Hiili hyödyksi (C1 value)	Kemian teollisten tuotteiden valmistus CO ₂ -päästöistä	6
Kriittiset materiaalit kaupunkien kiertotaloudessa (Romulus)	Kiertotalous, metallien kierrättäminen	7
Säteilyilmaisimet terveyden ja turvallisuuden edistämiseksi – RADDESS	Säteilyilmaisin-kokonaisuudet terveyden ja turvallisuuden alueella	10
COVID-19-rokote- ja lääkekehitystutkimushaku (RESILIENCE-ohjelmassa)	Rokote- ja lääkekehitystutkimus	10
Yhteensä		51
Kaikki käynnissä olevat ohjelmat		115

Akatemian **lippulaivojelmassa** rahoitetaan korkeatasoista ja yhteiskunnallisesti ja taloudellisesti vaikuttavaa tutkimusta ja yhteistyötä elinkeinoelämän ja muun yhteiskunnan kanssa. Lippulaivojen valintaan ei kuulu samanlaista teemojen valintaan liittyvää prosessia kuin Strategisen tutkimuksen neuvoston (STN) rahoittamassa tutkimuksessa (ks. jäljempänä), vaan valittujen lippulaivojen teemat syntyvät hakemusperusteisesti, ja tutkijoilla itsellään on paljon valtaa siihen, mitä aiheita ja teemoja tutkitaan. Tällä hetkellä käynnissä olevissa lippulaivoissa tutkitaan esimerkiksi 6G-verkkoteknologioita ja tekoälyä. Lippulaivoissa korostuu myös vahva linkki elinkeinoelämään ja innovaatioiden kaupallistamiseen, vaikka ohjelma ei suoraan rahoita yrityksiä. Nousevia teknologioita tutkivia lippulaivoja rahoitetaan yhteensä noin 59 miljoonalla eurolla. Suomen Akatemian rahoitus koko lippulaivo-ohjelmalle on lähes 300 miljoonaa euroa.

Taulukko 6. Akatemian käynnissä olevat lippulaivat, joissa rahoitetaan nouseviin teknologioihin liittyvää tutkimusta. Lähde: kirjoittajan kooste, Suomen Akatemia.

Lippulaivat	Teknologiat/tutkimusalueet	Rahoitus (MEUR)
Suomen kvanttilippulaiva	kvanttiteknologia	13
DIWA – Digitaaliset vedet	Digitaaliset kaksoiset	11
FAME – Matemaattisen mallinnuksen, havainnoinnin ja kuvannuksen lippulaiva	Matematiikan ja fysiikan menetelmät lääketieteelliseen kuvantamiseen, teollisten prosessien seurantaan, rakenteiden kajoamattomaan testaukseen ja satelliittidatan tulkintaan	8
6G – langattomien verkkoteknologioiden lippulaiva	6G	7
FCAI Suomen tekoälykeskus	AI	14
PREIN Fotoniikan tutkimuksen ja innovaatioiden lippulaiva	Fotoniikka	5
Inflames – immuunijärjestelmän innovaatiokeskus	Biotekniikka, lääkekehitys, diagnostiikka	9
iCAN – digitaalisen yksilöllistetyn syöpälääketieteen lippulaiva	Täsmälääketiede, digitaalinen lääketiede	14
GeneCellNano – Biologisten lääkkeiden lippulaiva	Biologiset lääkkeet, diagnostiikka, geeninsiirto-tekniologia	7
FinnCERES – materiaalien biotalouden lippulaiva	Biopohjaiset materiaalit	3
Unite – Metsien, ihmisten ja koneiden välisen vuorovaikutuksen lippulaiva	Paikkatieto, sensorikehitys	NA
Yhteensä		n. 91
Kaikkien lippulaivojen rahoitus (Akatemian osuus)		300

Akatemia- ja lippulaivaohjelmien lisäksi nousevia teknologioita rahoitetaan mm. **Strategisen tutkimuksen neuvoston (STN) ohjelmissa** sekä **huippuyksikköohjelmissa**. STN tekee vuosittain ehdotuksen valtioneuvostolle uusista teema-aloitteista. Teemat ovat luonteeltaan laajoja haasteisiin pohjautuvia, eivätkä ne määrittele rahoituksen kohdentumista tiettyihin teknologioihin tai tietyille tieteenoiloille. STN:n teemat valitaan teemavalmisteluprosessin kautta, johon kuuluu mm. avoin ideointi ja ennakointi, teemojen yhteiskehittäminen, STN:n teematyöstö ja julkinen kuuleminen sekä lopulta teema-aloitteiden esittäminen valtioneuvostolle. Teemoista huolimatta, rahoitusehtoihin ei kuulu tiukkoja määritelmiä, vaan ne arvioidaan hakemusten perusteella. **Huippuyksikköohjelmat** valitaan puolestaan kansainvälisten arviointien ja tutkimuspoliittisten näkökohtien perusteella kahdeksaksi vuodeksi. Ensisijaiset arviointikriteerit ovat tutkimussuunnitelman tieteellinen laatu, uudistuminen ja vaikuttavuus. Käynnissä olevissa huippuyksiköissä on mukana myös nousevien teknologioiden tutkimusta.

Tällä hetkellä käynnissä olevissa strategisen tutkimuksen ohjelmissa painopiste on kuitenkin yhteiskunnallisessa tutkimuksessa. Nousevia teknologioita rahoitetaan yhdessä biopohjaisia materiaaleja tutkivassa hankkeessa. Käynnissä olevista huippuyksikköohjelmista kolme kohdistuu johonkin nousevaan teknologiaan.

Taulukko 7. Akatemian muut käynnissä olevat ohjelmat, joissa rahoitetaan nouseviin teknologioihin liittyvää tutkimusta. Lähde: kirjoittajan kooste, Suomen Akatemia.

Muut	Teknologiat/ tutkimusalueet	Rahoitus (MEUR)
Strategisten tutkimuksen ohjelma – Innovatiiviset materiaalit ja palvelut resurssiviisauden ja kestäväen kehityksen edistäjinä (IMPRES)	Biopohjaiset materiaalit	
Huippuyksikköohjelma – Suurnopeuksiset sähkömekaaniset energianmuunnosjärjestelmät	Suurtaajuusratkaisut	0,7
Huippuyksikköohjelma – Kvarkkiaineen tutkimus	Kvarkkitutkimus	1
Huippuyksikköohjelma – Elävien toimintojen innoittamat hybridimateriaalit	Biopohjaiset materiaalit	

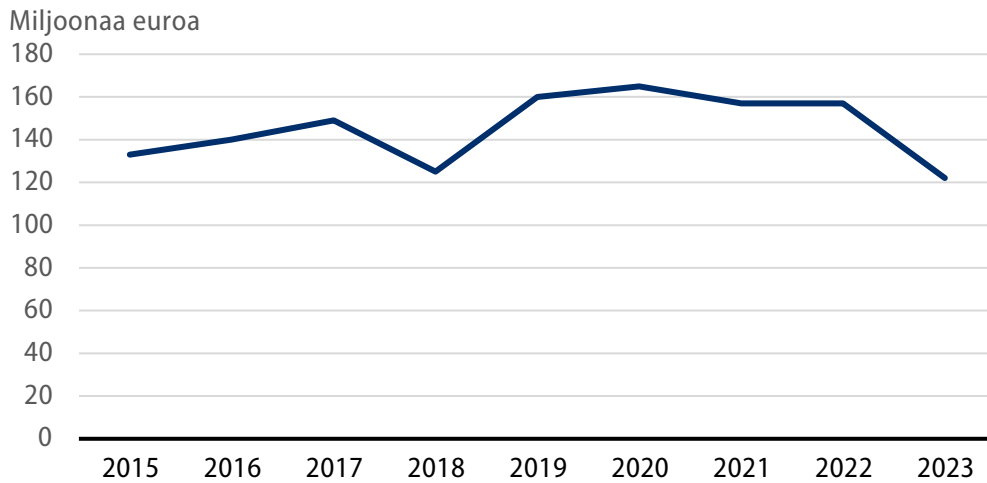
Ohjelmien, lippulaivojen ja muiden edellä esiteltyjen rahoitusmuotojen ohella Akatemia rahoittaa tutkimushankkeita ja tutkijoita suoraan. Tämä rahoitus ei näy edellä kuvatuissa ohjelmissa, minkä vuoksi hankkeessa selvitettiin Akatemian rahoitusta nouseville teknologioille myös yleisen rahoituspäätöshaun kautta. Prosessissa tunnistettiin nouseviin teknologioihin liittyviä tutkimusaloja, joiden pohjalta rahoitusainesto rajattiin. Alla olevissa kuvioissa esitetyissä luvuissa on mukana kaikki Akatemian rahoitus (ml. ohjelmat, Lippulaivat, STN yms.), joka on kohdentunut nouseviin teknologioihin tai niitä tukeviin perustutkimuksen tutkimusaloihin.¹¹⁶ Tutkimusalarajaus ei sovellu täydellisesti nousevien teknologioiden rahoituksen määrittämiseen, sillä monissa tutkimusaloissa oletettavasti rahoitetaan myös muuta kuin nousevien teknologioiden tutkimusta tai kehittämistä. Arvio on siis suunta-antava ja oletettavasti saattaa jonkin verran yliarvioida rahoitusvolyymiä.

Aineiston perusteella Akatemia rahoittaa nousevia teknologioita sekä niihin liittyviä perustutkimuksen muotoja vuosittain noin 140–160 miljoonalla eurolla vuosina 2015–2023. Trendi on ollut nouseva. Akatemian kokonaisrahoitus vuosina 2015–2023 oli noin 4 295 miljoonaa euroa. Tarkasteluun valituista tutkimusaloista eniten rahoitusta (2015–2023 yhteensä) keräsi biolääketieteet, solu- ja molekyylibiologia, materiaalitiede- ja tekniikka sekä mikrobiologia. Euroopan komission STEP-sääntelyn¹¹⁷ mukaisen määritelmän mukaan nousevat teknologiat voidaan jakaa kolmeen pääluokkaan: bioteknologiaihin, puhtaisiin teknologioihin ja syviin ja digitaalisiin teknologioihin. Näiden kautta tarkasteltaessa Akatemian rahoitus kohdentuu pääosin bioteknologioita tukeviin tieteenaloihin (53 % nousevien teknologioiden rahoituksesta), puhtaita teknologioita tukeviin tieteenaloihin (28 %) ja viimeiseksi syväteknologioihin ja niitä tukeviin tieteenaloihin (19 %).

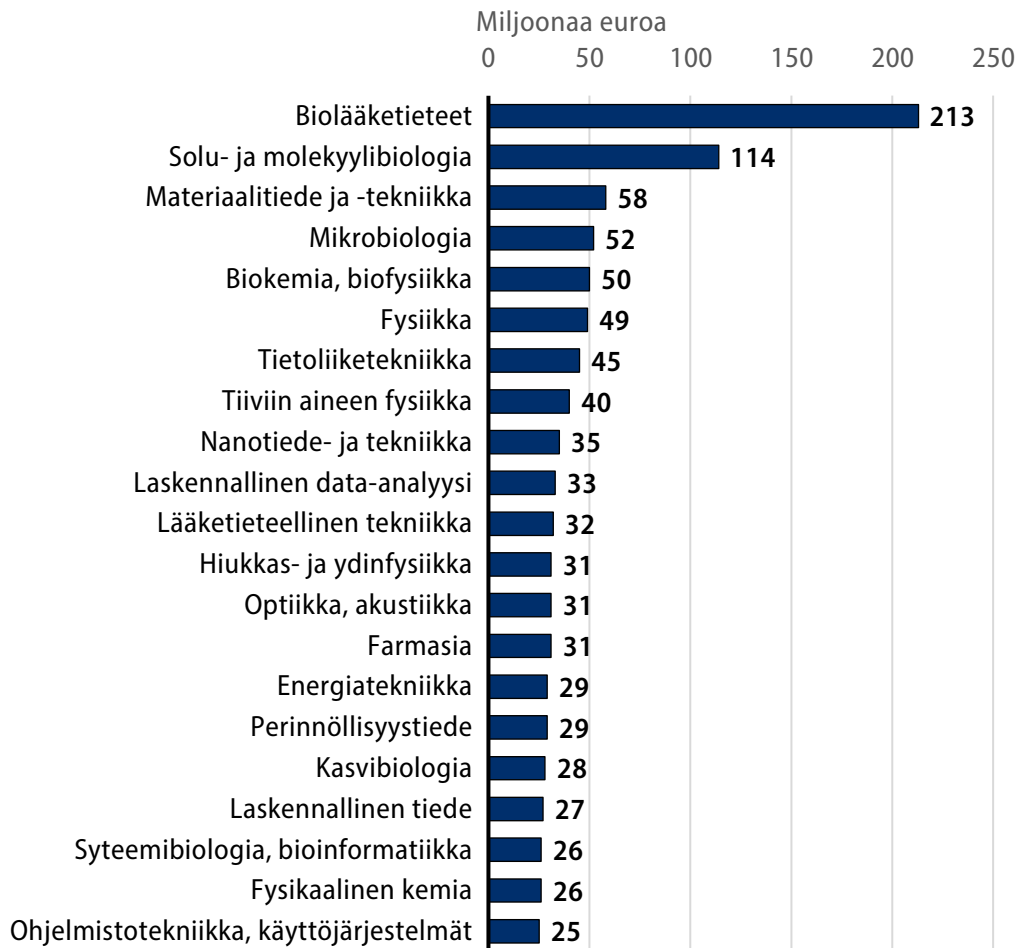
116 Sisältää seuraavat tutkimusalat: Biolääketieteet, Solu- ja molekyylibiologia, Materiaalitiede ja -tekniikka, Mikrobiologia, Biokemia, biofysiikka, Fysiikka, Tietoliikennetekniikka, Tiiviin aineen fysiikka, Nanotiede ja -tekniikka, Laskennallinen data-analyysi, Lääketieteellinen tekniikka, Hiukkas- ja ydinfysiikka, Optiikka, akustiikka, Farmasia, Energiatekniikka, Perinnöllisyystiede, Kasvibiologia, Laskennallinen tiede, Systeemibiologia, bioinformatiikka, Fysikaalinen kemia, Ohjelmistotekniikka, käyttöjärjestelmät, ihminen-kone -vuorovaikutus, Sovellettu matematiikka, Kaukokartoitus, Automaatio- ja systeemitekniikka, Biomateriaalit, Sähkötekniikka, Sähkövoimatekniikka, Biologinen ja pehmeän aineen fysiikka, Epäorgaaninen kemia, Orgaaninen kemia, Signaalinkäsittely, Biomassan jalostustekniikka, Molekyyl- ja solutason neurotiede, Elektroniikka, Polymeerikemia, Tietojärjestelmätiede, Ympäristötekniikka, Teollinen biotekniikka, Funktionaaliset materiaalit, puolijohteet, Analyyttinen kemia, Puu- ja paperimateriaalit, Tietokonetekniikka, tietokonearkkitehtuurit, Polttotekniikka, Atomi- ja molekyyli-fysiikka, Bioenergiatutkimus, Polymeeriset materiaalit, Polttokennot, aurinkoenergia, Fluidi- ja plasmafysiikka, Teknillinen kemia, Ydinenergiatekniikka: fissio ja fuusio, Teoreettinen tietojenkäsittelytiede, Bioprosessitekniikka, Metallit, Biokatalyysi, Keraamiset materiaalit, Teolliset prosessit, Prosessien ohjaus ja säätötekniikka

117 Euroopan Komissio. COM(2023) 335 final. https://commission.europa.eu/system/files/2023-06/COM_2023_335_1_EN_ACT_part1_v11.pdf

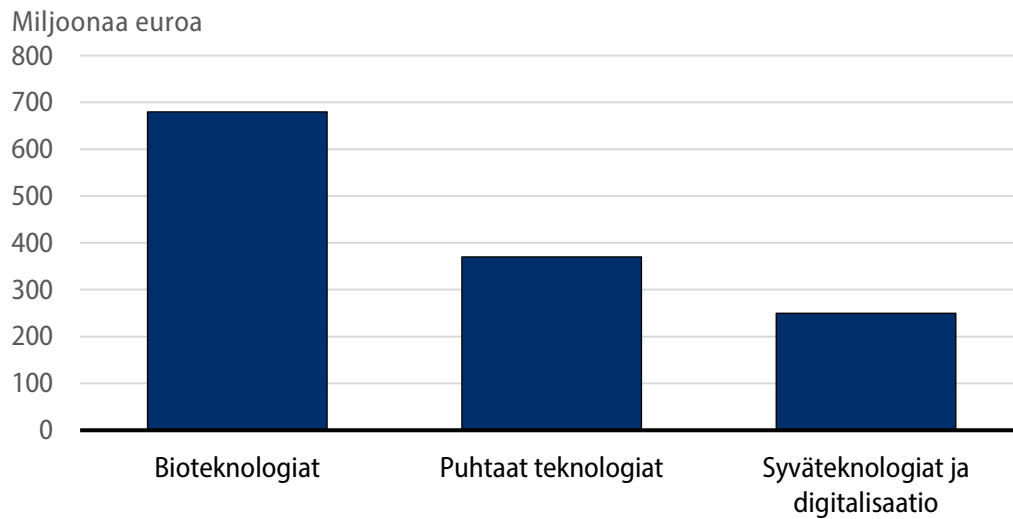
Kuvio 11. Suomen Akatemian rahoitus nouseviin teknologioihin tai niille relevantteihin perustutkimuksen tutkimusaloihin (hankkeen ensisijainen tutkimusala). Lähde: Suomen Akatemian rahoituspäätöshaku. Vuosi 2023 huomioitu lokakuuhun saakka.



Kuvio 12. Suomen Akatemian rahoitus nouseviin teknologioihin tai niille relevantteihin perustutkimuksen tutkimusaloihin (hankkeen ensisijainen tutkimusala). Mukana 20 eniten rahoitusta saanutta tutkimusalaa. Lähde: Suomen Akatemian rahoituspäätöshaku.



Kuvio 13. Suomen Akatemian rahoitus nouseviin teknologioihin tai niille relevantteihin perustutkimuksen tutkimusaloihin. Jaottelu Step regulaation nousevien teknologioiden pääluokkien mukaan. Lähde: Suomen Akatemian rahoituspäätöshaku. Huom! Kyseessä hankkeen ensisijainen tutkimusala.



Business Finland

Business Finland tarjoaa innovaatorahoitusta ja kansainvälistymispalveluita sekä edistää matkailua ja investointeja Suomeen. Sen toiminnan kolme ydinaluetta ovat talouskasvu, kestävä kehitys ja kilpailukyvyn vahvistaminen. Uusin, vuoteen 2025 ulottuva strategia pyrkii ottamaan huomioon vahvemmin myös suuria yhteiskunnallisia muutoksia ja niiden luomia mahdollisuuksia sekä kestäväen kehityksen integroimista toimintoihin. Strategiassa ei ole määritelty tiettyjä teknologioita tai sektoreita, mutta Business Finland on kuitenkin määritellyt **viisi temaattista painopistettä**, joiden kautta pyritään vastaamaan tulevaisuuden globaaleihin haasteisiin. Painopisteet ohjaavat erityisesti Business Finlandin ohjelma- ja kampanjatoimintaa sekä rahoituksen kohdentumista. Jokainen temaattisesta painopisteestä voi pitää sisällään myös nouseviksi teknologioiksi määriteltäviä teknologia-alueita, mutta painopisteet itsessään ovat avoimia erilaisille toteuttamisvaihtoehdoille. Painopisteet ovat:¹¹⁸

- Tuottavuutta digitalisaatiosta
- Kokonaisvaltainen terveys ja hyvinvointi
- Hiilineutraali ja kriisinkestävä energijärjestelmä
- Kiertotalous ja nollahukka
- Virtuaalirajapintojen osallistavat ja immersiiiset kokemukset

Business Finlandin ohjelmat keskittyvät sektoreille, joilla on merkittävää uutta markkinapotentiaalia suomalaisille yrityksille. Ohjelmat ja kampanjat voivat painottua joko vahvemmin innovaatioiden elinkaaren alkuvaiheille tutkimukseen tai vaihtoehtoisesti vahvemmin loppupäähän vienninedistämiseen ja markkinoille pääsyyn. Monissa ohjelmissa painotetaan myös ekosysteemimäistä toimintaa. Vaikka ohjelmat keskittyvät tiettyihin sektoreihin tai teknologioihin, ovat ne luonteeltaan varsin avoimia, eikä niissä määritellä tarkemmin millä teknologialla ratkaisut on tuotettava. Yhden ohjelman sisällä voidaan rahoittaa monenlaisia hankkeita, eikä kaikki niistä sisällä nousevia teknologioita. Ohjelmat ovat aikajänteeltään tyypillisesti noin 4–6 vuotta ja niissä painotetaan kestäväen kehityksen haasteiden ratkaisua. Ohjelmien kautta voidaan kanavoida rahoitusta BF:n eri rahoituspalveluiden kautta tai tarjota muita palveluita.

118 Business Finlandin temaattiset painopisteet: <https://www.businessfinland.fi/48fc0f/globalassets/finnish-customers/about-us/business-finland-temaattiset-painopisteet-2023.pdf>

Ohjelmilla ei sinällään ole omia rahoitusehtoja, vaan rahoitusehdot ovat rahoituspalvelukohtaisia. Rahoitusehdot on kirjoitettu siten, että niissä ei ole rajattu mitään teknologioita pois, eikä mitään teknologia osa-aluetta tueta ylitse muiden. Rahoitusehdot koskevat ennen kaikkea rahoituksen käyttötarkoitusta (tuotekehitys, vinnedistäminen, ekosysteemit, tutkimus yms.) ja tuensaajan rahoituskelpoisuutta. Valta-osa ohjelmarahoituksesta on suunnattu t&k-toimintaan.

Business Finlandin vuosien 2016–2023 toteuttamissa ohjelmissa ja kampanjoissa nousevia teknologioita on rahoitettu arviolta yhteensä noin 882 miljoonalla eurolla. Samalla aikavälillä Business Finlandin kokonaisrahoitus on ollut yhteensä 5 798 miljoonaa euroa. Nousevien teknologioiden rahoitus on tämän arvion mukaan ollut siis noin 15 % Business Finlandin kokonaisrahoituksesta. Arvio on kuitenkin vain karkea ja suuntaa antava, perustuen ohjelman julkiseen kuvaukseen ja budjettiin. Tässä selvityksessä ole ollut mahdollista analysoida rahoituksen kohdentumista hanke-tasolla. On myös tärkeää huomioida, että vain osa Business Finlandin rahoituksesta kanavoidaan ohjelmien kautta. Näin ollen ohjelmarahoitus todennäköisesti aliarvioi nousevien teknologioiden rahoitusta. Alla olevassa taulukossa on kuvattuna tunnistetut nousevien teknologioiden kannalta relevantit ohjelmat ja kampanjat.

Taulukko 8. Business Finlandin ohjelmat, joissa on rahoitettu nousevia teknologioita. Mukana ohjelmat vuosilta 2016–2023.

Ohjelma/ kampanja	Tavoite ja teknologia-alue	MEUR
Hydrogen & Batteries – Dual Helix of Decarbonization -ohjelma (käynnissä)	Ohjelma edistää Suomen vety- ja akkuteollisuuden tuotannollisten arvoketjujen sekä teknologioiden, ratkaisujen ja palvelujen syntymistä, kehittymistä ja kansainvälistä kasvua. Ohjelma on suunnattu kaikenkokoisille alan yrityksille sekä tutkimusorganisaatioille.	-
Quantum Computing -kampanja (käynnissä)	Kampanjan tavoitteena on rakentaa Suomeen globaalisti houkutteleva ekosysteemi ratkaisemaan suomalaisten ja ulkomaisten yritysten liiketoiminnan haasteita kvanttilaskennan avulla. Ohjelma on suunnattu alan yrityksille sekä tutkimusorganisaatioille.	-
6G Bridge (käynnissä)	Ohjelman tavoitteena on tehdä Suomesta maailman johtava keskus 5G advanced- ja 6G-teknologioihin ja kestävään kehitykseen perustuvassa liiketoiminnassa. Ohjelma on suunnattu alan yrityksille sekä tutkimusorganisaatioille.	130

Ohjelma/ kampanja	Tavoite ja teknologia-alue	MEUR
AI Business (2018–2021)	Ohjelman tavoitteena oli lisätä suomalaisten yritysten kilpailukykyä ja tuottavuutta luomalla uusia tekoälyyn ja alustatalouteen perustuvia innovaatioita, kasvattaa tekoälyteknologioiden ja digitaalisten alustojen osaamista yrityksissä, tutkimuslaitoksissa ja yliopistoissa.	100
CleanWeb (2016–2018)	Ohjelman tavoitteena oli uudistaa cleantech-yrityskenttää kilpailukykyiseksi kasvualaksi hyödyntämällä digitaalisuutta, uusia innovaatioita ja toimintatapoja. Ohjelma oli suunnattu yrityksille.	26
Bio and circular Finland (2019–2020)	Ohjelman tavoitteena oli rahoittaa sellaisten teknologioiden kehitystä, jotka voidaan skaalata myymällä laite/kone ja lisensioimalla teknologia maailmalle, jolloin biotalouden harjoittaminen on mahdollista myös lähellä markkinoita ja raaka-aineita. Ohjelma oli suunnattu yrityksille.	71
BioNets (2016–2018)	Ohjelman tavoitteena oli luoda Suomeen bio- ja kiertotalouden alueelle innovatiivisia kansainvälisiä liiketoimintaekosysteemejä, uusien liiketoimintojen kehitysalustoja, uusia digitaalisuutta ja kiertotaloutta hyödyntäviä biotalouden ratkaisuja, palveluja ja verkostoja sekä pilot- ja demohankkeita. Ohjelma oli suunnattu alan yrityksille sekä tutkimusorganisaatioille.	46
Personalized Health -ohjelma (2018–2022)	Personalized Health -ohjelman fokuksena oli datan hyödyntäminen terveyden ja hyvinvoinnin edistämiseksi. Yhdistämällä eri lähteistä saatavaa tietoa kuten genomitietoa, terveydenhuollon tietoja, biopankkitietoa tai yksilön itsensä keräämää elämäntapatietoa, voidaan edistää terveyden ylläpitämistä, sairauksien ennakoimista ja yksilöllistettyä hoitoa. Ohjelma oli suunnattu alan yrityksille sekä tutkimusorganisaatioille.	80
Smart Life -Finland (2018–2020)	Ohjelma vauhditti terveysteknologian ja palvelujen kehittymistä digitaalisuuden, eksponentiaalisten teknologioiden (kuten virtuaalitodellisuus, koneoppiminen, 5G -tiedonsiirto, puettavat sensorit), alustatalouden, sekä kokeilu- eli niin sanottujen testbed -ympäristöjen avulla. Ohjelma oli suunnattu yrityksille, tutkimusorganisaatioille sekä julkisille terveyden ja hyvinvoinnin toimijoille.	80– 100

Ohjelma/ kampanja	Tavoite ja teknologia-alue	MEUR
Smart energy Finland (2017–2021)	Ohjelmassa kehitettiin Suomesta älykkäiden energiaratkaisujen edelläkävijää ja johtavaa testialustaa. Ohjelma yhdisti teknologiakehityksen ja viennin palvelut.	100
New Space Economy (2018–2022)	Business Finlandin New Space Economy -ohjelma tarjosi innovaatorahoitusta, verkostoja ja vientipalveluja suomalaisen avaruusosaamisen kehittämiseksi globaaliksi liiketoiminnaksi. New Space Economy -ohjelma oli tarkoitettu suomalaisille, kasvavaa avaruusalaan uudistaville startup-yrityksille, kasvua hakeville valmistavan teollisuuden yrityksille ja dataa hyödyntäville yrityksille. Ohjelmassa rahoitettiin myös suomalaista avaruustutkimusta.	2
Deep Tech Accelerator -pilottirahoitus (2023)	Tavoitteena oli edistää tutkimustulosten hyödyntämistä startup-yritysten liiketoiminnassa sekä erityisesti nopeuttaa deep tech -startupien markkinoille pääsyä ja kansainvälisen liiketoiminnan käynnistämistä.	6,8
Yhteensä		661,8
BF kokonais- rahoitus (2016–2023)		5 798

Tesin tekemän selvityksen mukaan¹¹⁹ syväteknologiaa hyödyntävät tai kehittävät yritykset ovat saaneet Business Finlandin rahoitusta yhteensä 425 miljoonan euron edestä vuosien 2010 ja 2021 välisenä aikana, josta 65 % on lainoja. Valtaosa Suomen (95 %) syväteknologiayrityksistä on saanut Business Finlandilta rahoitusta. Yrityskohtaisissa volyymeissa on kuitenkin suuria eroja (suurin yksittäinen rahoituspäätös 10 miljoonaa euroa).

119 Tesi. (2022). Deep tech study Finland 2022. https://tesi.fi/wp-content/uploads/2022/12/DeepTechStudy_2022_full_final.pdf

Syväteknologia pitää sisällään määritelmästä riippuen hyvin samankaltaisia teknologia-alueita kuin nousevat teknologiat. Selvityksessä syväteknologiat määritellään sellaisiksi teknologioiksi, jotka perustuvat tieteellisiin ja teknologisiin läpimurtoihin ja niillä on potentiaalia saada aikaan merkittävää taloudellista ja yhteiskunnallista vaikutusta ja vaikuttavuutta. Syväteknologian yritykset voivat toimia uusien materiaalien, digitaalisten infrastruktuurien, energian ja ilmaston, optiikan, tekoälyn ja robotiikan sekä terveyden ja bioteknologian alueilla.

Finnvera

Finnvera Oyj valtion kokonaan omistama erityisrahoitusyhtiö, jonka tehtävänä on tarjota rahoitusta yritystoiminnan alkuun, kasvuun ja kansainvälistymiseen sekä viennin riskeiltä suojautumiseen. Finnveran kotimaan rahoituksen osalta tehtävänä on täydentää rahoituksellaan rahoitusmarkkinoita ja edistää alueiden, yritystoiminnan ja viennin kehitystä. Finnveran myöntämien lainojen ja takausten avulla pyritään parantamaan ja monipuolistamaan erityisesti pk-yritysten mahdollisuuksia saada rahoitusta. Viennin rahoituksen osalta Finnveran tehtävänä on taata rahoitukseen liittyviä poliittisia tai kaupallisia riskejä.

Finnveran rahoitustoiminnalla ei ole pääasiallisesti sektorikohtaisia painopisteitä. Poikkeuksen tähän muodostavat jotkin tiettyihin teemoihin kohdistuvat tuotteet, kuten kesällä 2023 lanseeratut ilmasto- ja digilainat, jotka ovat osa Euroopan investointirahaston InvestEU -takaushjelmaa. Ilmasto- ja ympäristölaina on tarkoitettu suomalaisten pk-yritysten vihreän ja kestäväen siirtymän investointeihin. Se soveltuu pk-yrityksille, jotka edistävät esimerkiksi uusiutuvien energialähteiden käyttöä, energiatehokkuutta, ympäristön kannalta kestävien materiaalien käyttöä, siirtymistä kiertotalouteen tai vähäpäästöiseen talouteen. Digitalisaatio- ja innovaatiolaina puolestaan on rakennettu innovaatio- ja digitalisaatiovetoisille pk-yrityksille tukemaan niiden investointeja ja kilpailukyvyn paranemista. Se sopii pk-yrityksille, joiden rahoitustarve liittyy esimerkiksi tuote-, prosessi- tai palvelukehittämiseen, liiketoimintamallien digitalisointiin, toimitusketjun digitaaliseen hallintaan tai digitaalisen liiketoiminnan kehittämiseen.¹²⁰

Suomen Teollisuussijoitus

Suomen Teollisuussijoitus Oy (Tesi) on vuonna 1995 perustettu valtion omistama pääomasijoitusyhtiö. Tesi tekee vähemmistö-sijoituksia suomalaisiin rahastoihin ja kohdeyrityksiin samoin ehdoin ja tuotto-odotuksin yhdessä yksityisten sijoittajien kanssa. Tesin rahoitus on markkinaehtoista eikä siis sisällä valtioneuvoa. Yhtiön toiminnan tulee olla pitkällä aikavälillä liiketaloudellisesti kannattavaa. Tesi tekee sijoituksia sekä rahastoihin, että suoraan yrityksiin. Suorat sijoitukset kohdentuvat venture capital- ja kasvuvaiheen yrityksiin sekä jossain määrin teollisiin sijoituksiin.

Strategiassa yhtiölle on määritelty kolme pääasiallista tehtävää: 1) Suomen pääomasijoitusmarkkinan kehittäminen ja yksityisen pääoman saatavuuden parantaminen Suomessa, 2) Suomalaisten yritysten toimintaedellytysten parantaminen sekä kasvun ja kansainvälistymisen edistäminen, ja 3) Liiketaloudellisesti kannattava ja

120 Finnvera. <https://www.finnvera.fi/rahoitus/lainat/ilmasto-ja-ymparistolaina>

vaikuttavuudeltaan merkittävä toiminta. Tukeakseen yritysten toimintaympäristöä, Tesi pyrkii edistämään kasvuja kansainvälistymishalukkaita yrityksiä, tehostaa tutkimuksen- ja kehitystyön kaupallistamista, uudistaa elinkeinorakenteita elinkeinopoliittisilla sijoituksilla, tasoittaa talouden syklejä sijoituksilla, jotka vaativat tavanomaista suuremman riskin ottamista sekä toimeenpanemalla sijoitusohjelmia.

Tesi ei kohdistu rahoitustaan lähtökohtaisesti tiettyihin sektoreihin, vaan toimii geneerisesti. Tesillä on kuitenkin joitain painopisteitä, kuten ICT / teollinen digitalisaatio, terveysteknologia, kiertotalous sekä deep tech (syvätekniologia), joista erityisesti jälkimmäinen voidaan nähdä nousevien teknologioiden näkökulmasta keskeisenä teema-alueena. Tesin salkussa on tällä hetkellä yhteensä 31 suoraa sijoitusta (yhteensä 119 suoraa aktiivista sijoitusta)¹²¹ eri vaiheen syväteknologiayrityksiin ja sen salkussa on tällä hetkellä yhteensä noin 334 miljoonan euron edestä rahastosijoituksia deep techiin tai terveysteknologiaan/lääkekehitykseen keskittyviin rahastoihin (sisältäen myös Kasvurahastojen rahaston (KRR) kautta tehdyt sijoitukset). Kaikkien aktiivisten rahastosijoitusten volyymi on 2 165 miljoonaa euroa (ml. KKR).¹²²

Ilmatorahasto

Ilmatorahasto Oy on vuonna 2020 perustettu erityistehtävayhtiö. Ilmatorahasto perustettiin, kun vuoden 2020 syyskuun budjettiriihessä linjattiin, että Valtion kehitysyhtiö Vake Oy siirretään TEM:n omistajaohjaukseen ja nimi muutetaan Ilmatorahasto Oy:ksi. Ilmatorahasto keskittyy ilmastonmuutoksen torjuntaan ja teollisuuden vähähiilisyyden vauhdittamiseen sekä digitalisaation edistämiseen Suomessa. Ilmatorahasto myöntää yrityksille pääosin pääomalainoja. Ilmatorahasto voi yhdistellä markkinaehtoista ja tukimuotoista asymmetristä rahoitustoimintaa, mikä mahdollistaa markkinaehtoista edullisempien rahoitusehtojen tarjoamisen. Kyse ei kuitenkaan ole avustusmuotoisesta rahoituksesta, vaan valtiontuen yhdistämisestä muutoin markkinaehtoiseen rahoitukseen. Ensisijaisina sijoituskohteina ovat teollisen mittaluokan skaalaukset, joissa on kyse esimerkiksi uuden teknologian demonstraatiovaiheen hankkeista. Näiden sijoitusten kokoluokka on tyypillisesti 10–50 miljoonaa euroa.

121 Tesin suorat sijoitukset: <https://tesi.fi/portfolio/yritykset/>

122 Tesin profolio: <https://tesi.fi/portfolio/rahastot/>

Ilmastorahoituksen sijoituksia on kohdentunut myös joillekin nousevia teknologioita hyödyntäville yrityksille kuten vihreään vetytalouteen, biotalouteen, uudenlaista teknologiaa hyödyntävään ruokatalouteen sekä bioteollisuuteen sijoittavaan rahastoon.

Pääministeri Petteri Orpon 2023 hallitusohjelmaan on kirjattu, että Ilmasto-rahasto siirtyy jatkossa Tesin johtamaan oman pääoman rahoitusta jakavaan erityisrahoitusyhtiöön.

Muita julkisia rahoituslähteitä

Energiatuen tavoitteena on edistää uusiutuvan energian käyttöä ja lisätä energiatehokkuutta. Energiatuen avulla voi tehdä uusiutuvan energian käyttöä tai -tuotantoa lisääviä investointeja tai edistää energiaa säästävien investointien tekemistä. Tuen keskeisenä tavoitteena on madaltaa etenkin uuteen teknologiaan liittyviä teknisiä ja taloudellisia riskejä. Panostamalla erityisesti uuden teknologian hankkeisiin tarkoituksena on saavuttaa yksittäisten hankkeiden suoria energia- tai ilmastovaiikutuksia laajempia vaikutuksia, kuten positiivisia ulkoisvaikutuksia. Tukea myönnetään investointi- ja selvityshankkeisiin. Työ- ja elinkeinoministeriö päättää tuen myöntämisestä investointihankkeeseen ja hoitaa muut siihen liittyvät tehtävät, jos hankkeen hyväksyttävät kustannukset ylittävät 5 000 000 euroa. Muun tuen myöntämisestä päättää ja muut siihen liittyvät tehtävät hoitaa Business Finland.¹²³ Energiatuen kohdentumista ei tässä arvioinnissa analysoitu tarkemmin. Todennäköisesti rahoitettujen hankkeiden joukossa on kuitenkin myös nouseviin energiateknologioihin liittyviä hankkeita. Energiatuen ehtoja on päivitetty vuoden 2024 alusta, niin, että tukiharkinnassa etusijalla ovat uuden teknologian lisäksi myös sähköjärjestelmän säätökykyä edistävät hankkeet. Toisaalta tuen myöntövaltuus on hallitusohjelman mukaan tulevaisuudessa vain noin 14 miljoonaa euroa vuositasolla, joka on alle kymmenesosa aiemmasta.¹²⁴

ELY-keskukset myöntävät **kehittämisasiavustusta** yrityksille, jolla on mahdollista tukea liiketoiminnan uudistumista ja kansainvälistymistä. Kehittämisasiavustusta myönnetään pk-yritysten kehittämistoimenpiteisiin ja investointeihin, kun yritys aloittaa toimintansa, haluaa panostaa merkittävästi uudistumiseen tai pyrkii kasvamaan. Avustukselle ei ole juuri toimialakohtaisia rajoituksia. Rahoituksen suuntaamiseen vaikuttavat Euroopan unionin toimialakohtaiset rajoitukset sekä ELY-keskuskohdaiset rahoituslinjaukset. Rahoitus kohdistetaan siten, että tuettavat

123 <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki>

124 <https://tem.fi/-/muutoksia-energiatuen-myontamisen-ehtoihin-vuosina-2023-2027>

toimet eivät aiheuta merkittävää haittaa tai riskiä ilmasto- tai ympäristötavoitteille (do no significant harm -periaate).¹²⁵ ELY-rahoitusta ei toisin sanoen suunnata erityisesti nouseville teknologioille. Rahoitettujen hankkeiden joukossa voi kuitenkin olla teemaan liittyviä hankkeita.

Nousevien teknologioiden rahoitus valtion talousarvioesityksissä

Perinteisesti teknologiavalinnat ja TKI-rahoituksen suuntaaminen on jätetty toimeenpaneeville organisaatioille, eikä valtion talousarvioissa ole lähtökohtaisesti korvamerkitty rahoitusta suoraan tietyille teknologioille. Viimeisimpien hallitusten talousarvioesityksissä on kuitenkin enenevässä määrin suunnattu rahoitusta suoraan joihinkin teknologioihin. Osittain tätä selittää EU-tasolta tuleva, elpymis- ja palautumistukivälineeseen (RRF) liittyvä Suomen kestävän kasvun ohjelma, jossa on määritelty tietyjä painopistealueita.¹²⁶ Esimerkiksi vuoden 2024 TKI-toiminnan määrärahasta on varattu n. 48 miljoonaa euroa materiaalin ja sivuvirtojen uudelleenkäyttöön ja kierrätykseen, n. 5 m. euroa mikroelektronikan arvoketjuun, n. 2 m. euroa 6G:n, tekoälyn ja kvanttilaskennan kehittämissympäristöihin sekä alle miljoona terveys- ja hyvinvointiteknologioihin. Nämä rahoitetaan EU:n elpymisvälineen kautta.

Samalla on kuitenkin havaittavissa myös muutos suhtautumisessa strategisten valintojen tekemiseen. Esimerkiksi vuoden 2016 talousarvioesityksen *innovaatio- ja elinkeinopolitiikka* -osakokonaisuuden perusteluissa korostetaan markkinaehtoisuutta, yksityisen rahoituksen vivuttamista ja rahoitusmarkkinoiden korjaamista. Toisaalta on kuitenkin tunnistettu ja määritelty tietyjä kasvualoja.

Julkisen rahoituksen välineillä on tärkeä tehtävä rahoitusmarkkinoiden toiminnassa olevien puutteiden korjaamisessa. Julkisen yritysrahoituksen yleiseksi periaatteeksi on otettu markkinaehtoisuus ja yksityisen rahoituksen täydentäminen ja katalysointi. Julkisen rahoituksen välineitä tarvitaan erityisesti aloittavien, uusissa liiketoiminnoissa olevien yritysten rahoittamisessa. Teollisen rakennemuutoksen uudistumishaasteeseen vastataan investoimalla yritysten kasvuun, kansainvälistymiseen ja uudistuvaan liiketoimintaan erityisesti uusilla kasvualoilla, kuten cleantech-, bio- ja luonnonvaratalous, arktinen liiketoiminta sekä digitalisaation luomat mahdollisuudet.

125 Etelä-Suomen yritysrahoitusstrategia 2023. https://www.ely-keskus.fi/documents/13166/0/Yritysrahoitusstrategia+2023+p%C3%A4ivitetty+8_3_2023.pdf/7f4d51b5-2df4-fd01-f230-0f3b2875418f?t=1678706681633

126 Valtiovarainministeriö. Suomen kestävän kasvun ohjelma. <https://vm.fi/kestava-kasvu>

Vastaavasti vuoden 2024 talousarvioesityksen uudistuminen ja vähähiilisyys -osakokonaisuuden perusteluissa painotetaan taloudellisen ja yhteiskunnallisten haasteiden samanaikaista ratkaisemista ja strategisten valintojen tekemistä:

Elinkeino-, innovaatio- ja energiapolitiikoilla edistetään elinkeinoelämän uudistumista ja kansainvälisen kilpailukyvyn tki-perustaista vahvistumista, energiatehokkaan teollisen tuotannon ratkaisujen käyttöönottoa sekä laajemmin yhteiskunnan kehittymistä hiilineutraaliksi. Tämä edellyttää uusia toimenpiteitä sekä julkisen sektorin ja yritysten tiivistä vuorovaikutusta[...]T&k- ja innovaatio-rahoitusta suunnataan yhteiskunnan ja elinkeinoelämän uudistumisen kannalta keskeisille aloille ja lupaaviin kasvumahdollisuuksiin, mm. data- ja alustatalouden sekä puhtaan siirtymän tukemiseen[...]Keskeinen haaste on, että Suomen tulisi valita strategiset osaamisen ja panostusten painopistealueet, joiden ytimessä ovat teknologinen edelläkävijyys, kansainvälinen yhteistyö laadukkaiden kumppanien kanssa ja osaamispohjan laaja uudistuminen. Strategiset valinnat tuottavat ratkaisuja globaaleihin haasteisiin ja muodostavat tiiviin kokonaisuuden teollisuuspolitiikan valintojen kanssa.

RRF-rahoituksen lisäksi Orpon hallituksella on suunnitteilla tukea strategisesti valittuja teknologioita valtion tutkimuslaitosten kautta. Hallitus haluaa panostaa esim. 70 miljoonaa euroa kvanttietokoneeseen VTT:n rahoituksen kautta, 4,5 m. euroa pienydinvoimaloihin ja 40 m. euroa puhtaaseen energiaan ja materiaaleihin.¹²⁷

EU:n rahoitus nouseville teknologioille

EU-tasolla merkittävin nousevia teknologioita rahoittava taho on Euroopan komission Horisontti Eurooppa -puiteohjelma. Ohjelmalla EU edistää vihreän siirtymän ja digitalisaation toteutumista, jotta EU saavuttaa tavoitteensa ilmastoneutraalista Euroopasta vuoteen 2050 mennessä. Ohjelman kautta EU rahoittaa yritysten tuotekehitystä, innovaatioiden skaalausta ja kansainvälistä kasvua sekä tutkijoiden huippututkimusta, koulutusta ja kansainvälistä liikkuvuutta.

Ohjelma on volyymiltään hyvin suuri (95.5 mrd euroa) ja se rahoittaa tutkimus- ja innovaatiotoimintaa laajasti. Puiteohjelma rakentuu kolmelle pilarille, joista ensimmäinen rahoittaa huipputason tiedettä, toinen globaaleja haasteita ja Euroopan teollisuuden kilpailukykyä ja kolmas innovaatioita. Pilareille ja niiden

¹²⁷ Mutanen, A. (20.9.2023). Hallitus haluaa panostaa 70 miljoonaa euroa suomalaiseen kvanttietokoneeseen. Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/tiede/art-2000009867898.html>

alakokonaisuuksille luodaan kahden vuoden työohjelmia, joissa on määritetty ne haut, joista rahoitusta voi saada. Teemat ja niiden kuvaukset ovat siis melko selvärajaisesti määritettyjä.

Ensimmäinen pilari edistää ja rahoittaa erityisesti perustutkimusta. Kokonaisuuteen kuuluvat Euroopan tutkimusneuvosto (ERC), tutkijoiden liikkuvuutta tukeva Marie Curie -toimet ja tutkimusinfrastruktuurien rahoitus. Ensimmäinen pilari on lähtökohtaisesti bottom up -rahoitusta, eli rahoituskriteerit pohjautuvat ensisijaisesti tutkimuksen laatuun, eikä niissä määritellä tieteen tai teknologian aloja. Tämä eroaa jossain määrin edellisestä puiteohjelmasta, Horisontti 2020:stä, jossa ensimmäisen pilarin alla oli erikseen osakokonaisuus future and emerging technologies (FET), joka oli suunnattu erityisesti nouseviin teknologioihin.

Toisessa pilarissa rahoitettava tutkimus ja innovointi ryhmitellään temaattisesti kuu-teen isoon toimintakokonaisuuteen eli klusteriin. Lähes kaikkien klustereiden työohjelmissa on hakuja nouseville teknologioille. Eniten ne painottuvat kuitenkin neljännessä klusterissa, jossa on oma kokonaisuutensa nouseville teknologioille.

- **Terveysklusteri:** tavoitteena tukea innovaatiotoimintaa, joka edistää kansalaisen hyvinvointia ja terveyttä. Klusterin kautta rahoitetaan useita tieteen ja tutkimuksen aloja ja viimeisimmässä työohjelmassa on myös hakuja liittyen uusiin terveysteknologioihin.¹²⁸
- **Kulttuuri, luovuus ja osallisuutta edistävä yhteiskunta -klusteri:** rahoitus kohdistuu globalisaation, teknologisten uudistusten ja lisääntyvän eriarvoisuuden tuomiin haasteisiin ja niihin vastaamiseen.
- **Kansalaisturvallisuus yhteiskunnassa -klusteri:** toimia, joilla muun muassa pienennetään katastrofiriskejä ja lisätään kyberturvallisuutta sekä varmistetaan Euroopan riippumattomuus turvallisuuden kannalta kriittisissä teknologioissa. Työohjelmassa on hakuja useille nouseville teknologioille.¹²⁹

128 https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-4-health_horizon-2023-2024_en.pdf

129 https://www.businessfinland.fi/49bf83/globalassets/wp-6-civil-security-for-society_horizon-2023-2024_en.pdf

- **Digitaalitalous ja -teknologia sekä teollisuus ja avaruus -klusteri:** Tavoitteena on tukea innovaatioita, joilla yhdistetään Euroopan vihreä kasvu ja digitaalinen siirtymä. Klusterin toimenpiteet on jaoteltu kuuteen alakokonaisuuteen, joihin lukeutuu oma kokonaisuus uusille nouseville teknologioille sekä avaruustoiminnalle. Nousevien teknologioiden kokonaisuudessa painopistealueita ovat muun muassa alhaisen virrankulutustason suorittimet, fotoniikka, 6G-verkkoteknologiat sekä kaupallis-teollisesti hyödynnettävät tekoälyratkaisut ja seuraavan sukupolven robotit. Tämän lisäksi panostetaan tutkimuksellisiin kvanttitekniikoihin ja maailman kestävimänä tunnetun aineen, grafeenin, hyödynnettävyyteen esimerkiksi ilmailienteessä, elektroniikassa, akuissa ja terveydenhoidossa.¹³⁰
- **Ilmasto, energia ja liikkuvuus -klusteri:** klusterin alla rahoitetaan hakuja liittyen esimerkiksi akkuihin ja läpimurtotekniikoihin ja kestävä energian tuotanto, joihin sisältyy myös nousevien teknologioiden rahoitusta.¹³¹
- **Elintarvikkeet, biotalous, luonnonvarat, maatalous sekä ympäristö -klusteri:** Klusterin 7 tavoitealuetta edistävät luonnonvarojen suojelua, ennallistamista ja kestävää käyttöä; vahvistavat elintarvike- ja ravitsemusturvaa ja kestäviä ruokajärjestelmiä; edistävät siirtymistä vähähiiliseen ja resurssitehokkaaseen kiertotalouteen; hillitsevät ilmastonmuutosta; vähentävät ympäristön pilaantumista sekä auttavat löytämään keinoja alueiden kestävään ja tasapainoiseen kehitykseen sekä kestävyyttä tukevien hallintomallien käyttöön. Työohjelman haisuissa rahoitetaan esimerkiksi biotalouden ratkaisuja.¹³²

130 https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-7-digital-industry-and-space_horizon-2023-2024_en.pdf

131 https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-8-climate-energy-and-mobility_horizon-2023-2024_en.pdf

132 https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-9-food-bioeconomy-natural-resources-agriculture-and-environment_horizon-2023-2024_en.pdf

Kolmas pilari, eli Innovatiivinen Eurooppa, tarjoaa rahoitusta tutkimustulosten hyödyntämiseen, kaupallistamiseen ja markkinoille viemiseen. Lisäksi rahoitusta on saatavilla innovaatioekosysteemeille ja toimijoiden keskinäiselle vuorovaikutukselle. Kolmannen pilarin alaisuudessa toimii Euroopan innovaationeuvosto (EIC), Euroopan innovaatioekosysteemit (EIE) sekä Euroopan innovaatio- ja teknologiainstituutti (EIT). Erityisesti EIC tarjoaa rahoitusta nouseville teknologioille niiden elinkaaren eri vaiheissa.¹³³ Euroopan komissio käynnisti maaliskuussa 2021 EIC:in lippulaivahankkeena tunnistaakseen, kehittääkseen ja laajentaakseen nousevia teknologioita ja läpimurtoinnovaatioita. Yli 10 miljardin euron rahoituksella vuosille 2021–27 EIC rahoittaa eurooppalaisten tutkijoiden ja yrittäjien kehittämiä läpimurto teknologioita EU:n ja maailmanmarkkinoilla. EIC tarjoaa rahoitusta pääasiassa bottom-up-mallin kautta, mutta tarjolla on myös haastelähtöistä rahoitusta.¹³⁴

Euroopan puolustusrahasto (EDF, European Defense Fund) pohjautuu EU:n 2016 julkaistuun Globaaliin strategiaan, missä EU nosti puolustuksen ja turvallisuuden painoarvoa. Rahasto kuuluu strategiaa toteuttaviin toimenpiteisiin, ja sen toimintaa koordinoi Euroopan puolustusvirasto (European Defense Agency EDA). EDF on varsinaisesti perustettu vuoden 2021 EU:n monivuotisessa rahoituskehityksessä. Rahaston perustamista edelsi kaksi puolustus- ja turvallisuusalan TKI-ohjelmaa, Preparatory Action on Defence Research (PADR, 2014–2020) ja European Industrial Development Programme (EDIDP, 2019–2020).¹³⁵

EDF:n määräraha kaudelle 2021–2027 on noin 8 mrd €, josta n. 3 mrd. on varattu yhteishankkeisiin ja 5 kansallisten suorituskykyjen kehittämisen vastinrahoitusta. Rahoituksen kohteena ovat erityisesti uudet/nousevat turvallisuuteen liittyvät yhteensopivat teknologiat sekä järjestelmät. Rahoitusta voidaan käyttää mihin tahansa teknologien kehitysvaiheeseen ja erityisesti PK-yrityksiä rohkaitaan osallistumaan. EDF:n rahoituksen kriteereissä korostuu tietenkin soveltuvuus ja yhteensopivuus jäsenmaiden viranomaisten suorituskykyjen kanssa, mutta myös innovatiivisuus, murroksellisuus, ja EU:n kilpailukyky.

133 https://eic.ec.europa.eu/eic-2023-work-programme_en

134 European Innovation Council (2022). Identification of emerging technologies and breakthrough innovations. EIC working paper 1/2022. <https://eic.ec.europa.eu/system/files/2022-02/EIC-Emerging-Tech-and-Breakthrough-Innov-report-2022-1502-final.pdf>

135 DG Defence Industry & Space, European Defense Fund. https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-defence-industry/european-defence-fund-edf_en ; PLM, Puolustusalan tutkimus- ja kehittämistoiminta EU:ssa, https://www.defmin.fi/vastualueet/kansainvalinen_puolustusyhteistyö/eu-yhteistyö/puolustusalan_tutkimus-ja_kehittämistoiminta_eu_ssa#1055960f; European Defense Agency. (n.d.). European Defence Fund (EDF). [https://eda.europa.eu/what-we-do/EU-defence-initiatives/european-defence-fund-\(edf\)](https://eda.europa.eu/what-we-do/EU-defence-initiatives/european-defence-fund-(edf))

EDF:n monivuotisessa rahoituskehityksessä¹³⁶ on mainittu EDF:n 17 toimialuetta, joista on varattu perinteisten kineettisten suorituskykyjen lisäksi merkittävä osuus erikseen otsikoille 'informaatioherruus' (engl. information superiority, vrt. ilmahuu, ylivoimainen kyky kerätä, jalostaa ja käyttää eri lähteistä tulevaa dataa ja informaatiota hyödyksi strategisesta suunnittelusta päivittäisten toimien vaikutuksen maksimointiin), 'avaruus', 'energia siirtymä', ja 'murrokselliset teknologiat'. Eli käytännössä puolustuksen ja turvallisuuden kontekstissa ylipäätään murroksellisiin ja kaksoisiirtymän teknologioiden kehittämiseen on varattu jopa lähes puolet EDF:n määrärahoista.

NATOn innovaatorahasto

Pohjois-Atlantin puolustusliitto NATO hallinnoi jäsenmaiden kanssa NATOn innovaatorahastoa (NATO Innovation Fund, NIF) sekä Pohjois-Atlantin puolustusinnovaatioiden kiihdyttämöä (Defence Innovation Accelerator for the North Atlantic, DIANA). NATOn politiikkakehyksessä jäsenvaltiot kehottivat vuoden 2019 lopussa päässihteerä muotoilemaan eteenkatsovan näkemyksen puolustusliiton vahvistamisesta, ja tämän prosessin tuloksena syntyi NATO 2030 agenda, joka hyväksyttiin 2021.¹³⁷ Agendassa yksi pääkohdista on teknologisen etumatkan kasvattaminen. Nousevat teknologiat ovat olennaisesti mukana myös NATOn 2022 hyväksytyssä strategisessa konseptissa.¹³⁸ Agendan viitoittamana NATOn puolustusministerit hyväksyivät 2021 NATOn murroksellisten ja nousevien teknologioiden strategian, jota DIANA ja NIF noudattavat. DIANA ja NIF toimivat yhteistyössä, kokonaisuuden tavoitteena on tarjota alkuvaiheen teknologiayrityksille portfolio palveluita, joilla kohdataan alkuvaiheen teknologiayritykset "aikaisin ja usein".

NIF on 22 jäsenmaan yhteinen n. 1 mrd. € riskirahasto, johon myös Tesi on sijoittanut. NIF sijoittaa alkuvaiheen teknologiayrityksiin, sekä nouseviin teknologioihin, joiden katsotaan olevan olennaisia NATOLle. Prioriteettialueisiin kuuluvat NATOn nousevien teknologioiden strategiassa mainitut, mm. tekoäly, autonomiset järjestelmät, suurten aineistojen (Big Data) analyysi, kvanttitekologia, biotekologia ja ihmisen suoritus- ja toimintakyky, uudet materiaalit, energia, propulsio-, ja avaruusteknologiat.¹³⁹ DIANA puolestaan on kiihdyttämö erityisesti deep-tech yrityksille,

136 European Defence Fund. (2023). Indicative multiannual perspective 2021–2027, Annex 2 of Commission Implementing Decision C(2023)2296 final

137 NATO. (2021). NATO 2030 factsheet.

138 NATO. (2022). Strategic Concept. Adopted by Heads of State and Government at the NATO Summit in Madrid 29 June 2022.

139 NATO. (2022). NATO launches Innovation Fund. Available: https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_197494.htm

jotka kehittävät kaksoiskäyttöteknologiaa. DIANA tarjoaa kiihdyttämöpalveluita ja auttaa tunnistamaan pilottiasiakkaita turvallisuusosalta. DIANAn verkostoon kuuluu 10 kiihdyttämöä ja 90 testialustaa pääasiassa Euroopassa, Euroopan aluetuimisto sijaitsee Lontoossa Imperial Collegessa ja alueellinen hubi Tallinnassa.¹⁴⁰

5.4 Kansainvälinen vertailu

Selvityksen yhtenä osana toteutettiin tiivis vertailu kolmen verrokkimaan käytännöistä nousevien teknologioiden rahoituksessa ja sääntelyssä. Verrokkimaiksi valittiin Suomen kaltaisia maita, joissa on tunnistettavissa erilaisia lähestymistapoja teknologianeutraaliteettiperiaatteen soveltamisessa. Tarkasteluun valitut maat olivat Ruotsi, Irlanti ja Belgia (Flanderin alue). Vertailu toteutettiin kirjoituspöytätyönä perustuen saatavilla oleviin julkisiin aineistoihin ja asiakirjoihin. Seuraavassa on kuvattu vertailun keskeiset havainnot.

5.4.1 Ruotsi

Strategiset linjaukset

Ruotsissa toimi vuosina 2018–2022 innovaatio- ja teknologian etiikkakomitea (Komittén för teknologisk innovation & etik, Komet)¹⁴¹, jonka tehtävänä oli kehittää innovaation ja kilpailukyvyn edellytyksiä sääntely- ja politiikkatasoilla, ja samalla varmistaa, että uuden teknologian kehittäminen ja käyttöönotto tapahtuu turvallisesti ja huomioiden pitkäaikaiset vaikutukset yhteiskuntaan. Komet korvasi aiemman pääministerin puheenjohtaman kansallisen innovaationeuvoston (*Nationella innovationsrådet*).

Ruotsissa ei ole yhtä varsinaista kansallista innovaatio- tai teknologiastrategiaa. Edellinen julkaistu strategia on vuodelta 2012. Kometin rooli suhteessa innovaatiostrategiaan on asettamisdirektiivin perusteella ollut keskustelun fasilitointi ministeriöiden, virastojen ja innovaatio toimijoiden kesken, tavoitteena parantaa politiikkatoimien relevanssia ja koherenssia. Kometin perusajatus juontanee juurensa mahdollisesti pitkään ajattelua ohjanneeseen innovaatiojärjestelmäajatteluun ja sen myöhempään kehityksiin.¹⁴²

140 NATO. About DIANA. <https://www.diana.nato.int/about-diana.html>

141 <https://www.kometinfo.se/>; Näringsdepartement, Samordnad och accelererad policyutveckling kopplad till den fjärde industriella revolutionens teknologier, Kommitteedirektiv 2018:85, Beslut vid regeringsammansamträde den 16 augusti 2018

142 Edquist, C. (2018). Towards a holistic innovation policy: Can the Swedish National Innovation Council (NIC) be a role model? *Research Policy*, 48(4), 869–879. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.008>

Kometin loppumietintö on otsikoitu 'Taktiikan uudistaminen tahdissa teknii-
kan kanssa' (*Förnya taktiken i takt med tekniken*)¹⁴³, jossa käsitellään paitsi komi-
tean katsannossa Ruotsille tärkeitä teknologia-alueita (jotka liittyvät keskusteluun
'eksponentiaalisista teknologioista'¹⁴⁴), myös malleja sektorirajat ylittävään yhteistoi-
minnalliseen TKI-politiikan hallintoon. Tämä kehittämisspyrkimys näkyy esim. aineet-
tomien oikeuksien sääntelyn uudistamishankkeena ja muina vastaavina aloitteina.

Komet julkaisi myös kautensa loppua kohti yhteistyössä World Economic Forumin
ja Scientific American -aikakauslehden kanssa laaditun mietinnön kymmenestä
teknologia-alueesta, joissa on tiettyjä missioelementtejä, jotka ovat tärkeitä Ruot-
sille vuonna 2022 ja jälkeen.¹⁴⁵ Kometin toimikauden loputtua Ruotsissa on käyty
keskustelua innovaatiostrategian tarpeesta. Tämä keskustelu sai alkunsa OECD:n
maa-arvioinnin julkaisun innoittamana, joka tehtiin Ruotsin julkisen tutkimuksen
rahoituksen järjestämistä miettivän komitean tilauksesta.¹⁴⁶

Kansallisen innovaatiostrategian tai Kometin toimikauden jatkamisen sijaan hallitus
on antanut huhtikuussa 2023 TKI-rahoittajille¹⁴⁷ tehtävän analysoida oman toimi-
alansa kehitystä ja antaa suorituksia TKI-politiikan kehittämiseksi.¹⁴⁸ Tämä aloite seu-
railee Kometin tekemiä linjauksia politiikkakoordinaatiosta johdonmukaisesti.

143 Komet. (2022). Slutbetänkande av Kommittén för teknologisk innovation och etik
(Komet), Förnya taktiken i takt med tekniken – förslag för en ansvarsfull, innovativ och
samverkande förvaltning, Statens Offentliga Utredingar, SOU 2022:68

144 Deiacio, E. (2015). Är det annorlunda denna gång? – om ny teknik och effekterna på sys-
selsättning, Tillväxtanalys; Komet. (2022). op. cit.; Carlsson, R. (2020). Exponentiell kli-
matomställning. Lava förlag.; Svenska riksdagen, Exponentiella teknologier, Motion till
riksdagen 2022/23:942, Kommitémotion SD21

145 Komet kommenterar: Tio viktiga teknikområden inför 2022, Komet kommenterar
2022:1, publicerad 2021-01-04

146 OECD on Sweden's Research Landscape, <https://www.sns.se/en/articles/oecd-on-swe-dens-research-landscape/>; Johansson, P. (2023). OECD anser att Sverige behöver en
nationell teknologi- och innovationsstrategi – Teknikföretagen stämmer in, <https://www.teknikforetagen.se/nyhetscenter/nyheter/2023/oecd-anser-att-sverige-beho-ver-en-nationell-teknologi-och-innovationsstrategi--teknikforetagen-stammer-in/>

147 Forskningsrådet för hälsa, arbetsliv och välfärd, Forte; Forskningsrådet för miljö, areella
näringar och samhällsbyggande, Formas; Rymdstyrelsen; Statens energimyndighet;
Verket för innovationssystem, Vinnova ja Vetenskapsrådet.

148 Uppdrag att inkomma med analyser som underlag till regeringens forsknings- och
innovationspolitik, Regeringsbeslut U2023/01317, 2023-04-13

TKI-politiikan päälinjoista erillään on vuonna 2017 lanseerattu digitalisaatiostrategia, joka seurailee EU:n digitaalista kompassia ja asettaa tavoitteikseen digitaalisen osaamisen ja kyvykkyyden, turvallisuuden, innovaation, hallinnon tehokkuuden, tuottavuuden ja laadun, sekä infrastruktuurin parantamisen. Digitalisaatioon liittyy myös VN:n Vinnovalle delegoima ohjelma Avancerad Digitalisering, joka tähtää Ruotsin kilpailukyvyyn digitaalisten ratkaisujen kehittäjänä nostamiseen. Ohjelman resursseja on maaliskuussa 2023 lisätty.¹⁴⁹

Teknologianeutraliteetti ja sääntely

Säädös- ja politiikkatasolla Ruotsissa ei käydy merkittävästi yhteiskunnallista tai poliittista keskustelua teknologianeutraliteetista. Haku esimerkiksi valtiopäivien arkistoon ei tuota osuvia avainsanoilla teknologianeutraliteetti tai teknologianeutraali. Teknologianeutraliteetti nousee lähinnä esiin yksittäisissä sektorisääntelyn kysymyksissä (kuten energiassa, liikenteessä ja viestintäasioissa).

Ohjelmat ja instrumentit

Virastoissa sekä ohjelma- ja instrumenttitasolla TKI-rahoittajat tekevät aktiivisesti teemakohtaista strategiatyötä sekä arviointia. Rahoittajilla kuten Vetenskapsrådet, Forte, Formas ja Vinova ei kuitenkaan ole virastokohtaista kokonaisstrategiaa. Ohjelmoinnin ponsi vaikuttaa olevan yhdistelmä hallituksen aloitteita, kuten Vinnovan tapauksessa merkittävä Avancerad Digitalisering -ohjelma ja alhaalta-ylös-kehitettyä, kuten strategiset innovaatioalustat, SIP:it. SIP:it ovat karkeasti vastaava pitkäaikainen ohjelma kuin Alankomaiden Topsectoren ja Suomen SHOK:it olivat. Tiederahoituksessa hallituksen ohjaus ja painopisteet näkyvät myös rakenteissa, sillä yleisen toimikunnan (Vetenskapsrådet) lisäksi on muodostettu Forte (sosiaali- ja terveysala) ja Formas (kestävä kehitys). Virastojen asiakirjoissakaan haku avainsanalla teknologianeutraliteetti (ja muunnelmat) ei tuota tulosta.

149 Updrag att öka insatserna inom innovations- och forskningsprogrammet Avancerad digitalisering, Regeringsbeslut KN2023/+2784 2023-03-30

Yhteenveto

Yleiskuva on, että Ruotsin tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa teknologianeutraliteetti ei ole keskeinen keskustelunaihe ja TKI-politiikkaa ohjaavat yhdistelmä hallituksen ja valtiopäivien tasolla päätettyjä yhteiskunnallisia päämääriä ja tavoitteita sekä sidosryhmien vahvuuksista ja tarpeista lähteviä painopistevalintoja. Teknologianeutraliteetti saattaa olla hallinnossa valmistelussa läsnä yhtenä hyvän hallinnon ja sääntelyn periaatteista, mutta ei korostu ulospäin.

Nouseviin teknologioihin liittyvä mielenkiintoinen vivahde on keskustelu 'eksponentiaalisista' teknologioista, joita Kometin mukaan ovat esim. tekoäly ja robotiikka laajassa merkityksessä, kvanttietokoneet, esineiden/teollinen internet, synteettinen biologia ja geeniteknologia, geoengineering (ml. ilmastonmuokkaus), akku- ja energiansäilöntäteknologiat. Sinällään ruotsalainen diskurssi peilaa ympäri maailmaa digitalisaatiosta ja disruptiivisista teknologioista käytävää keskustelua, mutta eksponentiaalisen teknologian käsitteen merkityssisällössä korostuvat olennaisena osana näiden teknologioiden yleiskäyttöisyys (vrt. geneerinen teknologia), yhdisteltävyys sekä 'eksponentiaalinen' skaalautuvuus, ja 'murroksellinen' pyrkimys syrjäyttää olemassa olevia arvoketjuja ja muita hallitsevia teknologioita, jotka yhdessä aiheuttavat merkittäviä yhteiskunnallisia ulkoisvaikutuksia. Toinen ruotsalainen vivahde on nähdä eksponentiaaliset teknologiat omana ikään kuin erillisenä ilmiönä tai luokkana. Esimerkiksi tuore valtiopäiväesitys ehdottaa erillistä komiteaa, joka keskittyisi nimenomaan eksponentiaalisten teknologioiden sääntelyyn erillään TKI-politiikasta.

Taulukko 9. Yhteenveto Ruotsin tutkimus- ja innovaatiopolitiikasta suhteessa teknologianeutraliteettiin.

	Havainnot	Lähestymistapa teknologianeutraliteettiin
Strategiataso	Ruotsissa ei ole voimassaolevaa innovaatio- tai teknologiastrategiaa (edellinen on vuodelta 2012) ¹⁵⁰ Strategiatasolla toimivat innovaatio- ja etiikkakomitea (Komittén för teknologisk innovation & etik, Komet) ¹⁵¹	VN:n tai valtiopäivien tasolla ei käydä merkillepantavaa keskustelua teknologianeutraliteetista
Politiikka- ja säädöstaso	VN on antanut (huhtikuussa 2023) TKI-alan komiteoille ja virastoille tehtävän analysoida oman toimialansa kehitystä ja antaa suorituksia VN:n TKI-politiikkaan ¹⁵²	TKI-rahoittajien dokumenteissa tai sääntelyssä ei mainintoja teknologianeutraliteetista
Ohjelma-/ instr menttitaso	TKI-rahoittajilla on aktiivista alakohtaista tutkimus-, selvitys-, ja arviointitoimintaa sekä strategiatyötä, joka liittyy ohjelmointiin	Ei mainintoja teknologianeutraliteetista. Keskeiset ohjaavat periaatteet ovat yhteiskunnalliset päämäärät ja tavoitteet, sekä sidosryhmien intressit.

150 Regneringskansliet. (2012). Den nationella innovationsstrategin, N2012.27

151 <https://www.kometinfo.se/>

152 Uppdrag att inkomma med analyser som underlag till regeringens forsknings- och innovationspolitik, Regeringsbeslut U2023/01317, 2023-04-13

5.4.2 Irlanti

Strategiset linjaukset

Irlannin uusi TKI-strategia on nimeltään Impact 2030 ja se on julkaistu 2022.¹⁵³ Strategian tueksi on asetettu ohjausryhmä ja toteutusryhmä, jotka koostuvat ministeriöistä ja virastojen henkilökunnasta, sekä neuvosto, johon kuuluu ulkopuolisia kotimaisia ja kansainvälisiä TKI-asiantuntijoita. Strategiassa on ehdotettu koko joukko toimia hallinnon ja TKI-järjestelmän uudistamiseksi.

Innovaatiostrategian osana Irlannissa on tehty vuodesta 2012 alkaen myös tutkimuksen priorisointia, joka on sitonut valtaosan julkisesta rahoituksesta päätettyihin prioriteetteihin. Prioriteettien valinnassa keskeisiä kriteerejä ovat olleet: globaali markkina, joissa irlantilaisilla yrityksillä on kilpailukykyä; julkinen tutkimus tukee yksityistä T&K toimintaa alueella, ja alalla on jo todennettuja mitattavia vahvuuksia; alue edustaa kansallisesti tai kansainvälisesti todettua haastetta johon Irlannin pitäisi vastata.¹⁵⁴ Esimerkiksi vuosille 2018–2023¹⁵⁵ prioriteetit ovat informaatioteknologiat (tekoäly, esineiden internet, tulevaisuuden verkot ja AR/VR alustat), terveys (digitaalinen terveys, lääkinnälliset laitteet ja diagnostiikka), ruoka (kestävä ja älykäs ruuan tuotanto), vähähiilisyys ja kestävyys, tuotanto (älykäs tuotanto ja uudet materiaalit, ja tuote-/palveluprosessi-innovaatiot. Läpileikkaavana sisältönä kaikissa on vähähiilisyys/hiilineutraalius ja digitalisaatio.

Irlannin hallituksen strategian viitekehys on Projekti Irlanti 2040, johon kuuluu 2019 julkaistu ja viimeksi tammikuussa päivitetty Kansallinen yhdyskuntasuunnittelun viitekehys¹⁵⁶, sekä poikkihallinnollinen Kansallinen kehittämissuunnitelma 2021–2023.¹⁵⁷ Se mikä tekee Projekti Irlannista mielenkiintoisen ja poikkeuksellisen, on sen kokonaisvaltaisuus ja missiomaisuus. Suunnitelmat koskevat ja niitä toteuttavat kaikki hallinnonalat omalta osaltaan.

153 Department of Further and Higher Education, Research, Innovation and Science. (2022). Impact 2030: Ireland's Research and Innovation Strategy. Saatavilla: <https://www.gov.ie/en/publication/27c78-impact-2030-irelands-new-research-and-innovation-strategy/>

154 Department of Enterprise, Trade and Employment. (2012). Report of the Research Prioritisation Steering Group. Saatavilla: <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/research-prioritisation.pdf>

155 Department of Enterprise, Trade and Employment. (2018). Research Priority Areas 2018 to 2023. Saatavilla: <https://www.gov.ie/en/publication/96ac76-research-priority-areas-2018-to-2023/>

156 Department of Housing, Local Government and Heritage. (2019). National Planning Framework – Ireland 2040 Our Plan (NPF) Saatavilla: <https://www.gov.ie/en/publication/774346-project-ireland-2040-national-planning-framework/>

157 Government of Ireland. (2020). National Development Plan 2021–2030. Saatavilla: <https://www.gov.ie/en/publication/774e2-national-development-plan-2021-2030/>

Irlannissa on hiljattain käyty läpi myös elinkeinostrategiaprosessi, joka kiteytyy julkaisuun White Paper on Enterprise 2022–2030.¹⁵⁸ Irlannin elinkeinopolitiikan visio on tiivistettynä (kirjoittajan käänös) ”Visiomme irlantilaisille yrityksille on kestävyteen, innovaatioon ja tuottavuuteen perustuva menestys, joka tuottaa palkitsevia työpaikkoja ja elantoa.” Strategian laadinnassa olennaisena osana on tehty kaksi laajempaa selvitystä, joista yksi keskittyy pienten kehittyneiden talouksien elinkeinopolitiikkaan muuttuvassa geopolittisessä tilanteessa¹⁵⁹, ja toinen on todistusaineiston ja faktojen kerääminen kansallisen klusteripolitiikan kehittämiseksi erityisesti kaksoisiirtymän kontekstissa.¹⁶⁰

Pieniä kehittyneitä talouksia koskeva selvitys esittää johtopäätöksinään, että viimeaikaiset kriisit (COVID-19-pandemia ja Venäjän hyökkäyssota Ukrainassa) ovat muuttaneet yritysten toimintaedellytyksiä ja kansainvälisen kaupan totunnaisia lainalaisuuksia. Yhdessä nämä ovat antaneet monissa maissa sysäyksen teknologia-investointeihin ja sysänneet digitalisaatiota eteenpäin, samalla kun globalisaation maisema on muuttunut ja muuttumassa edelleen geopolitiikan jakolinjojen mukaan. Käytännössä tämä on kuitenkin pienten kehittyneiden talouksien näkökulmasta tarkoittaa selvityksen mukaan tarvetta pysyä innovaation eturintamassa ja panostaa jatkossakin osaamiseen, kyvykkyyksiin ja innovaatioon. Keskeinen muutos on samaan aikaan syntyneet tarpeet ajatella strategisemmin geopolitiikan kontekstissa, turvata oma strateginen autonomia ja resilienssi.

Selvitys kansallisen klusteri- tai ekosysteemipolitiikan tietopohjasta puolestaan esittää yksityiskohtaisia johtopäätöksiä klusteri ja ekosysteemipolitiikan hyvistä käytännöistä. Johtopäätökset kohdistuvat eri hallinnon tasoille, mutta yhteinen teema on, että ekosysteemipolitiikan pitäisi olla strategista ja kohdistua valikoiden alueisiin, jotka edistävät kansallisia politiikkatavoitteita, ja joihin liittyy tiedollisia ja teollisia vahvuuksia sekä aitoa tahtoa investoida. Ohjelmoinnin ja instrumentoinnin suhteen selvitys korostaa selkeitä yhdessä neuvoteltuja tavoitteita, ja selkeitä pitkäjänteisiä

158 Department of Enterprise, Trade and Employment. (2022). White Paper on Enterprise 2022–2030. Saatavilla: <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/white-paper-on-enterprise-2022-2030.pdf>

159 Skilling, D. (2022). Review of Industrial & Enterprise Policy in Small Advanced Economies and Implications for Irish Enterprise Policy. Landfall Strategy Group. Saatavilla <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/review-of-industrial-and-enterprise-policy-in-small-advanced-economies-and-implications-for-irish-enterprise-policy.pdf>

160 Grant Thornton. (2023). Development of an Evidence Base to Support the Development of a National Clustering Policy and Framework. Saatavilla: <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/national-clustering-policy-report.pdf>

kannusteita, sekä seurannan ja arvioinnin viitekehyksen rakentamista. Selvityksessä myös korostetaan ammattimaisen ja suunnitelmallisen koordinoinnin merkitystä ekosysteemien kehittymisen ja vaikuttavuuden tukena.

Varsinainen elinkeinopoliittinen strategia on Ruotsin missio-vetoisuuteen ja hajautetumpaan hallinnointiin verrattuna perinteisempi. Vaikka siinä esitetyt päämäärät ovat kasvihuonekaasujen nettopäästöjen nollaaminen ja digitalisaatio, sen useimmat käytännön tavoitteet kohdistuvat yritys ympäristön kehittämiseen. Strategiaa sävyttää myös Irlannin kansallinen erityiskysymys, joka voimakkaasti 2000-luvulla kasvaneiden suorien ulkomaisten investointien ja kansainvälisten suuryritysten sijoitettujen yksiköiden vetoavun kääntäminen irlantilaisomisteisten yritysten vientiliiketoiminnaksi. Merkittävää on Irlannin poikkihallinnollinen lähestymistapa. Strategian toimet koskettavat kaikkia hallinnonaloja, ml. koulutus, verotus, ja sektori-kohtainen tekninen sääntely.

Ohjelmat ja instrumentit

TKI-rahoituksen kenttä on Irlannissa merkittävässä murroksessa. Tänä vuonna annettu lakiesitys TKI-laki 2023¹⁶¹ liittyy suoraan innovaatiostrategiaan ja lakkauttaa TKI-rahoitusviraston *Science Foundation Ireland*, ja opetushallituksen alla toimivan Irlannin tutkimusneuvoston/-toimikunnan (*Irish Research Council*) ja siirtää niiden tehtävät ja vastuut uuteen virastoon Research and Innovation Ireland, joka jatkossa vastaa kilpailusta TKI-rahoituksesta. Samoin Irlantiin on perustettu teknillinen yliopisto uutena rakenteena.

Kehittämissuunnitelmaan kuuluu yhteensä 165 miljardin € investointipaketti, jonka osana on perustettu murroksellisten teknologioiden innovaatorahasto (*Disruptive Technologies Innovation Fund, DTIF*), joka jakaa kilpailtua TKI-rahoitusta 500 M€ 10 vuoden aikana. Teknologiapainotukset perustuvat kansallisiin tutkimusprioriteetteihin ja haut tähtäävät vähähiilisten ja digitaalisten teknologioiden ja liiketoimintamallien käyttöönottoon kaikilla liike-elämän alueilla. Hankkeet ovat varsin suuria, viitekoko on 3 vuotta ja 5–10M€, josta vähintään 1M€ DTIF:n rahoitusta.

161 Department of Further and Higher Education, Research, Innovation and Science. (2023). General Scheme of Research and Innovation Bill, 2023

Teknologianeutraliteetti ja sääntely

Teknologianeutraliteetti ei esiinny edellä kuvatuissa keskeisissä strategia-asia-kirjoissa. Neutraaliuden käsite (ja sen muunnokset) esiintyvät em. strategia-asia-kirjoissa vain asiayhteydessä ”ilmastoneutraali” tai ”hiilineutraali”. Sama tulos on haussa Irlannin elinkeino- ja työministeriön julkaisuihin. Myöskään haku säädöskoelmaan ei tuota tuloksia, ainoastaan pelkkä sana teknologia tuottaa tuloksia jotka liittyvät teknillisten toimikuntien, yliopistojen ja tutkimuslaitosten säädöspohjaan.

Yhteenveto

Irlannin tapauksessa on mielenkiintoista hallinnonlaajuinen strategiatyö. Projekti Irlanti 2040 strategiasta sanotaan, että (kirjoittajan suomennos) ”[se] varmistaa että julkiset investoinnit kohdistuvat harkitusti, yhtenäisesti ja määritellysti valtioneuvostotason kansallisiin strategiaan tavoitteisiin vuodelle 2040. Tämä merkitsee muu-
tosta aikaisempaa strategiatyöhön, jossa rahoitus jaettiin ohuesti eri sektoreille ja yksittäisiin investointeihin.”¹⁶² Myös Projekti Irlannin ulkopuolella, esim. TKI-alan, strategiat on laadittu ja julkaistu yhteistyössä eri ministeriöiden kanssa ja koskevat rakenteita myöden useita hallinnonaloja. Suhteessa nouseviin teknologioihin, strategiat vaikuttavat kuitenkin Ruotsin tapaan reaktiivisilta: sisällöt painottuvat tavanomaiseen viisauteen osapuilleen samojen murroksellisten teknologioiden merkityksestä kuin muualla Euroopassa ja maailmassa ajatellaan, eivätkä vaikuta sisältävän erityisesti nousevien teknologioiden ennakkointia.

162 Project Ireland 2040 Saatavilla: <https://www.gov.ie/en/campaigns/09022006-project-ireland-2040/>

Taulukko 10. Yhteenveto Irlannin tutkimus- ja innovaatiopolitiikasta suhteessa teknologianeutraliteettiin.

	Havainnot	Lähestymistapa teknologianeutraliteettiin
Strategiataso	Irlannissa on tehty hallinnonlaajuinen strategia, joka käsittää TKI-toiminnan lisäksi myös julkisia investointeja infraan.	VN:n tai valtiopäivien tasolla ei käydä merkillepantavaa keskustelua teknologianeutraliteetista
Politiikka- ja säädöstaso	Politiikka ja säädöstaso on muutoskassa. Irlannissa on annettu tänä vuonna TKI-laki, joka muuttaa järjestelmän rakennetta ja rahoitusta.	TKI-rahoittajien dokumenteissa tai sääntelyssä ei mainintoja teknologianeutraliteetista
Ohjelma-/ instrumentti-taso	Politiikka ja säädöstaso on muutoskassa. Irlannissa on annettu tänä vuonna TKI-laki, joka muuttaa järjestelmän rakennetta ja rahoitusta.	Ei mainintoja teknologianeutraliteetista.

5.4.3 Belgia (Flanderi)

Strategiset linjaukset

Belgian hallintomalli eroaa monista kansallisvaltioista siinä, että liittovaltion tasolla säädetään yleisestä lainsäädännöllisestä viitekehyksestä ja substanssiasiat kuten elinkeino- ja innovaatiopolitiikka päätetään alueen tai yhteisön tasolla.¹⁶³ Tässä analyysissä keskitytään erityisesti Flanderiin (Vlaanderen).

Flanderi on tasaisesti noussut kärkisijoille alueiden innovatiivisuuden mittauksissa. Perusteet kehitykselle on luotu 1990-luvun puolivälissä, jolloin Flanderin hallinto muodosti perustuksen laajapohjaiselle, hallinnon rajat ylittävälle ja ylikautiselle TKI-vetoiselle strategialle. Innovaatiopolitiikka on kirjoitettu alueen hallitusohjelmaan, ministeriön hallituskauden ohjelmaan ja näistä johdettuihin ylikautisiin strategiadokumentteihin jotka laaditaan hallinnon, teollisuuden ja tutkimuksen edustajien kanssa yhteistyössä.

¹⁶³ Vlaamse Overheid. (2016). RDI in Flanders: Organisational setup, key figures, main institutes

Flanderissa ei kuitenkaan varsinaisesti ole tutkimus- tai innovaatiostrategiaa, vaan hallitus on julkaissut visioasiakirjan ”Strengthening the Competitiveness of European Industry”.¹⁶⁴ Sen ydintavoitteet ovat eurooppalainen kumppanuus, T&K:n hyödyntämisen kehittäminen, tietoturvallisuus ja tiedon huoltovarmuus, kasvuyritysten kiihdyttäminen, strategisten hankkeiden mahdollistava sääntely ja luvitus, ja eurooppalaisten osaamisen ja tietopohjan kehittäminen. Keskeisenä periaatteina vision taustalla ovat keskittyminen joustavasti haluttuihin vaikutuksiin ja niiden saavuttamiseen perustuen omiin ja kumppanimaiden organisaatioihin vahvuuksiin ja osaamiseen, avoimessa yhteistyössä ja konkreettisin yksinkertaisin toimin. Ylihallituskautista suunnittelua kuvastaa, että hyvin vastaavat periaatteet on julkaistu jo Flanderin tiede- ja innovaationeuvoston 2014 julkaistussa ”Flanders in Transition: Priorities in Science, Technology and Innovation towards 2025” -raportissa¹⁶⁵ ja ne heijastuvat muotoaan muuttaneena edelleen viimeisimmässä STI in Flanders -julkaisussa.¹⁶⁶

Nousevien teknologioiden suhteen on mielenkiintoista, että Flanderin lähestymistapa nouseviin teknologioihin on keskittyminen nouseviin tarpeisiin ja niihin vastaamiseen jo olemassa olevaa osaamista hyödyntämällä ja kehittämällä sekä tarpeisiin vastaavien ratkaisujen vaatimia arvoketjuja kehittämällä. Kilpailevien maiden ja alueiden seuranta ja kopioiminen jätetään tietoisesti vähemmälle huomiolle. Flanderissa ei käytetä käsitteitä missio tai haastelähtöinen innovaatio tms., mutta lähestymistavassa on pohjimmiltaan paljon samaa.

Ohjelmat ja instrumentit

Laajemman viitekehyksen sisällä tärkeitä instrumentteja (ja/tai rakenteita) ovat klusteripolitiikka sekä siihen liittyvät innovaatioalustat ja sektoritutkimuslaitokset. Tällä hetkellä käynnissä on seitsemän keihäänkärkiklustera: merenkulku, kemianteollisuus, maatalous ja ruokateollisuus, biolääketiede ja -teknologia, älykäs energia, materiaalitutkimus, ja logistiikka. Näihin liittyvät strategiset tutkimuskeskukset imec (Interuniversity Microelectronics Centre, puolijohde- ja nanotekniikka, fotonikka), VIB (Vlaams Instituut for Biotechnologie, molekyylibiologia ja biotekniikka), VITO (Vlaamse Instelling voor Technologisch Onderzoek, cleantech) ja Flanders Make (teollisuustalous ja valmistustekniikka).

164 Vlaamse Overheid. (2023). VISION PAPER : Strengthening the Competitiveness of the European Industry

165 Vlaamse Raad voor Wetenschap en Innovatie. (2014). Flanders in Transition: Priorities in Science, Technology and Innovation towards 2025

166 Vlaamse Overheid. (2022). STI in Flanders: Policy & Key Figures

Instrumenttitasolla päätoimijat ovat Flanderin innovaation ja tutkimuksen virasto (Vlaamse Agentschap Innoveren & Ondernemen, VLAIO) sekä tieteellisen tutkimuksen rahasto/-säätiö (Fonds Wetenschappelijk Onderzoek, FWO). VLAIO tarjoaa rahoitusta teollisesti suuntautuneisiin tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiohankkeisiin sekä ”strategiseen transformaatioon” tähtääviin investointeihin, joihin liittyy osaamisen kehittämisen komponentti. FWO tarjoaa rahoitusta etupäässä tutkimukseen, hyvin vastaavalla palveluvalikoimalla kuin Suomen Akatemia.

Hankkeen aikana nousi kysymys rahoituksen jakautumisesta politiikka- ja instrumenttitasolla teknologian kehittymisen ja muun innovaatiotoiminnan välillä. Vastaus tähän riippuu paljon rajauksesta ja määrittelystä, miten ”puhtaasti” teknologian kehittämiseen tähtäävä rahoitus erotetaan muusta, usein teknologian kehittämistä sisältävästä ja/tai teknologiaa soveltavasta julkisesti rahoitetusta TKI-toiminnasta. Esimerkkinä tulkinnan vaikeudesta toimii Flanderi. Flanderi on tehnyt kuluneella hallituskaudellaan strategisia investointeja ohjelmiin (erityisesti tekoäly- ja kyberturvallisuusohjelmat), joiden budjetti on 50 miljoonaa euroa vuodessa. Tästä yhteensä 20 miljoonaa euroa vuodessa on varattu strategiseen tutkimukseen ja teknologian kehittämiseen. Perustoiminnassaan keskeiset julkiset tutkimusrahoittajat (FWO ja VLAIO) myöntävät vuositasolla n. 350 miljoonaa euroa avustuksia strategisiin alueisiin kohdistuviin tutkimusprojekteihin, ja osana pakettia yliopistoille on varattu yhteensä noin 60 miljoonaa euroa vuosibudjetti strategiseen tutkimukseen hieman suomalaista profi-rahoitusta vastaavalla järjestelyllä. Lisäksi Flanderi myöntää neljälle strategiselle tutkimuskeskukselle toiminta-avustusta yhteensä noin 265 miljoonaa euroa vuodessa (2019). Jos tätä skaalataan niin yhteensä 2020 luvulla Flanderin valtion budjettivaraukset TKI-toimintaan ovat olleet noin 4,4 miljardia euroa (2019).

Toisen näkökulman tarjoaa Imec-tutkimuskeskus, jonka toiminta on olennaisilta osiltaan teknologian kehittämistä. Imec havainnollistaa osaltaan myös teknologioiden kehittämisen käytännön rahoituksen monimutkaisuutta. Flanderin VN teki 1982 päätöksen vahvistaa mikroelektronikan osaamista alueella ja Imec on perustettu julkisella rahoituksella 1984 KU Leuvenin johdolla yliopistojen yhteisenä puolijohdeteknologian tutkimuskeskuksena, jonka visio ja perustehtävänä on ollut mikroelektronikan skaalaaminen ja miniatyrisointi. Imecin perustamisrahoitus oli nimellisesti 62 miljoonaa euroa vuonna 1984. Sen toimintaa on tuettu ja tuetaan julkisista varoista perusrahoituksella. Imec käyttää julkista tutkimusrahoitusta, ja imec investoi tutkimusinfrastruktuuriin EU:n ja kansallisella rahoituksella. Esimerkkinä tästä on meneillään oleva investointihanke puhdastiloihin, jonka 1,5 miljoonan euron rahoituksesta puolet on EU:n avustusta ja puolet kansallista lainaa. Imecin vuosibudjetti oli 2010-luvun puolivälissä noin 300 miljoonaa euroa, josta noin 50 miljoonaa euroa oli toimintatukea ja 12 miljoonaa euroa julkisen tutkimuksen

hankkeita. 2020-luvulla toiminnan volyymi on ollut noin 700 miljoonaa euroa vuodessa, josta noin 15 % on toimintatukea ja vastaava osa julkista tutkimusrahoitusta ja pääosa koostuu palvelututkimuksesta yksityisille kumppaneille.

Teknologianeutraliteetti ja sääntely

Teknologianeutraliteetti ei vaikuta olevan Flanderissa merkittävä keskustelunaihe. Teknologianeutraliteetti esiintyy lakikokoelmassa (De Vlaamse Codex, vuodesta 1959) ja virallisessa lehdessä (Belgische Staatsblad) vain tieto- ja sähköverkkojen sääntelyn ja isyystiedon tallentamisen yhteydessä.

Taulukko 11. Yhteenveto Flanderin tutkimus- ja innovaatiopolitiikasta suhteessa teknologianeutraliteettiin.

	Havainnot	Lähestymistapa teknologianeutraliteettiin
Strategiataso	Flanderissa on pitkään jatkunut perinne VN-tason innovaatiopolitiikasta ja ylihallituskautisesta strategisesta suunnittelusta.	VN:n tai valtiopäivien tasolla ei käydä merkillepantavaa keskustelua teknologianeutraliteetista
Politiikka- ja säädöstaso	Politiikka ja säädöstaso on varsin ”perinteinen” ja perustuu pitkäjärjenteiseen tunnettujen vahvuuksien hyödyntämiseen nousevien tarpeiden täyttämässä.	TKI-rahoittajien dokumenteissa tai sääntelyssä ei mainintoja teknologianeutraliteetista TKI-asioiden yhteydessä.
Ohjelma- / instrumentti-taso	Ohjelma- ja instrumenttitasolla merkittävin on pitkäaikainen panostus teollisuuspoliittiseen klusteriohjelmaan ja strategisesti valittujen alojen sektoritutkimuslaitosten rahoitukseen, jotka ovat suunniteltu yhdessä ylihallituskautisen strategian painopisteiden kanssa.	Ei mainintoja teknologianeutraliteetista.

5.5 Yhteenveto

Tässä luvussa on tarkasteltu teknologianeutraliteetin roolia osana sääntelyä sekä nousevien teknologioiden tutkimus- ja innovaatorahoitusta Suomessa ja keskeisissä verrokkimaissa. Seuraavassa on esitetty synteesi luvun keskeisistä havainnoista.

Teknologianeutraliteetti ja sääntely

Selvityksen havaintojen mukaan teknologianeutraliteettiin viitataan enenevässä määrin hallituksen esityksissä. Ensimmäinen maininta on vuodelta 2001, jonka jälkeen termin käyttö on yleistynyt – erityisesti vuodesta 2016 lähtien. Kehityksen taustalla vaikuttaa todennäköisesti EU-sääntely. Euroopan unioni onkin selvästi yleisin asiasana esityksissä, joissa viitataan teknologianeutraliteettiin. Selvästi eniten teknologianeutraliteettiin viitataan LVM:n esityksistä (43 % kaikista esityksistä, joissa termi mainittu). Termi on selvästi vakiintunut osaksi säädösvalmistelua LVM:ssä ja se mainitaan noin joka kymmenennessä LVM:n esityksessä. Muiden ministeriöiden esityksissä termiin viitataan selvästi harvemmin ja satunnaisesti. Termiä käytetään eri hallinnonaloilla eri tavoin ja eri yhteyksissä, eikä selvää yhtenäistä tapaa tai määritelmää ei ole havaittavissa.

Nouseviin teknologioihin liittyvien hallitusten esitysten esitysten analyysi puolestaan osoittaa, että teknologioihin viitataan esityksissä enenevässä määrin. Osuus esityksistä, joissa teknologiat on mainittu, on kasvanut tasaisesti tarkastelujaksolla noin 5–10 prosentista jopa yli 30 prosenttiin. Eniten viittauksia hallituksen esityksissä tunnistettiin bioteknologiaan liittyen (64 esitystä), toiseksi eniten (58) energiateknologiaan liittyen ja kolmanneksi eniten (49) tekoälyyn liittyen. Terveysteknologiaan viittavia esityksiä tunnistettiin 24 kpl. Muihin teknologioihin esityksissä viitattiin selvästi harvemmin. Suurimmassa osassa esityksiä viittaukset ovat vain yksittäisiä tai yleisiä toimintaympäristöön liittyviä. Teknologiat nähtiin usein jotain muuta toimintaa (esim. terveysdatan käsittely tai automaattinen päätöksenteko tekoälyn avulla) mahdollistavina tai muuten poikkeuksellista huomiota vaativina (esim. ulkomaisten yritysostojen vaikutus kriittisiin teknologioihin ja kaksikäyttötuohteisiin). Varsinaisia teknologioita koskevia säädöksiä oli ainoastaan muutamia.

Luvussa tarkasteltiin syvällisemmin edellä mainituista teknologioista geeniteknologioiden, tekoälyn ja biopolttoaineiden sääntelyä. Käsitellyt tarkastellut säädökset – ja niihin liittyvät perustelut ja lausunnot – vaihtelivat sen mukaan, missä määrin ja millä tavoin niissä viitattiin teknologianeutraliteettiin. Yleisesti teknologianeutraalia lähestymistapaa puoltavissa lausunnoissa painotetaan, että listauksia tai tarkempia määrittelyistä teknologioista ei tulisi tehdä. Tätä perustellaan myös sillä,

että nousevat teknologiat kehittyvät nopeasti, jolloin niiden tarkkarajainen määrittely lakiin olisi haastavaa. Selkeä esimerkki tällaisesta määrittelytavasta on jakeluvuolaki, jossa pyritään sääntelemään ensisijaisesti haittoja, eikä rajaamaan tiettyjä teknologioita säädöksen piiriin. Selvityksen havainnot myös osoittavat, että Suomi on pyrkinyt aktiivisesti edistämään teknologianeutraalia sääntelyä EU:ssa. Esimerkiksi EU:n tekoälyasetukseen liittyen Suomen kannanotoissa painotettiin teknologianeutraalia sääntelyä.

Nousevien teknologioiden julkinen rahoitus

Luvussa tarkasteltiin myös nousevien teknologioiden rahoitusta Suomessa ja EU:ssa. Julkinen tutkimus- ja innovaatorahoitus on Suomessa pääosin teknologianeutraalia, eikä suurimmilla rahoittajilla ole niiden toimintaa määrittävää teknologista painopistettä strategioissa. Osa rahoituksesta suunnataan kuitenkin erilaisten temaattisten tai yhteiskunnallisiin haasteisiin kohdistuvien ohjelmien kautta. Rahoituksessa ja ohjelmissa tehdyt valinnat on kuitenkin jätetty tyypillisesti varsin laveiksi, mahdollistaen monien eri teknologisten ratkaisujen kehittämisen. Termiä ”teknologianeutraliteetti” ei kuitenkaan käytetä tutkimus- ja innovaatorahoituksen kontekstissa, vaan se on pääasiallisesti sääntelyä koskeva termi.

Tutkimus- ja innovaatorahoitusta suunnataankin sekä kansallisesti ja EU-tasolla enenevässä määrin haaste- tai missiolähtöisesti (esimerkiksi CO₂-päästöjen vähentäminen), mutta haasteen ratkaisemiseen käytettävissä olevat keinot ja teknologiat on tyypillisesti jätetty avoimeksi. Tämä on huomattavaa erityisesti tutkimusrahoituksessa, jossa vapaalle tutkimukselle ja avoimille innovaatioille on annettu runsaasti painoarvoa. Hyvänä esimerkkinä toimivat Suomen Akatemian Strateginen tutkimus ja Horisontti -puiteohjelman ERC-rahoitus. Myös innovaatorahoituksessa, esim. Business Finlandin ohjelmat, toimenpiteitä on koottu tiettyjen teemojen alaisuuteen, mutta niissäkin teemat on jätetty suhteellisen avoimiksi.

Viime vuosina valtion talousarvioesityksissä on enenevässä määrin suunnattu budjettirahoitusta suoraan joihinkin teknologioihin (esim. kvanttiteknologia). Kehityksen taustalla on osittain EU:n rahoituksen kautta tulevat painotukset. Vaikka talousarvioesityksissä suunnattu rahoitus on vain pieni osa kaikesta tutkimus- ja innovaatorahoituksesta, on kyse kuitenkin merkittävästä lähestymistavan muutoksesta, sillä tyypillisesti tutkimus- ja innovaatorahoituksen suuntaaminen ja strategiset valinnat on Suomessa jätetty toimeenpaneville virastoille ja rahoittajille.

Verrokkimaiden tarkastelu

Verrokkimaissa (Ruotsi, Irlanti, Belgia (Flander)) innovaatio- ja elinkeinopoliittisen strategian painopiste on maasta ja tulkinnasta riippuen joko haaste- tai missiolähtöisessä politiikassa tai perinteisemmin strategisia painopisteitä asettavassa politiikassa. Kussakin maassa on reagoitu nouseviin teknologioihin joko pyrkimällä tunnistamaan nousevia tarpeita, nousevia teknologia-alueita, joihin kannattaa investoida, ja näihin liittyviä kansallisia vahvuusalueita, joilla on orgaanista suorituskäkyä ja investointialttiutta. Erityisesti Irlannissa sekä Flanderissa painottuu hallinnonlaajuinen strategiatyö ja sektorien välinen yhteistyö valittujen päämäärien ja tavoitteiden edistämiseksi. Ruotsissa on selkeimmin valittu missiolähtöinen ajattelutapa. Pohjimmiltaan esimerkkimaissa on kaikissa päädytty muodostamaan yhteinen näkemys tulevaisuuden nousevista tarpeista ja tekemään valintoja yhdessä sidosryhmien kanssa neuvotellen. Samoin on päädytty muodostamaan hallintosektorin rajat ylittäviä ja ylihallituskautisia ohjelmia, jotka ohjaavat investointeja sekä politiikkatoimia.

Vastaavasti verrokkimaissa teknologianeutraalius näyttäytyy säädösteknisenä seikkana tiettyjen alojen teknisissä kysymyksissä muiden hyvän hallinnon ja sääntelyn periaatteiden kanssa. Tarkastelluissa verrokkimaissa teknologianeutraalius ei esiinny laajasti periaatteellisessa tai strategiakeskustelussa ja sitä ei näytetä pidettävänä erityisesti itseisarvona. Poikkeuksena tästä on joidenkin alojen edunvalvonta, esim. Ruotsin autoteollisuus on pyrkinyt herättämään keskustelua liikkuvuuden ja siihen käytettävien energialähteiden sääntelyn teknologianeutraaliudesta, mutta tällä ei näytä olleen vaikutusta laajempaan keskusteluun, politiikkaan tai politiikkatoimiin.

6 Periaatteet teknologiakehityksen vaikuttavaan suuntaamiseen tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa

Tässä luvussa kuvataan osatehtävässä kolme muodostetut yleiset periaatteet, joiden pohjalta teknologiakehitystä voidaan suunnata vaikuttavasti kohti yhteiskunnan strategisia tavoitteita. Periaatteet perustuvat aiempien lukujen tulosten analyysin ja auttavat vastaamaan kysymykseen siitä, millaisia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintatapoja tarvitaan, kun edistetään teknologioiden sekä markkinoiden avoimuutta ja monimuotoisuutta osana strategisesti suuntaavia valintoja. Viimeistään tästä luvusta lähtien teknologianeutraliteettiä käsitellään siis laajempaan, myös tutkimus- ja innovaatorahoitusta ohjaavana periaatteena, joka ei rajoitu ainoastaan sääntelyyn.

Luku pyrkii vastaamaan muun muassa seuraaviin tutkimuskysymyksiin: Millainen tutkimus- ja innovaatiopolitiikka voi parhaiten tukea avointa teknologiakehitystä sekä toisaalta nousevien teknologioiden strategista hyödyntämistä? Entä miten teknologianeutraliteetti-periaatetta tulisi tulkita ja toimeenpanna eri konteksteissa? Työvaiheessa kartoitettiin yhteiskunnallisia muutospaineita ja oleellisimpia jännitteitä, joita teknologioiden kehitykseen ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan liittyy. Analyysin tukemiseksi muodostettiin kolme arkkityyppiä rooleista, joita valtionhallinto voi omaksua vastatessaan teknologiakehityksen jännitteisiin ja ohjatessaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa.

6.1 Tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan vaikuttavat muutospaineet

Teknologinen kehitys ei tapahdu tyhjiössä, vaan on pitkälti erilaisten yhteiskunnallisten muutospaineiden määrittelemää. Yhteiskunnalliset muutospaineet ovat tekijöitä, jotka vaikuttavat siihen, millaisia teknologioita kehitetään, miten niitä hyödynnetään ja millaisia seurauksia niillä on yhteiskunnalle. Tällaisia tekijöitä ovat esimerkiksi ilmastonmuutos, väestönkasvu, globalisaatio, talouskriisit ja turvallisuusuhat. Huomionarvoista on, että teknologinen kehitys ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikka ei ole ainoastaan yksisuuntainen prosessi, vaan se myös muokkaa yhteiskuntaa ja luo näin uusia muutospaineita teknologisen kehityksen aiheuttamien riskien myötä. Esimerkiksi ilmastonmuutos on pitkälti teknologisen kehityksen

ja fossiilisten polttoaineiden käytön aiheuttama ongelma. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikka on siis tärkeä tapa hallita ja vastata yhteiskunnallisiin muutospaineluihin sekä hyödyntää teknologian tarjoamia ratkaisuja.

Muutospaineita tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle sekä teknologiakehityksen vaikuttavaan suuntaamiseen arvioitiin kartoittamalla Suomelle keskeisiä ilmiöitä, liittyen talouteen, vihreään siirtymään, turvallisuuteen ja, geopolitiikkaan. Kartoitus toteutettiin kattavalla dokumenttianalyysillä sekä haastatteluilla hankkeen kansainvälisen asiantuntijapaneelin kanssa, joka on kuvattu tarkemmin luvussa 2.3. Toimintaympäristön muutosvoimien ja haasteiden mallintamisessa hyödynnettiin PESTE-analyysia. Näin ollen viisi muutospaineiden luokkaa ovat: politiikka ja turvallisuus, talous, yhteiskunta, teknologia ja ympäristö.

6.1.1 Politiikka ja turvallisuus

Kansainvälinen politiikka on muuttumassa. Geopoliittiset jännitteet ovat lisääntyneet merkittävästi, haastaen Suomelle tärkeän multilateralismin sekä kauppa- että turvallisuuspoliittisesti. Epävakaassa tilanteessa on nähtävissä blokkiutumista, alueellistumista ja kilpailua jopa samanmielisten maiden kesken. Maailmanjärjestyksen tulevaisuus näyttäytyy moniarvoisena ja monikeskuksisena, millä on suoria vaikutuksia tutkimukseen ja teknologian kehitykseen, jotka nojaavat vahvasti kansainväliseen yhteistyöhön. Politiikkaan ja turvallisuuteen liittyvät tarkemmat tunnistetut muutospaineet ovat seuraavat:

- Uusi geopolitiittinen todellisuus ja horjuva maailmanjärjestys
- Maailmantalouden jakautuminen kilpaileviin blokkeihin
- Energiaomavaraisuus prioriteettina
- Teknologiseen kehitykseen vastaaminen puolustusinvestoinneissa

Uusi geopoliittinen todellisuus ja horjuva maailmanjärjestys

Merkittävä maailmanjärjestyksen kehityssuunta on Kiinan nousu ja Yhdysvaltojen suhteellinen heikkeneminen globaalina johtajana ja normien asettajana. Kiina on tavoitteellisesti kasvattanut taloudellista, teknologista, sotilaallista ja diplomaattista vaikutusvaltaansa erityisesti Aasiassa ja Afrikassa. Lisäksi Taiwanin johtava asema puolijohteiden ja mikrosirujen valmistajana aiheuttaa geopoliittisia jännitteitä, joilla on merkitystä tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle.¹⁶⁷ Suomen ja Euroopan perspektiivistä Venäjän aloittama hyökkäyssota Ukrainaan vuodesta 2022 on geopoliittisen kehityksen konkreettisin ilmentymä. Myös muut alueelliset voimat, kuten Iran, Saudi-Arabia, Brasilia, Turkki ja Intia sekä toisaalta ei-valtiolliset toimijat ja teknologia-alan suuryritykset ovat lisänneet vaikutusvaltaansa.¹⁶⁸ Samanaikaisesti Euroopan unionin sisäiset jännitteet, kuten eurokriisi, brexit, pakolaiskriisi sekä nationalististen liikkeiden nousu ovat heikentäneet sen yhtenäisyyttä ulko- ja turvallisuuspolitiikassa, vaikeuttaen yhteistyötä investoinneissa teknologian kehitykseen.

Maailmantalouden jakautuminen kilpaileviin blokkeihin

Maailmantalous on vaarassa hajota kilpaileviin blokkeihin, kun suurvaltojen väliset jännitteet ja protektionismin nousu heikentävät monenkeskistä kauppajärjestelmää ja WTO:ta.¹⁶⁹ Yhdysvallat ja Kiina ovat ajautuneet kauppasotaan, joka on laajentunut teknologian, investointien ja turvallisuuden alueille. Euroopan unioni on pyrkinyt säilyttämään strategisen autonomiansa ja vahvistamaan omaa teollisuus- ja innovaatiopohjaansa. Tärkeä esimerkki fragmentoitumisesta on puolijohdeteollisuus, joka on kriittinen tekijä monissa nykyaikaisissa teknologioissa. Yhdysvallat on asettanut vientirajoituksia ja pakotteita kiinalaisia toimijoita vastaan, jotka ovat riippuvaisia yhdysvaltalaisesta teknologiasta, laitteista ja ohjelmistoista. Kiina on vastannut lisäämällä omia investointejaan ja tutkimustaan puolijohdealalla. Euroopan unioni on puolestaan käynnistänyt oman 43 miljardin euron strategisen investointi-ohjelman, European Chips Actin, jolla pyritään lisäämään Euroopan osuutta maailman puolijohdemarkkinoista 10 prosentista 20 prosenttiin vuoteen

167 Sehgal, A. (2023). Geopolitics of Semiconductor Supply Chains: The Case of TSMC, US-China-Taiwan Relations, and the COVID-19 Crisis. Independent Study Project (ISP) Collection, 3592.

168 Fawcett, L., & Jagtiani, S. L. (2022). Regional powers, global aspirations: lessons from India and Iran. *International Politics*, 1–24.

169 Harjuniemi, T., Jousilahti, J., Nuutinen, J., et al. (2023). Econchange: State's changing role in regard to the economy in turbulent times. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja*, 2023:28.

2030 mennessä.¹⁷⁰ Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kontekstissa maailmantalouden jakautuminen kilpaileviin blokkeihin voi lisätä tuotantokustannuksia, heikentää innovaatioiden leviämistä ja johtaa teknologisen yhteensopivuuden ongelmiin. Toisaalta se voi myös synnyttää uusia kumppanuuksia sekä kannustaa omavaraisuuteen esimerkiksi vihreän siirtymään edellyttämien mineraalien ja metallien osalta.

Energiaomavaraisuus prioriteettina

Valtiot ovat alkaneet panostaa etenevissä määrin energiaomavaraisuuteen kiristyneessä maailman tilanteessa välttääkseen ulkopuolisia riippuvuuksia ja kannustaakseen investointeja. Varsinkin Euroopan unionissa on pyritty nopeasti irrottautumaan riippuvuudesta venäläisestä fossiilienergiasta ja kaasusta Ukrainan sodan alettua. Esimerkiksi Suomi toi vielä aiemmin lähes 70 prosenttia käyttämästään öljystä ja 90 prosenttia käyttämästään maakaasusta Venäjältä.¹⁷¹ Nämä konfliktit ovat kannustaneet valtioita ja yrityksiä etsimään vaihtoehtoisia energialähteitä. Suomessa energiaomavaraisuus on parantunut merkittävästi Olkiluoto 3 -ydinreaktorin valmistumisen myötä. Energiapolitiikka on vahvasti kytköksissä ulkopolitiikkaan, aiheuttaen epävarmuutta ja huolta energiaturvallisuudesta. Toisaalta energiaomavaraisuutta edistävät myös investoinnit uusiutuvaan ja vihreään energiaan. Tällä on yhteyksiä myös kilpailukykyyn ja esimerkiksi Suomessa on herätty vihreän sähkön mahdollistamaan vetytalouteen ja fossiilivapaan teräksen valmistamiseen. Yksi esimerkki tästä on valtion myöntämä energiatuki (kts. luku 1.3: Muita julkisia rahoituslähteitä), jolla tuetaan hankkeita, jotka edistävät tulevaisuuden energiaratkaisuja ja uusiutuvaa energiaa.

170 European komissio. (2022). European Chips Act. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en

171 Suomen virallinen tilasto (SVT): Energian hankinta ja kulutus [verkkojulkaisu]. Viiteajankohta: 31.12.2021. Helsinki: Tilastokeskus [Viitattu: 11.3.2024]. Saantitapa: <https://www.stat.fi/julkaisu/cl1xmekwv1pp80buvn1cznxmy>

Teknologiseen kehitykseen vastaaminen puolustusinvestoinneissa

Teknologia tarjoaa uusia mahdollisuuksia ja haasteita puolustukselle, sillä se muuttaa sodankäynnin luonnetta, tasapainoa ja dynamiikkaa. Elektroninen sodankäynti ja dronit ovat haastaneet aseiden ja teknologian tuotantoketjuja tavalla, johon ei ole totuttu 2000-luvulla. Teknologia luo myös uusia uhkia ja riskejä, kuten kyberhyökkäykset, aseistetut dronit, biologiset ja kemialliset aseet, sekä autonomiset asejärjestelmät. Teknologinen kehitys edellyttää siis puolustusinvestointien jatkuvaa uudelleenarviointia, jotta voidaan vastata muuttuviin tilanteisiin ja tarpeisiin puolustuskyvyn ylläpitämiseksi.¹⁷² Puolustusinvestoinnit ovat olleet osaltaan tärkeitä uusien teknologioiden ja innovaatioiden kehittämisessä, esimerkiksi DARPAN ajamana Yhdysvalloissa. Myös NATOlla on murroksellisten ja nousevien teknologioiden strategia, jota sen innovaatorahastoa NIF ja puolustusinnovaatioiden kiihdyttämö DIANA noudattavat, tarjoten rahoitusta alkuvaiheen teknologiayrityksille (kts. luku 1.3: NATO:n innovaatorahasto). Huomionarvoista on myös niin sanottujen kaksikäyttöteknologioiden, eli teknologioiden, joilla on sekä siviili-, että sotilaallisia käyttötarkoituksia vaikutus turvallisuuteen. Viime vuosina on esitetty, että esimerkiksi tekoälyn hyödyntäminen lääkkeiden kehittämiseen voi olla potentiaalinen kaksikäyttöteknologia.¹⁷³

6.1.2 Talous

Taloudelliset muutospaineet ovat moninaisia ja liittyvät esimerkiksi globalisaatioon, digitalisaatioon, julkisiin investointeihin, ja väestön ikääntymiseen. Nämä muutospaineet haastavat Suomen talouden kilpailukykyä, kasvua, tuottavuutta ja kestävyyttä. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan vaikuttavat erityisesti seuraavat taloudelliset muutospaineet:

- Heikko tuottavuuden kasvu
- Kansainvälisen kysynnän haasteet suomalaisyrityksille
- Kilpailu valtiontuista
- Kilpailukyvyn varmistaminen tekemällä valintoja nousevista teknologioista

172 Penttilä R. E. J., Tamminen, S., Engelberg, A., & Rynty, K. (2023). Murrokselliset teknologiat ja kansallinen turvallisuus: Onko Suomi valmis haasteeseen? Nordic West Office.

173 Urbina, F., Lentzos, F., Invernizzi, C., & Ekins, S. (2022). Dual use of artificial-intelligence-powered drug discovery. *Nature Machine Intelligence*, 4(3), 189–191. <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00465-9>

Heikko tuottavuuden kasvu

Vaikka työn tuottavuuden kasvu on hidastunut kaikissa teollisuusmaissa viime vuosikymmenen jälkeen, Suomen tuottavuuskehitys on ollut vuoden 2008 jälkeen heikompaa kuin kilpailijamaissa Ruotsissa, Saksassa ja Yhdysvalloissa.¹⁷⁴ Tuottavuuden kasvun elvyttäminen onkin yksi Suomen keskeisistä haasteista tulevaisuudessa. Teknologia voi olla ratkaiseva tekijä tuottavuuden parantamisessa, sikäli kun se mahdollistaa uusien toimintatapojen, prosessien ja palvelujen käyttöönoton. Esimerkiksi generatiivisen tekoälyn ja laajojen kielimallien hyödyntäminen on viime aikoina nostettu esiin erityisen lupaavana tapana edistää tuottavuutta. Teknologian hyödyntäminen tuottavuuden kasvun lähteenä edellyttää kuitenkin investointeja, osaamista, yhteistyötä ja sopeutumista niin yrityksiltä, työntekijöiltä kuin julkiselta sektorilta.

Kansainvälisen kysynnän haasteet suomalaisyrityksille

Suomen talous on erittäin riippuvainen ulkomaankaupasta, ja sen menestys perustuu kykyyn vastata kansainvälisen kysynnän muutoksiin. Kansainvälinen kysyntä on kuitenkin muuttumassa monin tavoin, esimerkiksi kehittyvien maiden kasvun, teollisuuspolitiikan ja digitalisaation seurauksena. Suomalaisyritysten on kyettävä ymmärtämään näitä muutoksia, sekä mukauttamaan ja kehittämään tuotteitaan ja palveluitaan niiden mukaisesti. Teknologian kehitys on kuitenkin nopeaa ja pitkälti ulkomaalaisten toimijoiden sanelemaa, vaatien jatkuvaa arviointia ja ennakointia. Haasteensa luo taloudellisen vallan keskittyminen suurille Yhdysvaltalaisille teknologiayrityksille ja niiden alustoille. Toisaalta alustatalous ja ekosysteeminen arvontuonti mahdollistavat myös uutta liiketoimintaa. Suomalaisyritysten on pystyttävä verkottumaan ja kilpailemaan kansainvälisillä markkinoilla, joilla on erilaisia sääntöjä, standardeja ja kulttuureja. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan perspektiivistä erityisesti maailmantalouden vahvempi jakautuminen kilpaileviin blokkeihin ja valtioiden tuki omalle kansalliselle teollisuudelleen asettavat merkittäviä sopeutumis- haasteita suomalaisyrityksille.

174 Pohjola, M. (2020). Teknologia, investoinnit, rakennemuutos ja tuottavuus – Suomi kansainvälisessä vertailussa. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Yritykset, 2020:5.

Kilpailu valtiontuista

Keskeisenä nähty jännite läntisen markkinavetoisen ja toisaalta valtiojohtoisen innovaatiopolitiikan välillä on muuttanut muotoaan viime vuosina. Perinteisesti markkinavetoisen lähestymistavan on nähty yhdistävän sekä innovaatiot että vapaan kilpailun tehokkaasti, mutta sekä kiristynvä kauppaa- ja ulkopolitiikka että ympäristöongelmat haastavat tämän.¹⁷⁵ 2020-luvulla on nähty merkittäviä muutoksia valtiontukien käytössä, joista tärkein esimerkki on Yhdysvaltojen Inflation Reduction Act (IRA) -lakipaketti. Laki edustaa protektionistista valtiontukea Yhdysvaltojen teollisuudelle, ohjaten lähes 400 miljardia euroa ilmastotoimiin. Tämän myötä myös EU:ssa on muutettu valtiontuen sääntöjä sallivammiksi, vaikka suvereniteettirahaston kaltaiset IRA:n vastineet eivät ole toteutuneet. Suomen kaltaiselle pienelle vientivetoiselle kansantaloudelle valtiontukikilpailu sekä globaalisti että Euroopan unionin sisällä on haasteellinen kehityskulku. Suomella ei ole rahallisia resursseja vastata suurten jäsenmaiden avokätisyyteen, kuten Saksan yli 900 miljoonan euron valtiontukeen akkuvalmistaja Northvoltin tehtaalle, jonka EU-komissio hiljattain salli.¹⁷⁶

Kilpailukyvyyn varmistaminen tekemällä valintoja nousevista teknologioista

Rajallisten resurssien puitteissa Suomen on tehtävä valintoja siitä mihin yhteiskunnallisesti lupaaviin teknologioihin investoidaan valtion toimesta. Näitä voivat olla esimerkiksi tekoäly, langattomat tietoverkot, uudet materiaalit, terveys- ja avaruusteknologiat.¹⁷⁷ Valinnat edellyttävät pitkäjänteistä strategista näkemystä, perustuen sekä yhteiskunnan ja markkinoiden tarpeisiin että Suomen vahvuuksiin tutkimuksessa, osaamisessa ja yritystarjoomassa. Julkiset investoinnit tulee kohdistaa teknologioihin, jotka ovat taloudellisesti kannattavia ja yhteiskunnallisesti merkittäviä, mutta joissa yksityinen sektori ei ole vielä halukas tai kykenevä investoimaan, kuten terveydenhuolto ja ympäristö. Vuoden 2023 alusta voimaan tullut T&K-rahoituslaki on tärkeä instrumentti julkisen investointien lisäämisessä ja yksityisen sektorin TKI-investointien vivuttamisessa varsinkin markkinapuutealueilla. Rahoituksen suuntaaminen ja strategiset valinnat on Suomessa tyypillisesti jätetty niitä koordinoivien virastojen taholta labeiksi, keskittyen vapaaseen tutkimukseen ja yhteiskunnallisiin haasteisiin, eikä tiettyihin teknologioihin. Toisaalta viime vuosina hallitus

175 Breitinger et al. (2021). Good practices in mission-oriented innovation strategies and their implementation. Innovation for Transformation – Results Paper 1. Bertelsmann Stiftung. DOI:10.11586/2021027.

176 Valtiontuille avattiin Pandoran lipas. (2024, Tammikuu 11). Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/mielipide/art-2000010110389.html>

177 Warnke, P., Cuhls, K., Schmoch, U., et al. (2019). 100 Radical Innovation Breakthroughs for the future. European Commission, Directorate-General for Research and Innovation.

on suunnannut valtion talousarvioesityksissä etenevissä määrin budjettirahoitusta suoraan joihinkin teknologioihin, kuten kvanttiteknologiaan, mikä havainnollistaa kasvavaa painetta tehdä keskitettyjä valintoja tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa.

6.1.3 Yhteiskunta

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan vaikuttavat myös monet yhteiskunnalliset muutospaineet, jotka liittyvät esimerkiksi väestön, kulttuurin ja arvojen muutoksiin. Nämä teemat liittyvät siihen, miten teknologia ja innovaatiot voivat luoda sekä mahdollisuuksia että haasteita kansalaisten hyvinvoinnille ja turvallisuudelle. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan on otettava huomioon nämä seikat, ja pyrittävä edistämään teknologian ja innovaatioiden kehitystä, jotka ovat ihmiskeskeisiä, eettisiä, vastuullisia ja kestäviä. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan on myös tuettava kansalaisten osaamista, osallisuutta ja valmiutta hyödyntää teknologiaa ja innovaatioita, sekä varmistettava, että teknologia ja innovaatiot eivät aiheuta haitallisia vaikutuksia yhteiskunnalle, ympäristölle tai kilpailulle. Tunnistetut yhteiskunnalliset muutospaineet voidaan luokitella seuraavasti:

- Teknologiakehityksen haitalliset vaikutukset kansalaisiin
- Riittävän ja soveltuvan osaamisen kasvava tarve
- Haurastuva huoltosuhde
- Digitaaliset palvelut ja teknologiset hyvinvoinnin sovellukset

Teknologiakehityksen haitalliset vaikutukset kansalaisiin

Teknologiakehitys on tuonut monia hyötyjä ja mahdollisuuksia kansalaisille, mutta se on myös luonut uusia riskejä ja haasteita. Eryteisesti EU-sääntelyssä tunnistetut korkean riskin tekoälysovellukset¹⁷⁸, joilla on suuria vaikutuksia ihmisten terveyteen, turvallisuuteen tai perusoikeuksiin, voivat aiheuttaa arvaamattomia ja ei-toivottuja vaikutuksia. Esimerkiksi vinoutuneet algoritmit osana automaattista päätöksentekoa rekrytoinnissa tai sosiaalietuuksien myönnössä voivat johtaa syrjiviin lopputuloksiin joitakin ihmisryhmiä kohtaan.¹⁷⁹ Tekoälyn vaikutukset voivat olla myös muuten epätasaisesti jakautuneita eri väestöryhmien välillä, joka on nähty

178 Euroopan komissio. (2021). COM/2021/206 final.

179 Ojanen, A., Sahlgren, S., Vaiste, J., Björk, A., Mikkonen, J., Kimppa, K., Laitinen, A., & Lepinkäinen, N. (2022). Algoritminen syrjintä ja yhdenvertaisuuden edistäminen: Arviointikehikko syrjimättömälle tekoälylle. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022/54. ISBN: 978-952-383-404-0.

esimerkiksi taiteilijoiden protesteina generatiivisen tekoälyn käyttöä vastaan.¹⁸⁰ Uusien teknologioiden yhteiskunnallisten vaikutusten ymmärtäminen, ennakointi ja hallinta osana tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa on siis entistä tärkeämpää, jotta voidaan varmistaa, että teknologiakehitys on suomalaisen arvopohjan mukaisesti ihmiskeskeistä, oikeudenmukaista ja kestävä.

Riittävän ja soveltuvan osaamisen kasvava tarve

Teknologiakehitys on muuttanut ja tulee muuttamaan työelämää ja yhteiskuntaa monin tavoin. Tämä edellyttää kansalaisilta riittävää ja soveltuvaa osaamista, jotta he voivat hyödyntää teknologian tarjoamia mahdollisuuksia ja toisaalta selviytyä sen asettamista haasteista, kuten työelämän muutoksesta ja disinformaation lisääntymisestä. Osaamisen tarve on monipuolista ja jatkuvaa, kattaen monia eri aloja läpi elämänvaiheiden. Osaamisvajeeseen vastaaminen vaatii panostuksia koulutukseen, elinikäiseen oppimiseen, osaamisen tunnistamiseen, tunnustamiseen ja levittämiseen esimerkiksi yliopistojen ja ammattikorkeakoulujen toimesta. Myös lippulaiva-aloihin kohdistettu 255 miljoonan euron tohtorikoulutuspilotti vuosina 2024–2027 on tärkeä toimi. Osaltaan tähän voivat vastata digitaitojen osaamismerkistöt, joita on kehitteillä myös Suomessa, esimerkiksi TIEKE:n toimesta.¹⁸¹

Haurastuva huoltosuhde

Suomen huoltosuhde heikkenee kohti 2060-lukua, kun työikäisen väestön osuus pienenee ja ei-työikäisen väestön kasvaa.¹⁸² Tämä on seurausta väestön ikääntymisestä ja syntyvyyden laskusta. Huoltosuhteen heikkeneminen on haaste Suomen taloudelle ja hyvinvointivaltiolle, sillä se lisää julkisen sektorin menoja ja vähentää verotuloja. Huoltosuhteen parantaminen edellyttää toimia, jotka lisäävät työllisyyttä, pidentävät työuria, ja lisäävät työvoiman saatavuutta sekä työn tuottavuutta. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikka voi olla apuna näissä toimissa, esimerkiksi parantamalla työelämän laatua, mahdollistamalla etätöiden, sekä automatisoimalla ja tehostamalla työprosesseja, sikäli kun nämä innovaatiot eivät vähennä työpaikkoja.

180 Xiang, C. (2022). Artists Are Revolting Against AI Art on ArtStation. Vice. <https://www.vice.com/en/article/ake9me/artists-are-revolt-against-ai-art-on-artstation>

181 TIEKE. (2021). Digitaitojen osaamismerkistö. <https://tieke.fi/palvelut/osaamisen-kehittaminen/digitaitojen-osaamismerkkijarjestelma/>

182 Suomen virallinen tilasto (SVT): Väestöennuste [verkkajulkaisu]. ISSN=1798-5137. 2021. Helsinki: Tilastokeskus [viitattu: 4.12.2023]. Saantitapa: http://www.stat.fi/til/vaenn/2021/vaenn_2021_2021-09-30_tie_001_fi.html

Digitaaliset palvelut ja teknologiset hyvinvoinnin sovellukset

Digitaaliset palvelut voivat parantaa kansalaisten hyvinvointia monin tavoin, esimerkiksi lisäämällä palvelujen saatavuutta, nopeutta, räätälöintiä ja osallisuutta. Digitaaliset palvelut erityisesti terveydenhuollon kontekstissa edellyttävät kuitenkin myös niiden mahdollisten haittojen huomiointia, jotka liittyvät esimerkiksi yksityisyyteen, tietoturvaan, syrjintään, riippuvuuteen ja digitaitoihin. Digitaaliset palvelut vaativat siis vastuullista ja eettistä suunnittelua sekä riittävää kansalaisten digitaalista osaamista ja valmiutta. Esimerkiksi terveysteknologiat voivat parantaa kansalaisten terveyttä ja palvelujen tehokkuutta, ja täten myös vähentää vanhenevan väestön aiheuttamia kustannuksia yhteiskunnalle.¹⁸³

6.1.4 Teknologia

Teknologian kehitys on luonut uusia mahdollisuuksia ja haasteita tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle. Teknologian kehitys vaatii tutkimus- ja innovaatiopolitiikalta jatkuvaa uudistamista, jotta se pysyy ajan tasalla teknologisten muutoksien ja yhteiskunnallisten vaikutusten kanssa. Erityisesti tekoälyn nopea kehitys ja vallan keskittyminen suurille teknologiayrityksille on korostunut viime vuosina. Teknologian kehitys edellyttää tutkimus- ja innovaatiopolitiikalta laaja-alaista ja vastuullista lähestymistapaa, joka ottaa huomioon teknologian monialaisuuden ja osallistavan vuoropuhelun eri toimijoiden välillä. Tunnistetut muutospaineet ovat seuraavat:

- Kiihtyvä teknologiakehitys hajautettuna muutoksena kehittäjien ja tutkimuksen välillä
- Teknologiaennakoinnin kasvava merkitys
- Lisääntynyt tarve teknologiasäätelylle
- Kyberturvallisuuden kasvavat vaatimukset

Kiihtyvä teknologiakehitys hajautettuna muutoksena kehittäjien ja tutkimuksen välillä

Teknologiakehitys on viime vuosikymmeninä hajautunut eri toimijoiden, alojen ja maiden välillä. Teknologiakehitystä eivät ohjaa enää ainoastaan perinteiset tutkimuslaitokset, yliopistot tai suuryritykset, vaan myös pienet yritykset, start-upit, ja yhteisöt. Teknologiakehitys on myös monitieteisempää ja monialaisempaa, hyödyntäen eri tieteenalojen yhdistelmiä. Tämä hajautettu ja monimuotoinen teknologiakehitys luo uusia innovaatioita ja mahdollisuuksia, mutta se myös asettaa haasteita

¹⁸³ Izsak, K., Perez, M., Kroll, H. & Wydra, S. (2020). Advanced Technologies for Industry – EU Report, Technological trends and policies. European Commission.

tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle. Tutkimus- ja kehitysrahoitusta tulisi ohjata sekä tieteellisesti huipputasoisien perustutkimuksen, soveltavaan tutkimuksen, että kaupallistamiseen tähtäävien innovaatiohankkeiden välillä oikeassa suhteessa, jotta teknologiset innovaatiot toteutuvat. Näiden välillä tasapainoilu ja synergioiden luominen ovat entistä tärkeämpiä, erityisesti suhteessa nousevien teknologioiden kehitystasoon. Hajautettu teknologiakehitys edellyttää täten jatkuvaa yhteistyötä, vuoropuhelua ja ekosysteemejä eri kehittäjien ja tutkimuksen välillä tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa, jotta voidaan varmistaa teknologian kehitys, eettisyys ja yhteiskunnallinen hyväksyttävyys.¹⁸⁴

Teknologiaennakoinnin kasvava merkitys

Teknologiaennakointi ja -arviointi ovat tärkeitä ohjaavia välineitä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnittelussa, erityisesti keskellä kiihtyvää ja kasvavan kompleksista teknologiakehitystä, joka luo uusia mahdollisuuksia ja uhkia. Esimerkiksi tekoälyn ja robotiikan alueilla tapahtuvat läpimurrot voivat mullistaa työmarkkinoita ja tuotantoprosesseja, mikä vaatii ennakoivaa politiikkaa ja sääntelyä. Ennakointi auttaa tunnistamaan ja analysoimaan teknologian kehityksen mahdollisuuksia ja haasteita sekä niiden vaikutuksia yhteiskuntaan eri aikaväleillä. Esimerkiksi fuusioenergian ja hiilidioksidin talteenoton aikajänteet ovat erilaisia, vaatien erilaista mallintamista niiden potentiaalisesti kehityskulusta. Samoin teknologiaennakointi on keskeistä uusien rokotteiden ja hoitomuotojen kehittämisessä sekä esimerkiksi älykkäiden infrastruktuurien kehittämisessä kaupunkiliikenteessä. Teknologiaennakointi edistää myös osallistavaa ja vastuullista teknologiakehitystä, joka huomioi eri sidosryhmien näkemykset ja tarpeet. Teknologiaennakointi ja -arviointi osana tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa voivat auttaa vastaamaan teknologian aiheuttamiin muutospaineesiin.

Lisääntynyt tarve teknologiasääntelylle

Teknologian kehitys on luonteeltaan nopeampaa kuin sen sääntely, joka on usein siitä jäljessä ns. Collingridge-dilemman mukaisesti.¹⁸⁵ Tämä luo sääntelyvajeen, joka voi vaarantaa teknologian luotettavan, vastuullisen, läpinäkyvän ja turvallisen käytön. Teknologian kehittyessä oikein ajoitettu teknologiasääntely on siis yhä tarpeellisempaa, jotta voidaan luoda selkeät ja yhtenäiset pelisäännöt teknologian

184 Robinson, D. K., Simone, A., & Mazzonetto, M. (2021). RRI legacies: co-creation for responsible, equitable and fair innovation in Horizon Europe. *Journal of Responsible Innovation*, 8(2), 209-216.

185 Collingridge, D. (1982). *The social control of technology*. New York: St. Martin's Press; London: Pinter.

kehittäjille, käyttäjille ja valvojille. Sääntelyn on oltava joustavaa ja dynaamista eri sidosryhmiä kuullen, jotta se voi vastata teknologian muutoksiin ja innovaatioihin. Tämä näkyy myös erilaisten sääntelyinnovaatioiden, kuten testbedien, living labsien ja sääntelyn hiekkalaatikkojen kehityksessä, jotka on huomioitu myös EU:n hyvän sääntelyn ohjeissa koskien nousevia teknologioita.¹⁸⁶ Euroopan unioni on onnistunut profiloitumaan digitaalisen teknologian sääntelyssä (mm. tietosuoja, digitaaliset markkinat ja alustat, datan jakaminen, tekoälyn käyttö), esimerkiksi GDPR, DMA, DSA, DGA, DA, AIA¹⁸⁷ -lakialoitteiden myötä. Tekoälyn kehityksen myötä teknologian sääntelyn tärkeyden on herätty myös kansainvälisesti (esim. Bletchley Declaration, G7:n Hiroshima AI -julistus).

Kyberturvallisuuden kasvavat vaatimukset

Kyberturvallisuus, eli järjestelmien, tietojen, palvelujen ja verkkojen suojaaminen kyberuhkilta on korostunut, sillä digitaalinen maailma on altis erilaisille hyökkäyksille. Ei-valtiollisten toimijoiden ja hakkeriryhmien ohella viime vuosina on herätty valtiollisiin kyberuhkiin ja hybrdivaikuttamiseen, esimerkiksi Venäjän ja Kiinan toimesta.¹⁸⁸ Kyberhyökkäykset voivat vaikuttaa merkittävästi alueelliseen vakauteen, energiajärjestelmään ja jopa globaaliin järjestykseen. Kyberturvallisuuden kasvavat vaatimukset johtuvat monista tekijöistä, kuten digitaalisen infrastruktuurin laajenemisesta, datan määrän ja arvon kasvusta, kyberrikollisuuden ja -sodankäynnin lisääntymisestä, sekä osaltaan sääntelyn puutteesta. Erityisen ilmeisiä nämä haasteet ovat esineiden internetin (IoT) sovelluksissa.¹⁸⁹ Tämä edellyttää monitieteistä ja monialaista teknologiakehitystä, joka huomioi turvallisuushaasteet.

186 Kert, K., Vebrova, M. and Schade, S. (2022). Regulatory learning in experimentation spaces, European Commission, JRC130458.

187 Yleinen tietosuoja-asetus, Digimarkkinasäädös, Digipalvelusäädös, Datahallintasäädös, Datasäädös ja Tekoälyasetus.

188 Davis, J. R. (2015). Continued evolution of hybrid threats. The Three Swords Magazine, 28, 19-25.

189 Hassan, W. H. (2019). Current research on Internet of Things (IoT) security: A survey. Computer networks, 148, 283-294.

6.1.5 Ympäristö

Ympäristön tila on yksi suurimmista haasteista, joihin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tulee tarjota vastauksia. Ympäristöongelmat vaativat tutkimus- ja innovaatiopolitiikalta kiireellistä ja kunnianhimoista toimintaa, jotta voidaan hillitä ja sopeutua ilmastonmuutokseen, pysäyttää luontokato, turvata luonnonvarojen riittävyys ja edistää kiertotaloutta. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan pitäisi tukea teknologiakehitystä ja innovaatioita, jotka vähentävät ympäristökuormaa, lisäävät resurssitehokkuutta ja edistävät kestävästä kehitystä. Globaalisti on huomioitava ilmastonmuutoksen eriarvoistavat ja epäoikeudenmukaiset vaikutukset eri alueille ja väestöryhmille. Ympäristön tila asettaa muutospainetta tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle seuraavilla tavoilla:

- Kasvat odotukset teknologiakehitykselle vastata ilmastokriisiin
- Uusien teknologioiden merkittävät päästöt
- Mineraalien ja komponenttien rajallinen saatavuus
- Kiertotalouden mahdollisuudet teknologisen kehityksen myötä

Kasvat odotukset teknologiakehitykselle vastata ilmastokriisiin

Ilmastokriisi on yksi suurimmista uhista, joita ihmiskunta kohtaavat tällä hetkellä, aiheuttaen vakavia seurauksia, kuten sään ääri-ilmiöitä, lämpöaaltoja, tulvia, sairauksia ja luonnon monimuotoisuuden vähenemistä. Suomi on sitoutunut olemaan hiilineutraali vuoteen 2035 mennessä ja hiileneutraali sen jälkeen, minkä saavuttamisessa teknologiakehityksellä on merkittävä rooli. Teknologia voi tarjota ratkaisuja päästöjen vähentämiseen, energiatehokkuuden parantamiseen, uusiutuvien energialähteiden hyödyntämiseen ja hiilensidontaan. Toisaalta tähän mennessä energiatehokkuuden parantuminen on usein vain lisännyt energian kokonaiskulutusta ja -päästöjä niin sanotun ”rebound-efektin” mukaisesti.¹⁹⁰ Teknologiakehityksen ohella on siis kiinnitettävä huomioita myös teknologian käyttöönottoon ja hyödyntämiseen kestävästi eri aloilla. Kaikki tämä edellyttää myös yhteiskunnallista ja kulttuurista muutosta, joka tukee kestäviä elämäntapoja ja esimerkiksi luontopohjaisia ratkaisuja. Tämä korostaa monitieteisen ja yhteiskuntatieteet huomioivan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan roolia siirtymässä.

190 Gillingham, K., Rapson, D., & Wagner, G. (2016). The rebound effect and energy efficiency policy. *Review of Environmental Economics and Policy*.

Uusien teknologioiden merkittävät päästöt

Nousevat teknologiat voivat edistää kestävyys siirtymää muun muassa analysoimalla dataa, optimoimalla energian- ja resurssien käyttöä ja löytämällä vähähiilisiä ratkaisuja. Toisaalta nousevat teknologiat eivät kuitenkaan ole ympäristöneutraaleja, vaan ne kuluttavat merkittäviä määriä energiaa ja luonnonvaroja. Esimerkiksi yhden tekoälymallin koulutus voi tuottaa yli 626 000 kiloa hiilidioksidipäästöjä, mikä vastaa viiden auton elinkaaripäästöjä.¹⁹¹ Samanaikaisesti, kun mallit ja niiden käyttö kasvavat merkittävästi, datakeskusten osuus energiaan liittyvistä globaaleista kasvihuonekaasupäästöistä on jo 1 %.¹⁹² Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tulisi siis pyrkiä vähentämään uusien teknologioiden ympäristövaikutuksia ja edistämään niiden kestävä kehitystä. Tämä edellyttää muun muassa uusien teknologioiden energiatehokkuuden parantamista, uusiutuvan energian käytön lisäämistä, ei-teknologisten ratkaisujen käyttöä sekä kiertotalouden periaatteiden noudattamista.

Mineraalien ja komponenttien rajallinen saatavuus

Uudet teknologiat ovat riippuvaista monista mineraaleista ja komponenteista, jotka ovat välttämättömiä sähköautojen, aurinkopaneelien, tuuliturbiinien, älypuhelimien ja tietokoneiden, valmistamiseksi. Esimerkiksi litium, koboltti, neodyymi, dysprosium, indium ja gallium ovat harvinaisia maametalleja ja kriittisiä raaka-aineita, joilla suuri taloudellinen merkitys. Mineraalien saatavuus on rajallista, sillä niiden esiintymät ovat pieniä, niiden louhinta ja jalostus on ympäristöä kuormittavaa ja niiden kysyntä on kasvussa.¹⁹³ Tämä asettaa muutospaineita tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle, jossa tulisi pyrkiä turvaamaan teknologiakehityksen ja -tuotannon raaka-aineiden saanti ympäristöstävällisesti sekä vähentämään riippuvuutta ulkomaisista toimittajista. Huomionarvoista on, että valtaosa harvinaisista maametalleista tulee Kiinasta. Tästä Kiina-riippuvuudesta irtautuminen edellyttää muun muassa mineraalien ja komponenttien tehokkaampaa käyttöä, kierrätystä ja korvaamista, uusien raaka-aineiden etsimistä, kaivoksien avaamista Euroopassa, hankintaketjujen läpinäkyvyyttä ja vastuullisuuden parantamista sekä kansainvälisen yhteistyön edistämistä.

191 Strubell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. arXiv preprint arXiv:1906.02243.

192 IEA. (2023). Data Centres and Data Transmission Networks. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>

193 IEA. (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>, License: CC BY 4.0

Kiertotalouden mahdollisuudet teknologisen kehityksen myötä

Kiertotalous on talousmalli, jossa tuotteet ja materiaalit säilytetään mahdollisimman pitkään käytössä muun muassa lainaamalla, vuokraamalla ja korjaamalla sekä jätteen määrä minimoidaan. Kiertotalous voi vähentää ympäristövaikutuksia, lisätä resurssitehokkuutta, luoda uusia työpaikkoja ja liiketoimintamahdollisuuksia. Kiertotalous tarjoaa myös mahdollisuuksia teknologiselle kehitykselle, sillä teknologia voi tukea kiertotalouden toteutumista ja hyötyä siitä. Teknologia voi auttaa kehittämään ja valmistamaan tuotteita ja materiaaleja, jotka ovat kestäviä, korjattavia, uudelleenkäytettäviä, kierrätettäviä ja biopohjaisia.¹⁹⁴ Samaten teknologia voi tutkimus- ja innovaatiopolitiikan osana auttaa mittaamaan ja seuraamaan tuotteiden ja materiaalien elinkaarta, laatua ja ympäristövaikutuksia.

Nämä edellä tunnistetut muutospaineet kuvaavat, kuinka tutkimus- ja innovaatiopolitiikka on murrosvaiheessa erilaisten yhteiskunnallisten, ekologisten ja taloudellisten kriisien keskellä. Teknologisen kehityksen on yhä vahvemmin pystyttävä vastaamaan näihin järjestelmätason haasteisiin.¹⁹⁵ Nämä haasteet myös havainnollistavat tarpeen ratkaisuille, jotka ylittävät perinteisen jaottelun valtiojohtoiseen ja markkinavetoiseen lähestymistapaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa. Muutospaineita on hyödynnetty periaatteiden luomisessa teknologiakehityksen vaikuttavaan suuntaamiseen, jotta ne olisivat kestäviä ja huomioivat toimintaympäristön muutokset.

6.2 Julkisen hallinnon mahdolliset roolit innovaatiopolitiikassa

Julkisen hallinnon rooli tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa on keskeinen yhteiskunnallisten muutospaineiden ja teknologian nopean kehityksen ristipaineessa. Sen ymmärtämiseksi, miten eri sidosryhmät näkevät julkishallinnon mahdolliset roolit ja toimintatavat tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa toteutettiin hankkeessa asiantuntijahaastatteluja sekä sidosryhmätyöpajoja. Näiden osallistavien menetelmien avulla varmistettiin, että muodostettavat tutkimus- ja innovaatiopolitiikan periaatteet ja suuntaviivat heijastavat laajasti eri sidosryhmien näkemyksiä ja kokemuksia.

194 Linturi, R. (2020). Kohti parempaa tulevaisuutta. Teknologian mahdollisuudet ja uhat kestäväen kehityksen edistämässä. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu, 5, 2020.

195 Formas. (2023). Towards Experimentalist R&I Funding: How research and innovation funders can drive societal transformation in the 21st Century. Demos Helsinki. ISBN 978-91-540-6198-3.

6.2.1 Vuorovaikutteinen analyysi julkisen hallinnon roolista tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa

Muutospaineiden kartoituksen jatkona toteutettiin haastattelut hankkeen kansainväliselle asiantuntijapaneelille (kts. luku 2.3). Haastattelukysymykset muodostettiin hankkeen kahden ensimmäisen työpaketin havaintojen pohjalta, keskittyen teknologianeutraliteetin määritelmään, sen tulkintaan, tutkimus- ja innovaatiopolitiikan vallankäyttäjiin ja trendeihin, julkishallinnon rooliin uusien teknologioiden tukemisessa sekä yhteiskunnallisten haasteiden merkitykseen tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle.

Kaikissa asiantuntijahaastatteluissa nousi esiin teknologianeutraliteetin kontekstisidonnaisuus ja monitulkintaisuus käsitteenä. Osa haastatelluista nosti esiin keskeisen ristiriidan – teknologianeutraliteetin soveltaminen voi käytännössä edellyttää teknologioiden spesifiä nimeämistä, määrittelyä ja valikointia. Tämä voi johtua olemassa olevista infrastruktuureista, markkinoiden dynamiikasta tai siitä, että sääntely-ympäristö on tottunut tiettyihin teknologioihin. Pyrkimykset pysyä neutraalina saattavat tahattomasti luoda olosuhteita, jotka suosivat tiettyjä teknologioita johtuen yhteensopivuudesta olemassa olevien järjestelmien ja standardien kanssa. Keskeistä onkin huomioida teknologioiden monimuotoisuus, erilaiset käyttötarkoitukset ja esimerkiksi kehityksen vaihe. Esiin nousi myös ajatus siitä, että yksittäisiä teknologioita ja niiden kontekstia tarkasteltaessa täytyy varoa liian spesifejä määritelmiä – teknologianeutraliteetin periaatteen soveltaminen laajemmassa mittakaavassa nähtiin tarkoituksenmukaisempana. Haastatellut pitivät lisäksi keskeisenä teknologioiden toiminnallisuuksien ja käyttötarkoituksen sekä yhteiskunnallisen vaikuttavuuden arviointia. Yksi esimerkki tästä on EU:n tekoälyasetus, jossa korkean riskin tekoälysovellukset määritellään ensisijaisesti käyttötarkoituserusteisesti. Moni haastatelluista korosti myös mahdollisten kielteisten yhteiskunnallisten vaikutusten tunnistamisen tärkeyttä.

Haastatellut näkivät julkishallinnon roolin teknologiakehityksen mahdollistajana ja tukijana, markkinatilanteen tasapainottajana ja eri toimijoiden välisen vuorovaikutuksen fasilitoijana. Vuorovaikutuksen tärkeys nousi esiin kaikissa haastatteluissa. Eri toimijoiden (julkishallinto, yritykset, tutkimuslaitokset, korkeakoulut, kansalaiset) välinen monitasoinen vuorovaikutus nähtiin keskeisenä teknologisen kehityksen eri vaiheissa, yhteiskunnallisten vaikutusten arvioinnissa, tavoitteiden määrittelyssä ja ennakoivassa työssä. Dialogin mahdollistaminen on keskeistä julkishallinnolle ja liittyy oleellisesti myös ekosysteemien luomiseen ja monitieteiseen, eri sektorit ja tieteenalat ylittävään yhteistyöhön. Eri organisaatioiden väliseen yhteistyöhön liittyen esiin nousi myös jo olemassa olevan osaamisen tunnistamisen tärkeys. Riittävän koulutustason ja kansainvälisten osaajien saatavuuden varmistaminen on myös keskeistä.

Haastatellut jakoivat ajatuksiaan myös muista tavoista, joilla julkishallinto voi edistää tutkimus- ja innovaatiopolitiikan vaikuttavuutta. Esiin nousi esimerkiksi mahdollistava sääntely (sääntelyn esteiden purkaminen) ja asianmukainen lainsäädäntö, verotus, luvitus sekä teknologiakehitystä tukeva infrastruktuuri. Lisäksi julkiset hankinnat nähtiin tapana tukea nousevia teknologioita. Investointeihin liittyen nousi esiin huomio siitä, että vaikuttavuuden lisäämiseksi keskeistä on julkishallinnon rooli siinä, missä määrin julkiset investoinnit houkuttelevat yksityisiä investointeja. Haastatellut ajattelivat suomalaisen yhteiskunnan tarjoavan hyvän toimintaympäristön teknologia-alan osaamiselle ja innovaatioille, mutta keskeistä olisi vahvistaa myös uusia kokeilu ympäristöjä, kuten testbedejä ja sääntelyn hiekkalaatikkoja. Tutkimuksen sijaan moni haastatelluista lisäisi resursseja kehitykseen sekä innovaatioiden skaalautuvuuden ja kaupallistamisen edistämiseen.

Lisäksi haastatellut viittasivat kansainvälisiin esimerkkeihin, joissa edellä mainittuja asioita on edistetty. Esimerkiksi Norjassa olemassa olevien virastojen yhteistyö ja prosessien yksinkertaistaminen on edistänyt vihreiden teknologiaprojektien rahoittamista, ja maassa on edistetty yhteiskehittämistä PILOT-E¹⁹⁶ -hankkeen avulla, tarkoituksena tehdä kehitysprosessista saavutettavampi ja kannustavampi. Tanskassa puolestaan sääntelyviranomaisten turvallisuusmääräykset esimerkiksi akkuteknologian alalla ovat tukeneet siirtymää uusiin teknologioihin. Virossa puolestaan on korostunut digitaalisten palvelujen rooli sekä startup-ekosysteemin tukeminen. Myös Japanin Moonshot-ohjelma¹⁹⁷ mainittiin hyvänä esimerkkinä tutkimus- ja innovaatiopolitiikasta.

EU:n innovaatiopolitiikan koettiin olevan merkittävässä roolissa. EU:lla on tärkeä rooli tutkimuksen ja innovaatioiden kehittämisessä, ja EU-rahoituksen kriteereillä on merkittävä vaikutus sille, millaista tutkimusta ja innovaatioita tehdään. Haastatteluissa tuli esille, että yritysten näkökulmasta päästökauppatuloilla rahoitettu EU:n innovaatorahasto (Innovation Fund) on koettu toimivaksi ja sen tavoitteista on viestitty selkeästi. Innovaatorahastossa korostuu tavoitelähtöisyys: se on tarkoitettu tukemaan päästöjä vähentävien teknologioiden käyttöönottoa, mutta teknologioiden määrittely on kuitenkin yritysten vastuulla. EU:n rooli uusien teknologioiden verifiointissa koettiin myös tärkeäksi. Uudet teknologiat eivät välttämättä pääse luottamuksen puutteen vuoksi markkinoille, mutta EU:n verifikaatit ympäristöteknologioille voivat lisätä edellytyksiä niiden kasvulle ja hyödyntämiselle.

196 Information in English | PILOT-E. (n.d.). Enova. Haettu 12.3.2024, <https://www.enova.no/pilot-e/information-in-english/>

197 About Moonshot Research and Development Program. (n.d.). Cabinet Office Home Page. Haettu 12.3.2024, https://www8.cao.go.jp/cstp/english/moonshot/system_en.html

Haastatteluissa tuli lisäksi esille julkishallinnon tärkeä rooli yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittämisessä. Innovaatioita ja teknologiaa ei nähty itseisarvona, mutta ne ovat tärkeitä yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Haastatellut korostivat eri yhteiskunnallisten toimijoiden mukaan ottamista yhteiskunnallisten vaikutusten arvioinnissa, ja julkishallinnon roolia myös muunlaisen yhteistyön mahdollistajana. Haastatteluissa nousi myös esille keskeisiä haasteita tutkimus- ja innovaatiopolitiikan uudistamiselle. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tekeminen yhteiskuntapolitiikan tavoitteista käsin koettiin haastavammaksi kuin esimerkiksi talouspolitiikan tavoitteiden kautta. Myös universaalien periaatteiden luominen tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa varten koettiin haastavana teknologioiden monimuotoisuuden ja niiden erityisten sääntelyvaatimusten vuoksi.

6.2.2 Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan koetut jännitteet

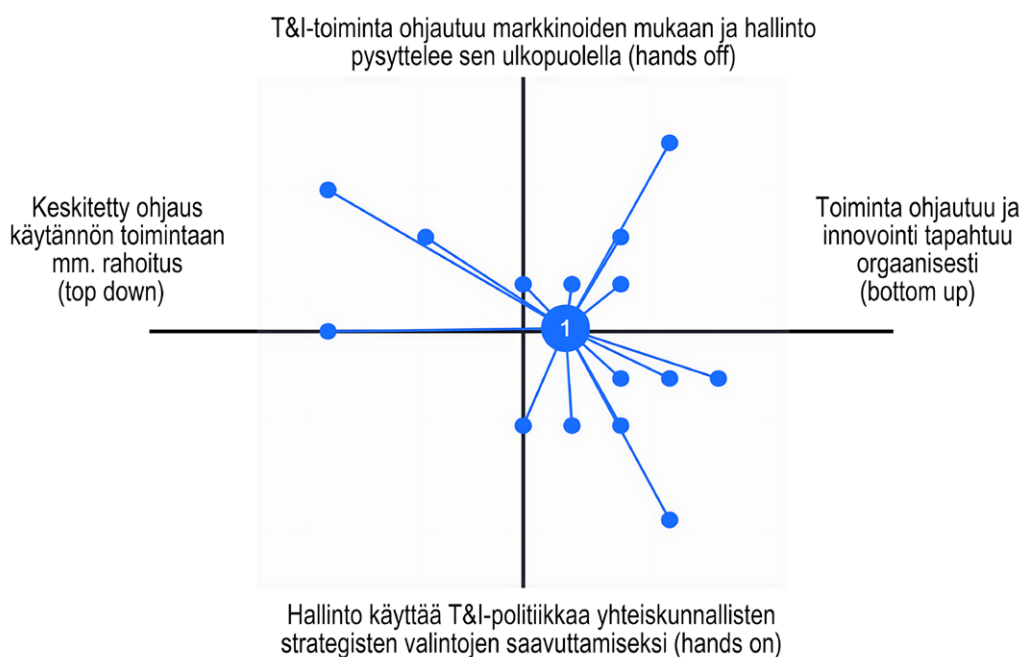
Asiantuntijahaastattelujen tuloksia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan jännitteistä syvennettiin myös sidosryhmätyöpajassa yhdessä teknologia-, innovaatio-, ja teollisuuspolitiikan yksityisten ja julkisten sidosryhmien sekä muiden asiantuntijoiden kanssa (n=20) sekä erikseen hankkeen ohjausryhmän kanssa (n=5). Muutospaineiden analyysin tulokset toimivat työpajan pohjana. Työpajoissa hyödynnettiin myös kolmea tunnistettua päämäärää vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle (kts. luku 6.3):

1. Yhteiskunnallisten tavoitteiden kääntäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi
2. Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä
3. Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti.

Työpajatyöskentelyn fasilitoimiseksi luotiin myös matriiseja eli yksinkertaistettuja kärjistyksiä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan dynamiikoista, erityisesti valtion perspektiivistä. Ne kuvaavat eri toimijoiden, kuten valtioneuvoston, tutkijoiden, yritysten ja muiden TKI-toimijoiden välisiä suhteita. Matriiseihin oli sijoitettu myös osatehtävä 2:n kansainväliset verrokkimaat suuntaa antavina esimerkkeinä. Esimerkkien tarkoituksena oli herättää nykyisistä käsityksistä irrottautuvaa keskustelua ja opponointia osallistujilta. Työpajojen ensisijaiset tulokset syntyivät keskustelun kautta (kts. luku 6.3), joita nämä matriisit edistivät.

Kuvio 14. Matriisi eri ulottuvuuksista liittyen yhteiskunnallisten tavoitteiden kääntämiseen strategiavalinnoiksi.

1. Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi



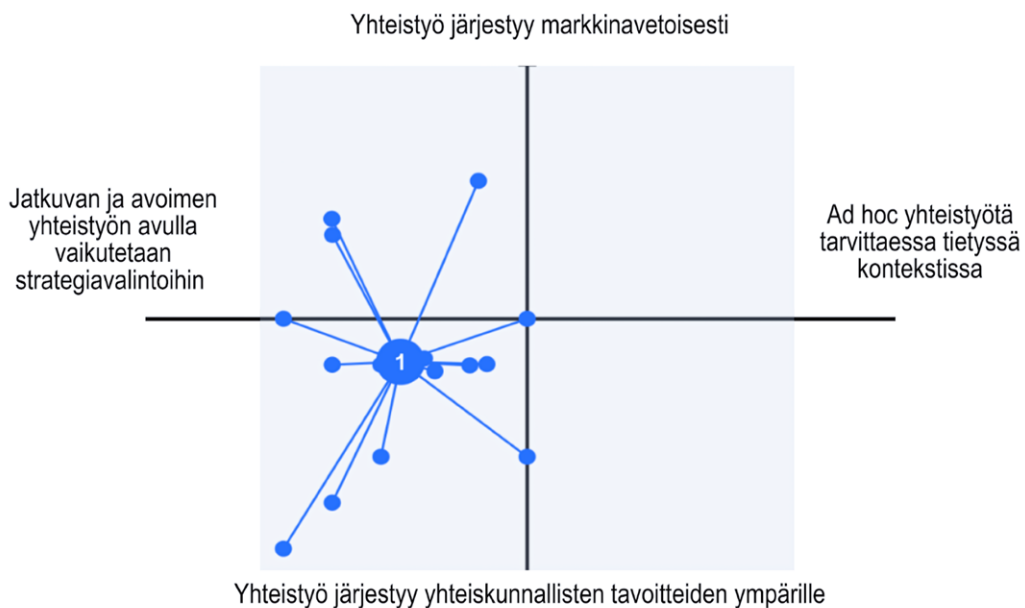
Yhteiskunnallisten tavoitteiden kääntämiseen strategiavalinnoiksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa liittyy useita eri ulottuvuuksia, joita ensimmäinen matriisi kuvaa. Keskeinen dynamiikka on missä määrin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteet määrittyvät markkinavoimien vai julkisen ohjauksen mukaan (y-akseli). Toisekseen on tärkeää missä määrin tutkimus- ja innovaatiopolitiikka ohjautuu ylhäältä keskitetysti esimerkiksi rahoituksen kautta vai organisaation sisällä alhaaltapäin eri toimijoiden yhteistyön kautta (x-akseli).

Sidosryhmätyöpajassa tutkimus- ja innovaatiopolitiikka-asiantuntijoiden kanssa luotiin myös kuvaus siitä, millainen Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaajärjestelmän tulisi ideaalisti olla. Pienet pisteet kuvaavat yksittäisiä vastauksia, iso numeroitu piste niiden keskiarvoa. Työpajatyöskentelyn aikarajoitteiden ja vastausten hajonnan myötä näitä tuloksia voi pitää ensisijaisesti suuntaa-antavina yksinkertaisuuksina, ei varsinaisina tutkimustuloksina.

Vastausten mukaan ideaalisti suomalaisen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ja innovaatioiden tulisi syntyä jossain määrin organisoitumalla alhaaltapäin, ei niinkään keskusjohtoisesti. Markkinavetoisuuden ja hallinnon yhteiskunnallisten strategisten valintojen välillä ei nähty selkeää eroa, vaan ideaalitila sijaitsee niiden välimaastossa.

Kuvio 15. Matriisi eri ulottuvuuksista liittyen yhteistyöhön yritysten ja julkishallinnon välillä.

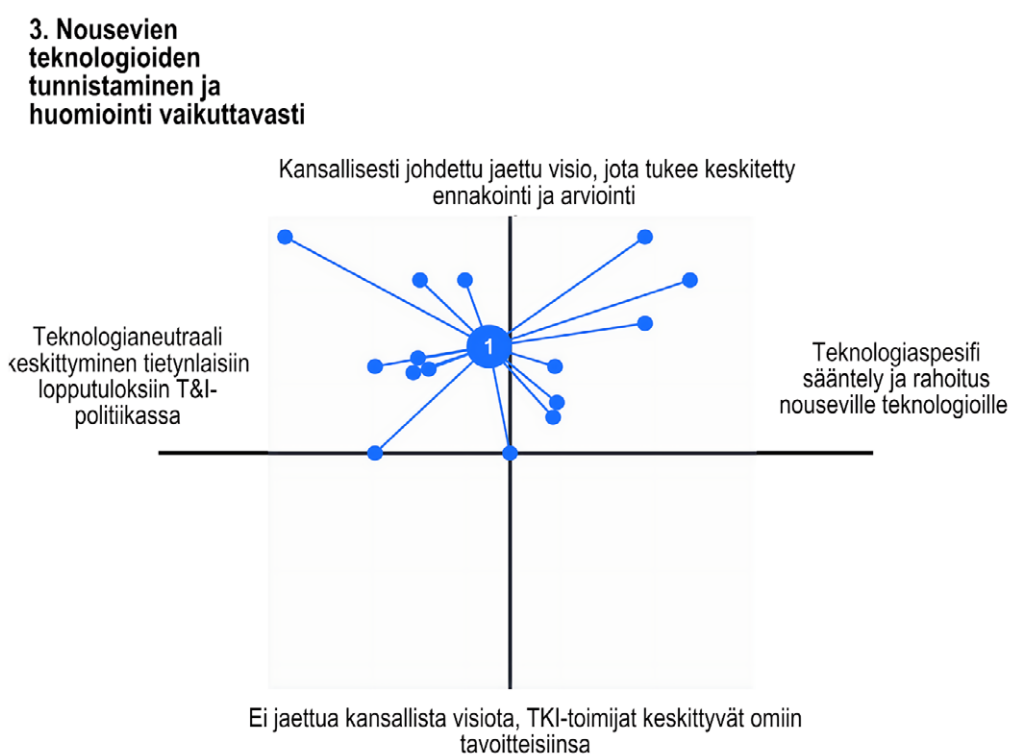
2. Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä



Toinen matriisi esittää jännitteitä, joita liittyy tiedonkulkuun ja yhteistyöhön tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa. Yhteistyössä voidaan ylipäätään tehdä erottelu jatkuvan ja avoimen sekä toisaalta tilapäisen ja kontekstisidonnaisen välillä (x-akseli). Kuten edellisessä, yksi tärkeistä dimensioista liittyy myös siihen, määrittyykö yhteistyö ensisijaisesti markkinavetoisesti vai tiettyjen valittujen yhteiskunnallisten tavoitteiden ympärille (y-akseli).

Työpajaosallistujien tunnistama ideaalitila keskittyi vahvemmin jatkuvaan yhteistyöhön joidenkin yhteiskunnallisten tavoitteiden ympärille. Tämä korostaa julkisen sektorin fasilitoimaa TKI-toimijoiden yhteistyötä, vaatien pysyviä foorumeja ja alustoja, jotka mahdollistavat yhteistyön. Tarve valtion yhteistyötä fasilitoivalle roolille korostui myös muissa työpajoissa käydyissä keskusteluissa.

Kuvio 16. Matriisi eri ulottuvuuksista liittyen nousevien teknologioiden huomiointiin.



Nousevien teknologioiden tunnistamiseen ja niiden tukemiseen liittyvät jännitteet on kuvattu kolmannessa matriisissä. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan prosessien suhteen voidaan keskittyä teknologianeutraalisti tietynlaisiin lopputuloksiin sekä toisaalta tiettyjen nousevien teknologioiden rahoitukseen ja sääntelyyn (x-akseli). Lisäksi voidaan erotella kansallisesti jaettu visio ja ennakointi sekä toisaalta TKI-toimijoiden omat tavoitteet ilman tiedostettua suuntaa teknologiakehityksestä (y-akseli).

Työpajan perusteella Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiika rakentuisi ideaalisti vahvaan kansallisesti jaettuun visioon ja ennakointiin, painottuen lievästi teknologianeutraalimpaan suuntaan. Kuten todettua, näitä tuloksia voi pitää lähinnä indikaatiivisina yksinkertaistuksina.

6.2.3 Arkkityypit valtion roolista

Aiempien osatehtävien, asiantuntijahaastattelujen ja työpajan tulosten perusteella luotiin kolme eri arkkityyppiä valtion roolista tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa, joista jokainen edustaa yhtä mahdollista valtion lähestymistapaa teknologisen kehityksen tukemiseen. Arkkityypit kuvaavat millä eri tavoin valtiot voivat vastata tutkimus- ja innovaatiopolitiikan muutospaineisiin ja jännitteisiin. Arkkityypit toimivat erityisesti metodologisina välineinä eri näkemysten ja ääripäiden esiin saamiseksi työpajoissa. Kaikki arkkityypit ovat kuitenkin Suomen kontekstiin sovitettuja vaihtoehtoja, eivätkä kata kaikkia mahdollisia vaihtoehtoja, esimerkiksi täysin autoritaarista valtiota, jossa teknologiat valitaan aina valtiovetoisesti.

Valtio A: Vahvimmat markkinatoimijat teknologiakehityksen luotsina

<p>Valtion eetos: Kehityksen mahdollistaja</p>	<p>Yhteiskunnan strategiset tavoitteet ja nousevat teknologiat: Eivät suuntaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa. Valtio seuraa ja tunnistaa tapoja, miten olemassaoleva teknologia ja ennakoitu teknologiakehitys on yhtenevä tavoitteiden kanssa. Kehitykseen puututaan vain erityisissä tilanteissa</p>
<p>Teknologianeutraliteetti ja strategiset valinnat: Teknologianeutraliteetti on joustamaton prioriteetti</p>	<p>Tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa huomioitu aikaväli: Keskipitkä aikaväli. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikka ei ole pitkän aikavälin suuntaaja</p>

Yhteiskunnallisten tavoitteiden kääntäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi

Markkinavetoinen: Valtionhallinto näkee tutkimus- ja innovaatiopolitiikan keskeisenä tehtävänä taata markkinavoimille mahdollisimman vapaat olosuhteet ja reilu kilpailu. Se antaa markkinoiden kysynnän ohjata innovointeja. Vastuu rajallisen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan johtamisesta on keskitetty ja toimeenpano tapahtuu alhaalta ylöspäin (esim. rahoitushaut). Hallinto seuraa, miten olemassa olevia teknologioita ja teknologiakehityksen suuntaa voidaan hyödyntää yhteiskunnallisiin strategisiin tavoitteisiin vastaamiseksi, mutta itse teknologiakehitystä ja innovaatioita ei pyritä erityisesti suuntaamaan tavoitteita kohti.

Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä

Ad hoc -vuoropuhelu ja yhteistyö: Tutkimuksen, liike-elämän ja julkishallinnon välinen yhteistyö perustuu markkinoiden dynamiikkaan. Yritykset, tutkimus ja julkinen sektori ovat vuorovaikutuksessa tarpeen mukaan, ja valtionhallinto edistää sitä vain erityisissä tilanteissa, kun yhteiskunnallisesti kriittiset strategiset tavoitteet, kuten turvallisuus sitä edellyttävät. Hallituksen rooli on yleisesti ottaen rajoittunut teknologiakehityksen ja innovaatioille suotuisan ympäristön luomiseen vähentämällä sääntelyyn liittyviä esteitä, edistämällä yleisesti tarvittavan osaamisen saatavuutta sekä tarjoamalla infrastruktuuria, kuten laskentakapasiteettia ja kokeilu-ympäristöjä. Näissä ei anneta erityistä huomiota nouseville teknologioille.

Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti

Tiukka teknologia-neutraliteetin noudattaminen: Hallinto seuraa kehitystä, mutta ei tue aktiivisesti nousevia teknologioita. Sen sijaan se luottaa siihen, että markkinat tunnistavat ja tukevat nousevia teknologioita omista toimintaympäristöistään käsin. Kilpailua pidetään kehityksen ajurina, eikä tunnistettuihin lupaavimpiin teknologioihin ei kohdenneta erityistä tukea. Haitalliset vaikutukset ihmisille ja ympäristölle pyritään minimoimaan, mutta harkitulla ja mahdollisimman vähäisellä sääntelyllä.

Valtio B: Pitkän aikavälin jaettu visio

<p>Valtion eetos: Kelkanvetäjä</p>	<p>Yhteiskunnan strategiset tavoitteet ja nousevat teknologiat: Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suuntaamisen ja toimien lähtökohta</p>
<p>Teknologianeutraliteetti ja strategiset valinnat: Asetetut tavoitteet ja prioriteetit ovat tärkeämpiä kuin teknologianeutraliteetin noudattaminen</p>	<p>Tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa huomioitu aikaväli: Pitkä aikaväli ja jaettu visio, johon ollaan sitoutuneita ja sitoutetaan</p>

Yhteiskunnallisten tavoitteiden kääntäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi

Valtiovetoinen: Hallinto suhtautuu tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan työkaluna vaikuttaa teknologiakehityksen suuntiin yhteiskunnallisiin strategisiin tavoitteisiin vastaamisessa ja priorisoi valtion kannalta lupaavimpia nousevia teknologioita. Keskitetty tutkimus- ja innovaatiopolitiikka ohjaa ja rahoittaa aktiivisesti TKI-toimintaa asetettujen prioriteettien mukaisesti. Tällöin huomioidaan suoraan myös eri hallinnonalojen toimialakohtaiset kehittämistarpeet. Tutkimus- ja innovaatiopolitiittiset toimet sovitetaan yhteen vision kanssa, ja valtio on valmistautunut merkittäviin pitkän aikavälin investointeihin.

Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä

Keskitetty vastuu: Hallinto valvoo ja koordinoi TKI-toimintaa keskitetysti ja pyrkii varmistamaan, että tutkimus, yritykset ja julkishallinto suuntaavat toimintaansa ekosysteemisesti tavalla, joka on yhtenevä kansallisesti valittujen prioriteettien kanssa. Tutkimusrahoitusta suunnataan painotetusti kansallisesti valittuihin teknologioihin ja kriteerinä toimivat yhteiskunnan kannalta toivottavat lopputulokset. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikka painottaa osaamiskeskittymien syntymistä näiden ympärille. Julkishallinto osallistuu aktiivisesti TKI-toimien koordinointiin ja ohjaamiseen. Se edistää yhteistyötä keskitettyjen elinten, rahoitusmekanismien ja strategisen ohjauksen avulla. TKI-toimijoiden näkemyksiä kuunnellaan ja tuodaan esiin, mutta tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa ei olla erityisen sitoutuneita niiden huomioimiseen.

Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti

Keskitetty jaettu visio: Hallinto seuraa ja arvioi aktiivisesti kehittyvää teknologiaa ja tarjoaa ohjausta ja resursseja, jotta TKI-toimia voidaan ohjata strategisesti tärkeiksi katsottuihin teknologioihin. Hallinto käy jatkuvaa monialaista vuoropuhelua uusien teknologioiden tunnistamiseksi ja arvioimiseksi. Se osoittaa merkittäviä resursseja strategisen visionsa mukaisten teknologioiden tukemiseen ja asettaa usein pitkän aikavälin kansalliset edut lyhyen aikavälin markkinavoimien edelle. Hallinto noudattaa teknologiaspesifiä lähestymistapaa ja tarjoaa huomattavaa tukea ja kannustimia nouseville teknologioille, jotka ovat linjassa yhteisen kansallisen vision ja teknologisen ennakkoinnin kanssa.

Valtio C: Mukautuva ja reaktiivinen yhteistyö

<p>Valtion eetos: Kanssakulkija</p>	<p>Yhteiskunnan strategiset tavoitteet ja lupaavimmat teknologiat: Huomioidaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa, mutta tästä ollaan valmiita joustamaan ja mukautumaan reaktiivisesti</p>
<p>Teknologianeutraliteetti ja strategiset valinnat: Teknologianeutraliteetti perusoletuksena, mutta teknologiaspesifiä tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa harjoitetaan valikoivasti</p>	<p>Tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa huomioitu aikaväli: Lyhyt aikaväli. Olennaista jatkuva seuranta, reagointi ja mukautuminen nouseviin tarpeisiin</p>

Yhteiskunnallisten tavoitteiden kääntäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi

Sopeutuminen ja ennakointi: Lähestymistavassa korostetaan sopeutumiskykyä ja reagoitukykyä muuttuviin olosuhteisiin. Valtionhallinto mukauttaa reaktiivisesti tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa teollisuuden tarpeiden, teknologisen kehityksen ja markkinamuutosten perusteella sen sijaan, että se noudattaisi jäykkää strategista suunnitelmaa tai sitoutuisi erityisesti tiettyjen teknologioiden edistämiseen pitkäjänteisesti. Hallinto noudattaa joustavaa lähestymistapaa, jossa keskeistä ovat teknologiakehityksen yhteiskunnallisesti kannattavat lopputulokset, mutta tutkimus- ja innovaatiopolitiikalla ei oteta kantaa itse teknologiakehitykseen muuten kuin vastaten ja mukautuen teknologiakehittäjien tarpeisiin. Tässä arkkityypissä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimeenpano ja mandaatti on jaettu eri

julkishallinnon toimijoiden ja valtuutettujen sidosryhmien kesken. Sen sijaan, että tutkimus- ja innovaatiopolitiikka noudattaisi tiukasti jaettuja strategisia prioriteetteja, se mukautuu teknologian kehittäjien ja yritysten kontekstin ja tarpeiden mukaan.

Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä

Jatkuva monialainen vuoropuhelu: Tutkimuksen, liike-elämän ja julkishallinnon välistä yhteistyötä edistetään jatkuvalla vuoropuhelun ja yhteistyön rakenteilla, joissa huomioidaan kattava ja monipuolinen edustus. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimijoiden toimintaympäristöstä nousevat tarpeet ja näkemykset on sitouduttu ottamaan konkreettisesti huomioon jatkuvasti tutkimus- ja innovaatiopolitiikan muotoilussa. Hallinto edistää ja helpottaa kumppanuuksia yhteiskunnallisiin tavoitteisiin ja haasteisiin vastaamiseksi sekä yhteiskunnan palvelujen kehittämiseksi ja sääntelyn toimeenpanemiseksi.

Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti

Teknologianeutraaliteetti olettamana, mutta valikoiva teknologiaspesifisyys nouseville teknologioille: Hallinto tukee kehittyviä teknologioita silloin, kun se on tarpeellista niiden markkina-aseman vakiinnuttamiseksi. Teknologianeutraaliteettiin luotetaan siis sääntelyn periaatteena, mutta T&K-rahoituksessa siitä ollaan valmiita poikkeamaan. Tässäkin keskeisintä ovat TKI-toimijoiden näkemykset ja ymmärrys teknologiakehityksestä.

6.3 Periaatteet ohjaavat vaikuttavaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa

Tässä työvaiheessa muodostettiin yleiset periaatteet ohjaamaan julkisen sektorin vaikuttavaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa, perustuen tutkimuksen aiempiin vaiheisiin. Tässä yhteydessä vaikuttavalla tutkimus- ja innovaatiopolitiikalla tarkoitetaan:

1. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan hyödyntämistä tavoitteellisesti luomaan yhteistä suuntaa ja ennustettavuutta TKI-toimijoiden välille strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi.
2. Teknologioiden ja markkinoiden avoimuuden sekä monimuotoisuuden tukemista
3. Teknologioiden tarjoamiin mahdollisuuksiin tarttumisen vahvistamista sekä epätoivottavien lopputulosten ennakoinnista ja välttämistä.¹⁹⁸

Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa on yhtäältä tunnistettu tarve huomioida yhteiskunnan strategiset tavoitteet julkisen rahoituksen suuntaamisessa että toisaalta julkisen sektorin rooli erityisesti nousevien teknologioiden tukemisessa. Vaikka teknologianeutraliteetin periaatteeseen on laajasti sitouduttu, ei sillä ole olemassa yksiselitteistä määritelmää. Selvityksen luvut 3 ja 4 osoittavatkin, että teknologianeutraliteetin periaate ja strategisten tavoitteiden edistäminen saavat erilaisia merkityksiä ja käytännön toteutuksia eri konteksteissa. Tämän perusteella on tunnistettu ja määritelty kolme vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan päämäärää, joiden edistämiseen tarvitaan yhteisiä periaatteita toiminnan vaikuttavaksi ohjaamiseksi.

Periaatteet tekevät näkyviksi suuntaavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan pyrkimyksiä ja toisaalta tehtäviä välttämättömiä strategisia valintoja teknologiakehityksen tukemiseksi. Toisin sanoen pyrkimyksenä on muodostaa periaatteita, jotka auttavat ohjaamaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa niin, että sen kautta voidaan sekä tukea vapaata teknologioiden kehittämistä että suunnata niitä kohti yhteiskunnallisten strategisten tavoitteiden saavuttamista. Periaatteet pyrkivät tekemään näkyviksi keskeisiä päämääriä ja priorisointeja. Ne on jaoteltu eri päämäärien alle, sillä kunkin päämäärän saavuttamisessa painottuvat erilaiset vaikuttamisen tavat:

¹⁹⁸ Yksi esimerkki epätoivottavien lopputulosten välttämiseksi ovat tekoälyasetuksessa määritellyt korkean riskin luokan teknologiat

Päämäärä 1: Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi

Jotta tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa voidaan toteuttaa vaikuttavasti, pitää ymmärtää sen rooli yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamisessa. Toisin sanoen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan sisällä määritetään ne strategiset valinnat, joilla yhteiskunnallisia tavoitteita edistetään. Strategiset valinnat viittaavat siis tutkimus- ja innovaatiopolitiikan aktiivisiin valintoihin, jotka pyrkivät tukemaan teknologioiden kehitystä ja hyödyntämistä tavoilla, jotka ovat linjassa poliittisesti määriteltyjen yhteiskunnallisten tavoitteiden, kuten vihreän siirtymän saavuttamisen kanssa. Strategiset valinnat koskevat teknologiakehityksen tukemista, ohjaamista, huomiointia ja seurantaa. Ohjaavia strategisia valintoja teknologiakehityksen hyödyntämiseksi voidaan tarvita esimerkiksi tilanteessa, missä kaupalliset intressit eivät yksinään johda yhteiskunnallisesti hyviin ja hyödyllisiin lopputuloksiin, tai missä sääntely ei edistä teknologiamonimuotoisuutta ja avointa teknologiakehitystä.

Päämäärä 2: Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä

Monet teknologiat ovat syntyvaltaltaan, hallinnoinniltaan ja omistajuudeltaan eri toimijoiden välillä hajautettuja. Toimijoilla on toisistaan erilaisia intressejä ja käytössään vaihtelevasti resursseja: teknologioiden tehokas kehittäminen pitkällä aikavälillä edellyttää jatkuvaa keskustelua, yhteistyötä, oppien jakamista ja yhteisiä tavoitteita. Tämä päämäärä sektorien ja toimijoiden välisen yhteistyön ja vuoropuhelun vahvistamiseksi nojaa luontevasti julkisen hallintoon ja sen rooliin johtaa ja tukea yhteistyön rakenteita, prosesseja ja yhteisten tavoitteiden muodostamista. Tiedonkulun ja yhteistyön muodoissa on tärkeää varmistaa tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon laaja edustus sekä monimuotoisuus.

Päämäärä 3: Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti

Nousevat teknologiat vaativat usein erityistä huomiota verrattuna vakiintuneisiin teknologioihin, sillä niiden kehittämiseen liittyy huomattavaa epävarmuutta ja mahdollisesti suuria investointeja ennen kuin ne voivat vakiinnuttaa paikkansa markkinoilla ja yhteiskunnassa. Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja riittävä huomiointi edellyttävät ennakkointia ja niihin kohdistuvia harkittuja strategisia valintoja. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan strategisten valintojen tulee heijastaa myös tämän päämäärän edistämistä ja vahvistaa teknologiamonimuotoisuutta, kilpailua ja avoimuutta tulevaisuuden mahdollisuuksille.

Seuraavaksi esitellään periaatteita eri päämäärien alla.

6.3.1 Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi

Strategisen yhteisymmärryksen rakentaminen läpinäkyvästi ja perustellusti toimii tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valintojen lähtökohtana

Samalla kun teknologianeutraliteetti voi olla hyödyllinen sääntelyperiaate lainsäädännön pitkäjänteisyyden ja reilun kilpailun turvaamiseksi, on tunnistettava, että sen toteutuminen täysimittaisesti käytännössä on hyvin haastavaa. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa ja erityisesti rahoituksen kohdentamisessa on siirryttävä teknologianeutraliteetin huomioidussa sen itseisarvoisuudesta kontekstisidonnaisuuteen, ja harkittava tilannekohtaisesti, mitä politiikkatoimella tai sääntelyllä halutaan saavuttaa: edistää tulevaisuudenkestävää lainsäädäntöä, oikeudenmukaisia markkinoita, teknologioiden monimuotoisuutta tai epävarmuuden hillintää. Lähtökohtaisesti on määritettävä kansallisesti yhteiset tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valinnat yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi, mutta keinoihin näihin pääsemiseksi ei puututa, ellei kyseessä ole erityinen, harkittu tarve. Innovaatioiden elinkaaren näkökulmasta on perusteltua, että tutkimus on usein avoimempaa, mutta kaupallisemmassa vaiheessa vaaditaan enemmän suuntaavuutta. Esimerkiksi nousevien teknologioiden kohdalla tällainen tarve tulee usein ajankohtaiseksi, jotta resurssit voidaan kohdentaa vaikuttavasti ja tosiasiallisesti edistämään avointa ja monimuotoista teknologiakehitystä.

Vaikka sääntelyn osalta Suomessa on lähtökohtaisesti noudatettu teknologianeutraliteettia, jo nyt on ilmaistu tahtotilaa¹⁹⁹ ja tehty strategisia valintoja mm. tutkimusrahoituksen ja resurssien kohdentamisesta, jotka painottavat tiettyjen teknologia-alueiden roolia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan painopisteinä, sillä ne on arvioitu Suomelle lupaavimpina olemassaolevan osaamisen ja kilpailuedun kannalta. Esimerkiksi kvanttiteknologia ja vetytalous on arvioitu tällaisiksi teknologioiksi. Osa nousevista teknologioista saa riittävää nostetta markkinavetoisesti, jolloin teknologianeutraliteetin noudattaminen on helppoa ja perusteltua. Markkinavoimat kuitenkin usein vahvistavat jo vakiintuneiden teknologioiden ja toimijoiden asemaa, mikä voi hankaloittaa nousevien teknologioiden vahvistumista. Jos nousevat teknologiat tunnistetaan yhteiskunnallisesti lupaaviksi, korostuu tarve strategisille valinnoille teknologiaspesifistä tukemisesta. Toisaalta jos jollakin olemassa olevista teknologioista havaitaan olevan haitallisia vaikutuksia, korostuu näiden vaikutusten rajoittaminen tai teknologian korvaaminen. Kyse voi olla tällöin resurssien ja taloudellisten toimien kohdentamisesta tai sääntelyn mukauttamisesta.

¹⁹⁹ Vahva ja välittävä Suomi. Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma 20.6.2023. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:58.

Julkiset tutkimus- ja innovaatiopolitiikan painopisteet ja pitkän aikavälin tavoitteet vaikuttavat myös muiden TKI-toimijoiden toimien suunnitteluun ja investointiympäristöön. Valinnat ovat resurssien kohdentamisen puitteissa tarpeellisia, mutta ne edellyttävät yhteisymmärrystä TKI-toimijoiden välillä. Itse tavoitteiden perustelu ja legitimitetti on varmistettava, eivätkä ne saa jäädä irrallisiksi TKI-toimijoiden todellisuuksista ja toimintaympäristöstä. Valintojen tulee olla harkittuja, läpinäkyviä ja perusteltuja. Esimerkiksi lainvalmistelun lausuntokierrokset voivat olla hyvä käytäntö tähän, jos valmisteluun on riittävästi resursseja. Strategiset valinnat voivat parhaimmillaan luoda jaetun suunnan, jossa eri TKI-toimijat, yritykset, teknologiakehittäjät ja tutkimus pystyvät näkemään oman roolinsa osana yhteistä suuntaa. Kansalliset yhteiset strategian painopisteet helpottavat eri TKI-toimijoiden pitkän aikavälin suunnittelua, toimien ajoittamista sekä investointien kohdentamista.

Tunnistetaan ja määritetään yhdessä Suomelle lupaavimmat nousevat teknologiat kestävien kilpailuetujen pohjalta

Suomessa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan keskeisenä tavoitteena on taloudellisesti, sosiaalisesti ja ekologisesti kestävä kasvu.²⁰⁰ Samalla on tunnistettu, että teknologiseen kehitykseen ja innovaatioihin kohdistuu merkittäviä odotuksia globaalien haasteiden ratkaisemisessa. Yhteiskunnalliset muutosvoimat vaikuttavat ympäristöön, jossa teknologiakehitystä tapahtuu niin globaalilla kuin kansallisella tasolla, eikä tutkimus- ja innovaatiopoliittisia toimia voida tarkastella irrallisena näistä muutoksista. Vain ymmärtämällä globaaleja ja alueellisia muutosvoimia, voidaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikalla varmistaa, että teknologian kehitys tapahtuu vastuullisista, ekologisesti ja sosiaalisesti kestävästä lähtökohdista. Samalla kansainvälinen kysyntä kestävyysmurroksessa ja vastuullisessa teknologiakehityksessä luo suomalaisille TKI-toimijoille merkittäviä mahdollisuuksia globaalisti. Tutkimus- ja innovaatiopoliittisten toimien kohdentaminen kestävien kilpailuetujen kannalta lupaavimmille teknologia-alueille on keskeinen mahdollistava tekijä siinä, että Suomi voi nousta teknologiakehityksessä kokoaan suuremmaksi kestävä teknologiatekniikan suunnannäyttäjäksi kansainvälisesti.

Vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan edellytyksenä on varmistaa, että sen painopisteet kestävien kilpailuetujen kannalta ovat selkeästi ilmaistu ja niistä on jaettu omistajuus TKI-toimijoiden kesken. Tulisi luoda yhteinen pitkäjänteinen ja päivetty näkemys siitä, millaiset ovat Suomen kestävä kilpailuedut, jotta tutkimus- ja innovaatiopolitiikka voidaan suunnata vaikuttavasti ja toimet ovat ennustettavia TKI-toimijoiden näkökulmasta. Suomen kannalta lupaavimpien teknologia-alueiden

²⁰⁰ Valtioneuvoston asetus tutkimus- ja innovaationeuvostosta VNK/2023/125.

tunnistamisen saralla on jo tehty tärkeää työtä²⁰¹, mutta toistaiseksi tehty työ on ollut erillisten hankkeiden ja ohjelmien tasolla sen sijaan, että se olisi jatkuvaa ja laajempaa kansainvälistä toimintaympäristöä kartoittavaa.

Sääntelyä hyödynnetään pääasiassa lopputulosten ohjaamiseksi

Yksi väline tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ohjaamiseen on sääntely. Vaikka sääntely ei ole ensisijainen väline tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tai teknologiakehityksen ohjaamiseen, on sillä kuitenkin tärkeä rooli. Kiihtyvä teknologiakehitys tuo mukanaan ennalta-arvaamattomia vaikutuksia, jotka luovat mahdollisuuksien ohella riskejä ihmisille ja ympäristölle. Sääntely edellyttää tietoon perustuvaa dialogista valmistelua, ja täten sillä on keskeinen rooli riskeihin varautumisessa ennakkoivasti. Teknologiaa koskeva sääntely on kuitenkin erityisen haastavaa, sillä sen jatkuvasta kehityksestä johtuen sääntely saattaa olla osin jo vanhentunutta tullessaan voimaan. Viimeaikainen näkyvä esimerkki tästä on Euroopan unionin tekoälyasetus, jonka keskittymisessä tiettyihin tekoälyteknologioihin ja sovelluksiin on esitetty paljon ristiriitaisia näkemyksiä.²⁰² Sääntelyssä painopisteen pitäisikin olla ensisijaisesti toivottavissa ja ei-haitallisissa lopputuloksissa, kun taas itse teknologiakehitykseen vaikuttaminen edellyttää vakaata harkintaa. Näin on toimittu esimerkiksi Eurooppalaisten yhteensopivuusperiaatteiden kanssa. Niiden tavoitteena on edistää Euroopan yhtenäisiä digitaalisia sisämarkkinoita puuttumatta tiettyihin teknologioihin tai tuotteisiin.²⁰³

Jatkuva oppiminen kohdentaa uudelleen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan painopisteitä

Teknologinen kehitys tapahtuu dynaamisessa ympäristössä, johon vaikuttavat jatkuvasti kehittyvät muutosvoimat. Onkin keskeistä varmistaa, että tutkimus- ja innovaatiopolitiikan pitkän aikavälin tavoitteita ja suuntaa tarkistetaan jatkuvasti. TKI-toiminnassa syntyy jatkuvasti uutta tietoa koskien kehittyviä mahdollisuuksia, haasteita ja konkreettisia tarpeita. Lisäksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimien myötä rakentuvat opit siitä, mikä toimii käytännössä ja on vaikuttavaa. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa onkin pystyttävä mukauttamaan toimia uuden tiedon edessä. Tämä edellyttää uusien mahdollisuuksien kartoittamista sekä sitoutumista

201 Teknologianeuvottelukunta. (2021). Suomen teknologiapolitiikka 2020-luvulla: Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:30

202 Työ ja elinkeinoministeriö. (2023). EU:n tekoälyasetusehdotuksen vaikutukset suomalaisyritysten liiketoimintaympäristöön <https://tem.fi/julkaisu?pubid=URN:ISBN:978-952-327-613-0>

203 Eurooppalaiset yhteentoimivuusperiaatteet – täytäntöönpanostrategia. (2017). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0134&from=HR>

aikaisemman toiminnan arviointiin. Vaikuttavassa tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa tavoitteiden toteutumista tarkastellaan säännöllisin väliajoin. Vaikuttava toiminnan arviointi vaatii myös arvioinnin mittarien asettamista etukäteen.

Yhteisten tavoitteiden eteen tehtävän työn pitää olla samanaikaisesti ison kuvan koordinoitua, mutta yhtä tärkeää on varmistaa alhaalta ylös rakentuva horisontaalinen kokeileminen ja innovointi. On oltava rehellinen siitä, että täyden konsensusen saavuttaminen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnasta, painotuksista ja resurssivalinnoista (osaaminen, infrastruktuuri, tutkimusrahoitus, sääntely) TKI-toimijoiden kesken on mahdotonta. Siksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimeenpanon lähtökohtana on oltava alhaalta ylös tapahtuva yhteistyö ja sen tiedostaminen, että parhaita toimintatapoja kohti tavoitteita ei voida tietää ennalta. Aikaisemman toiminnan opit on saatava talteen ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suuntaa päivitettävä iteratiivisesti ja yhteiseen viisauteen rakentuvasti. Toimijoiden näkökulmasta legitiimi tutkimus- ja innovaatiopolitiikka edellyttää siis rohkeutta kokeilla erilaisia toimintatapoja ja sitoutumista niistä oppimiseen. Lähtökohtana tulisi olla riittävä konsensus ja yhteisymmärrys itse tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteista, joita ollaan valmiita tarkistamaan uuden tiedon perusteella.

6.3.2 Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä

Julkisen hallinnon rooli teknologiakehityksen edistäjänä on johtaa yhteistyötä eri sektorien välillä

Vaikuttavassa tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa Suomen keskeinen vahvuus on, että Suomessa vallitsee luottamus toimijoiden välillä, mikä mahdollistaa keskusteluyhteyden ja jaetun näkemyksen muodostumisen. On keskeistä rakentaa sen vahvuuden päälle, että Suomessa on jo olemassa toimivia yhteistyön rakenteita sekä kokemuksia onnistumisista sekä sektoraalisessa että poikkisektoraalisessa yhteistyössä, jossa yhteisiin tavoitteisiin on saatu sitoutettua ekosysteemisesti eri toimijoita.²⁰⁴ On kuitenkin tärkeä varmistaa, että yhteistyö jatkuu tavoitteenasetannan jälkeen ja yhdessä tunnistetut toimet ja tavoitteet viedään käytäntöön. Julkisella hallinnolla on keskeinen rooli yhteisen suunnan toimeenpanossa.

204 Työ ja elinkeinoministeriö (2022) Tekoäly 4.0 -ohjelma : Suomi kaksoissiirtymän suunnannäyttäjänä – Tekoäly 4.0 -ohjelman loppuraportti <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/164394>

Julkisen hallinnon ei tule pääsääntöisesti määrittää keinoja tavoitteisiin pääsemiseksi, mutta sillä on tärkeä tehtävä yhteistyön orkestroijana ja sen mahdollistajana, että toimet tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteiden saavuttamiseksi voivat toteutua. Tämä edellyttää kykyä julkiselta hallinnolta johtaa yhteistyötä sekä osoittaa riittäviä resursseja yhteistyön rakenteisiin. Toimijoiden välinen yhteistyö edellyttää yhteisen tilannekuvan ja yhteisten tavoitteiden lisäksi yhteistyön resursseja ja rakenteita.

Yksi julkisen hallinnon tärkeistä tehtävistä on helpottaa keskustelua ja tukea yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Hallinnon edustajat tuovat myös oman alansa asiantuntijuuden panoksena keskusteluun. Yhteistyötä tukevissa rakenteissa suunnitellussa tulee siis myös kiinnittää huomiota siihen, että keskeisessä roolissa olevat hallinnon virkhenkilöt pystyvät osallistumaan keskusteluun joustavasti.

Eri toimijoiden jaettu näkemys tilannekuvasta ja yhteisistä tavoitteista muodostaa vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan lähtökohdan

Teknologisen kehityksen läpimurrot ja innovaatiot syntyvät hajautetusti eri toimijoiden puolesta ja verkostoissa. Teknologiakehittäjät ja tutkimustoimijat rakentavat aikaisemman tiedon ja oppien päälle etsiessään ratkaisuja tunnistamiinsa haasteisiin ja mahdollisuuksiin. Vaikuttavalle TKI-toiminnalle keskeistä on, että TKI-toimijat ja muut relevantit toimijat pääsevät hyötymään jaetusta tiedosta sekä monitieteisestä ja -puolisesta ymmärryksestä. Suomen kaltaisessa pienessä maassa, jossa resurssit ovat erittäin rajalliset, yksittäiset toimijat voivat saada aikaan laajempaa vaikuttavuutta toimimalla yhdessä. Panostukset nouseviin teknologioihin sisältävät aina riskejä, mutta ekosysteeminen toiminta ja yhteisesti valitut painopisteet auttavat lieventämään toimijoiden taakkaa.

Jatkuvasti muuttuvassa ympäristössä eri TKI-toimijat suuntaavat toimintaansa muodostamastaan tilannekuvastaan käsin parhaan arvionsa mukaan. TKI-toimijoiden sitouttaminen osaksi laajempaa yhteistä suuntaa edellyttää jaettua tilannekuvaa, joka ei rakennu vain yksittäisten toimijoiden ympäristöstä vaan ammentaa laajemmasta verkostosta. Vaikuttavan pitkän aikavälin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan lähtökohtana tulisi olla yhteinen ja jaettu näkemys tilannekuvasta ja pitkän aikavälin toivottavista lopputuloksista. Yhteinen suunta luo vakautta, jonka puitteissa TKI-toimijat voivat kohdentaa toimiaan ja investointejaan.

Julkinen hallinto voi toimia tässä mahdollistajana, varmistaen teknologiakehitykseen vaikuttavien toimijoiden yhteistyön fasilitoinnin, jossa yhteisesti tulkitut teknologiakehityksen painopisteet tukevat innovaatioekosysteemien vahvistamista ja muotoutumista. Samalla kun tutkimus- ja innovaatiopolitiikka on tapa

toimeenpanna valittua politiikan suuntaa, julkinen hallinto ei voi asettaa tavoitteita tai keinoja päästä niihin ylhäältä alaspäin. Sen sijaan, että TKI-toimijat toimisivat omista todellisuuksistaan käsin, julkinen hallinto voi edistää ymmärryksen rakentamista TKI-toimijoiden keskuudessa siitä, miten heidän toimintansa linkittyy laajempaan ekosysteemiin ja miten toimijat voivat itse saada enemmän arvoa yhteistyöstä. Jaettu tilannekuva ja pitkän aikavälin tavoitteet ehkäisevät toimien pirstaloitumista ja päällekkäistä toimintaa edistämällä synergioiden löytämistä ja yhteistyötä.

Yhteiset tavoitteet, mahdollisuudet ja haasteet on tunnistettava mahdollisimman tarkasti ennen kuin suunnitellaan jatkoaskeleita päämäärien saavuttamiseksi. Päämäärien ei tulisi olla puhtaasti ylhäältä ohjattuja, vaan niiden asettaminen ja toimeenpano on toteuttava osallistavasti. Poikkihallinnollinen, eli poliittiset siilot ylittävä tiedonkulkua vaatii itsessään rakenteiden luomista hallinnon sisällä. Kun tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa halutaan edistää ja tukea siten, että muidenkin tutkimus- ja innovaatiotoimintaan osallistuvien on mahdollista seurata politiikan ja hallinnon tekemien päätöksiä ja valintoja sekä syöttää asiantuntemustaan järjestelmään, on suunniteltava ja löydettävä toimintatapoja ja yhteistyön perusrakenteita, jotka paitsi tukevat hyvän hallinnon periaatteiden toteutumista, myös varmistavat että järjestelmä pysyy avoimena ja mahdollisimman laajasti eri toimijoiden hyödynnettävissä.

Julkisen hallinnon tehtävänä ja mandaattina on helpottaa keskustelua ja tukea yhteistyötä eri toimijoiden välillä. Hallinnon edustajat tuovat myös oman alansa asiantuntijuuden panoksena keskusteluun. Julkisen hallinnon roolitusta on siis keskeistä työstää tiedonkulkua ja yhteistyötä tukevien rakenteiden suunnittelu- vaiheessa huolellisesti myös siitä näkökulmasta, että se mahdollistaa keskeisissä roolissa olevien hallinnon virkahenkilöiden joustavan osallistumisen keskusteluun.

Julkinen hallinto johtaa monitasoista vuorovaikutusta teknologiakehityksen eri vaiheissa

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimet vaikuttavat eri toimijoihin eri tavalla. Näiden toimien vaikuttavuuden arviointi voi tapahtua ainoastaan ymmärtämällä eri sidosryhmien, teknologiakehittäjien, tutkimustoimijoiden, rahoittajien ja kansalaisten toimintaympäristöä. Tämä edellyttää paitsi selkeää tiedottamista ja viestintää myös matalan kynnyksen osallistumismahdollisuuksien varmistamista.

Jotta tiedonkulkua ja yhteistyötä voidaan tukea, on tärkeää yhdistää riittävä ekosysteemin tilannekuva, eli käsitys eri toimijoiden välisistä rakenteista ja keskeisistä toimijoista, sekä tämän tilannekuvan riittävän säännöllinen päivitys. Näin varmistetaan, että myös muilla kuin vakiintuneilla toimijoilla on mahdollisuus päästä

osallistumaan ja vaikuttamaan keskusteluun sekä tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan oman asiantuntijuutensa voimin. Vakauden ja muutoksen vuoropuheluun liittyy samaan aikaan kysymys tiedonkulun ja yhteistyön infrastruktuurista ja normeista. Siinä, missä läpinäkyvyys, tunnettuus ja vakiintuneisuus toimintatapojen ja normien suhteen tukee ennustettavuutta, tiedon kumuloitumista ja yhteistyön sujuvuutta, se voi muodostua suljetun sisäpiirin hallitsemaksi järjestelmäksi, jonka prosesseihin sisään pääsemiseen vaaditaan kokemattomalta huomattavia ponnistuksia. Riskinä ilmeisen vallan keskittymisen lisäksi on hyödynnettävän asiantuntijuuden köyhtyminen. Toisaalta ad hoc -ratkaisuihin ja liikaan vaihtelevuuteen, lähes pelkkään hankkeistamiseen ja vakiintuneisiin verkostoihin perustuvat toimintatavat ja heikko järjestäytyneisyys kasvattavat lyhytjänteisyyden ja pitkän aikavälin päämäärien kadottamisen riskejä.

Julkisen hallinnon on pyrittävä tunnistamaan jo olemassa olevat innovaatiot ja osaaminen sekä mahdollistettava osajien välinen vuorovaikutus yhteiskunnallisten haasteiden ratkaisemiseksi. Sen sijaan, että julkisen hallinnon roolia vahvistettaisiin tavalla, joka vääristäisi markkinoita, on panostettava poikkitieteelliseen- ja sektoraaliseen yhteistyöhön ja osallistumiseen. Samalla kun julkisen hallinnon on sitouduttava yhteistyöhön kaikissa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan vaiheissa, joita ovat valmistelu, tavoitteenasetanta, päätöksenteko, suunnittelu ja valitun suunnan toimeenpano, on sen kiinnitettävä erityistä huomiota siihen, keitä yhteistyöhön osallistuu. Yhteistyöhön sitoutumisen on lähdettävä eri sidosryhmien omista motivaatioista ja siitä, miten he voivat ajaa siinä omia intressejään. Samalla korostuu vastuun merkitys siinä, että yhteistyö tuo esiin myös niiden toimijoiden kontribuution, joiden rooli teknologiakehityksessä ei ole perinteisesti ollut yhtä näkyvä. Tämä tarkoittaa sekä nousevien teknologia-alojen toimijoita, kuten startup-yrityksiä, että kansalaisten roolia, joiden vaikutusmahdollisuudet ovat perinteisesti rajoittuneet kuluttajan rooliin.

On kiinnitettävä myös huomiota siihen, että keskusteluun nostetaan tietoisesti mahdollisimman monipuolisesti erilaisia näkemyksiä ja uutta ajattelua teknologian yhteiskunnallisista vaikutuksista. Päätökset koskien sitä, keitä kuullaan osana tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valmistelua vaikuttavat keskeisesti. Teknologiamaisemaa hallitsevat vakiintuneet toimijat ja teknologiat, minkä vuoksi erityistä huomiota olisi kiinnitettävä nouseviin teknologioihin, aloihin ja sovelluksiin. Kattava kartoitus TKI-ekosysteemin toimijoista ja näiden välisistä vuorosuhteista sekä selkeät perustelut sille, mitä ääniä korostetaan, ovat tarpeen. On tärkeää varmistaa, että tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa kuullaan näkemyksiä, jotka olisivat vaarassa muutoin jäädä aliedustetuiksi, kuten niitä, jotka ymmärtävät teknologiapohjaisen kasvun kielteiset

vaikutukset ja sen teknologioiden vaikutuksia ihmisten elämään. Monitasoiseen vuorovaikutuslähestymistapaan sitoutumalla julkishallinnot voivat varmistaa, että tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa laaditaan moninäkömyksellisesti.

6.3.3 Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti

Varhainen ja pitkäjänteinen teknologiaennakointi varmistaa päivittyvän tietopohjan

Teknologiaennakoinnissa pyritään systemaattisesti tunnistamaan ja arvioimaan tulevaisuuden teknologista kehitystä, siihen vaikuttavia yhteiskunnallisia muutosvoimia ja teknologiakehityksen yhteiskunnallisia vaikutuksia, sekä kuvittelemaan vaihtoehtoisia tulevaisuuksia. Se on laajasti tunnistettu tavaksi vastata teknologiakehityksen epävarmuutta leimaavaan toimintaympäristöön ja mahdollisuuksien priorisoimiseen sekä niihin vastaamiseen. Laajemmin ennakointiin sisältyy myös osallistavia ja visiointiin liittyviä menetelmiä. Teknologiaennakointi alkoi saada tunnustusta ja kehittyä merkittäväksi alaksi erityisesti 1970-luvulla Japanin ja Yhdysvaltain julkishallinnossa ja teollisuuspolitiikassa. Esimerkiksi Yhdysvaltain kongressi perusti Office of Technology Assessment (OTA) -toimiston vuonna 1972, joka pyrki tunnistamaan tulevia teknologioita ja tukemaan niiden kehittämistä. Euroopassa erilaiset teknologiaennakoinnin ohjelmat nousivat erityisesti 1990-luvulla vastauksena teknologisen muutoksen nopeuteen.²⁰⁵

Teknologiaennakoinnin merkitys vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle on tullut jatkuvasti näkyvämmäksi. Esimerkiksi viime vuosina osana Euroopan komission yhteisen tutkimuskeskuksen ja Euroopan innovaationeuvoston ANTICIPINNOV-projektia²⁰⁶ on toteutettu laaja 1000 signaalia kartoittanut ja 58 keskeistä trendiä tunnistanut toimintaympäristöanalyysi nousevista teknologioista ja disruptiivisista innovaatioista tavoitteena vastata teknologiakehitystä leimaavaan epävarmuuteen, epävarmuuteen ja arvaamattomuuteen.

205 Miles, I. (2010). The development of technology foresight: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(9), 1448–1456.

206 Dannemand Anderson, P., Bevolo, M., Ilevbare, I., Malliaraki, E., Popper, R. and Spaniol, M.J. (2023). *Technology Foresight for Public Funding of Innovation: Methods and Best Practices*. Vesnic Alujevic, L., Farinha, J. and Polvora, A. editor(s), Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2760/759692, JRC134544.

Teknologiaennakointi auttaa arvioimaan, miten uudet teknologiat ja innovaatiot voivat muuttaa nykyisiä toimintatapoja, liiketoimintaa, kilpailukykyä ja riskejä, ja ohjata tätä kehitystä tutkimus- ja innovaatiopoliittisin päätöksin. Suomessa tarvitaan entistä varhaisempaa, avointa ja luovaa teknologiaennakointia eri toimijoiden välillä, jotta uusien teknologioiden riskit ja mahdollisuudet voidaan ennakoita ja tunnistaa ajoissa sekä huomioida tehokkaasti. Tämä edellyttää kykyä vastata tutkimus- ja innovaatiopolitiikalla myös varhaisiin teknologisen kehityksen signaaleihin. Keskeistä onnistuneelle teknologiaennakoinnille on tavallista poliittista päätöksentekoa pidempi, jopa 10–30 vuoden aikajänne. Aikajänne tosin vaihtelee tilanteesta riippuen, sillä jotkin teknologian alat ovat ennalta-arvaamattomampia kuin toiset. Esimerkiksi fuusioenergian kehityksen kohdalla aikajänne on pidempi kuin aurinkopaneelien.

Kun tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteet on asetettu, teknologiaennakointi auttaa ehkäisemään epätarkoituksenmukaisia polkuriippuvuuksia ja keskittymistä liiallisesti sellaisiin teknologiakehityksen alueisiin, jotka on tunnistettu lupaavimmiksi yhdessä ajankohdassa. Teknologiaennakointi auttaa huomioimaan teknologiakehityksen ympäristön, sen, että teknologiat eivät kehity tyhjiössä vaan jatkuvassa vuorovaikutuksessa yhteiskunnallisten muutosten kanssa. Pitkän aikavälin tavoitteet asetetaan aina tilanteessa, jossa ei voida olla tietoisia niistä ulkopuolisista muutoksista, jotka vaikuttavat teknologiakehityksen muotoutumiseen ja uusien teknologioiden nousuun. Teknologiaennakointi onkin mahdollisuus rakentaa TKI-toimijoiden jaettua yhteisymmärrystä tulevaisuuden toivottavista kehityskuluista sekä osana niitä huomioitavista muutosvoimista.

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kontekstissa teknologiaennakoinnista voidaan erottaa useampi alapolku. Mahdollisuuksien kannalta se sisältää nousevien teknologioiden varhaisen tunnistamisen esimerkiksi toimintaympäristön tarkastelun ja trendianalyysin keinoin. Lisäksi ennakointi on keskeinen työkalu arvioitaessa näiden nousevien teknologioiden yhteiskunnallisia vaikutuksia ja tämän perusteella investointien ohjaamisessa strategiavalintojen pohjalta. Toisaalta teknologiaennakointi kattaa myös uusien teknologioiden riskien arvioinnin ja niihin varautumisen. Esimerkiksi tekoälyn kohdalla eettinen arviointi ja riskiperusteinen sääntely ovat vakiintuneet Euroopan unionin lähestymistavoiksi, joiden tärkeys ainoastaan kasvaa nopeasti kehittyvän generatiivisen ja yleiskäyttöisen tekoälyn kohdalla. Toisekseen liittyen teknologiaennakointi voi auttaa myös niin sanottujen haitallisten lukkiutumis- (lock-in) vaikutusten välttämässä, joissa vakiintuneet teknologiat liiaksi rajaavat tulevaisuuden innovaatioita.

Teknologian lock-in vaikutukset

Teknologian lukkiutuminen (lock-in) viittaa tilanteeseen, jossa tietyn teknologia käyttö on niin vakiintunutta, että siitä irrottautuminen on vaikeaa, kallista tai käytännössä mahdotonta.²⁰⁷ Vanhentunut teknologia pysyy käytössä vahingollisiin seurauksiin, estäen uusien, kestävämpien teknologisten innovaatioiden kehityksen ja käyttöönoton. Tämä voi johtua pitkistä taloudellisista investoinneista, standardeista tai tietyn teknologian markkinadominanssista.

Ilmastonmuutosta voi pitää seurauksena teknologisesta lukkiutumisesta fossiilisten polttoaineiden käyttöön. Myös jotkin ilmastonmuutoksen ratkaisut, kuten ilmastonmuokkaustekniikat, voivat johtaa lukkiutumiseen niiden vaatiman infrastruktuurin ja pitkäkestoisuuden vuoksi.²⁰⁸ Pienemmässä mittakaavassa QWERTY-näppäimistöjen yleistyminen 1800-luvun lopusta asti niiden epäkäytännöllisyydestä huolimatta on esimerkki teknologisesta lukkiutumisesta.

Pyrkimys teknologianeutraliteettiin ja avoimuuteen voi auttaa välttämään lukkiutumistilanteita, mutta myös markkinaehtoinen kilpailu voi johtaa teknologian lukkiutumiseen. On kuitenkin huomionarvoista, että teknologian lukkiutuminen ei ole ainoastaan tekninen ongelma, jossa teknologia dominoi markkinoita muiden kustannuksella, vaan myös eettinen ongelma, joka vahingoittaa ja rajaa tulevien sukupolvien toimintamahdollisuuksia. Lisäksi teknologiseen lukkiutumiseen vaikuttaa vahvasti erilaisten instituutioiden kehitys.²⁰⁹ Näiden lukkiutumisriskien huomiointi on erityisen tärkeää, kun tekoälystä on tulossa osa yhteiskunnallista infrastruktuuria, josta monet palvelut ovat riippuvaisia.²¹⁰

207 Foxon, T. J. (2013). Technological lock-in. *Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics*, 1, 123–127.

208 Cairns, R. C. (2014). Climate geoengineering: issues of path-dependence and socio-technical lock-in. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(5), 649–661.

209 Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12), 817–830. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(00)00070-7)

210 Robbins, S., & van Wynsberghe, A. (2022). Our new artificial intelligence infrastructure: becoming locked into an unsustainable future. *Sustainability*, 14(8), 4829.

Yhteiskunnallinen näkökulma vahvistaa nousevien teknologioiden huomiointia

Teknologioita ei tule ajatella erillisinä saarekkeina, vaan on huomioitava miten ne kehittyvät rinnakkain ja vaikuttavat toisiinsa osana sosioteknisiä järjestelmiä. Keskustelu nousevista teknologioista on usein yksipuolisen teknologia- ja markkinakeskeistä, vaatien laajempaa sosioteknistä tieteen ja teknologian tutkimuksen (STS) monitieteistä lähestymistapaa.²¹¹ Tämä auttaa ymmärtämään, miten nousevien teknologioiden mahdollisuudet, vaikutukset yhteiskunnalliseen toimintaympäristöön sekä mahdolliset lock-in vaikutukset tulisi huomioida tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa.

On tärkeää tehdä strategisia valintoja ja panostuksia Suomen kannalta lupaavimmissa teknologioissa, mutta näiden valintojen on oltava hyvin perusteltuja. Tämä tarkoittaa riittäviä resursseja, koulutusta, kyvykkyyksien ja ennakoitaitojen kehittämistä julkiselta sektorilta. Parhaiten ennakoitikäytäntöjen ja menetelmien hyödyntäminen, kuten Delfoi-metodin, trendianalyysien, teknologiatiekarttojen, skenaarioiden ja tekoälyn hyödyntäminen on suositeltavaa.²¹² Myös osallistavat menetelmät, kuten spekulatiivinen suunnittelu ovat tärkeitä, sillä ennakointi edellyttää lisäksi TKI-toimijoiden kanssa yhdessä tehtävää ennakoivaa suunnittelua. Julkinen hallinnon on vaikea yksin saavuttaa riittävää tietopohjaa ja näkemystä nousevista teknologioista. Kansainvälinen ja eurooppalainen yhteistyö voi auttaa tässä ja parhaiden käytäntöjen jakamisessa. Koska tietoa näistä muutoksista on valtavasti saatavilla monista eri lähteistä, on varmistettava sellaisten prosessien olemassaolo, jotka tukevat ymmärrettävän kokonaiskuvan muodostumista.

Eriolaisten sidosryhmien, kuten julkisen hallinnon, yritysten, tutkimuslaitosten, korkeakoulujen ja kansalaisyhteiskunnan välinen monitasoinen vuorovaikutus on keskeistä teknologisen kehityksen eri vaiheissa ja yhteiskunnallisten vaikutusten arvioinnissa. Osallistava lähestymistapa ja monenlaisten toimijoiden osallistuminen ennakointiin on tärkeää laajan tietopohjan ja legitimitetin rakentamiseksi sekä tiedon sisällyttämiseksi eri sidosryhmien työhön. Lisäksi tutkimus- ja innovaatiopoliittisen arvopohjan laajentamiseksi ja historiallis-kulttuurisen kontekstin huomiointiseksi eri ryhmien osallistuminen on tärkeää. Sidosryhmien osallistamisen on

211 Kts. esimerkiksi Selbst, A. D., Boyd, D., Friedler, S. A., Venkatasubramanian, S., & Vertesi, J. (2019). Fairness and abstraction in sociotechnical systems. In *Proceedings of the conference on fairness, accountability, and transparency* (pp. 59–68).

212 Dannemand Anderson, P., Bevolo, M., Ilevbare, I., Malliaraki, E., Popper, R. and Spaniol, M.J. (2023). *Technology Foresight for Public Funding of Innovation: Methods and Best Practices*. Vesnic Alujevic, L., Farinha, J. and Polvora, A. editor(s), Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2760/759692, JRC134544.

oltava laajaa ja huolellista. Erityisesti kansalaisten näkökulman sisällyttäminen teknologian yhteiskunnallisten vaikutusten ennakointiin keskusteluun on arvokasta liiallisen teknologia-keskeisyyden välttämiseksi.

Teknologioiden elinkaaren ymmärtäminen osana kaikkien sektoreiden politiikkaa, kuten teollisuuspolitiikkaa

Teknologiamuutosten eri yhteiskunnalliset vaikutukset on ymmärrettävä monipuolisesti, jotta niihin voidaan vastata ja hyödyt valjastaa käyttöön. Elinkaarinäkökulma auttaa arvioimaan, miten muutoksen merkittävimmät vaikutukset ajoittuvat läpi teknologioiden elinkaaren (suunnittelu, kehitys, käyttöönotto). Esimerkiksi edistyneet tekoälyjärjestelmät, kuten laajat kielimallit muuttavat yhteiskuntaa huomattavasti jo nyt. Tulevaisuudessa tulevat käyttöön entistä enemmän tekoälyä ja dataa hyödyntävät liikennevälineet, joiden tulee toimia turvallisesti osana liikennejärjestelmää. Keskeinen haaste on niin sanottu Collingridgen dilemma, jonka mukaan teknologian vaikutuksia ja riskejä on vaikea arvioida ennen kuin teknologia on jo laajasti käytössä yhteiskunnassa, mutta silloin sen hallitseminen on jo vaikeaa.²¹³

Yksi tapa vastata tähän epävarmuuteen ovat kokeilut. Nousevien teknologioiden hyödyntäminen edellyttää hallinnolta rohkeutta kokeiluihin. Kokeilukulttuuri on tapa ylittää jännite valtiojohtoisen ja markkinavetoisen lähestymistavan välillä, ja suunnata tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa kohti yhteiskunnallista muutosta. Kokeellisuus on iteratiivinen hallintoprosessi, joka koostuu: 1) keskeisten sidosryhmien välinen konsensus päämääristä; 2) kokeiluista, jotka perustuvat autonomiaan ja selkeään vastuuseen; sekä 3) vertaisoppimisesta ja iteroinnista.²¹⁴ Lisäksi käyttöönotto edellyttää viranomaisilta mahdollisuutta varmistua esimerkiksi turvallisuudesta, kun teknologioita hyödynnetään tuotteissa ja palveluissa. Simulointi on menettely, jota voidaan hyödyntää turvallisuuden esittämisessä.

Tärkeää on myös nähdä teknologiaennakointi ja nousevien teknologioiden huomiointi osana aktiivista teollisuuspolitiikkaa nykyisessä maailmantilanteessa ja kiristyneessä teknologiakilpailussa esimerkiksi valtioneuvoston suhteen. Teknologiaennakointi ja teollisuuspolitiikka on suunniteltava ja pantava täytäntöön keskenään johdonmukaisesti, sillä ne molemmat pyrkivät teknologiseen kilpailukykyyn ja talouskasvuun,

213 Collingridge, D. (1982). *The social control of technology*. New York: St. Martin's Press.

214 Formas. (2023). *Towards Experimentalist R&I Funding: How research and innovation funders can drive societal transformation in the 21st Century*. Demos Helsinki. ISBN 978-91-540-6198-3.

ollen saman kolikon kaksi puolta.²¹⁵ Esimerkiksi X-käyrä -lähestymistapaa²¹⁶ voidaan hyödyntää ymmärtämään ja tunnistamaan sopivan valtiollisen TKI-tukien tarjoamisessa eri vaiheessa teknologioiden elinkaarta (suunnittelu, kehitys, käyttöönotto) ja siirtymiä.

6.4 Yhteenveto

Tämä luku on kuvannut hankkeen kolmannen osatehtävän tuloksia, jossa jatkettiin aiempien osatehtävien tulosten analyysiä vuorovaikutuksellisin keinoin, muun muassa asiantuntijahaastattelujen ja työpajojen avulla. Osatehtävässä kartoitettiin yhteiskunnalliset muutospaineeet ja oleellimmat jännitteet, joita teknologiakehityksen tukemiseen liittyy. Analyysin tukemiseksi muodostettiin mm. kolme matriisia ja arkkityyppiä tavoista, joilla julkinen hallinto voi reagoida näihin jännitteisiin.

Tässä luvussa on kokonaisuudessaan tunnistettu kymmenen periaatetta vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ohjaamiseksi ja strategisten valintojen tekemiseksi kolmen eri päämäärän kehityksessä. Periaatteet selventävät, millaisia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintatapoja tarvitaan, kun teknologiakehitystä suunnataan tiettyihin yhteiskunnallisiin haasteisiin, silti pitäen kiinni teknologia-neutraliteetin ja markkinaehtoisuuden eduista. Tulosten perusteella kaikkien eri päämäärien yhteydessä tarvitaan laaja-alaista eri näkökulmien tarkastelua, yhteistyötä, jaettava tilannekuvaa ja yhteistä suuntaa vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toteutumiseksi. Kiihtyvä teknologiakehitys ja nousevat teknologiat edellyttävät, että tiedonvaihto on jatkuvaa, jotta teknologioiden elinkaaren eri vaiheen muutokset tuodaan näkyviksi ja niihin pystytään reagoimaan oikea-aikaisesti.

Samaan aikaan on oltava rehellinen sen edessä, että täyden konsensuksen saavuttaminen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnasta, painotuksista ja resurssivalinnoista (osaaminen, infrastruktuuri, tutkimusrahoitus, sääntely) TKI-toimijoiden kesken on mahdotonta. Siksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimeenpanon lähtökohtana on tunnustettava, että emme voi ennalta varmasti tietää parhaita toimintatapoja kohti tavoitteita. Valintojen tulee olla läpinäkyviä ja selkeästi perusteltuja, jotta niistä voidaan käydä avointa keskustelua ja niihin voidaan tarvittaessa palata. Toimijoiden näkökulmasta legitimi tutkimus- ja innovaatiopolitiikka edellyttää siis

215 Pietrobelli, C., & Puppato, F. (2016). Technology foresight and industrial strategy. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 117–125.

216 Hebinck et al. (2022). An actionable understanding of societal transitions: the X-curve framework. *Sustainability science*, 17(3), 1009–1021.

rohkeutta kokeilla erilaisia toimintatapoja ja sitoutumista niistä oppimiseen. Lähtökohtana tulisi olla riittävä konsensus ja yhteisymmärrys nykytilanteesta sekä itse tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteista, joita tulisi olla valmis myös tarkistamaan uuden tiedon valossa.

Taulukko 12. Päämäärät ja periaatteet vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle.

Päämäärä	Periaatteet
1. Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi	<p>Strategisen yhteisymmärryksen rakentaminen läpinäkyvästi ja perustellusti toimii tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valintojen lähtökohtana</p> <p>Tunnistetaan ja määritetään yhdessä Suomelle lupaavimmat nousevat teknologiat kestävien kilpailuetujen pohjalta</p> <p>Säätelyä hyödynnetään pääasiassa lopputulosten ohjaamiseksi</p> <p>Jatkuva oppiminen kohdentaa uudelleen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan painopisteitä</p>
2. Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä	<p>Julkisen hallinnon rooli teknologiakehityksen edistäjänä on johtaa yhteistyötä eri sektorien välillä</p> <p>Eri toimijoiden jaettu näkemys tilannekuvasta ja yhteisistä tavoitteista muodostaa vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan lähtökohdan</p> <p>Julkinen hallinto johtaa monitasoista vuorovaikutusta teknologiakehityksen eri vaiheissa</p>
3. Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti	<p>Varhainen ja pitkäjänteinen teknologiaennakointi varmistaa päivittyvän tietopohjan</p> <p>Yhteiskunnallinen näkökulma vahvistaa nousevien teknologioiden huomiointia</p> <p>Teknologioiden elinkaaren ymmärtäminen osana kaikkien sektoreiden politiikkaa, kuten teollisuuspolitiikkaa</p>

Tarkasteltaessa ehdotettuja päämääriä ja periaatteita teknologianeutraliteettin kolmea ulottuvuutta vasten (käsitelty luvussa 3) havaitaan tiettyjä samankaltaisuuksia. Eryteisesti teknologisen *monimuotoisuuden yhteiskunnalliset vaikutukset* korostuvat selkeästi. Ensimmäinen päämäärän mukaiset strategiavalinnat heijastuvat myös teknologianeutraliteetin mahdollistamaan teknologiseen monimuotoisuuteen ja sen

yhteiskunnallisiin vaikutuksiin. Myös kaksi muuta teknologianeutraliteetin ulottuvuutta, *teknologisen avoimuuden mahdollistajana* sekä *markkinan monimuotoisuuden ja markkinadynamiikan hyötyjen lisääjänä* heijastuvat asetetuissa päämäärissä. Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö eri tahojen välillä tukee markkinoiden monimuotoisuutta, kunhan taataan, että vuorovaikutus teknologiakehityksen eri vaiheissa ei ohjaudu ”voittajien valintaan”, vaan ylläpitää markkinadynamiikkaa, jossa korostuvat eri vaihtoehdot ja keinojen sijaan päämäärät teknologiavalinnoissa. Teknologianeutraliteetin eri ulottuvuudet kytkeytyvät myös nousevien teknologioiden tunnistamiseen ja huomiointiin vähentäen riskiä polkuriippuvuuksista, mikäli päivittyvää tietopohjaa hyödynnetään yhteiskunnan edun ja tavoitteiden mukaisten teknologioiden tunnistamiseen sekä eri teknologioiden elinkaaren arviointiin päätöksenteon tukena. Käytännössä nämä keskustelut voivat linkittyä esimerkiksi laajasti levinneiden teknologioiden korvaamiseen, kuten liikenteen sähköistymiseen liittyen: konkreettiset tavoitteet, sujuva tiedonkulku ja nousevien teknologioiden luotettava tunnistaminen auttavat ajoittamaan ja kohdentamaan poliittisia toimenpiteitä, jotka edistävät mahdollisimman tehokkaasti markkinavetoisia toimia liikenteen sähköistämiseksi.

7 Toimintamalli ja suositukset vaikuttavalle innovaatiopolitiikalle

Tässä luvussa esitellään aiemmassa luvussa esitettyjen periaatteiden pohjalta laadittu toimintamalli kansalliseksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintatavaksi. Hankkeen osatehtävässä 4 luotu toimintamalli perustuu hankkeen keskeisille opeille, joita on syvennetty hypoteesivetoisilla haastatteluilla virkamiehille sekä mallin yhteiskehittämisellä työpajoissa. Malli pyrkii tasapainoon avoimen teknologiatekijöiden, Suomen kilpailukyvyyn sekä sen välillä, että tutkimus- ja innovaatiopolitiittiset toimet kohdennetaan yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Toimintamalli pyrkii vastaamaan tärkeimpiin tunnistettuihin kehityskohteisiin ja määrittämään tarvittavat uudet toimintatavat.

Osuuden keskeiset tutkimuskysymykset ovat:

- Miten uusien ja nousevien teknologioiden tukemiseen liittyviä kansallisia toimintatapoja tulisi kehittää innovaatiotoiminnan ja vaikuttavuuden lisäämiseksi?
- Mitkä ovat tärkeimmät kehityskohteet ja tarvittavat uudet toimintatavat?
- Mikä on valtion rooli uusien teknologioiden mahdollisuuksien vaikuttavassa hyödyntämisissä eri hallinnonaloilla ja niiden kannusteet?
- Miten teknologioiden ajallinen kehitys ja julkisen sektorin erilainen rooli eri aloilla tulisi huomioida?
- Miten pystytään tukemaan rohkeita ja radikaaleja paradigman muutoksia tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa?
- Miten EU:n rahoitusohjelmat ja kumppanuudet tulisi huomioida? Entä yleiset EU:n ja muut kansainväliset kehityskulut?

Laajan sidosryhmäjoukon kanssa validoitu toimintamalli korostaa TKI-toimijoiden yhteistyötä, nousevien teknologioiden vaikutusten ennakoimista ja pitkäjänteistä päätöksentekoa T&K-panostuksista. Malli tukee strategisten valintojen tekemistä tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa ja vahvistaa Suomen valtionhallinnon edellytyksiä ohjata toimintaa vaikuttavasti.

7.1 Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan uudistamisen tausta

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toteuttamiseksi nähdään usein kaksi päävaihtoehtoa: markkinavetoinen tai valtiojohtoinen lähestymistapa.²¹⁷ Viimeaikainen tutkimus ja aiheesta käyty laajempi keskustelu kuitenkin osoittavat, että tällainen kahtiajako johtaa harhaan ja on pahimmillaan jopa vahingollista sellaisen tutkimus- ja innovaatiotoiminnan kehittymiselle, joka edistää Suomen kilpailukykyä, viireää siirtymää ja muita yhteiskunnallisia tavoitteita tukevaa teknologiakehitystä. Tiukasti markkinavetoisuuteen ja teknologianeutraliteettiin joustamattomana periaatteena tukeutuva politiikka ei tue riittävästi nousevien teknologia-alueiden syntymistä. Näin tapahtuu erityisesti silloin, kun markkinatoimijoilla ei ole riittävästi kannusteita investoida ja kehittää uusia teknologioita. Toisaalta, jos tutkimus- ja innovaatiopolitiikka painottaa liialti tiettyjä, lupaavimmiksi arvioituja teknologioita, saattavat nämä valitut painopisteet ajan myötä muuttua epätarkoituksenmukaisiksi maailmanmarkkinatilanteen, uusien nousevien teknologioiden ja muiden yhteiskunnallisten muutospainneiden myötä, mikä voi johtaa tilanteeseen, jossa julkisia investointeja kohdennetaan tehottomasti.

Vaikuttavassa tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa valtion rooli on luotsata pitkän aikavälin suuntaa kohti yhteiskunnallisesti tavoiteltavia lopputuloksia. Julkisen hallinnon tulisi valita painopisteitä, jotka luovat uskoa pitkän aikavälin suuntaan ja siten mahdollistavat TKI-toimijoiden pitkän aikavälin suunnittelun. Samalla tulisi pysyä avoimena tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnan uudelleenkohdentamiseen tarvittaessa uuden oppimisen sekä toimintaympäristön muutosten pohjalta. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimilla tarkoitetaan karkeasti seuraavia alueita:

- Rahoitus
- Sääntely
- Ohjelmat
- Yhteistyön rakenteet
- Osaaminen ja koulutus

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan vaikuttava ohjaaminen edellyttää siis valmiutta päivittää sitä tarpeen mukaan tietopohjan, kokeilujen ja teknologiaennakoinnin tuoman uuden tiedon myötä. Emme voi jättää huomioimatta niin kutsuttua Collingridge-dilemmaa, eli sitä, että emme tiedä vielä kehittyvien teknologioiden

217 Formas. (2023). *Towards Experimentalist R&I Funding: How research and innovation funders can drive societal transformation in the 21st Century*. Demos Helsinki. ISBN 978-91-540-6198-3..

yhteiskunnallisia vaikutuksista, mikä tekee niiden hallinnasta haastavaa.²¹⁸ Vaikka esimerkiksi missiolähtöinen innovaatiopolitiikka²¹⁹ voi auttaa suuntaamaan teknologiakehitystä tunnistettuihin yhteiskunnallisiin tavoitteisiin vastaamiseksi, synnyttävät nousevat teknologiat myös uusia yhteiskunnallisia mahdollisuuksia, haasteita ja riskejä. Tämä raportin aiempien osien perusteella Suomen kaltaisen pienen valtion innovaatiopolitiikan tulee olla kohdennettua, ja siihen kytkeytyy myös jatkuva ennakointi ja teknologioiden vaikutusten arviointi. Tämä mahdollistaa politiikan ketteryden sekä oikea-aikainen päätöksenteon ja valinnat suhteessa teknologiaan.

Suomessa on TKI-toimijoiden välistä sekä julkisiin instituutioihin kohdistuvaa luottamusta, mahdollisuudet yhteistyöhön²²⁰ sekä laajasti TKI-toimijoiden kesken jaettu ymmärrys siitä, että Suomen kokoisessa maassa globaalia vaikuttavuutta saadaan aikaan vain tekemällä ekosysteemisesti yhdessä.²²¹ Aikaisemmat kokemukset osoittavat, että tutkimustoimijoilla, teknologiakehittäjillä sekä teollisuustoimijoilla on motivaatiota olla mukana Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suuntaviivoja määrittävässä työssä. Viime vuosikymmeninä nämä aloitteet ovat kuitenkin jääneet agendan asettamisen tasolle, ilman strategista ja pitkäjänteistä toimeenpanoa.²²² Valtionhallinto ei ole siis ollut poikkihallinnollisesti sitoutunut koko Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamallin ylläpitoon ekosysteemilähtöisesti.

Seuraava toimintamalli on laadittu hankkeessa tehdyn selvityksen pohjalta, huomioiden tällä hetkellä käynnissä olevat tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kehityskulut. Samalla pyritään konkretisoimaan ja mallintamaan suomalaisten TKI-toimijoiden välisiä suhteita. Tarkoitus on kuvata prosessi, joka mahdollistaa strategisen valintojen tekemisen koko tutkimus- ja innovaatiopolitiikan elinkaaren läpi, huomioiden valtionhallinnon, yliopistojen, tutkimuslaitosten ja yritysten välisen yhteistyön. Hankkeen on pyritty yhdistämään jo tehtyihin institutionaalisiin uudistuksiin, kuten t&k-rahoituslakiin ja tutkimus- ja innovaationeuvoston uudistamiseen.

218 Collingridge, D. (1980). *The social control of technology*. Pinter.

219 Gronchi, I., Leppänen, J., Sarkia, K., Ahokas, J., Järvensivu, P., Salminen, V., & Uitto, H. (2023). *Missiovetoisuus uudistavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan aikakaudella: Strategisen toimeenpanon malli*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:33.

220 OECD (2021) *Targeting R&D intensity in Finnish innovation policy*.

221 Työ- ja elinkeinoministeriö. (2022). *Tekoäly 4.0 -ohjelma: Suomi kaksoisiirtymän suunnannäyttäjänä – Tekoäly 4.0 -ohjelman loppuraportti*. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:60. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164394/TEM_2022_60.pdf?sequence=4

222 Lemola, T. (2022). *TKI-arvioinnin vuosikymmenet – arviointeja arviointien perään*. Tieteessä tapahtuu 5/2022.

Luvussa 6.1 esiteltyjen muutospaineiden ja globaalien kriisien maailmassa perinteinen tutkimus- ja innovaatiopolitiikka on kohdannut enenevässä määrin haasteita. Finanssikriisi, ilmastonmuutos, koronaviruksen kriisi, Kiinan geopolittisen vallan kasvu ja Venäjän hyökkäyssota ovat kaikki kehityskulkuja, jotka korostavat tutkimus- ja innovaatiopolitiikan painoarvoa, mutta toisaalta haastavat sen uudistumaan.²²³ Uudessa geopolittisessä tilanteessa tutkimus- ja innovaatiopolitiikka yhdistyy teollisuuspoliittisiin toimiin ja kilpailuun 2000- ja 2010-lukujen suvantovaiheen jälkeen. Myös EU on lisännyt tutkimus- ja innovaatioinvestointejaan vastauksena Yhdysvalloille ja Kiinalle, mutta toisaalta protektionistinen teollisuuspolitiikka on nostanut päätään jopa EU-maiden välillä. Toisaalta tämä kehitys on positiivisessa mielessä yhdistänyt tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ja teknologiset ratkaisut ilmasto- ja kestävyysongelmiin. Sama kehityskulku näyttäytyy myös digitalisaatiossa, tekoälyssä ja teknologiapolitiikassa, esimerkiksi EU:n Digitaalisen vuosikymmenen politiikkaohjelmassa sekä Suomen kansallisessa Digikompassissa.

Tämä kehitys yhdistyy osaltaan transformatiivisen eli uudistavan innovaatiopolitiikan lähestymistapaan, joka on 2010-luvun mittaan nostanut päätään kansainvälisesti. Se haastaa perinteisen tutkimus- ja innovaatiotoiminnan ja huomioi teknologiat ja innovaatiot osana laajempia sosioteknisiä järjestelmiä, kuten liikenne- ja energiajärjestelmä. Uusien teknologioiden itsensä sijaan painopiste on siis sosioteknisten järjestelmien muuttamisessa sekä teknologisten että sosiaalisten innovaatioiden avulla kestävämpään suuntaan.^{224 225} Transformatiivinen innovaatiopolitiikka kiinnittää huomion polkuriippuvuuksiin, jotka liittyvät vallitsevaan teknologiaan, kuten fossiilisiin polttoaineisiin perustuvaan infrastruktuuriin, joka on syntynyt markkinaehtoisen kilpailun myötä pitkän ajan kuluessa. Vakiintuneen sosioteknisen järjestelmän rikkominen edellyttää radikaalien ja disruptiivisten innovaatioiden tukemista ja rahoittamista. Esimerkiksi EU-sääntelyssä datatalous ja digitalisaatio ovat edenneet suotuisasti ja TKI- sekä investointirahoitusta tarvitaan paitsi kilpailukykyyn parantamiseksi myös kansalaisten palvelujen ja uusien tuottavuutta ja turvallisuutta parantavien toimintamallien mahdollistamiseksi.

223 Alaja, A., & Lemola, T. (2023). Minnet menet tutkimus- ja innovaatiopolitiikka? Edistys-analyysit; No. 1/2023

224 Schot, J. & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), pages 1554–1567.

225 Geels, F. (2020). Micro-foundations of the multi-level perspective on socio-technical transitions: Developing a multi-dimensional model of agency through crossovers between social constructivism, evolutionary economics and neo-institutional theory.

Myös Suomessa on otettu merkittäviä askelia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan uudistamiseksi 2020-luvulla. Parlamentarisessa TKI-työryhmässä kaikki eduskunta-puolueet sitoutuivat tavoitteeseen nostaa tutkimus- ja kehittämisinvestoinnit 4 % bruttokansantuotteesta. Lisäksi Eduskunta hyväksyi lait valtion t&k-rahoituksesta ja verotuesta, jotka astuivat voimaan vuoden 2023 alussa. Laissa valtion tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksesta vuosina 2024–2030 säädetään tutkimus- ja kehittämisrahoituksen monivuotisesta suunnitelmasta seuraavalle kahdeksalle vuodelle. Suunnitelmassa esitetään TKI-järjestelmän nykytila, tavoitteet sekä tutkimus- ja kehittämisrahoituksen päälinjaukset. Myös tutkimus- ja innovaationeuvostoa on uudistettu vahvistamalla sen roolia ja tehtäviä. Todettakoon silti, että tutkimus- ja innovaatiopolitiikan perusta on suhteellisen muuttumaton, ja lukuun ottamatta julkista tutkimusrahoitusta TKI-rahoitus yhdistetään edelleen ensisijaisesti talouskasvun tavoitteluun.²²⁶

Näiden lähestymistapojen ohella myös missiolähtöinen innovaatiopolitiikka on noussut esiin monissa maissa ja EU-tasolla. Missiolähtöisyyden mukaan innovaatiopolitiikkaa voidaan järjestää yhteiskunnallisten tavoitteiden ja missioiden kautta, kuten historiallisesti presidentti John F. Kennedyn asettama kuumissio vuonna 1961.²²⁷ Näiden missioiden sivutuotteena voi syntyä paljon muita tärkeitä teknologioita, liittyen esimerkiksi mikrosiruihin ja tietokoneisiin, kuten kuumission kohdalla. Ylipäätään missiolähtöisyys korostaa julkisen sektorin roolia ja investointeja monien tärkeiden teknologioiden synnyssä. Esimerkiksi Internet ja GPS ovat molemmat Yhdysvaltain puolustusministeriön ja DARPA:n, eli julkisrahoitteisten toimijoiden synnyttämiä.

Missiolähtöisyys on omaksuttu osaksi EU:n tutkimus- ja innovaatio-ohjelmia, kuten Horisontti Eurooppaa, jonka viisi missiota liittyvät ilmastonmuutokseen sopeutumiseen, syöpään, merien ja vesien tilaan, hiilineutraaleihin kaupunkeihin ja maaperän laatuun. Missiolähtöistä innovaatiopolitiikka voi myös pitää yhtenä keinona purkaa teknologianeutraliteetin ja yhteiskunnan strategisten tavoitteiden välistä jännitettä. Missiolähtöisyyttä on tutkittu ja käsitelty enenevässä määrin osana myös Suomen innovaatiopolitiikkaa.²²⁸

226 Alaja, A., & Lemola, T. (2023). Minnet menet tutkimus- ja innovaatiopolitiikka? (Edistys-analyysit; No. 1/2023)

227 Mazzucato, M. (2021) Mission economy : a moonshot guide to changing capitalism.

228 Gronchi, I., Leppänen, J., Sarkia, K., Ahokas, J., Järvensivu, P., Salminen, V., & Uitto, H. (2023). Missiovetoisuus uudistavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan aikakaudella: Strategisen toimeenpanon malli. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:33.

Missiolähtöisyys perustuu ajatukselle, että julkinen hallinto kohtaa yhteiskunnallisia haasteita, joihin ei löydy valmiita ratkaisuja ja joiden ratkaisemiseen tarvitaan laajaa yhteistyötä.²²⁹ Yhteiskunnallisiin haasteisiin vastaavien yhteisten, selkeästi määriteltyjen missioiden avulla voidaan koordinoida innovaatiopolitiikkaa tavalla, joka ohjaa elinkeinoelämää, tutkimusta ja teknologiakehitystä tavoitteiden saavuttamiseksi määrittelemättä kuitenkaan keinoja tämän saavuttamiseksi. Missioiden valinta, määrittely ja priorisointi kokoavat yhteen erilaisia innovaatiopoliittisia toimia ja toimijoita mahdollistaen ylhäältä alaspäin suuntautuvan koordinaation, alhaalta ylöspäin tapahtuvan kehitystyön sekä käytännön kokeilujen yhdistämisen. Missiolähtöisyys tarjoaa yhden tavan ohjata ja johtaa monitoimijaista innovaatio-toimintaa ja uudistaa hallinnon toimintamalleja. Tavoitteena on määritellä yhteiskunnalliset tavoitteet ilman, että otetaan kantaa käytettäviin teknologioihin tai toteutuskeinoihin. Tämä mahdollistaa teknologianeutraalin sääntelyn, joka antaa tilaa alhaalta ylöspäin suuntautuville innovaatioille.

7.2 TKI-toimijoiden yhteistyö on keskeistä vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle

Keskeistä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan uudistamiselle ja vaikuttavuudelle on huomioida eri kansalliset tutkimus-, kehitys- ja innovaatiotoimijat ja niiden väliset suhteet. Seuraavassa alaluvussa esiteltävä kansallinen toimintamalli pyrkii kuvaamaan eri TKI-toimijoiden välisiä ideaaleja yhteistyösuhteita ja prosessia. Keskeistä toimintamallille on, että se nojaa osallistavaan yhteistyöhön koko TKI-toimijakentän kanssa, mikä myös vahvistaa tehtävien tutkimus- ja innovaatiopoliittisten valintojen ja panostusten legitimeyttä. Tärkeää on huomioida kuinka nousevat teknologiaosaamisalueet, vahvat osaamiskeskittymät ja kasvumahdollisuudet rakentuvat kaikki perustutkimuksen päälle ja muodostavat laajemman innovaatioekosysteemin yhteistyön kautta.²³⁰

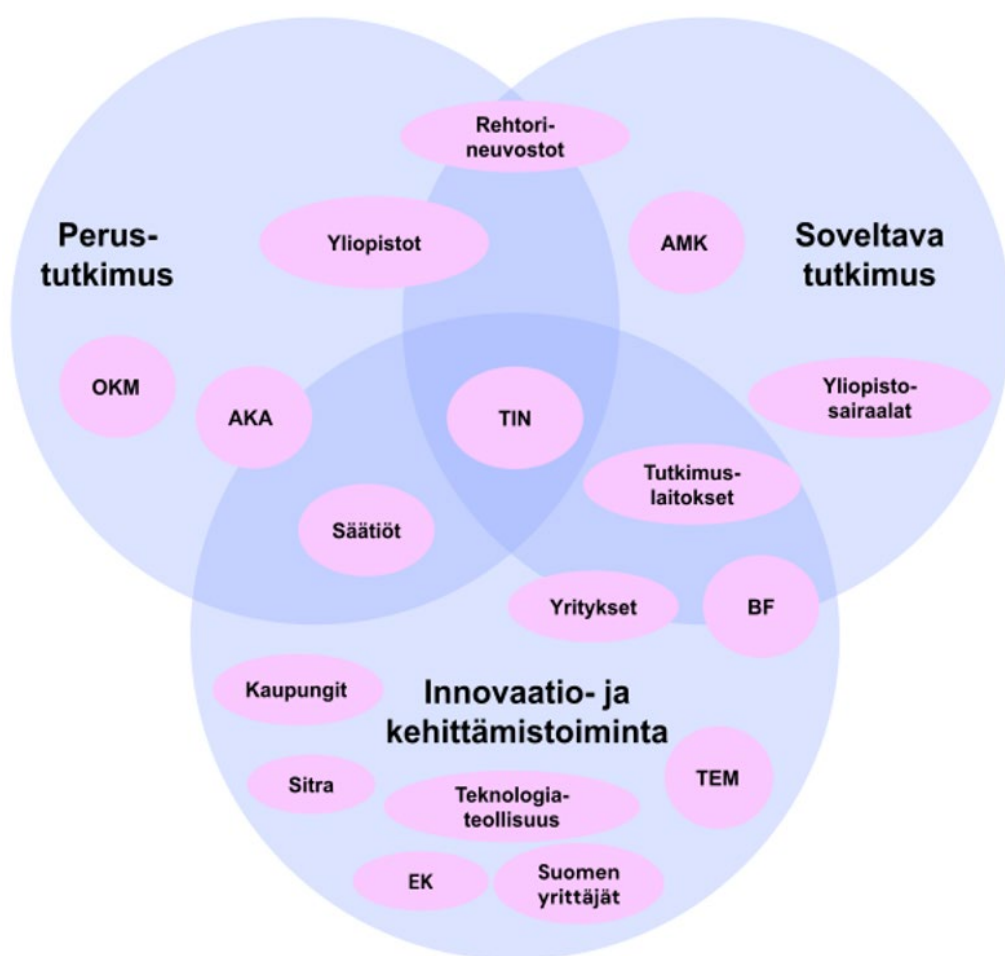
Lisäksi globaalit muutospaineet tarkoittavat, että EU:n ja kansainvälisen kontekstin huomioiminen on tärkeämpää kuin koskaan teknologiakehityksessä, sillä innovaatioekosysteemit eivät ole enää vain kansallisia vaan osa laajempaa maailmanlaajuista verkostoa. Esimerkiksi EU:n Horisontti Eurooppa -tutkimusrahoitusohjelman merkitys on kasvanut rajat ylittävän soveltavan tutkimuksen ja markkinoille

229 Mazzucato, M and Dibb, G. (2019). Missions: A beginner's guide. UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Policy Brief series (IIPP PB 09).

230 VTT. (2022). VTT:n visiopaperi: Lupaavimmat teknologiat.

suuntautuvien innovaatioiden kehittämisessä. Kansallisen tutkimus- ja innovaatio-toimintamallin on siis myös rohkaistava aktiiviseen osallistumiseen kansainvälisiin hankkeisiin ja yhteistyöhön, varmistaen näin suomalaisen tutkimuksen ja innovaatioiden globaali kilpailukyky.

Kuvio 17. Suuntaa antava yksinkertaistettu kuvaus Suomen TKI-toimijoista ja ekosysteemeistä toimintamallin mukaisesti.



Seuraavassa esitellään toimintamallin kannalta Suomen keskeisimpiä TKI-toimijoita. Suomen hallitus ja eduskunta käyttävät ylintä poliittista valtaa ja ohjaavat myös tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa esimerkiksi hallitusohjelmalinjausten kautta, mutta tässä listassa keskitymme erityisesti käytännön TKI-toimijoihin. Perinteisten TKI-toimijoiden lisäksi uudistava tutkimus- ja innovaatiopolitiikka edellyttää myös muiden relevanttien toimijoiden, kuten kaupunkien huomioimista.

1. Julkisen hallinnon toimijat

Tutkimus- ja innovaationeuvosto (TIN): Pääministerin johtama elin, joka yhteensovittaa ja tukee valtioneuvostoa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kehittämisessä Suomessa. TINia koskeva asetus uudistettiin syksyllä 2023, jonka myötä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan johtamista ja koordinaatiota vahvistettiin. TIN:n tehtäviä laajennettiin, kokoonpanoa uudistettiin ja valmisteluresursseja lisättiin säätämällä erillisestä sihteeristöstä.²³¹ Neuvosto laatii tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa koskevia aloitteita sekä yhteensovittaa ja seuraa T&K-rahoituslain ja monivuotisen T&K-rahoituksen suunnitelman toimeenpanoa.

Ministeriöt: Työ- ja elinkeinoministeriö (TEM) vastaa suuresta osasta innovaatiopolitiikkaa koskevista päätöksistä ja toimenpiteistä. Opetus- ja kulttuuriministeriö (OKM) vastaa korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten rahoituksesta ja ohjauksesta. Myös muut ministeriöt ovat mukana tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa omien toimialojensa näkökulmasta.

Parlamentaarinen TKI-seurantaryhmä: Edellisellä hallituskaudella vuosina 2021 ja 2022 asetettiin parlamentaariset TKI-työryhmät, jotka laativat kaksi raporttia, joista toinen oli kehyskautta pidempi T&K-rahoituksen suunnitelma. 29.2.2024 valtioneuvosto asetti parlamentaarisen TKI-seurantaryhmän seuraamaan kansallisen TKI-tavoitteen saavuttamista sekä tukemaan monivuotisen tutkimus- ja kehittämisrahoituksen suunnitelman toimeenpanoa.²³²

2. Tutkimustoimijat:

Korkeakoulut: Suomessa on 13 yliopistoa ja 22 ammattikorkeakoulua, jotka tekevät perus- ja soveltavaa tutkimusta sekä kouluttavat osaajia eri aloille. Myös yliopistolliset sairaalat ovat tärkeitä soveltavan tutkimuksen toimijoita lääketieteen alalla.

Rehtorineuvostot: Suomen yliopistojen rehtorineuvosto UNIFI ja Ammattikorkeakoulujen rehtorineuvosto ARENE ovat tärkeitä edunvalvojia korkeakoulujen puolesta ja määrittävät laajempia niiden laajempia TKI-suuntaviivoja. Molemmat osallistuvat esimerkiksi monivuotista T&K-rahoitussuunnitelmaa valmistelemaan työryhmään.

231 VNK. (5.10.2023). Valtioneuvosto uudisti tutkimus- ja innovaationeuvostoa koskevan asetuksen. <https://valtioneuvosto.fi/-/10616/valtioneuvosto-uudisti-tutkimus-ja-innovaationeuvostoa-koskevan-asetuksen>

232 Parlamentaarinen työryhmä seuraamaan kansallisen TKI-tavoitteen toteutumista. (Helmikuu 29, 2024). Valtioneuvosto. <https://valtioneuvosto.fi/-/10616/parlamentaarinen-tyoryhma-seuraamaan-kansallisen-tki-tavoitteen-toteutumista>

Tutkimuslaitokset: Valtion tutkimuslaitokset, kuten Teknologian tutkimuskeskus VTT, Suomen ympäristökeskus SYKE, Luonnonvarakeskus LUKE, Terveyden ja hyvinvoinnin laitos THL, Geologian tutkimuskeskus GTK ja Ilmatieteen laitos tekevät runsaasti soveltavaa tutkimusta ja tuottavat tietoa päätöksentekoon. Tulanet on näiden valtion tutkimuslaitosten yhteistyöfoorumi. Lisäksi Suomessa toimii yksityisiä tutkimuslaitoksia kuten Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos ETLA, Työn ja talouden tutkimus LABORE ja Pellervon taloustutkimus PTT.

3. Rahoittajat:

Business Finland: Business Finland on yritysten T&K- ja innovaatorahoituksen olennaisin toimija. Se tarjoaa yrityksille sekä avustus että lainamuotoista rahoitusta tutkimukseen, tuotekehitykseen ja kansainvälistymiseen. Business Finlandin ohjelmatoiminta keskittyy esimerkiksi 6G teknologiaan, datatalouteen, kiertotalouteen ja vähähiilisyden ratkaisuihin. Keskiössä rahoituksessa ovat laajempien ekosysteemien ja verkostojen rakentaminen, esimerkiksi veturiyritysten rahoittamisen kautta. Business Finland on käynnistänyt viisi missiota, joiden tehtävänä on kiihdyttää systeemistä muutosta ja auttaa ratkaisemaan suuria globaaleja haasteita. Missioiden tavoitteena on luoda arvoa yhteiskunnalle laajasti ja tunnistaa merkittäviä tulevaisuuden markkinamahdollisuuksia suomalaisille yrityksille.

Suomen Akatemia: Tutkimusrahoituksessa Suomen Akatemia ohjelmineen on keskeisessä roolissa. Se rahoittaa korkeatasoisia tutkimushankkeita eri tieteenaloilla ja tukee yksittäisten tutkijoiden urakehitystä. Suomen Akatemia myöntää rahoitusta vuosittain yli 400 miljoonaa euroa, josta suurin osa on kilpailtua rahoitusta. Akatemia on aktiivinen toimija kansallisissa ja kansainvälisissä tutkimusinfrastruktuureissa. Sen yhteydessä toimii Strategisen tutkimuksen neuvosto (STN), joka rahoittaa monitieteistä tutkimusta, jonka avulla etsitään konkreettisia ratkaisuja suomalaisen yhteiskunnan haasteisiin.

Euroopan unionin ohjelmat: Euroopan unionin puiteohjelmat, kuten Horisontti Eurooppa tarjoavat merkittävää rahoitusta monikansallisille tutkimus- ja innovaatiohankkeille. Horisontti Eurooppa jakautuu kolmeen pilariin, jotka rahoittavat korkeatasoista perustutkimusta, soveltavaa tutkimusta sekä innovaatiohankkeita Euroopan haasteisiin. Myös muut EU-ohjelmat, kuten Digitaalinen Eurooppa, InvestEU- ja CEF²³³ -ohjelma ovat tärkeitä T&K- ja innovaatorahoituksen lähteitä.

233 Connecting Europe Facility eli Verkkojen Eurooppa.

Muut: Pääomasijoitusyhtiöt Tesi ja Ilmastorahasto sekä lainoittaja Finnvera ovat tärkeässä roolissa yritysten kestävien innovaatioiden rahoittamisessa. Ne keskittyvät innovaatio- ja kaupallistamistoimintaan lainoittamalla ja tekemällä sijoituksia lähellä tuotekehitystä ja markkinoita oleviin teknologiayrityksiin.

4. Kolmas sektori ja säätiöt

Yhdistykset, säätiöt ja erilaiset kansalaisjärjestöt voivat edistää toiminnallaan tutkimusta ja innovaatioita. Esimerkiksi Suomalainen Tiedeakatemia, Suomen Tiedeseura, Tieteellisten seurain valtuuskunta (TSV) ja Teknillisten Tieteiden Akatemia osallistuva aktiivisesti tutkimus- ja innovaatiopoliittiseen keskusteluun.

Säätiöt: Yksityiset säätiöt, kuten Suomen Kulttuurirahasto ja Koneen Säätiö, tukevat tiedettä vuosittain lähes 300 miljoonalla eurolla. Ne tarjoavat rahoitusta ja apurahoja, jotka tukevat itsenäistä tutkimusta ja edistävät tieteen monimuotoisuutta, mikä on tärkeää uusien ideoiden ja innovaatioiden synnylle.

Kaupungit: Kaupungit luovat alustoja alueen yritysten, yliopistojen ja tutkimuslaitosten yhteistyölle, edistäen teknologian ja innovaatioiden kehitystä. Suomessa valtio on solminut ekosysteemisopimukset yliopistokaupunkien kanssa TKI-rahoituksen kohdentamiseksi kilpailukykyisten osaamiskeskittymien vahvistamiseksi, joissa eri toimijat täydentävät toisiaan. Alueellisesti maakuntaliitot ja hyvinvointialueet ovat myös tärkeitä TKI-toimijoita, esimerkiksi luomalla tiekarttoja.

Sitra: Suomen itsenäisyyden juhlarahasto eli Sitra sekä rahoittaa että toteuttaa omia TKI-hankkeitaan, jotka tukevat Suomen kilpailukykyä. TKI-toimijana se tavoittelee uusia innovaatioita ja käytäntöjä yhteiskunnallisiin haasteisiin yhteistyössä erisidosryhmien ja sektorien välillä. Sitra tukee aktiivisesti hankkeita ja verkostoja liittyen esimerkiksi datatalouteen, kestävyysratkaisuihin, kiertotalouteen ja ennakointiin, tarjoten asiantuntijatietoa tutkimus- ja innovaatiopoliittisen päätöksenteon tueksi.

5. Yritykset ja niiden edustajat:

Yritykset: Yritykset ovat tärkeitä TKI-toimijoita, sillä ne kattavat noin kaksi kolmasosaa tutkimus- ja kehittämistoiminnan menoista Suomessa.²³⁴ Yritykset hyödyntävät tutkimustuloksia ja teknologioita tuotekehityksessään, luoden siten taloudellista arvoa. Suuryrityksistä (esim. Wärtsilä, Nokia, Kone, Neste ja TietoEVRY) lähes puolet tekee T&K-toimintaa ja yli 500 henkilön yritykset muodostivat yritysten T&K-menoista 52 % vuonna 2020. Toimialoista elektroniikka, tietokoneet ja sähkölaitteet sekä informaatio ja viestintä kattavat lähes puolet yritysten T&K-menoista.²³⁵

Elinkeinoelämän järjestöt: Elinkeinoelämän järjestöt, kuten Elinkeinoelämän keskusliitto (EK), Teknologiateollisuus ry, Palvelualojen työnantajat PALTA ry ja Suomen Yrittäjät edustavat yksityisen sektorin ja työnantajien näkemystä tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan.

- Suomen suurimpana elinkeinoelämän etujärjestönä EK edustaa yritysten näkemystä tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa. Liitto korostaa yksityisten TKI-panostusten kannusteita julkisessa T&K-rahoituksessa sekä T&K-verokannustinta. EK myös edistää yritysten ja korkeakoulujen yhteistyötä, osaamisen kehittämistä ja työperäistä maahanmuuttoa.
- Teknologiateollisuus on Suomen johtava teollisuuden etujärjestö, edustaen noin 1 800 teknologiayritystä. Yksi Teknologiateollisuuden vaikuttamisalueista on TKI-politiikka ja se on ollut mm. tukemassa toimialojen laatimia vähähiilisyystiekarttoja. Teknologiateollisuuden rooli TKI-toimijana on investointien ja osaamisen kehittämisen tukemisessa, korostaen myös kansainvälistä ja EU-innovaatorahoitusta sekä vientiä.
- Maan suurin yrittäjäjärjestö Suomen Yrittäjät tukee yrittäjien TKI-toimintaa tarjoamalla verkostoja, koulutusta ja neuvontapalveluita. Suomen Yrittäjät myös vaikuttaa päätöksentekoon ja lainsäädäntöön edistääkseen yrittäjyyden ja pk-yritysten edellytyksiä ja innovaatioita Suomessa.

234 Tilastokeskus. <https://www.stat.fi/julkaisu/clmhjs4vmz9bm0avvv4jod5gc>

235 OKM. (2021). Kansallinen tutkimuksen, kehittämisen ja innovaatioiden päivitetty tielkartta.

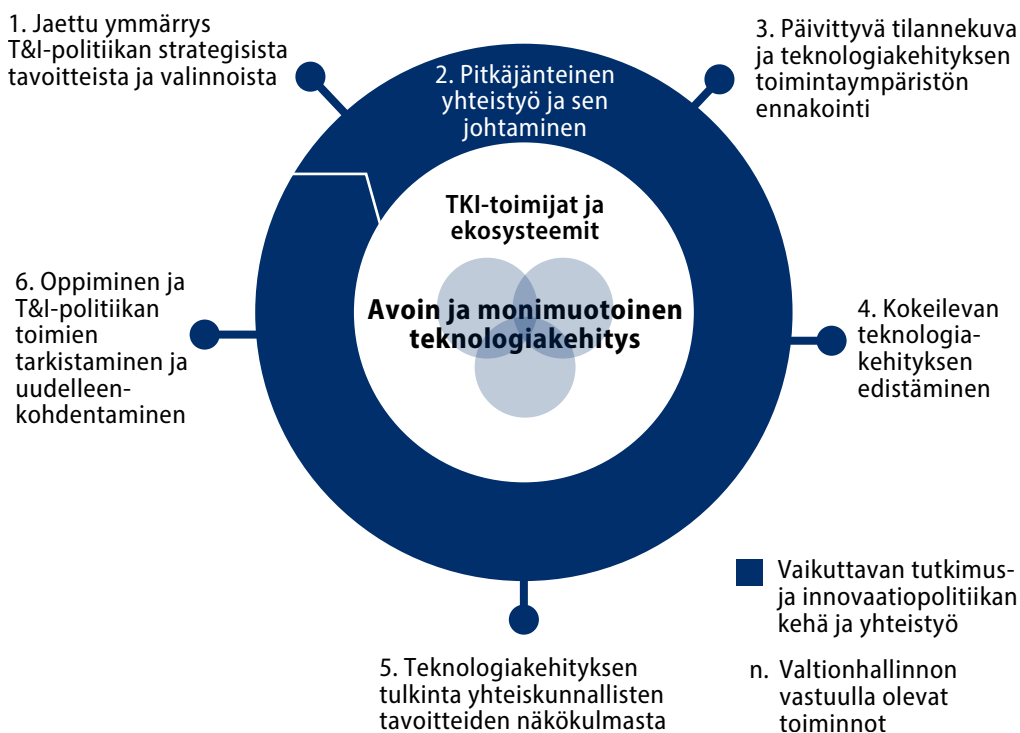
Seuraavassa esitetään kansallisen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamallin, joka koostuu kuudesta eri toiminnosta. Näissä eri toiminnoissa pyritään nimeämään keskeisiä toimijoita, joita tarvitaan vaikuttavaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ohjaamiseen. Vielä konkreettisemmin eri toimijoita nimetään tämän jälkeen suositus-osiossa, jotta varmistetaan toimintamallin käytäntöön vieminen.

7.3 Toimintamalli vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle

Luvussa 6 esiteltiin kolme vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan päämäärää: 1) yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi, 2) sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä sekä 3) nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti. Tässä luvussa esitellään tutkimuksen aikana laadittu kansallinen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamalli, joka tekee mahdolliseksi näiden päämäärien sekä niistä johdettujen periaatteiden mukaisen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnittelun ja toimeenpanon. Toimintamalli kuvaa TKI-toimijoiden välisiä suhteita ja ideaalia prosessia, jota edellytetään tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valinnoilta ja nousevien teknologioiden tukemiselta yhteiskunnallisten tavoitteiden mukaisesti.

Vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamalli on laadittu tutkimuksen keskeisen havainnon pohjalta: tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa ei tule ajatella vain tasapainotteluna markkina- ja valtiiovetoisen lähestymistavan välillä, vaan sen strategisten valintojen on rakennuttava jatkuvassa yhteistyössä Suomen TKI-ekosysteemin toimijoiden kanssa. Lisäksi on huomioitava ja ennakoitava sekä EU että ja kansainvälisen toimintaympäristön kehitys ja mahdollisuudet suhteessa valintoihin. Julkisen hallinnon tehtävänä on mahdollistaa tämä yhteistyö, määritellä jaettu suunta yhdessä TKI-ekosysteemin toimijoiden kanssa ja edistää suunnan mukaista toimintaa. Lisäksi sen roolina on varmistaa päivittyvän, ennakoivan tilannekuvan syntyminen sekä johtaa strategisten tutkimus- ja innovaatiopolitiittisten valintojen tekemistä. Vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamalli kuvaa siis prosessin millä tavoin teknologianeutraliteettia ei tulkita itseisarvoisesti, vaan kontekstisidonnaisesti riippuen, onko tarkoituksenmukaista edistää tulevaisuuden kestävästä lainsäädäntöä, markkinakilpailua, teknologioiden monimuotoisuutta tai epävarmuuden hillintää. Periaatteesta voidaan ajoittain poiketa ja tehdä yhteiskunnallisesti strategisia valintoja tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa. Prosessin eri vaiheet sisältävät kuvaukset rakenteista, toimista sekä keskeisten toimijoiden roolista sen täytäntöönpanemiseksi.

Kuvio 18. Vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamalli koostuen kuudesta eri toiminnosta.



1. Jaettu ymmärrys tutkimus- ja innovaatiopolitiikan strategisista tavoitteista ja valinnoista

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa painopisteen tulisi olla yhteiskunnallisesti toivottavissa päämäärissä, ei tarkoissa keinoissa tai teknologioissa. Tilanteissa, joissa yhteiskunnallisten tavoitteiden kannalta tärkeiden teknologia-alueiden kehitys ei pääse vauhtiin markkinaehtoisesti, tarvitaan niiden kohdennettua tukea ja teknologiakehityksen ohjausta. Keskeistä on varmistaa tällaisten teknologiavalintojen sekä laajempien, kasvualueita koskevien kansallisten strategisten valintojen laajasti koettu oikeutus TKI-toimijoiden kesken. Tähän tarvitaan yhteistä, suomalaisten TKI-toimijoiden välistä riittävää konsensuksen tasoa: ei vain kuuntelua, vaan aktiivisia keskusteluun ja valintojen valmisteluun osallistumisen paikkoja. Jaettu kansallinen suunta kohti yhteisesti ymmärrettyjä toivottavia päämääriä tukee tutkimus- ja innovaatiopoliittisten valintojen tekemistä ja yksityisten ja julkisten panosten kohdentamista. Yhteinen suunta ei välttämättä tarkoita täysin yhtenäistä näkemystä, vaan pikemminkin useiden eri näkemysten yhteensovittamista.

Tehtävä 1: Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan pitkän aikavälin yhteiskunnallisten tavoitteiden, kuten puhtaan siirtymän, turvallisuuden, terveyden ja hyvinvoinnin tunnistaminen yhdessä TKI-toimijoiden kanssa

On muodostettava yhteisymmärrys tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle relevanteista yhteiskunnallisista tavoitteista, jotta voidaan tehdä näitä palvelevia strategisia valintoja. Tavoitteet perustuvat hallitusohjelmaan, lainsäädäntöön, EU- ja kansallisiin strategioihin, ja muihin sitoumuksiin, esimerkiksi Suomen hiilineutraalisuus vuoteen 2035 mennessä. Tavoitteet voivat liittyä esimerkiksi vihreään siirtymään, terveyteen sekä datatalouteen ja digitalisaatioon, mutta niiden tarkastelussa on oltava myös kriittisiä varmistaen niiden todellisuusperusta globaalissa teknologiakilpailussa. Tavoitteiden tulkinta tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tarkoituksenmukaiseksi strategisiksi tavoitteiksi ei tule kuitenkaan tapahtua ylhäältä alas periaatteella. Hallinnollisen valmistelun tulisi olla alusta asti TKI-toimijoita laajasti mukaan ottavaa ja aidosti poikkiallinnollista. Tämä edellyttää jatkuvaa foorumia ja fasilitoitua kanssakäymistä konsensuksen muodostamiseksi TKI-toimijoiden välillä.

Tehtävä 2: Tavoitteiden kannalta tärkeiden ja lupaavimpien nousevien teknologioiden määrittely sekä strategisten valintojen valmistelu Suomen TKI-ekosysteemin toimijoiden kanssa yhteistyössä

Kun tavoitteista on yhteisymmärrys, on tunnistettava niiden kannalta Suomen lupaavimmat teknologia-alueet sekä kriittiset ja nousevat teknologiat sekä niiden väliset riippuvuussuhteet. Tämä mahdollistaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan strategiset valinnat tki-toimien suuntaamiseksi ja resursien kohdentamiseksi, jotka tukevat näitä teknologioita ja yhteiskunnallisia tavoitteita. Koska kaikkeen lupaavaan ei voida sijoittaa, on valintojen perustuttava tavoitteiden ohella myös Suomen olemassa olevaan kilpailuetuun (strateginen osaaminen, globaali kysyntä, tutkimus- ja digitaaliset infrastruktuurit, raaka-aineet ym). Näiden tunnistamiseksi voidaan tarkastella esimerkiksi vientitilastoja, lippulaivaohjelmia, TEM:n kasvuportfoliotyötä tai Business Finlandin ohjelmia. Myös painopisteiden määrittelyssä on tärkeää varmistaa TKI-toimijoiden laaja osallistuminen. Toimialaryhmiä ja -yhdistyksiä tulisi osallistaa laajemmin, sillä yhden edustajan on vaikea puhua useiden tuhansien yritysten puolesta. On tunnistettava, että valintojen tekeminen voi olla kiistanalaista ja herättää erimielisyyttä, ja siksi vaaditaan useiden eri näkemysten yhteensovittamista harkiten puntarivoivasti.

Tehtävä 3: Valtionhallinnon poikkihallinnollisen koordinaation vahvistaminen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimissa

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa on johdettava aktiivisesti ja määriteltävä Suomen strategia globaalissa teknologiakilpailussa. TKI-ohjelmien poikkihallinnollinen toteutus ja eri hallinnonalojen osallistuminen valmisteluun varmistettava, jotta innovaatiopolitiikka ei sirpaloidu. Erityisesti kriittisille teknologioille tarvitaan hallinnon yhteistä ja strategisesti pitkäjänteistä, johdonmukaista ja ennustettavaa ohjausta sekä riittävää resurssointia. Yhtenä esimerkkinä voi mainita kvanttiteknologiat, jotka vaativat kehittyäkseen kilpailukykyisesti sekä kansainvälisiä osaajia, koulutusohjelmia, infrastruktuuria, kauppapoliittista tukea että myös ennakoivaa vaikuttamista EU-tasolla. Edellytetään siis eri hallinnon yksiköiden koordinoitua valmistelua ja toimeenpanoa aina tutkimuksen rahoittamisesta kehitysrahoitukseen, yritysten rahoittamiseen, investointeihin sekä sääntelyyn.

Keskeisiä toimijoita: Tutkimus- ja innovaationeuvosto (TIN) valmistelee ja johtaa kansallisten strategisten valintojen prosessia, liittäen siihen kaikki ministeriöt hallinnonaloineen (erityisesti TEM ja OKM). Myös julkisina rahoittajina Business Finland ja Suomen Akatemia ohjelmineen ovat tärkeässä roolissa. Kaikkien keskeisten TKI-toimijoiden tulee olla mukana mahdollisimman varhaisessa vaiheessa sidosryhmäedustajien sekä etujärjestöjen kautta, kuten korkeakoulujen rehtorineuvostot UNIFI ja Arene, tutkimuslaitosten Tulanet, sekä elinkeinoelämästä Teknologiateollisuus ry, EK ja Suomen Yrittäjät.

Suhde teknologianeutraliteettiin: Strategisissa valinnoissa sekä teknologiavalmintoissa on huomioitava yhteiskunnalliset tavoitteet, lupaavimmat teknologiat ja Suomen kestävä kilpailuedut. Samalla on keskityttävä päämääriin keinojen suosimisen sijaan, noudattaen teknologianeutraaliteetin peruseriaatteita. Valtionhallinto ohjaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa, mutta valinnat tulee määritellä yhteisesti, sillä TKI-toimijoiden jaettu ymmärrys ja osallistuminen tukee teknologisten valintojen legitimeettiä sekä vaikuttaa näiden pitkän aikavälin suunnitteluun. Koska sekä nousevien teknologioiden että teknologianeutraliteetin käytännön merkityksen arviointi on usein monitulkintaista ja sisältää suuria epävarmuuksia, laaja-alainen yhteistyö ja tiedon jakaminen eri toimijoiden kesken nähdään erityisen tärkeänä ja perusteltuna. Strategiset tavoitteet ja valinnat heijastelevat teknologianeutraliteetin kolmatta näkökulmaa²³⁶, eli yhteiskunnallisia vaikutuksia.

236 Luvussa 3.3 esitetyt kolme näkökulmaa teknologianeutraliteettiin: 1) teknologisen avoimuuden mahdollistaja; 2) markkinoiden monimuotoisuuden ja markkinadynamiikan hyötyjen lisääjä; ja 3) teknologisen monimuotoisuuden vaikutukset yhteiskunnallisella tasolla.

Analyysi nykytilasta: Suomesta on puuttunut viime vuosina selkeä pidemmän aikavälin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan visio eikä jaettua ymmärrystä strategisista tavoitteista ja valinnoista ole ollut. Parlamentaarisen TKI-työryhmän työ, monivuotinen rahoitussuunnitelma sekä uusi tutkimus- ja innovaationeuvosto luovat tälle kuitenkin jatkossa huomattavasti vahvemmat edellytykset.

2. Pitkäjänteinen yhteistyö ja sen johtaminen

Julkisella hallinnolla on tärkeä rooli sektorit ylittävän yhteistyön mahdollistajana ja ylläpitäjänä kohti yhteiskunnallisesti toivottuja päämääriä. Teknologinen kehitys ja soveltaminen tapahtuu hajautetussa ympäristössä, mutta kuitenkin aina rakentuen suhteessa yhteiskuntaan ja olemassaolevaan tietoon. Suomea suurempaa kansainvälisesti vaikuttavampaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa voidaan saada aikaan kannustamalla TKI-toimijoita toimimaan yhteistyössä yhteisesti sovittujen päämäärien ympärillä, mikä mahdollistaa tehokkaamman tiedon, osaamisen, resurssien ja innovaatioiden jakamisen ja hyödyntämisen. Luomalla yhteisiä alustoja ja tukemalla ekosysteemien ja klustereiden syntymistä eri TKI-toimijat, kuten yliopistot, yritykset, tutkimuslaitokset, rahoittajat ja julkinen sektori löytävät toisensa paremmin.

Tehtävä 1: Ekosysteemien muodostumisen ja vahvistumisen tukeminen yhteisten tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteiden toteutukseen

Julkisen sektorin rooli on tukea strategisen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valintojen ja tavoitteiden toteutuksen pohjalle muodostuvia ekosysteemejä ja tutkimusinfrastruktuureja. Nämä mahdollistavat pitkäjänteisen yhteistyön ja tiedonvaihdon TKI-toimijoiden välillä kaikkia osapuolia hyödyttävien osaamiskeskittymien luomiseksi. Osallistumisesta on myös tehtävä houkuttelevaa pienille TKI-toimijoille esimerkiksi rahoituksen keinoin. Business Finlandin veturiyritysten ja -ekosysteemien haastelähtöistä rahoitusta voi pitää onnistuneena tapana lisätä isojen ja pienten yritysten välistä TKI-yhteistyötä. Valtiollinen tuki ja ohjaus yritysten väliseen yhteistyöhön on näin ollen tärkeää tutkimus- ja kehittämistoiminnan tuloksien avoimuuden lisäämiseksi. Myös julkisen sektorin virastot ja tutkimuslaitokset tarvitsevat resursseja yhteistyöhön osallistumiseen.

Tehtävä 2: Kansainvälisen yhteistyön ja mahdollisuuksien tukeminen

Kansainvälinen T&K-rahoitus ja yhteistyö avaavat suomalaisille toimijoille paljon mahdollisuuksia, mutta niitä ei hyödynnetä täysipainoisesti. Keskeinen haaste on osallistumiseen vaadittava vastinrahoitus ja TKI-toimijoiden kyky tunnistaa heille sopiva rahoitus. Hallitusohjelman tavoite Suomeen ohjautuvan EU:n T&K-rahoituksen kaksinkertaistamisesta on vaativa, mutta EU-hankkeiden 35 miljoonan euron kansallinen vastinrahoitus korkeakouluille ja valtion tutkimuslaitoksille tukee tätä osaltaan. Toisaalta tuki on rajattu ainoastaan julkisille toimijoille. EU-ohjelmat, kuten Horisontti Eurooppa, Digitaalinen Eurooppa-, InvestEU- ja Verkkojen Eurooppa-ohjelma (CEF) ovat tärkeitä T&K-rahoituslähteitä. Euroopan Innovaationeuvosto EIC vauhdittaa uusien innovaatioiden syntyä tarjoamalla rahoitusta nousevien teknologioiden kehittämiseen ja tutkimustulosten kaupallistamiseen. Puolustuksen ja turvallisuuden alalla Nato-yhteistyö avaa mahdollisuuksia esimerkiksi perustutkimuksen rahoitukseen (esim. DIANA ja NATOn innovaatorahasto) Euroopan puolustusrahaston lisäksi. Ylipäätään kansainvälistä tutkimus- ja teknologia-yhteistyötä voitaisiin vahvistaa sekä EU-yhteistyössä että esimerkiksi kahdenvälisin sopimuksin luotettavaksi katsottujen kumppanimaiden kanssa.

Tehtävä 3: Yhteistyön seurannan kytkeytyminen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimiin

Yhteistyön edistämisen ohella valtiovallan on myös seurattava ja validoitava syntyneitä tutkimus- ja kehittämissyhteistyötä sekä seurattava sen yhteiskunnallista vaikuttavuutta eri toimialoilla. Tämä voidaan toteuttaa esimerkiksi kvantifioimalla syntyneiden ekosysteemien, osaamiskeskittymien ja tutkimusinfrastruktuurin määrää, niihin osallistumista, käyttöä ja menestystä kansainvälisissä tutkimus- ja innovaatorahoitushauissa. Syytä on mitata ja seurata myös yhteistyön inklusiivisuutta ja osallistuvuutta, jotta pelkkien suuryritysten sijaan mukana olisi laajempi, edustavampi otos TKI-toimijoita. TKI-ekosysteemit luovat parhaimmillaan pitkäjänteisiä yhteistyön foorumeja, joiden havainnot mahdollistavat tutkimus- ja innovaatiopolitiikan päivittämisen.

Keskeisiä toimijoita: Verkostot ja ekosysteemit rakentuvat yksittäisten TKI-toimijoiden, kuten eri yritysten, kaupunkien, korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten väliselle yhteistyölle. Tutkimus- ja innovaationeuvosto ja ministeriöt hallinnonaloillaan voivat yhdessä rahoittajien kanssa rakentaa eri foorumeja ja rahoituskanavia (esimerkiksi Suomen Akatemian lippulaivaohjelma, CSC:n tutkimusinfrastruktuuri ja kaupunkien ekosysteemisopimukset), jotka tukevat TKI-toimijoiden välistä yhteistyötä ja ekosysteemien muodostumista pitkäjänteisesti.

Suhde teknologianeutraliteettiin: Valtion roolina on tukea avointa ja monipuolista teknologiakehitystä sekä mahdollistaa ja edesauttaa pitkäjänteistä yhteistyötä TKI-toimijoiden välillä. Yhteistyöstä nousevan tiedon seuraaminen on keskeistä, sillä valtio ei voi ilman sitä saavuttaa riittävää ymmärrystä TKI-toimijoiden toimintaympäristöstä. Teknologianeutraliteetin vaaliminen mitä todennäköisimmin ylläpitää markkinan monimuotoisuutta ja lisää sujuvalle markkinadynamiikalle tyypillisiä hyötyjä (toinen näkökulma, luku 3.3). Kohdennettuja valintoja, poikkialaista yhteistyötä ja sen pitkäjänteistä johtamista kuitenkin vaaditaan, mikäli halutaan saavuttaa kollektiivisia etuja tietyn osaamis- tai aihealueen ympärillä, esimerkiksi vihreään siirtymään liittyen. Eri osapuolten tulee voida keskittyä omiin vahvuuksiinsa (esimerkiksi yliopiston perustutkimukseen) ja toteuttaa näitä riittävän vapaasti, jotta mahdollistetaan avoimuus teknologiavalintojen osalta (vrt. ensimmäinen näkökulma, luku 3.3). Samalla eri toimijoiden välisen yhteistyön kautta erilaiset vahvuudet ja vaihtoehdot saadaan hyödynnettyä yhteisen tavoitteen edistämiseksi.

Analyysi nykytilasta: Suomessa on vahvat perinteet tiivistä ja toimivasta yhteistyöstä. Viime vuosina ei kuitenkaan ole ollut selkeää foorumia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan johtamiseksi kokonaisuutena. Uusi tutkimus- ja innovaationeuvosto tarjoaa jatkossa luontaisen foorumin strategisen tason yhteistyölle.

3. Päivittyvä tilannekuva ja teknologiakehityksen toimintaympäristön ennakointi

Päivittyvä, tietoon perustuva tilannekuva sekä ennakointi luovat pohjan tulevaisuussuuntautuneelle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle sekä positiivisten riskien ottamiselle. Tässä keskeistä ei ole ainoastaan tiedon saatavuus, vaan sen strateginen tulkinta sekä kytkentä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimien valmisteluun. Lupaavimpia teknologia-alueita koskevien strategisten valintojen tulee katsoa jo markkinoilla vakiintuneita teknologioita ja tunnistettua Suomen vahvuuksia pidemmälle. On ennakoitava tulevaisuuden kehityskulkuja sekä yhteiskunnallisessa toimintaympäristössä, taloudessa että teknologiassa. Jokaiseen teknologiseen investointiin sisältyy aina epävarmuustekijöitä sen tuottamista hyödyistä, mutta ennakointi voi hälventää näitä. Suomessa tehdään jo ennakointia kansainvälisesti katsottuna edistyksellisesti. Ennakoinnin merkityksen vahvistaminen osana tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa on tie siihen, että Suomi pysyy globaalisti kehityksessä askeleen edellä.

Tehtävä 1: Ennakointiekosysteemin ja -tiedon aktiivinen seuraaminen sekä kansallisesti että kansainvälisesti Suomen vahvuuksien tunnistamiseksi osana globaalia kehitystä

Ennakointi on tärkeää, jotta teknologisten ratkaisujen mahdollisuuksiin voidaan tarttua oikea-aikaisesti ja varhaisessa vaiheessa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimilla sekä reflektiivisellä sääntelyllä. Ymmärrys Suomen vahvuuksista ja heikkouksista nykytilanteessa toimii pohjana kansalliselle ennakointityölle. Tämän perusteella voidaan arvioida, millaisia muutoksia globaalit kehityskulut tarkoittavat Suomen asemalle: onko Suomi väliinputoaja, hyödyntäjä vai edelläkävijä teknologiassa? Strategisten tutkimus- ja innovaatiopoliittisten valintojen mahdollistamiseksi on pyrittävä ennakoimaan aloja, jotka tarvitsevat TKI-tukea sekä lyhyellä että pitkällä aikavälillä. Pienenä maana kansainvälisen ennakointitoiminnan seuraaminen on tärkeää ja tehokasta, sillä monessa maassa samat teknologiat korostuvat. Esimerkiksi Alankomaissa tehdään laadukasta kansallista teknologiaennakointia²³⁷, jonka tuloksia voidaan soveltaa myös Suomen kontekstissa. Myös EU:n ennakoitiverkosto sekä eri tutkimus- ja innovaatioverkostot ja kumppanuudet ovat tärkeitä.

Tehtävä 2: TKI-toimijoiden kyvykkyysien kasvattaminen teknologiaennakoinnin menetelmissä

TKI-toimijoiden ja erityisesti yritysten kykyä harjoittaa omaa ennakointitoimintaansa on tuettava, jotta ne voivat positioitua ennakoivasti teknologiakkehityksessä. Keskeistä on ottaa huomioon teknologioiden elinkaarinäkökulma ja maturiteettivaihe (TRL-taso²³⁸), jotta voidaan tunnistaa milloin niihin on kannattavaa panostaa. Ennakoinnin optimaalinen aikajänne vaihtelee siis teknologian mukaan. Tämä edellyttää TKI-toimijoiden osaamista teknologiaennakoinnin menetelmistä, kuten toimintaympäristö- ja trendianalyysistä, Delfoista, teknologiatiekartoista ja skenaariosta. Kyse ei kuitenkaan ole ainoastaan teknologiasta, vaan yhteiskunnallinen ja geopolitiittinen ulottuvuus ovat entistä tärkeämpiä tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ennakoinnissa. Ennakoinnin voi käsittää valtion toimintaympäristön ennakoinnin sekä TKI-toimijoiden teknologiaennakoinnin välisenä yhteistyönä. Julkisen hallinnon on myös varmistettava, että pk-yritysten valmiudet ja toimintaympäristö näkyvät tarpeeksi ennakoinnissa, paremman tiedonvaihdon ja riskien vähentämisen takia.

237 STT <https://stt.nl/nl/english-profile-publications>

238 TRL (Technology Readiness Levels) -asteikko on erityisesti EU:ssa käytetty menetelmä, jolla mitataan tekniikan kypsyyttä. Asteikon 9 tasoa kattavat koko innovaation kehittämisen konseptointivaiheesta laboratoriotesteihin ja kaupalliseen käyttöön.

Tehtävä 3: Valtionhallinnon ennakoitiverkostojen integroiminen osaksi teknologiaennakointia ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa sekä ennakoinnin systemaattinen jälkiarviointi

Ennakointitiedon ja kyvykkyyksien on tuettava kansallista strategista analyysia ja tutkimus- ja innovaatiopoliittista päätöksentekoa ollakseen hyödyllistä. Valtionhallinnon ennakoitiverkostojen (ministeriöiden ennakoitityöryhmä, VNK, kansallisen ennakoitiverkosto, Ennakointiluotsi, hallinnonalojen ennakoitityö oman toimialansa näkökulmasta ym.) tuominen lähemmäksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa olisi yksi ratkaisu tähän. Lisäksi ministeriöt voivat ohjata omalla hallinnonalallaan teknologiaennakoinnin ja TKI-tiedon tuotannon vahvistamista, kuten liikenne- ja viestintäministeriön hallinnonalalla on tehty. Nämä rakenteet ovat keskeisiä ennakoinnin jatkuvuudelle ja seurannalle. Ennakoinnin systemaattinen jälkiarviointi on tärkeää, johon ennakoinnin tulosten säännöllinen julkaiseminen auttaa.

Keskeisiä toimijoita: VTT on keskeisin teknologiaennakointiin keskittynyt toimija Suomessa. Myös Business Finlandin rahoitusohjelmissa tunnistetaan nousevia teknologioita, osaamista ja markkinamahdollisuuksia. Sitra on puolestaan aktiivinen strategisen ennakoinnin toimija, samoin kuin Turun yliopiston tulevaisuuden tutkimuskeskus. Valtionhallinnossa ennakoititoimijoita ovat esimerkiksi ministeriöiden hallinnonalan ennakointi- ja TKI-verkostot, ennakointiluotsi sekä kansallinen ennakoitiverkosto. Näiden toimijoiden välisen yhteistyön lisääminen olisi tärkeää.

Suhde teknologiaanrauteettiin: Markkinat saattavat tuottaa lock-in tilanteita, joissa suositaan jo vakiintuneita teknologioita ja toimijoita. Julkisen hallinnon on kohdennettava enakoivasti tukea infrastruktuureille mukaan lukien digitaaliset infrastruktuurit ja tulevaisuuden lupaavimmille teknologia-alueille ennen globaalin markkinakysynnän vakiintumista. Kyky ennakoida tulevaisuushorisonttia ja nousevia teknologiaalioiöitä on tässä keskeistä. Mikäli tilannekuvan pohjalta määritellään yhteiskunnallinen päämäärä, voidaan muodostaa keskitettyjä TKI-toimenpiteitä lyhyelle ja pitkälle aikajänteelle (kolmas näkökulma, luku 3.3). Toisaalta, mikäli tilannekuvaan sisältyy suurempaa epävarmuutta, on perusteltua pyrkiä lisäämään teknologista avoimuutta ja markkinoiden monimuotoisuutta (ensimmäinen ja toinen näkökulma, Luku 3.3).

Analyysi nykytilasta: Suomen julkisella sektorilla tehdään ennakointia kansainvälisesti katsottuna edistyksellisesti, mutta sen kytkentä päätöksentekoon on ollut verrattain ohutta.²³⁹ Lisäksi se on keskittynyt yleiseen toimintaympäristön seurantaan, tarkemman teknologiaennakoinnin sijaan. Läheisempi yhteistyö tutkimuslaitosten, yliopistojen ja yritysten kanssa voisi täydentää teknologian huomioimista ennakoinnissa.

4. Kokeileva teknologiakehitys

Teknologiset läpimurrot tapahtuvat useimmiten pitkäjänteisten kokeilujen kautta. Kokeilujen tukeminen on keskeistä teknologiakehitykselle ja innovaatiotoiminnalle, jotta toimivimmat ratkaisut löytyvät. Valtio voi tukea strategisempaa, kokeilevaa teknologiakehitystä mm. asettamalla raameja kokeiluille (haaste- ja tavoitelähtöiset kokeilut, haitallisten vaikutusten testaaminen, sääntelyn tarpeiden testaaminen) ja resursoimalla yhteiskäyttöisiä ja saavutettavia kokeiluympäristöjä ja -infrastruktuureja. Tämä mahdollistaa oppimisen jatkuvaan testaukseen perustuen. Samalla myös perustutkimuksen rahoituspohja on turvattava. Teknologian kehitys ei ole lineaarista: myös ensinäkemältä epäonnistuneet investoinnit voivat johtaa lupaavin löytöihin muualla. Siksi tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimilla, kuten kokeiluilla, tulee tukea riskinottoa. Tämä edellyttää perus- että kokeilurahoituksen pitkäjänteisyyttä ja joustavuutta.

Tehtävä 1: Kokeilurahoitus ja käytännön tuki teknologiakehittäjille

Kokeiluilla voidaan tukea riskinottoa ja innovaatioita kohti valittuja tutkimus- ja innovaatiopolitiikan päämääriä. Niiden toteutus tulisi tapahtua haaste- ja tavoitelähtöisesti esimerkiksi erilaisten pilottiohjelmien puitteissa. Kokeilurahoitusta voidaan kohdistaa Suomen kannalta lupaavimpiin teknologioihin, mutta sen tulisi pääsääntöisesti perustua toivottaville lopputuloksille, jättäen tarkat teknologiset ratkaisut niihin pääsemiseksi avoimeksi. Kokeilut vaativat uusia instrumentteja, kuten hackathoneja ja haastekilpailuja, sekä tukea keskeisiltä rahoittajilta, kuten Business Finlandilta, Suomen Akatemialta ja Sitralta. Myös Euroopan Innovaationeuvosto EIC:n haut tukevat disruptiivisia innovaatioita suuremmassa kokoluokassa. Kokeiluissa on huomioitava myös eri alojen aikajänteet. Teknologiset murrokset jalkautuvat aalloissa, ja eri vaiheet vaativat erilaisia kokeiluja, rahoitusta ja yhteistyötä. Tuotannossa investointisyklit ovat pitkiä fyysisten koneiden käyttöiän vuoksi, mutta digitaaliset innovaatiot tuotteissa ja palveluissa etenevät nopeasti.

239 OECD (2022) Anticipatory Innovation Governance Model in Finland Towards a New Way of Governing <https://doi.org/10.1787/22190414>

Tehtävä 2: Kokeilu- ja testausympäristöjen rakentaminen, resursointi ja saavutettavuuden laajentaminen sekä kokeilujen väliseen yhteistyön kannustaminen

Jotta teknologiset innovaatiot liittyen esimerkiksi tekoälyyn ja 6G-verkkoihin etenevät kokeiluvaiheesta eteenpäin, tarvitaan myös testausympäristöjä ja -infrastruktuureja. Kokeiluympäristöjen puitteissa voidaan testata teknologiakehityksen sovelluksia tutkimuksen rajapinnassa ilman tuloksellisuuden taakkaa. Ollakseen houkutteleva ympäristö TKI-investoinneille, Suomen on tarjottava kilpailukykyiset olosuhteet nousevien teknologioiden kehittämisessä tarvittavalle testi-, kokeilu-, tutkimus- ja innovaatioympäristöille, sekä TKI-yhteistyölle niiden ympärillä. Kokeilujen myötä nousevien teknologioiden mahdollisuuksia, riskejä ja sääntelytarpeita suhteessa yhteiskunnallisiin tavoitteisiin voidaan arvioida ja dokumentoida ennakoivasti. Sääntelyn hiekkalaatikkoja voidaan hyödyntää valituilla aloilla uusien teknologioiden kokeilemiseksi, niiden nopeammaksi käyttöönotoksi ja haitallisten vaikutusten minimoimiseksi valvotussa ympäristössä, hyödyttäen näin sekä yrityksiä että sääntelijöitä.

Tehtävä 3: Perustutkimuksen roolin turvaaminen teknologian kehityksessä

Kaikki teknologiset innovaatiot nojaavat perustutkimukseen, johon ei kohdistu vielä kaupallista kysyntää. Varsinkin teknologiakehityksen alkuvaiheessa tarvitaan vapaasti kilpailtua tutkimusrahoitusta ja tutkimusinfrastruktuureja, jotka mahdollistavat tutkijoiden ja yritysten välisen yhteistyön. Tämä vaatii kuitenkin julkisen rahoituksen pitkäjänteisyyttä. Esimerkkinä tästä voidaan pitää Suomen vahvuutta kvanttiteknologiassa, jonka taustalla on Suomen Akatemian myöntämät viisi perättäistä rahoitusta alan huippututkimukselle vuodesta 1995 alkaen. Korkeakoulujen koulutuksellisesta näkökulmasta on hyvä huomioida myös perusosaamisen tärkeys, jotta myös tuleviin teknologiamurrokseen pystytään vastaamaan. Suomessa on laadukasta tutkimusinfrastruktuuria, jota voitaisiin tulevaisuudessa tehdä laajemmin yritysten hyödynnettäväksi akateemisen tutkimuksen ulkopuolella.

Keskeisiä toimijoita: Yritykset, tutkimuslaitokset ja yliopistot ovat tärkeimpiä toimijoita itse teknologian kehittämisessä. Rahoittajat, kuten Business Finland, Suomen Akatemia ja Sitra voivat mahdollistaa kokeilevaa ja monimuotoista teknologiakehitystä erilaisilla rahoitusohjelmilla, liittyen esimerkiksi kokeiluympäristöihin ja tutkimusinfrastruktuuriin. Myös asianomaisilta ministeriöiltä, kuten OKM:ltä ja TEM:ltä vaaditaan ohjausta näihin toimenpiteisiin.

Suhde teknologianeutraliteettiin: Kokeilujen kohdentaminen toivottuihin lopputuloksiin mahdollistaa teknologian itsenäisen kehittämisen ilman keinojen liiallista rajausta. Kokeilulla voidaan tukea teknologian monimuotoisuutta (rinnakkaisia teknologioita, erilaisia sovellusalueita) ja uusien ratkaisujen löytymistä. Kokeileva teknologiakehitys istuu hyvin teknologisesti avoimeen suhtautumiseen (ensimmäinen näkökulma, luku 3.3). Samalla on syytä pitää mielessä laajemmat yhteiskunnalliset tavoitteet. Mikäli niiden puolesta tai tietty konteksti huomioiden havaitaan selkeää tarvetta ohjata kokeilevaa teknologiakehitystä tiettyyn suuntaan, tämä voi olla perusteltua teknologisen monimuotoisuuden tukemiseksi (kolmas näkökulma, Luku 3.3). Kokeilualustoja, esim. sääntelyn hiekkalaatikoita, tulisi mahdollisuuksien mukaan hyödyntää myös sääntelyn kokeilemiseen ja sitä tukevan tiedon keräämiseen varsinkin nousevien teknologioiden kohdalla, joiden nopea kehitys tekee sääntelystä haastavaa.

Analyysi nykytilasta: Suomessa ja EU:ssa on tarjolla melko paljon erilaista rahoitusta kokeilevalle teknologiakehitykselle. Rahoitusta on kohdennettu erilaisten ohjelmien kautta lupaaville teknologia-alueille, mutta rahoitusehdot kuitenkin mahdollistavat yleensä erilaisten teknologioiden kehittämisen ”teknologianeutraalisti”. Kokeilu- ja testausalustoja sekä sääntelyn hiekkalaatikoita olisi mahdollista hyödyntää Suomessa selvästi aktiivisemmin.

5. Teknologiakehityksen tulkinta yhteiskunnallisten tavoitteiden näkökulmasta

Teknologian kehitystä ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa on arvioitava niiden yhteiskunnallisten vaikutusten valossa eri mittarein. Jotta voidaan tulkita ja arvioida, miten innovaatiot ovat linjassa yhteiskunnallisten tavoitteiden kannalta, edellytetään myös parempaa tiedontuotantoa ja seuranta teknologian kehityksestä ja vaikutuksista. Näin voidaan kohdentaa tukea ja rahoitusta yhteiskunnallisten tarpeiden kannalta lupaavimmille teknologioille, huomioiden sekä Suomen kilpailukyky, että vastuullisuus teknologian kehityksessä.

Tehtävä 1: Tiedontuotanto ja mittarien asettaminen yhteiskunnallisten prioriteettien huomiointiin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan vaikuttavuuden arvioinnissa

Jotta yhteiskunnallisten tavoitteiden toteutumista tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valintojen myötä voidaan arvioida, on tiedontuotanto ja mittarien asettaminen niille tärkeää. Yhteiskunnallisten tavoitteiden onnistumista, kuten tekoälyjärjestelmien luotettavuutta, digitaalista suvereniteettia tai strategista autonomiaa ei voida typistää ainoastaan määrälliseen viennin ja tuotavuuden mittaamiseen. Sosiaalisen median negatiiviset ulkoisvaikutukset

mielenterveyteen ovat tästä yksi esimerkki.²⁴⁰ Yhteiskunnallisten vaikutusten arviointi vaatii siis uusien mittareiden luomista. Näitä voivat olla esimerkiksi teknologioiden aiheuttamat päästöt sekä digiosallisuus. Tämä vaatii myös laajempaa kansalaiskeskustelua teknologian toivottavasta käytöstä. Keskeistä on myös, kuka toteuttaa arvioinnin ja millä kriteereillä, jotta se olisi mahdollisimman puolueetonta.

Tehtävä 2: Lupaavimpien teknologia-alueiden jatkuva seuraaminen ja arviointi yhteiskunnallisen vaikuttavuuden näkökulmasta asianosaisen ministeriön ja virastojen toimesta

Edellisessä tehtävässä mainittu mittaristo mahdollistaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteiden kannalta relevanttien teknologia-alueiden seuraamisen ja arvioinnin aktiivisesti. Erityisesti asianomaisilla ministeriöillä ja virastoilla on asiassa keskeinen rooli. Teknologiakehityksen tulkinta yhteiskunnallisten tavoitteiden näkökulmasta on sektoriministeriöissä tärkeää mm. sääntelytarpeiden ja vaikutusten arvioinnin näkökulmasta. Yksittäisten teknologioiden lisäksi on tärkeää katsoa niitä kokonaisvaltaisesti. Esimerkiksi tekoälyn kehitystä voi olla vaikea erottaa erottaa datasta, suurteholaskennasta ja pilviteknologiasta. Arvioinnissa on huomioitava myös eri aikaperspektiivit pitkäjänteisen perustutkimuksen, lyhyen aikavälin markkinakehityksen, hallituskauden tutkimus- ja innovaatioprioriteettien sekä sääntelytarpeiden ennakoinnin välillä.

Tehtävä 3: TKI-tukien kohdentaminen nouseville teknologioille ekologisesti ja sosiaalisesti kestävästi

Edellä mainitun arvioinnin perusteella TKI-tukia voidaan kohdentaa tarkemmin nouseville teknologia-alueille. Tukien kriteereissä tulisi asettaa reunaehdotja ekologisesti ja sosiaalisesti kestävästä kansainvälisestä kilpailukyvyystä. Keskeistä on, miten yhteiskunnallisten vaikutusten arviointia todellisuudessa hyödynnetään osana valtionhallinnon päätöksentekoa ja tutkimus- ja innovaatioprioriteettien seuranta. Tämä vaatii tarkempia periaatteita ja käytäntöjä siitä, miten mittareita hyödynnetään ja tulkitaan sekä miten niistä johdetaan esimerkiksi teollisuuspoliittisia päätöksiä. Tärkeää on, että valtiollinen rahoitus luo jatkumon ja vivuttaa yksityisiä T&K-investointeja nousevien teknologioiden kehittämiseen ja kaupallistamiseen globaaleihin haasteisiin, ilman, että se korvaa näitä yksityisiä investointeja.

240 Karim, F., Oyewande, A. A., Abdalla, L. F., Ehsanullah, R. C., & Khan, S. (2020). Social Media Use and Its Connection to Mental Health: A Systematic review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.8627>

Keskeisiä toimijoita: Mittareiden käyttöönnotossa ja seuraamisessa asianomaisilla ministeriöillä ja virastoilla on keskeinen rooli, mukaan lukien rahoittajat, jotka seuraavat TKI-toimintaa. TINin tulisi koordinoida arviointitoimintaa sen yhtenäisyyden ja pitkäjänteisyyden takaamiseksi. Lisäksi yhdistysten, säätiöiden ja kansalaisjärjestöjen osallistuminen on tärkeää, kun määritellään ja arvioidaan yhteiskunnallisten tavoitteiden toteutumista tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa.

Suhde teknologianeutraliteettiin: TKI-tukien kohdentaminen tietyille teknologia-alueille voi ajoittain olla ristiriidassa teknologianeutraliteetin kanssa, mutta poikkeamien oikeuttamiseksi voidaan asettaa tarkempia mittareita ja tavoitteita, kuten Teknologianeuvottelukunnan viitekehyksessä on tehty.²⁴¹ Tärkeää, on, että strategiset teknologiavalinnat tehdään avoimesti ja johdonmukaisesti. Oleellista on tunnistaa tehtyjen valintojen vaikutukset laajemmalla tasolla ja varmistaa, että saavutetut tulokset edistävät asetettuja strategisia tavoitteita ja valintoja pitkäjänteisesti. Myös teknologianeutraliteetin vaikutuksia tulee arvioida laaja-alaisesti ja kontekstisidonnaisesti tekijät huomioiden, esimerkiksi teknologisen lukkiutumisen välttämiseksi (kolmas näkökulma, Luku 3.3). On tärkeä tunnistaa, millä hierarkiatasolla asetettu yhteiskunnallinen tavoite on: asetetaanko teknologiatehokkuuden tavoitteeksi energiantuotannon päästöjen vähentäminen vai aurinkopaneelien tuotannon parantaminen.

Analyysi nykytilasta: Teknologiatehokkuuden ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikan arviointi on keskittynyt Suomessa määrälliseen viennin ja tuottavuuden mittaamiseen, eikä niihin liittyviä ekologisia tai sosiaalisia kestävyystavoitteita seurata järjestelmällisesti. Vaaditaan laajempaa näkökulmaa ja uusien mekanismien kehittämistä teknologiatehokkuuden arviointiin yhteiskunnallisten tavoitteiden näkökulmasta.

6. Oppiminen ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimien uudelleenkohdentaminen

Julkisen hallinnon on perusteltava tehdyt strategiset tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valinnat avoimesti, pohjautuen uusimpaan saatavilla olevaan tietoon. Lisäksi keskeistä on valtion sitoutuminen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnan tarkistamiseen ja toimien uudelleenkohdentamiseen uuden tiedon ja kokemusten perusteella. Keskeisesti tilannekuvan ja oppien muodostumiseen vaikuttavat toimien vaikuttavuuden arviointi, Suomen ja globaalien TKI-kentän seuraaminen, teknologiaennakointi sekä fasilitoitu kanssakäyminen sidosryhmien kanssa.

241 Valtiovarainministeriö (2021). Suomen teknologiapolitiikka 2020-luvulla – Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. Teknologianeuvottelukunta. Valtiovarainministeriön julkaisu – 2021:30. ISBN: 978-952-367-692-3.

Tehtävä 1: Tehostettu tiedonvaihto ja vertaisoppiminen TKI-toimijoiden välillä

Oppiminen sekä tutkimus- ja innovaatiopoliittisten valintojen ja toimintatapojen kriittinen tarkastelu edellyttää TKI-toimijoiden yhteentuumista ja fasilitoitua tiedonvaihdamta. Jossain määrin tämä vertaisoppiminen tapahtuu olemassa olevissa ekosysteemeissä, mutta se edellyttää myös laajempia keskustelufoorumeja. Positiivista on, että TKI-rahoittajien välillä yhteistyö on jo tiivistynyt, esimerkiksi Suomen Akatemian rahoittamien lippulaivojen ja Business Finlandin veturihankkeiden kesken. Prosessin tulee olla kehittyvä, niin, että tutkimus- ja innovaatiopoliittisten tavoitteiden ja toimien arvioinnin perusteella toimintaa mukautetaan hyväksi todettuun suuntaan.

Tehtävä 2: Oppien tulkinta ja jakaminen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valmistelun ja toimeenpanon tueksi

TKI-toimijoiden oppien kokoamisen jälkeen vaaditaan niiden objektiivista analyysia sekä johtopäätösten ja tarvittavien toimien kirkastamista, jotta prosessi aidosti kehittyy. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa ja TKI-ohjelmia koordinoivien valtionhallinnon toimijoiden tulisi varmistaa prosessin riippumaton arviointi ja fasilitointi, jotta ymmärretään mikä strategisten valintojen määrittelyssä toimii. TKI-toimijoilta tulisi kysyä laajasti, mitä lisäarvoa ja tietoa prosessi on synnyttänyt tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valmistelulle. Eri sidosryhmien palutteen tuominen samaan pöytään mahdollistaa toiminnan kehittämisen. Analyysin tulokset on julkaistava ja niistä tulee viestiä relevanteille poliittisille tahoille. Tämä palvelee myös aikaista EU-vaikuttamista valtiontuki- ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa. Keskeistä on myös, että uusi tieto syöttäisi kotimaassa hallitusneuvotteluihin ja -ohjelmaan, esimerkiksi ministeriöiden toimesta.

Tehtävä 3: Sitoutuminen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan uudelleensuuntaamiseen oppien pohjalta

Tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa ja T&K-rahoitusta on kohdennettava uudestaan analyysin tuloksiin perustuen. Oletettavasti tämä vaatii sitoutumista ja koordinaatiota tutkimus- ja innovaationeuvostolta, jolla on keskeinen rooli valtioneuvoston tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kehittämisessä. Tärkeää uudelleenkohdentamisessa on T&K-rahoituksen monivuotisuus ja hallitussyökljen ylittäminen. T&K-rahoituksen kahdeksanvuotinen suunnitelma luo ennakoitavuutta, luottamusta ja johdonmukaisuutta tutkimus- ja innovaatiopoliittisiin painopisteisiin ja valintoihin. Keskeistä on myös, että rahoitusinstrumentit ovat joustavia, eivätkä liiaksi korvamerkittyjä, mikä

mahdollistaa resurssien kohdentamisen uudelleen. Laajoihin aloihin ja nousviin teknologioihin kohdistuvat temaattiset rahoitushaut ovat toivottavia, sikäli kun niissä ei määritellä yksittäisiä teknologioita. Näissäkin on huomioitava eri TKI-toimijoiden ja -rahoitusinstrumenttien aikajänteet.

Keskeisiä toimijoita: Vaaditaan eri TKI-toimijoiden, kuten korkeakoulujen, tutkimuslaitosten, yritysten, kaupunkien ja teknologiateollisuuden yhteentuomista ja vertaisoppimista, jotta saadaan kerättyä oppeja ja tuloksia strategisten valintojen prosessista. Näiden oppien tulkinnasta ja soveltamisesta vastaavat ministeriöt, kuten TEM ja OKM, mutta erityisesti tutkimus- ja innovaationeuvosto. TINia koskevan asetuksen uudistus ja sen uudet tehtävät liittyen kansallisiin T&K-toiminnan ja rahoituksen strategiavalintoihin mahdollistavat vahvemman TKI- ja teknologiapoliitiikan johtamisen.

Suhde teknologianeutraliteettiin: TKI-toimijoiden on voitava luottaa siihen, että tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa päivitetään parasta saatavilla olevaa tilannekuvaa ja tulevaisuustietoa vasten. Tiettyihin teknologioihin ei lukkiuduta, vaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa seurataan teknologista kehitystä ja sen ennusteita säännöllisesti. Tämä mahdollistaa strategisille valinnoille perustuvan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnan päivittämisen ja resurssien uudelleenkohdentamisen, kuitenkin toimialojen tarpeet sekä osallistumisen kannalta tärkeän jatkuvuuden huomioiden. Lähestymistapa noudattaa laajasti teknologianeutraliteettiin yhdistettyjä näkökulmia ja ihanteita (ensimmäinen näkökulma, Luku 3.3), mutta toisaalta nojaa vahvasti markkinamekanismeihin tietyn päämäärän saavuttamiseksi (toinen näkökulma, Luku 3.3). Siten on huolehdittava, että toimijat sitoutuvat aktiivisesti yhteistyössä tapahtuvaan tiedon, tilannekuvan ja kokemusten jakamiseen yhteisen päämäärän eteen.

Analyysi nykytilasta: Suomessa on tehty moninaisia TKI-arviointeja vuosikymmeniä, mutta niissä ei ole kyetty muodostamaan kokonaiskuvaa Suomen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimivuudesta.²⁴² Arviointi ja oppiminen on ollut fragmentoitunutta, ja kärsinyt hallituskausien ja ministeriöiden välisistä siiloista. Prosessin tulisi olla kehittyvä, niin, että TKI-toiminnan riippumattoman arviointi todella vaikuttaa strategiaan valintoihin. Parhaimmillaan uusi tutkimus- ja innovaationeuvosto voi tarjota alustan jatkuvalla arvioinnille ja oppimiselle strategisten valintojen tueksi.

242 Lemola, T. (2022). TKI-arvioinnin vuosikymmenet – arviointeja arviointien perään. Tieteessä tapahtuu 5/2022.

Edellä esitetty vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamalli korostaa pitkäjänteistä yhteistyötä ja oppien perusteella T&K-painotusten päivittämistä. Hallituskauden neljän vuoden aikajänne on tutkimus- ja innovaatiopolitiikan näkökulmasta lyhyt, ja voi heikentää tutkimus- ja innovaatiopolitiikan pitkäjänteisyyttä ja vaikuttavuutta. Tämä näkyy myös sinällään laadukkaissa tutkimus- ja innovaatiostrategia- ja ohjelmatoissa, joiden toimeenpano ja seuranta jää vähemmälle huomiolle yhteisen pidemmän aikavälin agendan puuttuessa. Johdonmukaisuus edellyttää visio-toimeenpano-arviointi -akselin vahvistamista niin, että strategiat myös johtavat konkreettiseen toimintaan ja esitettyihin muutoksiin. Vaaditaan siis ylihallituskautista tutkimus- ja innovaatiopoliittista ohjausta. Julkisen hallinnon näkökulmasta tämä tarkoittaa vähintäänkin parempaa tilannekuvaa suunnitteilla ja käynnissä olevista tutkimus- ja innovaatiopolitiikan aloitteista, hankkeista ja niiden seurannasta, sekä tehtyjen valintojen perusteluja, jotta tilannekuva voi siirtyä seuraavalle hallitukselle. Tässä suhteessa esimerkiksi nyt laadittava kahdeksanvuotinen suunnitelma T&K-rahoituksesta on tervetullut. Nyt esitetty toimintamalli pyrkii edistämään toiminnan pitkäjänteisyyttä, jatkuvuutta ja toimintaympäristön ennustettavuutta korostamalla teknologiaennakointia, luoden näin paremmat olosuhteet kestäville TKI-investoinneille Suomessa yritysten näkökulmasta.

Seuraavaksi esittelemme toimenpidesuosituksen toimintamallin hyödynnettävyyteen ja toteuttamiseen. Toimintamalli kuvaa yleisempää vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan mallia, kun taas toimenpidesuosituksen ottavat tarkemmin kantaa toivottaviin muutoksiin ja vastuutoimijoihin.

8 Toimenpidesuosituksset ja johtopäätökset

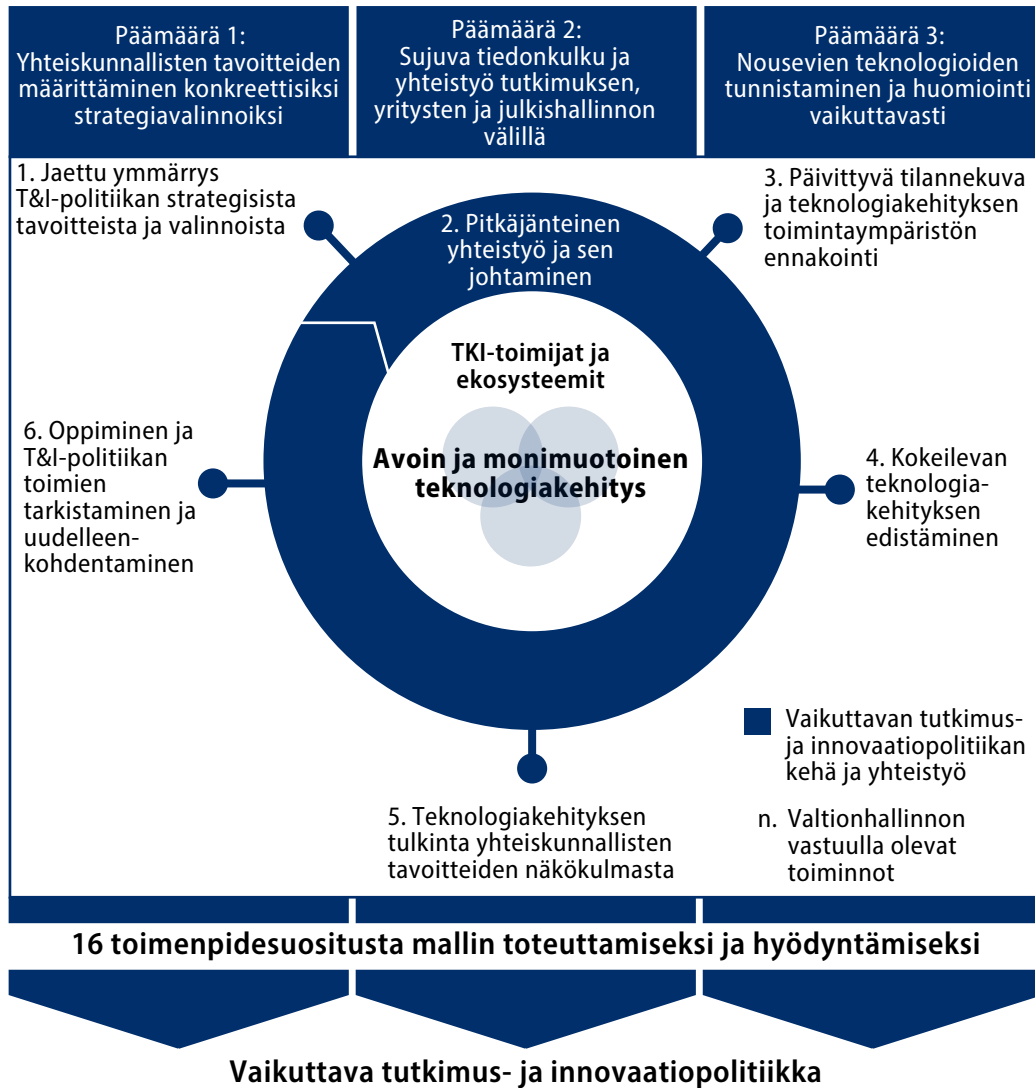
Tämä luku esittelee hankkeen toimenpidesuosituksset, joissa esitetään konkreettisia muutoksia ja parannuksia nykyjärjestelmään edellä esitetyn toimintamallin toteuttamiseksi. Lisäksi vedämme lyhyesti yhteen aiempien lukujen keskeiset tulokset ja johtopäätökset.

8.1 Toimenpidesuosituksset vaikuttavaan tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan

Toimenpidesuosituksset tarjoavat konkreettisia ehdotuksia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamallin toteuttamiseen. Suositukset konkretisoivat aiemmin esitettyjä kolmea vaikuttavan innovaatiopolitiikan päämäärää ja kymmentä niitä ohjaavaa periaatetta, joihin toimintamalli perustuu (luku 6). Toimenpidesuosituksset ovat toimintamallin eri toimintoja läpileikkaavia ja ne on esitetty aiemmin esiteltyjen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kolmen päämäärän mukaisesti. Suositukset keskittyvät tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamallin toteuttavuuteen tunnistamalla sen toimeenpanolle keskeiset toimijat, toimenpiteet, instrumentit, instituutiot ja ohjelmat. Toimenpidesuosituksset on laadittu valtioneuvoston ja julkisen hallinnon näkökulmasta ja keskittyvät erityisesti näiden rooliin ja tehtäviin, mutta ne koskettavat läheisesti myös muita keskeisiä sidosryhmiä, erityisesti yrityksiä, yliopistoja ja tutkimuslaitoksia.

Kuvio 19. Hankkeen tuloksena syntyneet vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimenpidesuosituksen (luvussa 8), toimintamalli (luvussa 7), päämäärät ja periaatteet (luvussa 6).

3 päämäärää ja 10 niitä ohjaavaa periaatetta



Vaikka osaamis- ja koulutustaso on keskeinen osa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan onnistumista, ei niihin tämän raportin suosituksissa oteta kantaa, sillä tämä selvityshanke on keskittynyt ensisijaisesti teknologianeutraaliteetti-periaatteen tulkintaan ja sen vaikutuksiin valtion strategisissa tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valinnoissa.

Päämäärä 1: Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi

1. **Vahvistetaan tutkimus- ja innovaationeuvoston (TIN) kykyä muodostaa strategista kokonaiskuvaa hyödyntäen kaikkien hallinnonalojen osaamista tutkimus- ja innovaatiopolitiikasta neuvoston valmistelun tietopohjaisuuden ja strategisen ennakkoinnin varmistamiseksi.** Edistetään tiedon ja ennakkoinnin kytkeytymistä tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan laatimalla säännöllisesti strategista synteesiä nykyisin hajanaisista tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tieto- ja ennakointilähteistä. TIN:n sihteeristö kartoittaa laajasti olemassaolevaa kansallista ja kansainvälistä arviointi-, selvitys- ja ennakointitietoa tutkimus- ja innovaatiopolitiikasta poikkisektoraalisessa yhteistyössä ja yhdessä eri hallinnonalojen kanssa. Tämän pohjalta laaditaan tiiviit tausta-aineistot sekä esitykset neuvoston käsittelyyn: strateginen synteesi tarkoittaa siis laajaa olemassaolevan tiedon kartoitusta ja tiivistä tulkintaa neuvostolle relevantilla tavalla. Tämä tukee neuvoston ymmärrystä Suomen asemasta tulevaisuuden globaalissa toimintaympäristössä sekä aloitteiden tekemistä strategisista valinnoista. Osana strategisen synteesin muodostamista ollaan tiiviissä vuorovaikutuksessa suomalaisten ennakointitiedon tuottajien ja asiantuntijoiden kanssa, kuten teknologiaennakkoinnin toimijat (VTT, Business Finland, Sitra, Tulevaisuuden tutkimuskeskus) kansallinen ennakointiverkosto, ministeriöiden yhteinen ennakointityöryhmä sekä osaamisen ennakointifoorumi.

Toimintamallin toiminnot: 1, 3, 5 ja 6

2. **Määritellään Suomen strategiset tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valinnat ensisijaisesti globaalien haasteiden luoman kysynnän sekä toisaalta kansallisten kilpailuetujen pohjalta ottaen huomioon esimerkiksi digitalisaatioon²⁴³ ja vihreään siirtymään liittyvät strategiat.** Globaalit muutosvoimat, kuten kiihtyvä ilmastonmuutos, digitalisaatio, datatalous sekä geopoliittinen tilanne kasvattavat odotuksia teknologiakehityksen tarjoamille ratkaisuille. Jotta Suomi pääsee osaksi tätä arvonluontia, tarvitaan pitkän aikavälin suunnitelma ja hajautettua toimeenpanoa näistä muutospaineista kumpuavaan tarpeeseen ja kysyntään vastaamiseksi. Yksi tapa toimeenpanna strategisia valintoja mahdollisimman avoimesti on missioiden kautta, jolloin julkinen hallinto voi suunnata ja johtaa yhteistoimintaa jättäen silti vapauden toimijoille valita oikeat keinot ja teknologiat. Globaaleihin yhteiskunnallisiin haasteisiin perustuvat strategiset valinnat takaavat kehitettäville teknologioille kysyntää myös kansainvälisesti. Esimerkiksi puolustuksen, terveyden ja hyvinvoinnin sekä digivihreän siirtymän aloilla tämä voi tarkoittaa seuraavaa:
- a. Laatumalla puolustusta, Naton teknologiayhteistyötä (STO, DIANA, innovaatorahasto) ja EDF:ää koskeva tutkimus- ja investointisuunnitelma keskeisenä osana tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa nykyisessä maailmantilanteessa PLM:n johdolla.
 - b. Panostamalla terveysteknologiaan ja viemällä Finndatan oppeja eurooppalaiseen terveysdata-avaruuteen (EHDS) osana terveys- ja hyvinvointialan TKI-ohjelmaa hallitusohjelman mukaisesti STM:n edistämänä.
 - c. Tarttumalla digivihreän siirtymän mahdollisuuksiin panostamalla esimerkiksi vetyenergian, vihreän teräksen ja sähköistymisen ekosysteemeihin, sekä varmistamalla rahoitus Digitaalisen kompassin toimille ja vaikuttamalla aktiivisesti eri rahoitusohjelmien (Horisontti Eurooppa, DEP, CEF) ohjelmakomiteoissa (BF, AKA, VM, TEM, OKM, LVM, YM, SM).

Toimintamallin toiminnot: 1 ja 5

243 Valtioneuvosto (2023). Suomen etenemissuunnitelma: EU:n Digitaalinen vuosikymmen 2030 -politiikkaohjelma. Valtioneuvoston julkaisu 2023:75. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165322>

3. **Kehitetään tavoite-, haaste- ja missiolähtöisiä rahoitusohjelmia strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi ja osaamiskeskittymien sekä ekosysteemien syntymisen ja vahvistumisen edistämiseksi.**

Vaikka tutkimus-yritys-yhteistyö on ollut yksi Suomen TKI-toiminnan vahvuuksista, viimeisen kymmenen vuoden aikana se on heikentynyt huomattavasti.²⁴⁴ Rahoitusmallit, jotka kannustavat moninaisesti eri TKI-toimijoita yhteistyöhön ja kumppanuuksiin, auttavat luomaan toimintaympäristöä, jossa syntyy teollisuutta ja yhteiskuntaa uudistavia radikaaleja innovaatioita. Niiden avulla voidaan myös saavuttaa yhteiskunnallisia strategisia tavoitteita ja ratkaista monimutkaisia haasteita yhteistyön avulla.²⁴⁵ Ne antavat myös tilaa teknologiamonimuotoisuudelle. Business Finlandin kumppanuusrahoitus veturi- ja haastajayrityksille ja Suomen Akatemian lippulaivat ovat hyviä esimerkkejä tällaisista kumppanuusmallin mukaisista rahoitusinstrumenteista, joita tulisi vahvistaa. Myös Strategisen tutkimuksen neuvoston rahoitus (STN) on tärkeä ja vaikuttavaksi arvioitu tutkimusinstrumentti yhteiskunnallisten haasteiden ratkaisemisen, mutta voisi hyötyä laajemmasta yritysosallistumisesta.

Toimintamallin toiminnot: 2 ja 4

4. **Varmistetaan mahdollisimman riippumaton tutkimus- ja innovaatiopolitiikan arviointiprosessi kehittämällä uusia mittareita yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi sekä sitoudutaan tarkistamaan strategisia valintoja uudelleen jatkuvan arvioinnin perusteella.** Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan jatkuvasti päivittyvä tietopohja varmistetaan syntentisoimalla tietoa, perustuen ennakoititietoon, tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimien jälkiarviointiin, TKI-toimijoiden kuulemiseen sekä teknologioiden yhteiskunnallisten vaikutusten arviointiin. Tämä vaatii yhteistä omistajuutta ainakin TINin, keskeisten ministeriöiden ja rahoittajien toimesta. Jotta voidaan edistää tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ja strategisten valintojen arvioinnin riippumattomuutta, tulee asettaa tavoitekohtaiset mittarit. Tällaisia mittareita voivat olla esimerkiksi

244 Koski, I., Suominen A. & Hyytinen K. (2021). Selvitys tutkimus-yritys -yhteistyöstä 2021. Vaikuttavuussäätiö.

245 Missiovetoisuus uudistavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan aikakaudella: Strategisen toimeenpanon malli. VN Teas-raportti 2023:33 <https://tietokayttoon.fi/-/suomen-missioehtoisen-innovaatiopolitiikan-kulmakivet-fimo->

teknologioiden aiheuttamat päästöt ja digiosallisuus. Arviointi tulisi toteuttaa neutraalin toimijan, kuten esimerkiksi OECD:n toimesta.

Toimintamallin toiminnot: 5 ja 6

5. **Edistetään uuden tiedon varhaista hyödyntämistä kansallisesti (esim. hallitusneuvottelut) ja varhaisen vaiheen vaikuttamista valtiontuki-, tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa EU-tasolla aikaisempien oppien perusteella.** Osana tutkimus- ja innovaatiopolitiikan säännöllistä arviointia on varmistettava, että saadut opit tulevat laajasti jaetuksi, ymmärretyksi ja toiminallistetuksi. Tärkeää on varmistaa oppien vaikutus päätöksentekoon Suomessa, mutta yhtälailla myös EU-tasolla (esimerkiksi STEP-ohjelma). Suomen strategiset teknologiavalinnat on huomioitava myös osana ulkopoliittikkaa ja diplomatiaa suhteessa kumppanimaihin. Uudet nousevat arvoketjut globaalisti edellyttävät Suomelta proaktiivisuutta EU:n ja kansainvälisissä tutkimus-, innovaatio- ja teollisuuspolitiikan foorumeilla. Suomen on tärkeää pyrkiä myötävaikuttamaan seuraavan EU:n tutkimuksen puiteohjelman (FP10) merkittävään lisärahoitukseen aikaisessa vaiheessa, ennen sen alkamista vuonna 2028.

Toimintamallin toiminnot: 6

Päämäärä 2: Sujuva tiedonkulku sekä yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä

6. **Varmistetaan kyky koordinoida valtionhallinnon poikkihallinnollista ja ylihallituskautista yhteistyötä tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa esimerkiksi tutkimus- ja innovaationeuvoston ja parlamentaarisen TKI-seurantaryhmän yhteistyötä vahvistamalla.** Poikkihallinnollinen tiedonvaihto tukee kansallisten tutkimus ja innovaatiopolitiikan strategisten valintojen tekemistä ylihallituskautisesti ja niihin kytkeytyvien toimien uudelleenkohdentamista tarvittaessa. TIN kytkee yhteen valmisteluun valintojen kannalta olennaiset ministeriöt ja muut relevantit toimijat vuorovaikutteisesti ja iteratiivisesti. Yhteistyön koordinoinnissa ja pitkäjänteisten tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ohjelmien luonnissa tulee tunnistaa ja hyödyntää jo olemassaolevia valtionhallinnon verkostoja ja toimintoja, kuten digitoimistoa sekä myös parlamentaarista TKI-seurantaryhmää.

Toimintamallin toiminnot: 1, 3 ja 6

7. **Vahvistetaan Suomen TKI-toimijoiden yhteistä omistajuutta tutkimus- ja innovaatiopolitiikan pitkän aikavälin tavoitteista fasilitoimalla toimijalähtöistä tulevaisuustyötä.** Teollisuus- ja tutkimustoimijavetoisesti rakennetut tulevaisuuden toivottavat skenaariot muodostavat kansallisen tason strategisia painopisteitä tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle. Yhdessä eri teknologia-alojen kanssa laadittavat skenaariot auttavat luomaan pitkäjänteistä, ylihallituskautista tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa, jossa yhteiskunnalliset tavoitteet ovat huomioitu ja tulkittu TKI-toimijoiden toimintaympäristöstä käsin. Tulevaisuustyöllä varmistetaan eri toimijoiden näkökulma ja tietotaito strategisten valintojen edistämässä.²⁴⁶ Skenaariotyö voidaan kytkeä esimerkiksi osaksi eri toimialojen vähähiilisyystiekarttojen päivitysprosessia tai maakunnallisten TKI-tiekarttojen luomista. Työtä voivat fasilitoida esimerkiksi työ- ja elinkeinoministeriö, Business Finland tai muut toimijat kuten Sitra.

Toimintamallin toiminnot: 1, 2, 3 ja 5

8. **Vahvistetaan monialaisten sidosryhmien näkökulmien ja kokemustiedon huomioimista tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa perustamalla sidosryhmäverkosto TIN:n yhteyteen.** Sidosryhmäverkosto toimisi yhteistyö- ja keskustelufoorumina Suomen eri TKI-toimijoiden ja hallinnonalojen asiantuntijoiden äänien tuomiseksi esiin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan pitkän aikavälin yhteiskunnallisten tavoitteiden tunnistamisessa ja niitä tukevien strategisten valintojen tekemisessä mahdollisimman varhaisessa vaiheessa. Vakiintuneiden eturyhmien ohella verkosto mahdollistaa mm. yksittäisten yritysten, tutkimuslaitosten, yliopistojen kuulemisen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan suunnittelussa. Sen muodostamisessa voidaan mukailla esimerkiksi T&K-rahoitussuunnitelmaa valmistelevaa työryhmää ja Business Finlandin sidosryhmätyötä sen viiden mission kehittämiseksi. Eri sidosryhmien osallistamisessa voidaan hyödyntäen myös valta-intressimatriisia. Sidosryhmäverkosto tapaisi ainakin kaksi kertaa vuodessa.

Toimintamallin toiminnot: 2

²⁴⁶ Kts. ympäristöministeriön johtama Kiertotalouden green deal -prosessi esimerkkinä toimijalähtöisestä tulevaisuustyöstä. URL = <https://ym.fi/kiertotalouden-green-deal>

9. **Vahvistetaan kansainvälisen TKI-yhteistyön ja rahoituksen hyödyntämistä, esimerkiksi laajentamalla kansallista EU-vastinrahoitusta kattamaan eri tutkimus- ja innovaatiotoimijat.**

Lisätään myös Business Finlandin ja Suomen Akatemian tukea EU-rahoituksen hakemiseen, erityisesti Horisontti Eurooppa -ohjelmasta. Asetetaan hallitusohjelman kirjauksen perusteella tarkemmat laadulliset ja määrälliset tavoitteet Suomen osallistumiselle EU:n tutkimus- ja innovaatiohankkeisiin ja kumppanuuksiin. Tämä luo mahdollisuuksia monipuolisemmalle osallistumiselle kansainväliseen yhteistyöhön ja edistää Suomen asemaa TKI-toiminnan globaaleissa verkostoissa. Tavoitteena tulisi olla avoimempi ja saavutettavampi rahoitusympäristö, joka tukee useampien suomalaisten TKI-toimijoiden osallistumista kansainvälisiin tutkimus- ja innovaatiohankkeisiin.

Toimintamallin toiminnot: 2 ja 4

10. **Luodaan uusi kansainvälistä osaamista hyödyntävä teknologiaennakoinnin foorumi tuomaan yhteen paras tulevaisuustieto Suomen edelläkävijyyden mahdollistamiseksi.**

Foorumi toimii itsenäisenä neuvoa-antavana elimenä, joka koostuu sekä kansainvälisestä asiantuntijapaneelistä että kiertävistä osallistujista. Foorumin tehtävänä on tunnistaa ja ennakoida globaaleista haasteista syntyviä mahdollisuuksia ja nousevia teknologioita suomalaisen tutkimus- ja innovaatiopolitiikan valinnoille suhteessa globaaleihin kilpailijamaihin. Se kartoittaa ja keskustelee keskeisistä kansainvälisistä ennakointiraporteista ja tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kehityskuluista. Foorumin kokoonpano koostuu tutkijoista ja ennakointiasiantuntijoista johtavista tutkimuslaitoksista, teknologiafuturisteista, teknologia-suuryrityksistä sekä start-upeista. Foorumin säännöllisestä kokoontumisesta ja asialistan valmistelusta vastaa joko TINin sihteeristö tai sen valtuuttama muu toimija, kuten Sitra, joka voi toteuttaa sen jäsenille esimerkiksi Delphi-kyselyitä.

Toimintamallin toiminnot: 3 ja 6

Päämäärä 3: Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti

11. **Vahvistetaan TKI-toimijoiden sekä julkisen hallinnon asiantuntijoiden teknologiaennakoinnin kyvykkyyksiä koulutusohjelmien avulla, jotta teknologiakehityksen mahdollisuuksiin voidaan tarttua proaktiivisemmin.**

Toimijalähtöinen tapa auttaa ennakoimaan eri alojen kysynnän tulevaisuuskehitystä ja hahmottamaan disruptiivisten teknologioiden elinkaaria sekä julkisten interventioiden ajoitusta. Tämä edellyttää panostuksia koulutusresursseihin, erityisesti yhteistyössä korkeakoulujen ja tutkimuslaitosten, esimerkiksi Turun yliopiston Tulevaisuuden tutkimuskeskuksen ja Sitran kanssa, jotta TKI-toimijoille tarjotaan riittävät valmiudet hyödyntää teknologiaennakoinnin menetelmiä. Samaten on kannustettava toimijoita osallistumaan ja hyödyntämään kansainvälisiä ennakointiverkostoja, kuten futures4europe -alustaa.

Toimintamallin toiminnot: 3 ja 4

12. **Määritellään johdonmukaiset periaatteet TKI-tukien kohdentamiselle ekologisesti ja yhteiskunnallisesti lupaavimmille teknologia-alueille, huomioiden ”Ei merkittävää haittaa” -periaate (DNSH).** Julkisen rahoituksen tulisi asettaa pitkäjänteiset painopisteet, jotka toimivat signaalina yksityisille investoinneille tavoitelähtöiseen teknologiatutkimukseen läpi TKI-toiminnan eri vaiheiden, välttäen ns. kuolemanlaakson. Tämä edellyttää laajempaa teollisuuspoliittista näkökulmaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaan. Työhön osallistuvat TIN, keskeiset ministeriöt sekä Business Finland ja Suomen Akatemia, kuunnellen laajempaa sidosryhmäverkostoa.

Toimintamallin toiminnot: 4, 5

13. **Tuetaan kokeilevan teknologiakehityksen edellytyksiä perustamalla uusia ja vahvistamalla olemassa olevia kokeilu- ja testausympäristöjä Suomessa.** Nostamalla yhteiskäyttöiset kokeiluympäristöt (living labs, test beds, teknologiainfrastruktuurit) tutkimus- ja innovaatiopolitiikan keskiöön tuetaan teknologiamonimuotoisuuden ja avoimen teknologiakehityksen edellytyksiä yhteiskunnallisesti lupaavimpien ratkaisujen löytämiseksi. Kokeilut rakentavat yhteistä tietopohjaa teknologioiden mahdollisista positiivisista ja negatiivista vaikutuksista sekä lisäävät markkinaymmärrystä. On edistettävä matalan kynnyksen osallistumista

ja tietoisuutta jo olemassaolevista kokeilu- ja testausmahdollisuuksista (esimerkiksi kaupunkien ekosysteemisopimukset) sekä luotava vahvemmat kokeilujen rakenteet ja infrastruktuuri tutkimus- ja innovaatiopolitiikan painopisteiden mukaisesti. Esimerkiksi vastuullisessa tekoälyssä Suomessa on vahvaa osaamista ja kilpailukyky potentiaalia, jossa voidaan myös hyödyntää EU:n tekoälyasetuksen vaatimia sääntelyn hiekkalaatikkoja.

Toimintamallin toiminnot: 1, 2 ja 4

14. Varmistetaan vahvan perustutkimuksen edellytykset korkeakoulujen rahoituksessa teknologiamonimuotoisuuden edistämiseksi ja tulevaisuuden mahdollisuuksiin tarttumiseksi.

Julkisen rahoituksen rooli korostuu perustutkimuksen kohdalla, joka ei tapahdu strategisten tavoitteiden tai kaupallisen kysynnän ja odotusten ehdoilla. Tulevaisuuden teknologiatehityksen ennakoiti on haastavaa, ja uudet innovaatiot saattavat vaatia taustalleen vuosien perustutkimusta. Perustutkimuksen tukeminen on olennaista teknologiamonimuotoisuuden ja avoimen teknologisen kehityksen varmistamiseksi ja siinä tulisi luottaa tutkimuslaitosten omaan kykyyn kohdentaa rahoitusta. Rahoituksen kriteereissä on huomioitava tekijöitä, jotka on yleisesti tunnistettu laadukkaan perustutkimuksen edellytyksiksi, kuten vertaisarvioitu laatu, tutkimuksen kansainvälinen vuorovaikutus ja ulottuvuus sekä poikkitieteellisyys.

Toimintamallin toiminnot: 4

15. Investoidaan jaettuun ja yhteiskäyttöiseen tutkimusinfrastruktuuriin, mahdollistaen sujuvampi korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja yritysten välinen käytännön tutkimusyhteistyö. Tämä voi tapahtua esimerkiksi tukemalla hankkeita, jotka edistävät yhteisen infrastruktuurin luontia ja käyttöä. Korkeakoulujen, tutkimuslaitosten ja yritysten yhteistyötä tuetaan varaamalla sille riittävä osuus infrastruktuurirahoituksesta. Nämä asiat on huomioitava seuraavassa kansallisten tutkimusinfrastruktuurien pitkän aikavälin suunnitelmassa ja tiekartassa vuonna 2025.

Toimintamallin toiminnot: 2 ja 4

16. Asetetaan teknologianeutraaliteetin sijasta teknologioiden monimuotoisuus tutkimus- ja innovaatiopolitiikan painopisteeksi kansallisella ja EU-tasoon vaikuttamisessa.

Teknologiamonimuotoisuudella on useita hyötyjä, kuten lukkiutumisvaikutusten ehkäisy, resilienssi ja yhdistelmäinnovaatioiden mahdollistaminen. Sen saavuttaminen vaatii kiihtyvän teknologiakehityksen huomioivaa, ennakoivaa ja mukautuvaa sääntelyä. EU-tason vaikuttamisen ohella on huomioitava teknologinen monimuotoisuus osana kansainvälistä digitaalista diplomatiaa. Erityisesti nousevien teknologioiden huomioimiseen tulee kiinnittää huomiota niiden merkittävien pitkän aikavälin yhteiskunnallisten mahdollisuuksien vuoksi. Monimuotoisuutta korostamalla voidaan paremmin välttää teknologianeutraaliteetin mahdolliset haittavaikutukset, kuten lukkiutuminen fossiilisten polttoaineiden kaltaisiin kestäättömiin teknologioihin.

Toimintamallin toiminnot: 1 ja 4

8.2 Keskeiset tulokset ja johtopäätökset

Suomella on mahdollisuus suunnata tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaansa vastaamaan yhteiskunnallisiin strategisiin tavoitteisiin ja nostaa näin kilpailukykyään. Tämä edellyttää valtionhallinnolta vahvaa johtajuutta ja ennakointia, TKI-toimijoiden yhteistä jaettua pitkän aikavälin tilannekuvaa sekä teknologianeutraaliteetin tarkastelua välineenä – ei päämääränä. Tutkimus- ja innovaatiopolitiikan merkitys on kasvanut viime vuosina, kun valtion tutkimus- ja kehittämisrahoituksen merkittävästä kasvattamisesta on säädetty laki parlamentaarisen TKI-työryhmän suosituksen mukaisesti. Ennakointi ja tiedon strateginen syntetisointi, eri hallinnonalojen ja eri sektoreiden yhteistyö, jatkuva oppiminen ja tehtyjen valintojen uudelleentarkentaminen ovat tärkeitä askelia kohti vaikuttavaa tutkimus- ja innovaatiopolitiikkaa. Nousevat teknologiat tarjoavat uudenlaisia mahdollisuuksia yhteiskunnallisten tavoitteiden saavuttamiseksi – vaikuttavalla tutkimus- ja innovaatiopolitiikalla pidämme huolen, että näihin mahdollisuuksiin pystytään myös tarttumaan.

Tässä selvityksessä on kartoitettu tapoja edistää yhteiskunnan strategisia tavoitteita tutkimus- ja innovaatiopolitiikan avulla syventyen teknologianeutraaliteetin periaatteeseen ja merkityksiin. Teknologianeutraaliteetille ei ole olemassa yhtä yleisesti hyväksyttyä tai jaettua määritelmää. Tämä raportti vahvistaa käsitystä siitä, että teknologianeutraaliteetti saa erilaisia merkityksiä ja määritelmiä eri yhteyksissä ja eri

politiikan päämääriä edistäen. Tämän vuoksi on keskeistä ymmärtää, mitä teknologianeutraliteetilla pyritään kussakin tilanteessa edistämään, jotta sitä voidaan tulkitä ja käyttää tätä päämäärää hyödyttävällä tavalla.

Teknologian kehityksen ennakointi ja teknologianeutraliteetin merkitys

Ensimmäisessä osatehtävässä (luvut 3 ja 4) esitettiin kolme näkökulmaa teknologianeutraliteetti-käsitteen tarkasteluun: 1. teknologisen avoimuuden mahdollistaja; 2. markkinadynamiikan hyötyjen lisääjä; sekä 3. teknologisen monimuotoisuuden yhteiskunnallinen edistäjä. Teknologianeutraliteetin vaikutukset ovat usein kontekstisidonnaisia ja niiden yksiselitteinen arviointi on hankalaa. Siten ei olekaan yllättävää, että akateemisessa tutkimuksessa on esitetty sekä teknologianeutraliteettia että -spesifiä sääntelyä tukevia näkökulmia. Tasapainoilu näiden vaihtoehtojen välillä auttaa kehittämään avointa kilpailua tukevia rakenteita, mutta samalla mahdollistamaan havaittujen markkinoiden epäkohtien tai virheiden korjaamista yhteiskunnan kannalta toivottuun suuntaan. Yleisesti selvityksen perusteella voidaan todeta, että teknologianeutraliteetti ei takaa itsessään markkinoiden avoimuutta tai teknologioiden monimuotoisuutta.

Tärkeät havaitut erot teknologianeutraliteettiperiaatteen soveltamisessa tutkimus- ja innovaatiopolitiikassa syntyvät sääntelyn ja rahoituksen eri käyttöyhteyksissä. Teknologianeutraliteetti on usein järkevä ja perusteltu sääntelyn periaate, riippumatta siitä tehdäänkö strategisia valintoja, sillä se voi edistää sääntelyn pitkäjänteisyyttä, ennakoitavuutta ja tasapuolisuutta. Rahoituksen suuntaamisessa voidaan puolestaan tehdä hyvinkin kohdennettuja valintoja ja ohjelmia, sikäli kuin se on tarkoituksenmukaista yhteiskunnallisten tavoitteiden, kuten vihreän siirtymän kannalta. Hankkeen tulokset osoittavat, että tämä voi olla tarkoituksenmukaista erityisesti Suomen toimintaympäristössä, jossa resurssit ja osaaminen ovat rajallisia. Tällöinkin tutkimus- ja innovaatiopolitiikan ja teknologioiden tukemisen pitkäjänteinen suunta olisi tärkeää pitää selkeänä ja yhteisesti jaettuna, jotta kaikki TKI-toimijat voivat ennakoida ja suunnitella toimintaansa valitun suunnan mukaisesti. Teknologianeutraliteetista puhuttaessa sääntely ja rahoitus ovat Suomessa usein niputettu yhteen, mutta tämän selvityksen pohjalta teknologianeutraliteettia tulisi soveltaa näiden kahden eri käyttöyhteyden erityispiirteet huomioiden. Kokonaisuuden kannalta oleellista onkin huomioida, miten teknologianeutraliteettia käsitellään: sääntelyn työkaluna (ts. neutraalius itseisarvona), markkinoiden tilana (avoimuus, monimuotoisuus), vai jonain näihin kahteen heijastuvana yhteiskunnallisena tavoitteena (esim. resilienssi, innovaatiot).

Keskeisin havainto on, että teknologianeutraliteettiperiaate tulisi nähdä välineenä, ei päämääränä. Teknologianeutraaliteetin tarkastelu keinona tutkimus- ja innovaatiopolitiikan tavoitteiden saavuttamiseen auttaa kirkastamaan myös sääntelyn roolia ja päämääriä. Teknologianeutraaliuden korostamisen sijaan sääntelyn kannalta olennaisempaa olisi tarkastella vaikutusta innovaatiojärjestelmän kestävyyyteen ja uudistumiskykyyn. Teknologianeutraliteetin soveltamisen kannalta tärkeää on huomioida, onko tutkimus- ja innovaatiopolitiikan yhteiskunnallisen tavoitteisiin tunnistettavissa selkeä kaupallinen intressi ja toteutuvatko ne markkinaehtoisesti ilman valtion kannusteita. Tilanteissa, joissa kaupallinen intressi on, tulee julkisen hallinnon omaksua ohjaava, reilun kilpailun takaava rooli. Toisaalta tilanteissa, joissa kaupallisia kannusteita ei ole, vaaditaan hallinnolta konkreettisia panostuksia tiettyihin nouseviin teknologioihin. Suhtautuminen teknologianeutraliteettiin heijastuu siis todennäköisesti siihen, millainen mahdollisuus yhteiskunnallisesti tärkeillä nousevilla teknologioilla on saada jalansijaa ja kehittyä merkittävään rooliin markkinoilla.

Nousevien teknologioiden sääntely ja rahoitus

Toisessa osatehtävässä (luku 5) tarkasteltiin teknologianeutraliteetin roolia osana sääntelyä sekä nousevien teknologioiden tutkimus- ja innovaatorahoitusta Suomessa. Selvityksen havaintojen mukaan teknologianeutraliteettiin viitataan enenevässä määrin hallituksen esityksissä. Termin käyttö on yleistynyt erityisesti vuodesta 2016 lähtien, jonka taustalla on todennäköisesti EU-sääntely. Euroopan unioni onkin selvästi yleisin asiasana esityksissä, joissa viitataan teknologianeutraliteettiin. Toisaalta yleisenä havaintona voidaan toisaalta todeta, että yksittäisten teknologioiden teknologiaspesifi sääntely kumpuaa usein EU-sääntelystä. Näidenkin säädösten alaisuudessa on mainintoja teknologianeutraalisuudesta, joissa se koskettaa itse teknologian määritelmää. Esimerkiksi tekoälyjärjestelmät voidaan määritellä joko laajasti tai kapeasti, vaikuttaen siihen, mitä kaikkia tuotteita säädös koskee. Yleisesti teknologianeutraalia lähestymistapaa puoltavissa lausunnoissa painotetaan, että lisätauksia teknologioista ei tulisi tehdä, sillä nousevat teknologiat kehittyvät nopeasti, jolloin niiden tarkkarajainen määrittely lakiin on haastavaa.

Julkinen tutkimus- ja innovaatorahoitus on Suomessa useimmiten pitkälti kohdistamatonta eikä suurimmilla rahoittajilla ole niiden toimintaa määrittävää temaatista painopistettä (pl. Ilmatorahasto). Osa rahoituksesta suunnataan kuitenkin erilaisten ohjelmien kautta, joilla voi olla laava temaatittainen fokus. Tyypillisesti rahoituksen mahdollinen suuntaaminen ja strategiset valinnat on Suomessa jätetty rahoitusta koordinoivan tahon tai viraston tehtäväksi, eikä niistä tyypillisesti ole linjattu hallituksen toimesta. Viime vuosina tässä on tapahtunut lievää suunnanmuutosta ja valtion talousarvioesityksissä on suunnattu budjettirahoitusta suoraan joihinkin teknologioihin, kuten esimerkiksi kvanttiteknologiaan. Tämäkin on silti vain pieni osa kaikesta tutkimus- ja innovaatorahoituksesta.

Tutkimus- ja innovaatorahoitusta suunnataan kansallisesti ja EU-tasolla tyypillisesti perustuen ratkaistavissa olevan yhteiskunnallisen haasteen näkökulmasta (esimerkiksi CO₂-päästöjen vähentäminen), mutta sen ratkaisemiseen käytettävissä olevat keinot ja teknologiat on tyypillisesti jätetty avoimeksi. Tämä on huomattavaa erityisesti Suomen Akatemian tutkimusrahoituksessa, jossa vapaalle tutkimukselle ja avoimille innovaatioille on annettu runsaasti painoarvoa. Myös Business Finlandin ohjelmissa toimenpiteitä on koottu tiettyjen teemojen alaisuuteen, mutta nekin on jätetty suhteellisen avoimiksi. Selvityksen havaintojen mukaan tutkimus- ja innovaatorahoitus on yhdistelmä teknologiatyöntöä ja markkinavetoisuutta, vaikkakin euromääräisesti painopiste on selkeästi markkinavetoinen. Sääntelyyn kohdalla ei ole havaittavissa tiettyjen teknologioiden tukemista, vaan sääntelyn tavoitteena on ensisijaisesti vähentää riskejä ja minimoida haittoja. Sääntelyn määrittelyistä riippuen on mahdollista, että tietyt säädökset parantavat toisen teknologioiden kilpailuasemaa suhteessa toisiin, vaikka Suomen kanta on ollut yleisemmin pyrkiä teknologianeutraaliin sääntelyyn.

Päämäärät, periaatteet ja toimintamalli vaikuttavalle tutkimus- ja innovaatiopolitiikalle

Kolmannessa ja neljännessä osatehtävässä (luvut 6 ja 7) muodostettiin tulosten pohjalta vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan päämäärät, periaatteet sekä kansallinen toimintamalli. Vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan kolmeksi päämääräksi tunnistettiin: 1) Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi; 2) Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä, sekä; 3) Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti. Näiden alle muodostettiin kymmenen periaatetta teknologiakehityksen suuntaamiseksi kohti yhteiskunnallisia strategisia tavoitteita. Periaatteet selventävät, millaisia tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintatapoja tarvitaan, kun teknologiakehitystä suunnataan tiettyihin yhteiskunnallisiin haasteisiin ja mision vastaukseksi, silti pitäen kiinni teknologianeutraliteetin eduista, kuten monimuotoisuudesta. Periaatteiden pohjalta laadittiin vaikuttavan tutkimus- ja innovaatiopolitiikan toimintamalli, jossa esitetään kuusi valtionhallinnon toimintaa avoimen teknologiakehityksen, ennakkoinnin sekä eri alojen TKI-toimijoiden yhteistyön johtamiseksi ja vahvistamiseksi. Tässä luvussa on lisäksi esitetty toimintamallin käytäntöön viemistä ja hyödynnettävyyttä tukevat toimenpidesuosituksukset. Toimenpidesuosituksen korostama vaikuttava tutkimus- ja innovaatiopolitiikka luo yhteistä suuntaa ja ennustettavuutta TKI-toimijoiden välille strategisten tavoitteiden saavuttamiseksi, edistää teknologista avoimuutta ja monimuotoisuutta sekä parantaa teknologisten ratkaisujen yhteiskunnallista hyväksyttävyyttä.

Liitteet

Liite 1: Virkamieshaastattelujen kysymykset

Miten T&I-politiikka on läsnä omassa toimintaympäristössäsi? Miten vaikutat sen muodostumiseen tai toteutumiseen?

Yhteiskunnallisten tavoitteiden määrittäminen konkreettisiksi strategiavalinnoiksi

1. Millä tasolla, missä pöydissä ja keitä kuullen tulisi tehdä strategisia valintoja T&I-politiikassa yhteiskunnallisten tavoitteiden edistämiseksi (kuten vihreä siirtymä ja huoltovarmuus)? Keiden tulisi olla mukana valmistelussa ja miten prosessi voisi olla osallistava ja läpinäkyvä?
2. Mikä on nähdäksesi eri T&I-politiikan toimien rooli (rahoitus, kohdennetut investoinnit, sääntely) strategiavalinnoissa? Miten näet erityisesti sääntelyn roolin T&I-politiikassa?
3. Mitkä ovat keskeisimmät T&I-politiikan oppimisen tai seurannan mekanismit Suomessa tällä hetkellä?

Sujuva tiedonkulku ja yhteistyö tutkimuksen, yritysten ja julkishallinnon välillä

4. Mitkä ovat keskeisimmät instrumentit ja foorumit tiedonvaihdolle ja yhteistyölle eri T&I-toimijoiden välillä? Mikä on esimerkiksi TKI-ekosysteemin ja tutkimusinfrastruktuurien rooli?
5. Mikä on valtion rooli yhteistyön mahdollistamisessa? Miten teknologioiden ajallinen kehitysvaihe ja julkisen sektorin erilainen rooli eri aloilla tulisi huomioida?
6. Miten EU:n rahoitusohjelmat ja kumppanuudet tulisi huomioida Suomen T&I-politiikassa? Entä yleiset EU:n ja muut kansainväliset kehityskulut?

Nousevien teknologioiden tunnistaminen ja huomiointi vaikuttavasti

7. Mikä on nähdäksesi nykyinen ja ideaali ennakkoinnin rooli Suomessa T&I-politiikan toimien suuntaamisessa?
8. Mitkä ovat keskeisesti tärkeimpänä pidetyt teknologiaennakkoinnin lähteet Suomessa? Kenen vastuulla on tunnistaa Suomelle lupaavimmat teknologia-alat?
9. Tarvitseeko nousevien teknologioiden kehittäminen ja hyödyntäminen kohdennettua TKI-tukea? Minkälaista ja millä instrumentein?
10. Missä suhteessa T&I-politiikassa on otettu ja tulisi huomioida myös mahdolliset teknologiakehityksen yhteiskunnalliset riskit ja vastuullisuus (esim. tekoäly)?

Yleisesti

11. Mitkä ovat tärkeimmät kehityskohteet ja tarvittavat uudet toimintatavat T&I-politiikassa? Kenen vastuulla nämä ovat ja keiltä ne vaatisivat toimia?

Lähteet

- About Moonshot Research and Development Program. (n.d.). Cabinet Office Home Page. Retrieved 12.3.2024, from https://www8.cao.go.jp/cstp/english/moonshot/system_en.html
- Aghion, P., David, P. A., & Foray, D. (2009). Science, technology and innovation for economic growth: Linking policy research and practice in 'STIG Systems'. *Research Policy*, 38, 681–693.
- Alaja, A., & Lemola, T. (2023). Minnet menet tutkimus- ja innovaatiopolitiikka? *Edistys-analyysit*, 1/2023.
- Arthur, W. B. (2009). *The Nature of Technology: What It Is and How It Evolves*. Penguin Books.
- ATARCA. (2022). D2.1 Report on Crypto-economic Mechanisms for Anti-rival Goods. ATARCA – Accounting Technologies for Anti-Rival Coordination and Allocation, Funded by European Commission H2020, Grant no. 964678.
- Bergek, A., Hansen, T., Hanson, J., Mäkitie, T., & Steen, M. (2022). Complexity challenges for transition policy: lessons from coastal shipping in Norway. *Environmental Innovation and Societal Transitions*, 46(April 2022), 0-4. <https://doi.org/10.1016/j.eist.2022.100687>
- Breitinger, J. C., Edler, J., Jackwerth-Rice, T., Lindner, R., & Schraad-Tischler, D. (2021). Good practices in mission-oriented innovation strategies and their implementation. In *Innovation for Transformation – Results Paper 1*. Bertelsmann Stiftung. DOI: 10.11586/2021027
- Business Finland. (n.d.). Energiajärjestelmä vähähiilisemmäksi energiatehokkuuden keinoin. <https://www.businessfinland.fi/suomalaisille-asiakkaille/palvelut/rahoitus/energiatuki>
- Business Finland. (2023). Temaattiset painopisteet. <https://www.businessfinland.fi/48fc0f/globalassets/finnish-customers/about-us/business-finland-temaattiset-painopisteet-2023.pdf>
- Cairns, R. C. (2014). Climate geoengineering: issues of path-dependence and socio-technical lock-in. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 5(5), 649-661.
- Carlsson, R. (2020). *Exponentiell klimatomställning*. Lava Förlag.
- Carpén, J. (2024). The implications of technological neutrality for innovation policy design. [Dilpomityö, Aalto-yliopisto]. <https://urn.fi/URN:NBN:fi:aalto-202401282108>

- Christensen, C. M. (1997). *The Innovator's Dilemma: When New Technologies Cause Great Firms to Fail*. Harvard Business School Press.
- Collingridge, D. (1982). *The social control of technology*. New York: St. Martin's Press; London: Pinter.
- Craig, C. (2016). Technological neutrality: recalibrating copyright in the information age. *Theoretical Inquiries in Law*, 17(2), 601-632.
- Dannemand Anderson, P., Bevolo, M., Malliaraki, E., Popper, R., & Spaniol, M. J. (n.d.). *Technology Foresight for Public Funding of Innovation: Methods and Best Practices* (L. Vesnic Alujevic, J. Farinha, & A. Polvora, Eds.). Publications Office of the European Union, Luxembourg. doi:10.2760/759692, JRC134544
- Day, G. S., & Schoemaker, P. J. H. (2000). Avoiding the pitfalls of emerging technologies. *California Management Review*, 42(2), 8-33. <https://doi.org/10.2307/41166030>
- Deiaco, E. (2015). Är det annorlunda denna gång? – om ny teknik och effekterna på sysselsättning. Tillväxtanalys.
- Department of Enterprise, Trade and Employment. (2012). Report of the Research Prioritisation Steering Group. <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/research-prioritisation.pdf>
- Department of Enterprise, Trade and Employment. (2018). Research Priority Areas 2018 to 2023. <https://www.gov.ie/en/publication/96ac76-research-priority-areas-2018-to-2023/>
- Department of Enterprise, Trade and Employment. (2022). White Paper on Enterprise 2022 – 2030. <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/white-paper-on-enterprise-2022-2030.pdf>
- Department of Further and Higher Education, Research, Innovation and Science. (2022). *Impact 2030: Ireland's Research and Innovation Strategy*. <https://www.gov.ie/en/publication/27c78-impact-2030-irelands-new-research-and-innovation-strategy/>
- Department of Further and Higher Education, Research, Innovation and Science. (2023). *General Scheme of Research and Innovation Bill, 2023*.
- Department of Housing, Local Government and Heritage. (2019). *National Planning Framework – Ireland 2040 Our Plan (NPF)*. <https://www.gov.ie/en/publication/774346-project-ireland-2040-national-planning-framework/>
- Department of Public Expenditure, NDP Delivery and Reform. (2018). *Project Ireland 2040*. <https://www.gov.ie/en/campaigns/09022006-project-ireland-2040/#>
- Directive 2002:21. (2002). Directive 2002/21 on a common regulatory framework for electronic communications networks and services (Framework Directive).
- Edquist, C. (2018). Towards a holistic innovation policy: Can the Swedish National Innovation Council (NIC) be a role model? *Research Policy*, 48(4), 869-879. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.10.008>

- Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus. (2023). Etelä-Suomen rahoitusyksikön yritysrahoitusstrategia 2023. https://www.ely-keskus.fi/documents/13166/0/Yritysrahoitusstrategia+2023+p%C3%A4ivitetty+8_3_2023.pdf/7f4d51b5-2df4-fd01-f230-0f3b2875418f?t=1678706681633
- Euroopan Komissio. (n.d.). COM(2023) 335 final. https://commission.europa.eu/system/files/2023-06/COM_2023_335_1_EN_ACT_part1_v11.pdf
- Euroopan komissio. (n.d.). Ensuring EU legislation supports innovation. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/law-and-regulations/ensuring-eu-legislation-supports-innovation_en
- Euroopan komissio. (n.d.). Key enabling technologies policy. https://research-and-innovation.ec.europa.eu/research-area/industrial-research-and-innovation/key-enabling-technologies_en
- Euroopan komissio. (n.d.). Sääntelyn parantaminen: miksi ja miten – Euroopan komissio. https://commission.europa.eu/law/law-making-process/planning-and-proposing-law/better-regulation_fi
- Euroopan komissio. (n.d.). Tekoälylaki. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/regulatory-framework-ai>
- Euroopan komissio. (8.3.2024). European AI Office. <https://digital-strategy.ec.europa.eu/en/policies/ai-office>
- Euroopan komissio. (2018). The European Union's Efforts to Simplify Legislation – 2018 Annual Burden Survey. <https://perma.cc/QXU4-VNRY>
- Euroopan komissio. (2021). Better Regulation Guidelines. https://commission.europa.eu/system/files/2021-11/swd2021_305_en.pdf
- Euroopan komissio. (2021). COM/2021/206 final.
- Euroopan komissio. (2021). Ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukset tekoälyä koskevista yhdenmukaistetuista säännöistä (tekoälysäädös) ja tiettyjen unionin säädösten muuttamisesta. https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:e0649735-a372-11eb-9585-01aa75ed71a1.0007.02/DOC_1&format=PDF
- Euroopan komissio. (2021). Tool #22: Research and innovation. In Better Regulation Toolbox.
- Euroopan komissio. (2022). European Chips Act. https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/europe-fit-digital-age/european-chips-act_en
- Euroopan parlamentin ja neuvoston direktiivi (EU) 2015/1513 bensiinin ja diesel-polttoaineiden laadusta annetun direktiivin 98/70/EY ja uusiutuvista lähteistä peräisin olevan energian käytön edistämiseksi annetun direktiivin 2009/28/EY muuttamisesta. (n.d.). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:32015L1513>
- Eurooppalaiset yhteentoimivuusperiaatteet – täytäntöönpanostrategia. (2017). <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/FI/TXT/HTML/?uri=CELEX:52017DC0134&from=HR>

- European Commission. (n.d.). The European Defence Fund (EDF). https://defence-industry-space.ec.europa.eu/eu-defence-industry/european-defence-fund-edf-official-webpage-european-commission_en
- European Commission. (1995). The Consultation on the Green Paper on the Liberalisation of Telecommunications Infrastructure and Cable Television Networks. (COM/95/158).
- European Commission. (2023). Horizon Europe Work Programme 2023-2024 : 4. Health. https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-4-health_horizon-2023-2024_en.pdf
- European Commission. (2023). Horizon Europe Work Programme 2023-2024 : 6. Civil Security for Society. https://www.businessfinland.fi/49bf83/globalassets/wp-6-civil-security-for-society_horizon-2023-2024_en.pdf
- European Commission. (2023). Horizon Europe Work Programme 2023-2024 : 7. Digital, Industry and Space. https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-7-digital-industry-and-space_horizon-2023-2024_en.pdf
- European Commission. (2023). Horizon Europe Work Programme 2023-2024 : 8. Climate, Energy and Mobility. https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-8-climate-energy-and-mobility_horizon-2023-2024_en.pdf
- European Commission. (2023). Horizon Europe Work Programme 2023-2024 : 9. Food, Bioeconomy, Natural Resources, Agriculture and Environment. https://ec.europa.eu/info/funding-tenders/opportunities/docs/2021-2027/horizon/wp-call/2023-2024/wp-9-food-bioeconomy-natural-resources-agriculture-and-environment_horizon-2023-2024_en.pdf
- European Defence Fund. (2023). Indicative multiannual perspective 2021-2027, Annex 2 of Commission Implementing Decision C(2023)2296 final.
- European Defense Agency. (n.d.). European Defence Fund (EDF). [https://eda.europa.eu/what-we-do/EU-defence-initiatives/european-defence-fund-\(edf\)](https://eda.europa.eu/what-we-do/EU-defence-initiatives/european-defence-fund-(edf))
- European Innovation Council. (2022). Identification of emerging technologies and breakthrough innovations. EIC working paper 1/2022. <https://eic.ec.europa.eu/system/files/2022-02/EIC-Emerging-Tech-and-Breakthrough-Innov-report-2022-1502-final.pdf>
- European parliament. (2023). Amendments adopted by the European Parliament on 14 June 2023 on the proposal for a regulation of the European Parliament and of the Council on laying down harmonised rules on artificial intelligence (Artificial Intelligence Act) and amending certain Union. https://www.europarl.europa.eu/doceo/document/TA-9-2023-0236_EN.pdf
- European Parliamentary Research Service. (2021). Key enabling technologies for Europe's technological sovereignty. European Parliament. [https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS_STU\(2021\)697184_EN.pdf](https://www.europarl.europa.eu/RegData/etudes/STUD/2021/697184/EPRS_STU(2021)697184_EN.pdf)

- Fawcett, L., & Jagtiani, S. L. (n.d.). Regional powers, global aspirations: lessons from India and Iran. *International Politics*, 1-24.
- Finnvera. (n.d.). Ilmasto- ja ympäristölaina. <https://www.finnvera.fi/rahoitus/lainat/ilmasto-ja-ymparistolaina>
- Formas. (2023). *Towards Experimentalist R&I Funding: How research and innovation funders can drive societal transformation in the 21st Century*. Demos Helsinki. ISBN 978-91-540-6198-3
- Foxon, T. J. (n.d.). Technological lock-in. *Encyclopedia of Energy, Natural Resource, and Environmental Economics*, 1, 123-127.
- Gans, J. (2016). *The Disruption Dilemma*. The MIT Press.
- Garud, R., & Karnøe, P. (2003). Bricolage versus breakthrough: Distributed and embedded agency in technology entrepreneurship. *Research Policy*, 32, 277-300. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(02\)00100-2](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(02)00100-2)
- Geels, F. (2020). Micro-foundations of the multi-level perspective on socio-technical transitions: Developing a multi-dimensional model of agency through crossovers between social constructivism, evolutionary economics and neo-institutional theory. *Technological Forecasting and Social Change*, 152. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.119894>
- Geels, F. W., & Schot, J. (2007). Typology of sociotechnical transition pathways. *Research Policy*, 36(3), 399-417. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2007.01.003>
- Geenitekniikan lautakunta. (n.d.). <https://geenitekniikanlautakunta.fi/etusivu>
- Geenitekniikan lautakunta. (n.d.). Lainsäädäntö. <https://geenitekniikanlautakunta.fi/lainsaadanto>
- Geenitekniikkalaki. (1995, 3 17). <https://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1995/19950377>
- Gillingham, K., Rapson, D., & Wagner, G. (2016). The rebound effect and energy efficiency policy. *Review of Environmental Economics and Policy*.
- Government of Ireland. (2020). *National Development Plan 2021-2030*. <https://www.gov.ie/en/publication/774e2-national-development-plan-2021-2030/>
- Grant Thornton. (2023). *Development of an Evidence Base to Support the Development of a National Clustering Policy and Framework*. <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/national-clustering-policy-report.pdf>
- Greensberg, B. (2015). Rethinking technology neutrality. *Minnesota Law Review*, 100, 1495-1562.
- Grosser, T. J., Obstfeld, D., Labianca, G. J., & Borgatti, S. (2019). Measuring mediation and separation brokerage orientations: A further step toward studying the social network brokerage process. *Academy of Management Discoveries*, 5(2), 114-136. <https://doi.org/10.5465/amd.2017.0110>
- Hakanen, E. (2018). *Platform-based exchange: New business models in technology industries*. [Väitöskirja, Aalto-yliopisto].

- Hallituksen esitys eduskunnalle digitaalista henkilöllisyyttä koskevaksi lainsäädännöksi. (2022). HE 133/2022.
- Hallituksen esitys Eduskunnalle laeiksi kasvinjalostajanoikeudesta sekä siementavaran kaupasta annetun lain 8 §:n muuttamisesta. (1992). (HE 24 / 1992).
- Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräiksi muiksi laeiksi. (HE 48/2021 vp).
- Hallituksen esitys eduskunnalle valtion talousarvioksi vuodelle 2023. (2022). HE 154/2022.
- Hallituksen esitys Eduskunnalle viestintämarkkinoita koskevan lainsäädännön muuttamisesta. (2001). (HE 241/2001).
- Hargadon, A., & Sutton, R. I. (1997). Technology brokering and innovation in a product development firm. *Administrative Science Quarterly*, 42(4), 716-749. <https://doi.org/10.2307/2393655>
- Harjuniemi, T., Jousilahti, J., Nuutinen, J., & et al. (2023). Econchange : State's changing role in regard to the economy in turbulent times. *Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2023:28*. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-412-5>
- Hauptman, M. (2023). Neuvoston ja europarlamentin kannat : Sidosryhmätilaisuus 21.6.2023. Työ- ja elinkeinoministeriö. https://tem.fi/documents/1410877/134249119/Neuvoston_ja_europarlamentin_kannat.pdf/07d03be1-bb88-cfee-6913-67c750322bf1/Neuvoston_ja_europarlamentin_kannat.pdf?t=1687416763832
- Hebinck, A., Diercks, G., & von Writh, T. e. a. (2022). An actionable understanding of societal transitions: the X-curve framework. *Sustainability Science*, 17, 1009-1021. <https://doi.org/10.1007/s11625-021-01084-w>
- Heikkilä, J. (2024). Finland's strategic position in deep tech: Enablers and barriers to innovating emerging technologies in Finland. [Diplomityö, Aalto-yliopisto].
- IEA. (2021). The Role of Critical Minerals in Clean Energy Transitions. <https://www.iea.org/reports/the-role-of-critical-minerals-in-clean-energy-transitions>
- IEA. (2023). Data Centres and Data Transmission Networks. <https://www.iea.org/energy-system/buildings/data-centres-and-data-transmission-networks>
- Information in English | PILOT-E. (n.d.). Enova. Retrieved 12.3.2024, from <https://www.enova.no/pilot-e/information-in-english/>
- Izsak, K., Perez, M., Kroll, H., & Wydra, S. (2020). Advanced Technologies for Industry. European Commission. <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/5976f0f1-308a-11ec-bd8e-01aa75ed71a1/language-en>
- Johansson, P. (2023). OECD anser att Sverige behöver en nationell teknologi- och innovationsstrategi – Teknikföretagen stämmer in. *Teknikföretagen*. <https://www.teknikforetagen.se/nyhetscenter/nyheter/2023/oecd-anser-att-sverige-behoover-en-nationell-teknologi--och-innovationsstrategi--teknikforetagen-stammer-in/>

- Karim, F., Oyewande, A. A., Abdalla, L. F., Ehsanullah, R. C., & Khan, S. (2020). Social Media Use and Its Connection to Mental Health: A Systematic review. *Cureus*. <https://doi.org/10.7759/cureus.8627>
- Kert, K., Verbova, M., & Schade, S. (2022). Regulatory learning in experimentation spaces. European Commission, JRC130458.
- Komet. (4.1.2022). Tio viktiga teknikområden inför 2022. Komet kommenterar 2022:1.
- Komet. (2022). Slutbetänkande av Kommittén för teknologisk innovation och etik (Komet), Förnya taktiken i takt med tekniken – förslag för en ansvarsfull, innovativ och samverkande förvaltning. Statens Offentliga Utredningar, SOU 2022:68.
- Koops, B.-J. (2006). Should ICT regulation be technology-neutral? Starting points for ICT regulation. Deconstructing prevalent policy one-liners. *IT & Law Series*, Bert-Jaap Koops, Miriam Lips, Corien Prins & Maurice Schellekens, eds., 9, 77-108.
- Koops, E. e. a. (2006). Starting Points for ICT Regulation; Deconstructing Prevalent Policy One-Liners. *IT & Law*, 9, 77-108.
- Koski, I., Suominen, A., & Hyytinen, K. (2021). Selvitys tutkimus-yritys -yhteistyöstä 2021. Vaikuttavuussäätö.
- Kuhlmann, S., Stegmaier, P., & Konrad, K. (2019). The tentative governance of emerging science and technology—A conceptual introduction. *Research Policy*, 48(5), 1091-1097. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2019.01.006>
- Laki sosiaali- ja terveystietojen toissijaisesta käytöstä (552/2019). (n.d.).
- Lawrence, T. B., & Shadnam, M. (2008). Institutional theory. In *The international encyclopedia of communication*. Wiley. <https://doi.org/10.1002/9781405186407.wbieci035>
- Leavitt, H. J. (1964). Applied Organizational Change in Industry: Structural, Technological and Humanistic Approaches. In J. G. March (Ed.), *Handbook of Organizations* (pp. 1144-1170). Rand McNally & Company.
- Lehmann, P., & Söderholm, P. (2018). Can Technology-Specific Deployment Policies Be Cost-Effective? The Case of Renewable Energy Support Schemes. *Environmental and Resource Economics*, 71, 475-505. <https://doi.org/10.1007/s10640-017-0169-9>
- Lemola, T. (2022). TKI-arvioinnin vuosikymmenet – arvioiteja arviointien perään. *Tieteessä tapahtuu* 5/2022.
- Liikenne- ja viestintävaliokunta. (2021). Valiokunnan lausunto LiVL 12/2021 vp HE 48/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/LiVL_12+2021.aspx
- Linturi, R. (2020). Kohti parempaa tulevaisuutta! : teknologian mahdollisuudet ja uhat kestäväen kehityksen edistämässä. Eduskunnan tulevaisuusvaliokunnan julkaisu 5/2020. https://www.eduskunta.fi/FI/naineduskuntatoimii/julkaisut/Documents/tuvj_5+2020.pdf

- Loorbach, D., Frantzeskaki, N., & Avelino, F. (2017). Sustainability Transitions Research: Transforming Science and Practice for Societal Change. *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 599-626. <https://doi.org/10.1146/annurev-environ-102014-021340>
- LUT. (2021). Lappeenrannan-Lahden teknillisen yliopiston (LUT) lausunto Hallituksen esitykseen eduskunnalle biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräksi muiksi laeiksi HE 48/2021 vp.
- Määttä, K. (2009). Oikeustaloustieteellinen näkökulma kotimaiseen lainvalmisteluun. *OPTL:n tutkimuksia*, 242, 112.
- Mazzucato, M. (2021). *Mission economy : a moonshot guide to changing capitalism*. Allen Lane.
- Mazzucato, M., & Dibb, G. (2019). *Missions: A beginner's guide*. UCL Institute for Innovation and Public Purpose, Policy Brief series (IIPP PB 09).
- Meyer-Krahmer, F. (1997). Science-based Technologies and Interdisciplinarity: Challenges for Firms and Policy. In C. Edquist (toim.) *Systems of innovation: Technologies, institutions, and organizations* (pp. 298-317). Pinter.
- Miles, I. (2010). The development of technology foresight: A review. *Technological Forecasting and Social Change*, 77(9), 1448-1456.
- Mindel, V., Mathiassen, L., & Rai, A. (2018). The sustainability of polycentric information commons. *MIS Quarterly*, 42(2), 607-631. <https://doi.org/10.25300/MISQ/2018/14015>
- MTK. (2021). Lausunto maa- ja metsätalousvaliokunnalle biokaasun sisällyttämisestä jakeluvaihtoehtoon HE48/2021vp.
- Mutanen, A. (20.9.2023). Hallitus haluaa panostaa 70 miljoonaa euroa suomalaiseen kvanttiteknologian edistämiseen. *Helsingin Sanomat*. <https://www.hs.fi/tiede/art-2000009867898.html>
- NATO. (n.d.). About DIANA. <https://www.diana.nato.int/about-diana.html>
- NATO. (30.6.2022). NATO launches Innovation Fund. https://www.nato.int/cps/en/natohq/news_197494.htm
- NATO. (2021). Emerging and disruptive technologies. https://www.nato.int/cps/en/natohq/topics_184303.htm
- NATO. (2021). NATO 2030 factsheet.
- NATO. (2022). Strategic Concept. Adopted by Heads of State and Government at the NATO Summit in Madrid 29 June 2022.
- OECD. (2023). OECD on Sweden's Research Landscape. <https://www.sns.se/en/articles/oecd-on-swedens-research-landscape/>
- Ojanen, A., Sahlgren, S., Vaiste, J., Björk, A., Mikkonen, J., Kimppa, K., Laitinen, A., & Lepinkäinen, N. (2022). *Algoritminen syrjintä ja yhdenvertaisuuden edistäminen: Arviointikehikko syrjimättömälle tekoälylle*. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2022/54. ISBN: 978-952-383-404-0

- Opetus- ja kulttuuriministeriö. (2021). Kansallinen tutkimuksen, kehittämisen ja innovaatioiden päivitetty tiekartta.
- Ostrom, E. (2005). *Understanding Institutional Diversity*. Princeton University Press. <https://doi.org/10.1007/s11127-007-9157-x>
- Parlamentaarinen TKI-työryhmä 2022. (2023). Tutkimus- ja kehittämistoiminnan rahoituksen käyttöä koskeva monivuotinen suunnitelma : Parlamentaarisen TKI-työryhmän 2022 loppuraportti. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-383-978-6>
- Penttilä, R. E. J., Tamminen, S., Engelberg, A., & Rynty, K. (2023). Murrokselliset teknologiat ja kansallinen turvallisuus: Onko Suomi valmis haasteeseen? Nordic West Office. https://www.defmin.fi/files/5690/NWO_PLM_Teknologia_Web_uusi.pdf
- Pietrobelli, C., & Puppato, F. (2016). Technology foresight and industrial strategy. *Technological Forecasting and Social Change*, 110, 117-125.
- Pohjola, M. (2020). eknologia, investoinnit, rakennemuutos ja tuottavuus – Suomi kansainvälisessä vertailussa. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja, Yritykset, 2020:5.
- Powell, W. W. (1998). Learning from collaboration: Knowledge and networks in the biotechnology and pharmaceutical industries. *California Management Review*, 40(3), 228-240. <https://doi.org/10.2307/41165952>
- Puhakainen, E., & Väyrynen, K. E. (2021). The benefits and challenges of technology neutral regulation – a scoping review. PACIS 2021 Proceedings. <https://aisel.aisnet.org/pacis2021/48>
- Puolustusministeriö. (n.d.). Puolustusalan tutkimus- ja kehittämistoiminta EU:ssa. https://www.defmin.fi/vastuualueet/kansainvalinen_puolustusyhteistyö/eu-yhteistyö/puolustusalan_tutkimus-_ja_kehittamistoiminta_eu_ssa#1055960f
- Regenringskansliet. (2012). Den nationella innovationsstrategin, N2012.27.
- Robbins, S., & van Wynsberghe, A. (2022). Our new artificial intelligence infrastructure: becoming locked into an unsustainable future. *Sustainability*, 14(8), 4829.
- Robinson, D. K., Simone, A., & Mazzonetto, M. (2021). RRI legacies: co-creation for responsible, equitable and fair innovation in Horizon Europe. *Journal of Responsible Innovation*, 8(2), 209-216.
- Rotolo, D., Hicks, D., & Martin, B. R. (2015). What is an emerging technology? *Research Policy*, 44(10), 1827-1843. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.06.006>
- Rusanen, A. (2023). Tekoälyä ollaan jo sääntelemässä. Valtiovarainministeriö. <https://valtioneuvosto.fi/-/10623/tekoalya-ollaan-jo-saantelemassa>
- Salminen, V. e. a. (2020). Innovaatiomyönteinen sääntely : Nykytila ja hyvät käytännöt. Valtioneuvoston selvitys- ja tutkimustoiminnan julkaisusarja 2020:27.
- Schot, J., & Steinmueller, W. E. (2018). Three frames for innovation policy: R&D, systems of innovation and transformative change. *Research Policy*, 47(9), 1554-1567. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2018.08.011>

- Sehgal, A. (2023). Geopolitics of Semiconductor Supply Chains: The Case of TSMC, US-China-Taiwan Relations, and the COVID-19 Crisis. Independent Study Project (ISP) Collection, 3592.
- Seppälä, T., Hakanen, E., Lähteenmäki, I., Mattila, J., & Niemi, R. (2019). The resource dependency of data: A prospective on data sharing in supply chains. SSRN Electronic Journal. <https://doi.org/10.2139/ssrn.3493650>
- Sipilä, E., Kiuru, H., Nylund, N.-O., & Sipilä, K. (2021). Jakeluvaihtoehtojen laajentaminen. AFRY Management Consulting Oy.
- Skilling, D. (2022). Review of Industrial & Enterprise Policy in Small Advanced Economies and Implications for Irish Enterprise Policy. Landfall Strategy Group. <https://enterprise.gov.ie/en/publications/publication-files/review-of-industrial-and-enterprise-policy-in-small-advanced-economies-and-implications-for-irish-enterprise-policy.pdf>
- Sosiaali- ja terveystieteiden ministeriö. (n.d.). Geeniteknologian sääntely. <https://stm.fi/geeniteknologia>
- Stringer, R. (2000). How to manage radical innovation. California Management Review, 42(4), 70-88. <https://doi.org/10.2307/41166054>
- Sturbell, E., Ganesh, A., & McCallum, A. (2019). Energy and policy considerations for deep learning in NLP. arXiv preprint arXiv:1906.02243.
- Suomen Biokaasu ja Biokierto ry. (2021). Lausunto hallituksen esitykseen eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräiksi muiksi laeiksi (E 48/2021 vp).
- Suomen ilmastopaneeli. (2021). Asiantuntijalausunto. HE 48/2021 vp Hallituksen esitys eduskunnalle laiksi biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräiksi muiksi laeiksi. Talousvaliokunta 12.5.2021.
- Suomen missiolähtöisen innovaatiopolitiikan kulmakivet (FIMO). (2023). Tieto käyttöön. <https://tietokayttoon.fi/-/suomen-missiolahtoisen-innovaatiopolitiikan-kulmakivet-fimo->
- Suomen virallinen tilasto (SVT). (2021). Energian hankinta ja kulutus [verkköjulkaisu]. Viiteajankohta: 31.12.2021. Tilastokeskus [Viitattu: 11.3.2024]. <https://www.stat.fi/julkaisu/cl1xmekvw1pp80buvn1cznxmy>
- Suomen virallinen tilasto (SVT). (2021). Väestöennuste [verkköjulkaisu]. ISSN=1798-5137. 2021. Tilastokeskus [viitattu: 4.12.2023]. http://www.stat.fi/til/vaenn/2021/vaenn_2021_2021-09-30_tie_001_fi.html
- Svenska riksdagen. (2022). Exponentiella teknologier, Motion till riksdagen 2022/23:942, Kommitémotion SD21.
- Talousvaliokunta. (2021). Valiokunnan mietintö TaVM 17/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Mietinto/Sivut/TaVM_17+2021.aspx
- Teknologianeuvottelukunta. (2021). Suomen teknologiapoliittika 2020-luvulla : Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:30. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-692-3>

- Teknolohiateollisuus 2024. (12.2.2024). EU:n tekoälyasetus – tekoälyjärjestelmien ja yleiskäyttöisten tekoälymallien turvallisuussäädös. https://teknolohiateollisuus.fi/sites/default/files/inline-files/EU_teko%C3%A4lyasetus_Teknolohiateollisuus.pdf
- Tesi. (n.d.). Rahastosijoituksemme. <https://tesi.fi/portfolio/rahastot/>
- Tesi. (n.d.). Suorat yrityssijoituksemme. <https://tesi.fi/portfolio/yriitykset/>
- Tesi. (2022). Deep Tech Study Finland 2022. https://tesi.fi/wp-content/uploads/2022/12/DeepTechStudy_2022_full_final.pdf
- Thornton, P. H., & Ocasio, W. (2008). Institutional Logics. In K. Sahlin, R. Suddaby, R. Greenwood, & C. Oliver (Eds.), *The SAGE Handbook of Organizational Institutionalism* (1st ed.). Sage Publications.
- TIEKE. (2021). Digitaitojen osaamismerkistö. <https://tieke.fi/palvelut/osaamisen-kehittaminen/digitaitojen-osaamismerkkijarjestelma/>
- Tilastokeskus. (27.10.2023). Tutkimus- ja kehittämistoiminnan volyymi pysyi vuonna 2022 edellisvuoden tasolla. <https://www.stat.fi/julkaisu/clmhjs4vmz9bm0avvv4jod5gc>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (n.d.). Biopolttoaineet ja bionesteet. <https://tem.fi/biopolttoaineet>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (n.d.). Innovaatiomyönteinen sääntely. <https://tem.fi/innovaatiomyonteinen-saantely>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (14.12.2023). Muutoksia energiatuen myöntämisen ehtoihin vuosina 2023-2027. <https://tem.fi/-/muutoksia-energiatuen-myontamisen-ehtoihin-vuosina-2023-2027>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2022). Tekoäly 4.0 -ohjelma : Suomi kaksoisiirtymän suunnannäyttäjänä – Tekoäly 4.0 -ohjelman loppuraportti. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2022:60. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/164394/TEM_2022_60.pdf?sequence=4
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2023). EU:n tekoälyasetusehdotuksen vaikutukset suomalaisyritysten liiketoimintaympäristöön. <https://tem.fi/julkaisu?pubid=URN:ISBN:978-952-327-613-0>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2023). U-jatkokirje; komission ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn harmonisoiduksi sääntelyksi (Artificial Intelligence Act). <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2023-AK-22139.pdf>
- Työ- ja elinkeinoministeriö. (2023). U-jatkokirje; komission ehdotus Euroopan parlamentin ja neuvoston asetukseksi tekoälyn harmonisoiduksi sääntelyksi (Artificial Intelligence Act). <https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Liiteasiakirja/Documents/EDK-2023-AK-22139.pdf>
- Unruh, G. C. (2000). Understanding carbon lock-in. *Energy Policy*, 28(12), 817-830. [https://doi.org/10.1016/s0301-4215\(00\)00070-7](https://doi.org/10.1016/s0301-4215(00)00070-7)
- Updrag att öka insatserna inom innovations- och forskningsprogrammet Avancerad digitalisering, Regeringsbeslut KN2023/+2784. (30.3.2023).

- Uppdrag att inkomma med analyser som underlag till regeringens forsknings- och innovationspolitik, Regeringsbeslut U2023/01317. (13.4.2023).
- Urbina, F., Lentzos, F., Invernizzi, C., & Ekins, S. (2022). ual use of artificial-intelligence-powered drug discovery. *Nature Machine Intelligence*, 4(3), 189-191. <https://doi.org/10.1038/s42256-022-00465-9>
- Vahva ja välittävä Suomi Pääministeri Petteri Orpon hallituksen ohjelma. (2023). <https://valtioneuvosto.fi/hallitukset/hallitusohjelma#/>
- Valtioneuvosto. (2022). Lainvalmistelun vaikutusarviointiohje. Valtioneuvoston julkaisuja 2022:6, 44.
- Valtioneuvosto (2023). Suomen etenemissuunnitelma: EU:n Digitaalinen vuosikymmen 2030 -politiikkaohjelma. Valtioneuvoston julkaisuja 2023:75. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/165322>
- Valtioneuvoston asetus Euroopan unionin rahoittamien pinta-alaperusteisten sekä eräiden muiden tukien toimeenpanosta (134/2023). (n.d.).
- Valtioneuvoston kanslia. (5.10.2023). Valtioneuvosto uudisti tutkimus- ja innovaationeuvostoa koskevan asetuksen. <https://valtioneuvosto.fi/-/10616/valtioneuvosto-uudisti-tutkimus-ja-innovaationeuvostoa-koskevan-asetuksen>
- Valtioneuvoston päätös huoltovarmuuden tavoitteista (1048/2018). (n.d.).
- Valtioneuvoston U-kirjelmä U 28/2021 vp. (n.d.). https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Kirjelma/Sivut/U_28+2021.aspx
- Valtioneuvostolle avattiin Pandoran lipas. (11.1.2024). Helsingin Sanomat. <https://www.hs.fi/mielipide/art-2000010110389.html>
- Valtiovarainministeriö. (n.d.). Suomen kestävä kasvun ohjelma. <https://vm.fi/kestava-kasvu>
- Valtiovarainministeriö. (2021). Suomen teknologiapolitiikka 2020-luvulla : Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:30. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-367-692-3>
- Valtiovarainministeriö. (2021). Suomen teknologiapolitiikka 2020-luvulla – Teknologialla ja tiedolla maailman kärkeen. Valtiovarainministeriön julkaisuja 2021:30. https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/163185/VM_2021_30.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- van den Bergh, J. C.J.M. (2008). Optimal Diversity: Increasing Returns versus Recombinant Innovation. *Journal of Economic Behavior & Organization*, 68(3-4), 565-580. <https://doi.org/10.1016/j.jebo.2008.09.003>
- van Rijnsoever, F. J., van den Berg, J., Koch, J., & Hekkert, M. P. (2015). Smart Innovation Policy: How Network Position and Project Composition Affect the Diversity of an Emerging Technology. *Research Policy*, 44(5), 1094-1107. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2014.12.004>
- Vlaamse Overheid. (2016). RDI in Flanders: Organisational setup, key figures, main institutes.
- Vlaamse Overheid. (2022). STI in Flanders: Policy & Key Figures.

- Vlaamse Overheid. (2023). ISION PAPER : Strengthening the Competitiveness of the European Industry.
- Vlaamse Raad voor Wetenschap en Innovatie. (2014). Flanders in Transition: Priorities in Science, Technology and Innovation towards 2025.
- VTT. (2021). Teknologian tutkimuskeskus VTT Oy:n lausunto Hallituksen esitykseen eduskunnalle biopolttoaineiden käytön edistämisestä liikenteessä annetun lain muuttamisesta ja eräiksi muiksi laeiksi HE 48/2021 vp.
- VTT. (2022). VTT:n visiopaperi: Lupaavimmat teknologiat. <https://www.vttresearch.com/fi/vttn-visiopaperi-lupaavimmat-teknologiat>
- Warnke, P., Cuhls, K., & Schmoch, U. e. a. (2019). 100 Radical Innovation Breakthroughs for the future. Directorate-General for Research and Innovation (European Commission). <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/3e2e92d6-1647-11ea-8c1f-01aa75ed71a1/language-en>
- Xiang, C. (2022). Artists Are Revolting Against AI Art on ArtStation. VICE. <https://www.vice.com/en/article/ake9me/artists-are-revolt-against-ai-art-on-artstation>
- Ympäristövaliokunta. (n.d.). Valiokunnan lausunto YmVL 8/2021 vp HE 48/2021 vp. https://www.eduskunta.fi/FI/vaski/Lausunto/Sivut/YmVL_8+2021.aspx

tietokayttoon.fi

ISBN PDF 978-952-383-332-6

ISSN PDF 2342-6799