

25.11.2021/Martti Hetemäki  
5.11.2021 versioon nähden liite I lisätty

## Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminnan kasvun vaikutuksista<sup>1</sup>

### Tiivistelmä

Hallitusohjelman mukaan *”Laaditaan tiekartta TKI-panostusten nostamiseksi neljään prosenttiin BKT:sta ja Suomen kehittämiseksi maailman parhaaksi innovaatio- ja kokeiluympäristöksi”*. Linjaus tarkoittaa T&K-panostuksen reaalista kasvua noin 5 %:lla/v. 2030 asti. Tutkimustieto viittaa siihen, että tällainen panostus lisäisi merkittävästi tuottavuuden kasvua. Tulokset riippuvat panostusten laadusta ja niiden hyödyntämisen edellytyksistä alkaen riittävästä osaajien määrästä. Panostusten vaikutusten suuruus on epävarma, mutta niiden tekemättä jättämisen vaikutukset ovat olleet varsin selvät. T&K-menot olivat 2020 nimellisesti 2010 tasolla eli niiden määrä on laskenut 2010 jälkeen tuntuvasti. Sen sijaan Ruotsin ja Tanskan investoinnit ovat pitkään kohdentuneet vahvasti tuottavuuden kasvuun. Suomessa tuottavuuden kasvu onkin jäänyt selvästi hitaammaksi kuin Ruotsissa ja Tanskassa. Tämä on heikentänyt hyvinvoinnin rahoituksen pohjaa Ruotsiin ja Tanskaan nähden. Kehityksen korjaus vie aikaa, minkä takia TKI-panostuksen nostolla on kiire. Hallituksen linjauksen mukainen panostus nostaisi IMF:n ja OECD:n selvitysten tuloksia hyödyntäen tuottavuuskasvua alustavan arvion mukaan noin prosenttiyksikön verrattuna siihen, että T&K-menojen määrä pysyisi ennallaan. Tällä olisi merkittävä julkisen talouden velkaantumista vakauttava vaikutus.

---

<sup>1</sup> Kiitän TEM:n kestävä kasvun työryhmän muita jäseniä ja sen sihteereitä sekä Bengt Holmströmiä, Juhana Hukkista, Ari Hyytistä, Matti Pohjolaa, Pekka Sinkoa ja Otto Toivasta hyvistä kommentteista. Vastaan kuitenkin luonnollisesti yksin kirjoituksesta ja siihen mahdollisesti sisältyvistä virheistä.

## Sisällysluettelo

1 Johdanto

2 Innovaatiopolitiikan periaatteista

3 TKI-tiekartan lähtökohdista

4 Perus- ja soveltavan tutkimuksen tuottavuusvaikutuksista

5 Pääomasijoitustoiminnan vaikutuksista innovaatioihin

6 Yliopistojen vaikutuksista innovaatioihin

7 Arvio TKI-panosten 5 %/v. kasvun vaikutuksesta tuottavuuden ja talouden kasvuun

8 Arvio työn tuottavuuden kasvun vaikutuksesta julkisen talouden velkaantumiseen

9 Johtopäätökset

## Lähteet

Liite A: Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminta

Liite B: Innovaatioiden synty ja leviäminen

Liite C: TKI-toiminnan hyöty/kustannus-suhteen ja sen epävarmuuksien arviointi

Liite D: Tuottavuuden kasvun vaikutukset julkisen talouden kestävyysvajeeseen

Liite E: Työn tuottavuuden kasvun vaikutusarvion yksityiskohtaisemmat perustelut

Liite F: Tutkimustoiminnan tuottavuudesta

Liite G: Investointien kohdentuminen ja tuottavuus

Liite H: Keskeisiä käsitteitä

Liite I: Tulosten herkkyystarkastelu

## 1 Johdanto

Hallitusohjelma linjaa tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotiekartasta seuraavasti:

- *”Laaditaan tiekartta TKI-panostusten nostamiseksi neljään prosenttiin BKT:sta ja Suomen kehittämiseksi maailman parhaaksi innovaatio- ja kokeiluympäristöksi.”*

Tutkimustieto viittaa siihen, että mainitun suuruisella panostuksella olisi merkittävä vaikutus tuotavuuden kehitykseen. Muistio pyrkii arvioimaan TKI-panosten kasvun vaikutuksia lähinnä IMF:n ja OECD:n selvitysten perusteella.

Muistio etenee seuraavasti. Luku 2 tiivistää innovaatiopolitiikan periaatteita ja vaikutuksia koskevan Takalon ja Toivasen (2021) katsauksen. Luku 3 esittää TKI-tiekartan lähtökohdat. Luku 4 esittää IMF:n (2021a) arviot perus- ja soveltavan tutkimuksen tuottavuusvaikutuksista. Luku 5 käsittelee pääomasijoitustoiminnan vaikutuksia innovaatiotoiminnan rahoituksessa. Luku 6 ja liite B käsittelevät yliopistojen ja tutkimuslaitosten vaikutuksista innovaatioiden kasvuun. Luku 7 esittää arvion TKI-panosten 5 %/v. kasvun vaikutuksesta tuotavuuden ja talouden kasvuun. Luku 8 esittää arvion työn tuottavuuden kasvun vaikutuksesta julkisen talouden velkaantumiseen. Luku 9 esittää muistion johtopäätökset.

## 2 Innovaatiopolitiikan periaatteista

Katsauksessaan innovaatiotoiminnan sääntelystä Takalo ja Toivanen (2021) listaavat innovaatioiden edistämisen periaatteet selkeästi. Ne ovat pelkistäen ja tiivistäen seuraavat:

- 1) Ulkoisvaikutukset. Julkisen vallan aktiivinen innovaatiopolitiikka on perusteltua innovaatioiden positiivisten ulkoisvaikutusten takia. Innovaatiotoiminnan (positiiviset) ulkoisvaikutukset ovat sellaisia innovaatio-toiminnan hyötyjä, joista innovaatiotoimintaan investoiva taho (yksityinen keksijä, yritys, tai muu organisaatio) ei saa korvausta eikä siksi ota huomioon näitä hyötyjä investointipäätöstä tehdessään.
- 2) Innovaatiopolitiikan tavoiteristiriita. Innovaatiopolitiikka vaikuttaa sekä rahoituksen kannustimiin että innovaatioiden tulosten hyödyntämiseen. Tähän voi liittyä ristiriita. Innovaatioiden hyödyntämisen edistäminen esimerkiksi patenttisuojaa heikentämällä yleensä heikentää kannustimia innovaatioihin.
- 3) Liiallisen ohjauksen välttäminen. Julkisen vallan on yleensä perusteltua luoda vain hyvät edellytykset innovaatiotoiminnalle, eikä pyrkiä yksityiskohtaisesti ohjaamaan sitä, mitä tulee innovoida ja missä.

Kuten Takalo ja Toivanen toteavat:

- Yksityisen sektorin T&K-toiminnan julkinen rahoitus kattaa suorat tuet, lainat ja pääomasijoitukset sekä T&K-verohelpotukset.
- Tutkimusten perusteella vaikuttaa siltä, että julkisen rahoituksen vaikutus panostuksiin ja lopputulemiin on neutraali tai positiivinen.
- Pelkkien kannustimien vaikutusten arviointi ei kuitenkaan ole riittävää, koska arvioinnissa myös järjestelmien kustannukset, vaikutukset innovaatioiden leviämiseen ja muut ulkoisvaikutukset tulisi ottaa huomioon.

Takalon ja Toivasen mukaan:

- Taloustieteen tutkimus on painottanut julkisen vallan merkitystä perustutkimuksen rahoituksessa.
- Perustutkimuksessa ulkoisvaikutukset ovat suuria.

- Koulutus korostuu, koska innovaatiot ja niiden käyttöönotto perustuvat henkiseen pääomaan. Tutkimusten mukaan innovaatioklusterit syntyvät usein huippuyliopistojen ympärille (ks. liite B).
- Korkeakoulutuksen – erityisesti insinööri- ja luonnontieteellisen koulutuksen – innovaatiovaikutus on suuri ja koulutus on kustannushyötysuhteeltaan hyvä innovaatiopolitiikan väline.

Taulukko 1 on Takalon ja Toivasen (2021) yhteenveto innovaatiotoimintaa lisäävän politiikan vaikutuksista. *Ensimmäisessä sarakkeessa mainitaan karkeasti sääntelytoimenpiteet. Toisessa ja kolmannessa sarakkeessa kuvataan sääntelyn tai toimenpiteen vaikutuksia 1) innovaatiotoiminnan kannustimiin ja 2) innovaatioiden leviämiseen (0 = neutraali vaikutus, + = positiivinen vaikutus). Neljännessä ja viidennessä sarakkeessa kuvataan tieteellisen näytön vahvuutta ja sääntelyalueen merkitystä innovaatiotoiminnan kannalta (\* = heikko näyttö tai pieni merkitys, \*\* = keskinkertainen näyttö tai merkitys, \*\*\* = vahva näyttö tai suuri merkitys). Kaikkien sääntelytoimenpiteiden vaikutukset ovat heterogeeniset ja kokonaishyvintointi-vaikutuksista on vähän näyttöä.*

Taulukko 1. Takalon ja Toivasen yhteenveto tutkimustuloksista eri toimien vaikutuksista innovaatiotoihin

Sääntely	1) Vaikutus kannustimiin	2) Vaikutus leviämiseen	Näytön vahvuus	Tärkeys
Aineettomat oikeudet, vahvennus	0	0	1) *** 2) *	**
T&K:n julkinen rahoitus, lisäys	+	0	1) *** 2) *	**
Palkinnot, lisäys	+	+	*	*
Julkiset hankinnat ja T&K, lisäys	+	+	*	**
Koulutus ja perustutkimus, lisäys	+	+	**	***
Yritys- ja henkilöverotus, kevennys	+	0	1) *** 2) *	**
Työmarkkinat, joustojen lisäys	0	+	**	**
Osaajien maahanmuutto, lisäys	+	+	***	***
Rahoitusmarkkinat, sääntelyn vähennys	+	0	1) ** 2) *	**
Kilpailu, lisäys	+	+	**	***
Ulkomaankauppa, esteiden purku	+	+	**	***

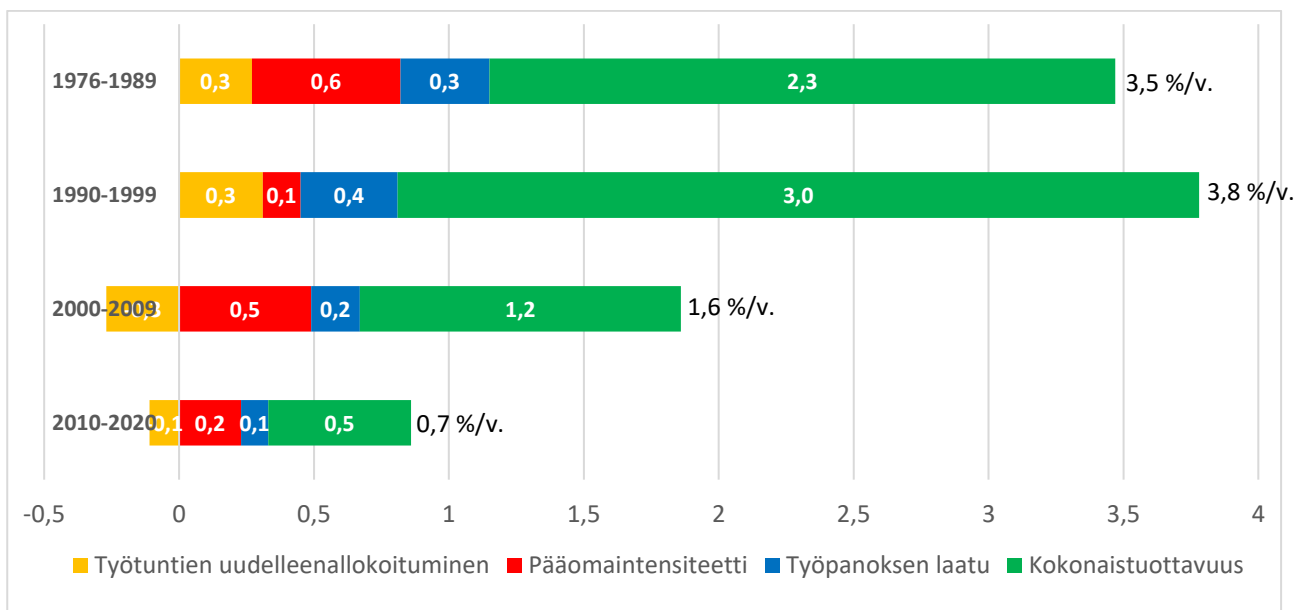
Lähde: Takalo ja Toivanen (2021)

### 3 TKI-tiekartan lähtökohdista

Kuvio 2 esittää Suomen työn tuottavuuden keskimääräisen kasvun jaettuna eri tekijöiden kontribuutioihin. Työn tuottavuuden kasvu on laskenut n. 3½ %:sta/v. 1976-1999 0,7 %:iin/v. 2010-2020. Suurin syy tähän on kokonaistuottavuuden kasvun lasku 0,5 %:iin/v.

TKI-politiikka vaikuttaa käytännössä kokonaistuottavuuden kasvuun.<sup>2</sup> Kokonaistuottavuus on hidastunut myös muissa OECD-maissa, mutta erityisen paljon se on hidastunut Suomessa.

Kuvio 1. Eri tekijöiden vaikutus työn tuottavuuden kasvuun (%-yks./v.) kansantaloudessa (pl. julkinen sektori ja alkutuotanto), keskimäärin eri ajanjaksoilla



Lähde: Tilastokeskus 15.10.2021 [https://www.stat.fi/til/ttut/2020/ttut\\_2020\\_2021-10-15\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ttut/2020/ttut_2020_2021-10-15_tie_001_fi.html)

Koska Tilastokeskuksen tuottavuustilastot koskevat kansantalouden markkinasektoria (pl. alkutuotanto), ovat tilaston tuottavuusluvut ovat koko kansantaloutta parempia.

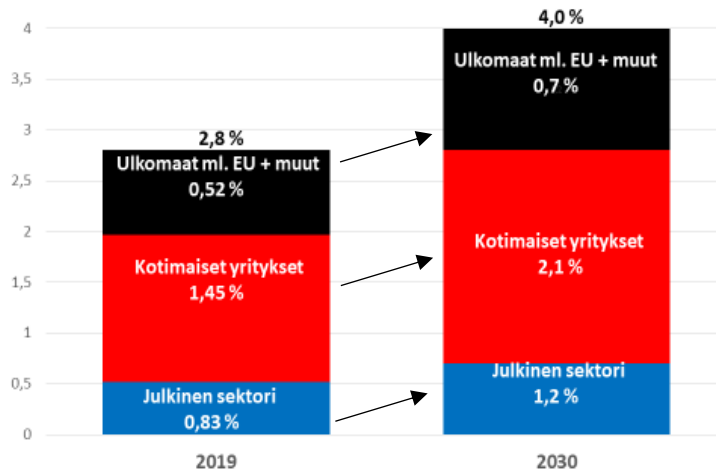
Pohjolan (2020) ja (2021) esittää systemaattisen analyysin Suomen tuottavuuden kasvun lähteistä ja samalla sen puutteista, joiden tunteminen on välttämätöntä kasvupolitiikan valmistelussa. Pohjolan analyysin mukaan tietointensiivisten palvelujen kontribuutio työn tuottavuuden kasvuun on ollut vähäinen. Lähes kaikki T&K-pääoman suora tuottavuuskontribuutio on syntynyt teollisuudessa. Ruotsin T&K- ja ICT-investoinnit suuntautuvat Suomea enemmän bkt-osuuttaan kasvattaville toimialoille. Jotta ne lisäisivät enemmän tuottavuuskasvua, pitäisi niiden suuntautua nykyistä enemmän kasvaville aloille tai edistää rakennemuutosta.

Suomen 1990-luvun tuottavuuden nopean kasvun takana oli keskeisesti sähkö- ja elektroniikkateollisuus eli (lähinnä Nokia) kokonaistuottavuuden voimakas kasvu. Samoin T&K-menojen BKT-suhde nousi korkealle tasolla paljolti Nokian ansiosta. Nokian korkean T&K-panostuksen ja nopean tuottavuuskasvun varjoon jäi Suomen muun yrityssektorin varsin matala T&K-panostus ja heikko tuottavuuskasvu. Kun Nokian matkapuhelintuotanto hiipui, ei sen tilalle tullut uutta nopeasti kasvavaa yritystoimintaa.

<sup>2</sup> Kokonaistuottavuus saadaan, kun työn tuottavuuden muutoksesta vähennetään työ- ja pääomapanoksen vaikutukset. Kokonaistuottavuuteen ei tällöin vaikuta työpanoksen laadun muutos, pääomaintensiteetti tai työtuntien uudelleenallokoituminen. Jos kokonaisuustuottavuus ei kasva, työpanos ei laadullisesti tai määrällisesti muutu tai uudelleenallokoitoidu ja pääomaintensiteetti pysyy ennallaan, talouskasvu on nolla.

TKI-tiekartan keskeinen lähtökohta on pitkään jatkunut heikko tuottavuuskehitys. Ilman kestävästi parempaa tuottavuuskasvua talouskasvu on jäämässä nykytasaisen hyvinvoinnin rahoituksen kannalta liian heikoksi. Tutkimustulosten valossa T&K-panostuksen nosto on avainasemassa tuottavuuskasvun nostamiseksi. Hallituksen linjauksen mukaisen vuoden T&K-panostusten BKT-suhteen saavuttaminen edellyttää huomattavaa rahoituksen lisäämistä julkiselta ja yksityiseltä sektorilta (kuvio 2).

Kuvio 2. T&K-investointien rahoitus/BKT 2019 ja tavoitteessa 2030, kun rahoitusosuudet samat kuin 2019



Lähde: Tilastokeskus v. 2019 luvut

Hallituksen tavoite on T&K-intensiteetti (T&K-investoinnit/BKT) 4,0 prosenttia vuoteen 2030 mennessä. Taulukossa 2 hallituskausien päätösvuodet 2023 ja 2027 ovat välitavoitteita.

Taulukko 2. T&K-intensiteettitavoite kiintein, vuoden 2022 hinnoin

vuosi	2019, toteutuma	2020**	2021**	2022**	2023**	...	2027**	...	2030**	Vuotuinen keskimääräinen tasokorotustarve, milj. €, v. 2020–2030	Korotustarve yhteensä vuodesta 2020 vuoteen 2030, mrd. €
BKT (mrd. €)*	251,6	243,6	247,0	252,0	259,0	...	288,4	...	312,1	–	–
T&K-intensiteetti v. 2018–2020 (%); tavoite 4,0 % v. 2030 (välitavoite 3,23 % v. '23).	2,79	2,90	3,01	3,12	3,23	...	3,67	...	4,00	–	–
T&K-menot v. 2018–2020 (mrd. €); lisästarve v. 2021 →, jos tavoite 4,0 % v. '30 (välitavoite 3,23 % v. '23)	7,02	7,07	7,43	7,86	8,36	...	10,58	...	12,49	n. 500	5,47
Julkisen sektorin t&K-rahoitus- intensiteetti (%), tavoite 1,18 % v. 2030 (välitavoite 0,96 % v. '23)	0,83	0,86	0,89	0,93	0,96	...	1,09	...	1,18***	–	–
Julkisen sektorin t&K-rahoitus (mrd. €), ja lisästarve v. 2020 →, jos tavoite 1,18 % v. '30 (välitavoite v. 0,96 % v. '23).	2,09	2,10	2,20	2,34	2,49	...	3,14	...	3,68	n. 145	1,59

\*Bkt vuodelle 2019 on toteuma, vuodelle 2020 VM:n ennuste ja vuodesta 2021 eteenpäin 2 prosentin vuotuisen kasvun mukainen, joka vastaa työryhmän BKT tavoitekasvua, mikä on VM:n ennustetta korkeampi.

\*\*Ennuste tai arvio.

\*\*\*Julkisen sektorin rahoitusosuus ja intensiteettitavoite perustuu vuoden 2019 toteutumaan, jossa julkisen sektorin osuus t&K-menojen rahoituksesta oli 29,6 %.

– Ei tietoa tai käyttökelpoista arviota.

Lähde: TEM (2021), Kestävän kasvun työryhmä: Kestävä talouskasvu ja hyvinvointimme tulevaisuus. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:12.

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162870/TEM\\_2021\\_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162870/TEM_2021_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

T&K-panostusten määrän kasvun tuottavuusvaikutukset riippuvat ratkaisevasti niiden laadusta ja mm. osaavan työvoiman saatavuudesta. Hallituksen linjauksen mukainen T&K-investointien nopea ja suuri kasvu lisää riskiä, että niiden yksityiset ja yhteiskunnalliset tuottoasteet laskevat. OECD (2015) arvioi hyvin laajaan tutkimuskirjallisuusaineiston perusteella kyseisten tuottoasteiden olevan korkeita (ks. liite E). Mainitun T&K-panosten yksityisen ja yhteiskunnallisten tuottoasteiden laskun riskiä vähentää moni asia.

Ensinnäkin T&K-investointien tuoton laskun riskiä vähentää se, että Suomessa T&K-investointeja ollaan lisäämässä aiempaan nähden matalalta tasolta. Suomi on harvoja maita, joissa T&K-menojen määrä on absoluuttisesti selvästi alentunut. T&K-menot olivat jopa nimellisesti v. 2020 alle v. 2010 tason, mikä merkitsee, että ne ovat määrällisesti tuntuvasti alentuneet 10 vuodessa. Liite A kuvaa yritysten T&K-menojen nimellisen kehityksen ja liite E tarkastelee T&K-investointien ja –nettopääoman määrän kehitystä.

Toiseksi Suomen kokonaisinvestointien jakauma on ollut pitkään tuottavuuden ja talouskasvun kannalta hyvin epäedullinen esimerkiksi Ruotsiin ja Tanskaan verrattuna (ks. liitteen G kuviot). Tämän perusteella kansantalouden investointeja on mahdollista kohdentaa talouskasvun kannalta selvästi nykyistä tehokkaammin.

Liitteen G kuviot osoittavat myös, että Suomen julkiset investoinnit/BKT ovat selvästi EU-maiden keskitasoa korkeammat. Tähän liittyy myös se, että julkisen sektorin – kuten myös yksityisen sektorin – on niukkojen voimavarojen puitteissa pystyttävä priorisoimaan T&K-investointeja muihin investointeihin nähden.

Kolmanneksi tutkimustulokset viittaavat siihen, että T&K- ja muiden aineettomien investointien suhteellinen merkitys tuottavuuden kasvussa on korostunut. Tämä perustelee mm. IMF:n ja OECD:n suosituksia T&K-investointien lisäämiseksi. Tämä suositus on erityisen tärkeä niiden maiden kohdalla, jotka ovat teknologisen kehityksen eturintamassa tai lähellä sitä. Suosituksen merkitystä korostaa myös hallitusohjelman linjaus *”Suomen kehittämiseksi maailman parhaaksi innovaatio- ja kokeilu ympäristöksi”*.

Tärkeä lähtökohta panostusten yksityisen ja yhteiskunnallisen korkean tuoton turvaamisessa on niiden kohdentaminen, johon vaikuttaa Suomen asema pienenä avotaloutena. Takalo ja Toivanen (2021) toteavat yhtenä johtopäätöksensä, että: *”Suomen kannalta sääntelyssä saattaakin olla tärkeämpää painottaa enemmän innovaatio toiminnan tulosten tehokasta hyödyntämistä Suomessa kuin innovaatiokannustimien vahvistamista”*. Tämä korostaa mm. pääomasijoitustoiminnan merkitystä T&K-panosten tulosten kannalta.

Yleisemmin synergiat tai komplementaarisuudet muiden toimien kanssa ovat keskeisiä T&K-panosten tuottojen kannalta. Ilman juuri esimerkiksi riittävää riskinottoa – mihin tarvitaan oman pääoman ehtoista rahoitusta – julkisen sektorin T&K-panostuksilla ei ole tarvittavaa vipuvaikutusta yritysten T&K-panoksiin.

Osin liittyen, uusin, suunnattua teknologista kehitystä (directed technological change) koskeva tutkimus, ks. esimerkiksi Acemoglu et al (2012). Se korostaa mm. tarvetta yhdistää yhä kiristyvä ilmasto ja luontoa koskeva sääntely siihen, että julkinen sektori panostaa näitä tavoitteita edistävien teknologioiden kehitykseen. Tälle on monia syitä, kuten mm. teknologiseen kehitykseen liittyvä polkuriippuvuus, joka voi antaa edun vanhoille teknologioille. Ei myöskään ole selvää, että ilman julkisen vallan koordinoivaa roolia yrityksillä on kannustin suunnata T&K-panoksia kohti vihreitä teknologioita riittävän nopeasti.

Yllä todetun voi nähdä olevan ristiriidassa liiallisen ohjauksen välttämisen-periaatteen kanssa. Toisaalta siinä on kyse yhteiskunnan prioriteettien huomioon ottamisesta julkisen T&K-toiminnan painotuksissa, ei mikrotason ohjaamisesta.

Julkisesti rahoitetun tutkimustoiminnan tärkeitä kriteereitä ovat sen laadun ja vaikuttavuuden ohella sen uudistavuus. Takalo ja Toivanen (2021) kiinnittävät perustellusti huomiota siihen, että *”Uusilla ja tulevaisuuden täysin tuntemattomilla yrityksillä ja keksijöillä ei ole etujärjestöjä lainkaan”*.

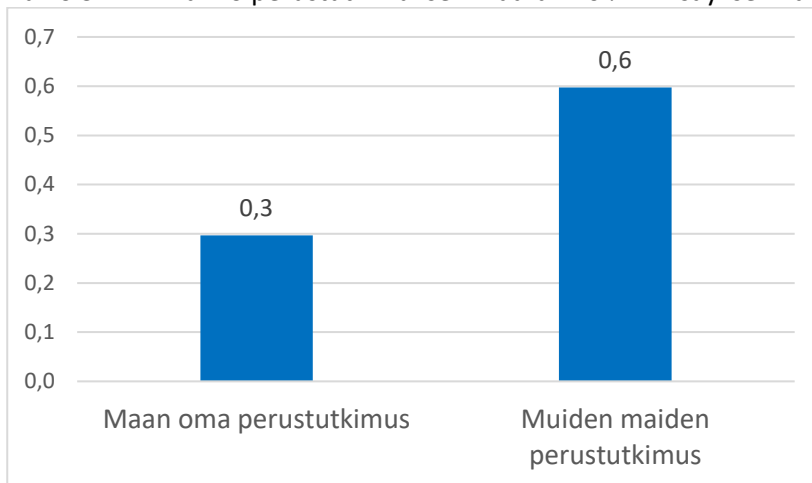
#### 4 Perus- ja soveltavan tutkimuksen vaikutuksista tuottavuuteen

TKI-toiminnan hyötyjen suuruutta suhteessa kustannuksiin on vaikea luotettavasti arvioida, koska vaikutukset riippuvat monesta hyvin epävarmasta tekijästä. Liite C tiivistää Jonesin ja Summersin (2021) esittämän lähestymistavan TKI-toiminnan hyöty/kustannus-suhteen ja sen epävarmuuksien arvioimiseksi.

Kansainvälinen valuuttarahasto IMF (2021) on hiljattain julkaissut laajaan aineistoon perustuvan arvion tutkimuksen vaikutuksista työn tuottavuuden ja kokonaistuottavuuden kasvuun. Kuvio 3 tiivistää IMF:n arvion keskeiset tulokset. Maan oman perustutkimuksen pääoman pysyvä 10 %:in lisäys nostaa työn tuottavuuden tasoa 0,3 %:lla. Muiden maiden perustutkimuksen pääoman 10 %:in lisäyksellä on kaksinkertainen vaikutus.<sup>3</sup> IMF:n (2021) arvion mukaan maan oman soveltavan tutkimuksen pääoman lisäyksen vaikutus työn tuottavuuteen on samaa kertaluokkaa kuin perustutkimuksen lisäämisellä. IMF olettaa sekä perus- että soveltavan tutkimuksen pääoman kuluvan 10 % vuodessa.<sup>4</sup>

Muiden maiden soveltavan tutkimuksen pääoman lisäämisellä ei IMF:n mukaan ole tilastollisesti merkitsevää vaikutusta oman maan työn tuottavuuteen. Yleisesti muiden maiden tutkimuksella on pienet vaikutukset kehittyneiden maiden tuottavuuteen.

Kuvio 3. IMF:n arvio perustutkimuksen määrän 10 %:in lisäyksen vaikutuksesta työn tuottavuuteen, %



Lähde: IMF, World Economic Outlook, October 2021.

IMF:n esittämä arvio tutkimuspääoman vaikutuksesta tuottavuuteen on luonnollisesti vain yksi monista vastaavista epävarmoista arvioista. Liite E esittää OECD:n laatiman yhteenvedon tutkimuskirjallisuudessa saaduista tuloksista T&K-toiminnan vaikutuksista.

Liite F selostaa tutkimustuloksia, joiden perusteella tutkimustoiminnan tuottavuus on pitkään ja selvästi heikentynyt. Takalo ja Toivanen (2021) viittaavat Akcigit et al (2021) tutkimukseen, jonka mukaan perustutkimuksen ulkoisvaikutukset ovat suuria innovaatiotoiminnan kannalta. Yritykset rakentavat yliopistojen ja tutkimuslaitosten perustutkimuksen pohjalta ja tuottavat vaikuttavampia soveltavia innovaatioita. Akcigit et al (2021) tulokset viittaava siihen, että riittämätön perustutkimus Yhdysvalloissa voi mahdollisesti selittää merkittävän osan Bloom et al (2020) arvioimasta tutkimuksen tuottavuuden huomattavasta laskusta.

<sup>3</sup> IMF siis arvioi, että tuottavuuden jousto muiden maiden perustutkimuksen suhteen on n. 0,06. Tässä oletetaan kuitenkin, että sen hyödyntämisen määrän kasvu Suomessa riippuu Suomen TKI-panosten kasvuvauhdista. Eli ulkomaisen perustutkimuksen käytön kasvu Suomessa on yhtä suuri kuin Suomen oma TKI-kapasiteetin kasvu.

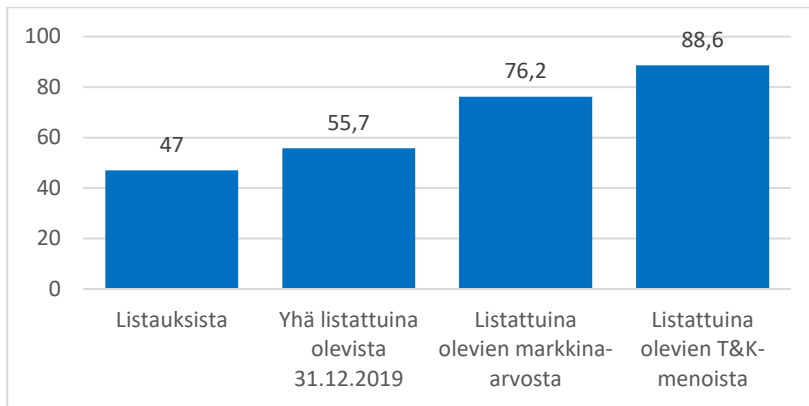
<sup>4</sup> IMF:n tuottavuuden joustot tutkimuksen suhteen koskevat tutkimuspääomakantaa, jonka se olettaa kuluvan 10 % vuodessa. Liite E tarkastelee ehtoja, joilla tutkimuspääomakanta kasvaa samaa vauhtia kuin tutkimusinvestoinnit.



## 5 Pääomasijoitustoiminnan vaikutuksesta innovaatioihin

Pääomasijoittajien roolin suurta merkitystä yritysten kasvun ja myöhemmän T&K-panostuksen kannalta tukevat kuvion 4 Yhdysvaltojen aineistoon perustuvat tiedot. Kasvuyritysten T&K-panostus on kasvanut yleisesti viime vuosina, mikä on lisännyt yritysten oman pääoman ehtoisen rahoituksen tarvetta.

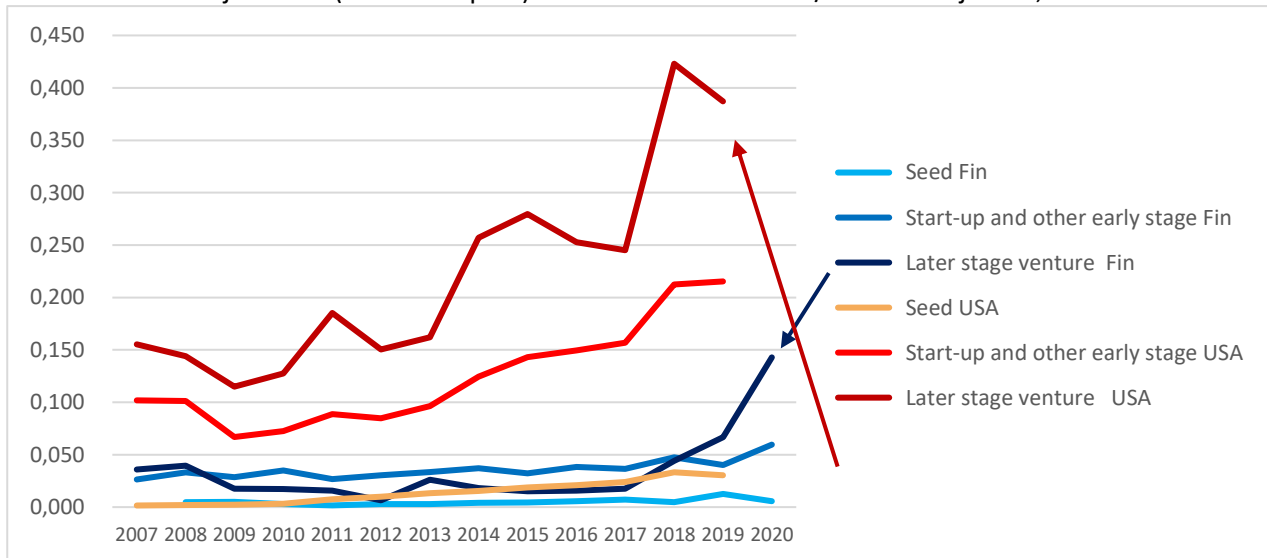
Kuvio 4. Pääomasijoittajien tukemien ei-rahoitusalan yritysten osuudet 1995 - 2019 Yhdysvalloissa listatuista yrityksistä, 2019 lopussa yhä listattuina olevista yrityksistä, niiden markkina-arvosta ja T&K-menoista, %



Lähde: Lerner ja Nanda (2020)

Kuvion 5 mukaan Suomen pääomasijoitustoiminta on kasvanut paljon, mutta myöhemmän vaiheen rahoitus/BKT on selvästi USA:ta matalampi. Huolena on, että alun kotimaisen rahoituksen jälkeen monet kasvuyritykset ovat yksin ulkomaisen rahoituksen varassa. Näiden yritysten toiminnan ja T&K-panostuksen painopiste siirtyy helpommin Suomesta muualle. Myöhemmän vaiheen kasvurahoitusta edistää Tesi, jonka kautta suomalaiset institutionaaliset sijoittajat ovat enenevästi mukana kasvuyritysten rahoituksessa.<sup>5</sup>

Kuvio 5. Pääomasijoitukset (venture capital) niiden vaiheen mukaan/BKT Suomi ja USA, 2007-2020\*

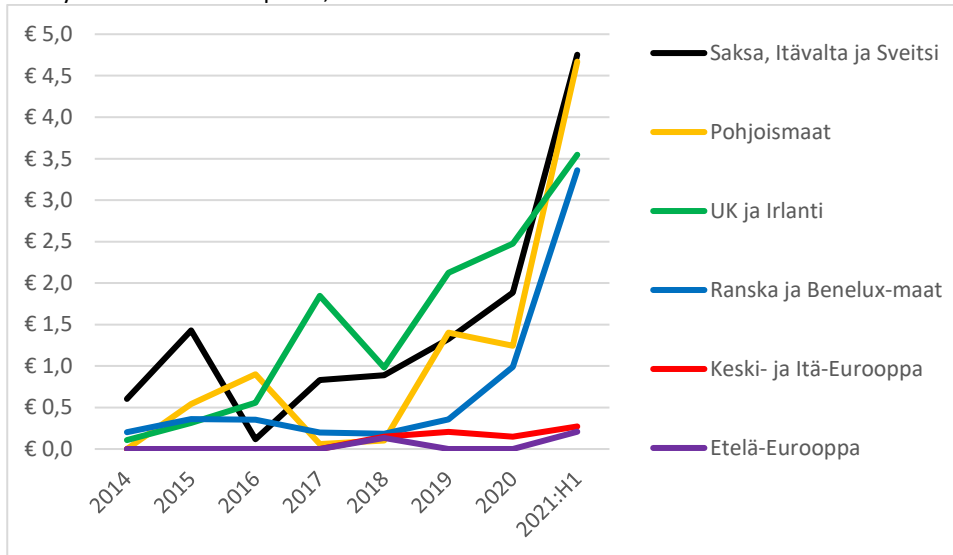


Lähde: OECD

<sup>5</sup> Suomen Teollisuussijoitus Oy eli Tesi on 1995 perustettu valtion kokonaan omistama pääomasijoitusyhtiö. Tesi sijoittaa pääomasijoitusrahastoihin ja suoraan kasvuyrityksiin markkinaehtoisesti, samoin ehdoin ja tuotto-odotuksin yhdessä yksityisten sijoittajien kanssa. Sillä on hallintoavain yhteensä 1,9 mrd. euron pääomasijoitukset. Tesin sijoituskohteet suoraan ja rahastojen kautta arvioidaan työllistävän Suomessa 43 000 henkilöä.

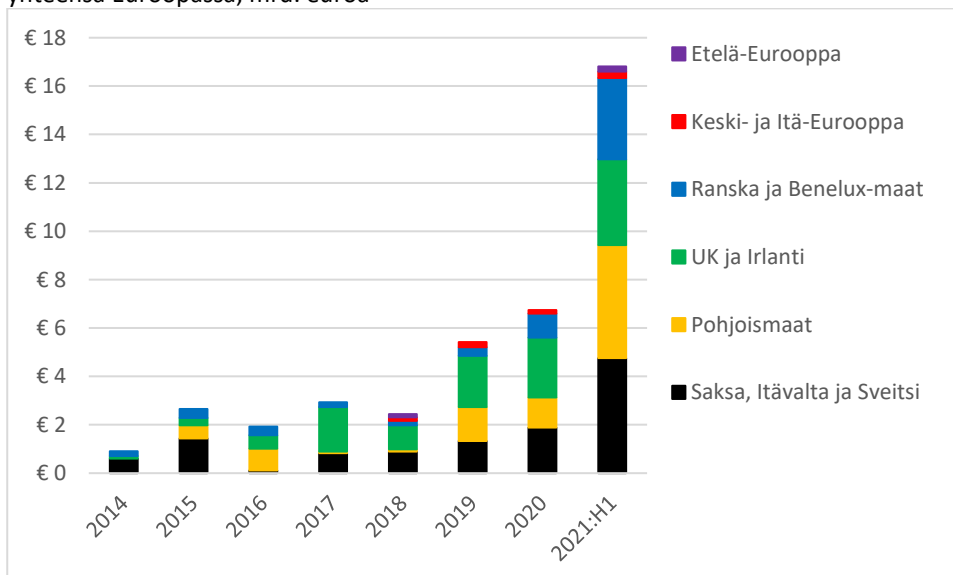
Pääomasijoitustoiminnan kasvu on ollut viime vuosina hyvin voimakasta myös Euroopassa. Kuvioissa 6 ja 7 vuoden 2021 luvut ovat tammi-kesäkuun määriä. Kuvioista havaitaan, että kasvu on ollut erityisen voimakasta Pohjoismaissa. Yleisenä kehitys piirteenä kaikkialla näyttää olevan startup- ja kasvuyritysten vaatiman rahoituksen kokoluokan kasvu. Tähän lienee vaikuttanut ns. syvätekniikan (deep tech) hankkeiden yleistymisen ja esimerkiksi digitaalisten alustayritysten usein tarvitsema hyvin pitkäaikainen pääomasijoitusrahoituksen tarve.

Kuvio 6. Pääomasijoittajien rahoittamien yli miljardin arvoisten listaamattomien yritysten (ns. yksisarviset) rahoituksen kehitys alueittain Euroopassa, mrd. euroa



Lähde: Pitchbook [https://files.pitchbook.com/website/files/pdf/PitchBook\\_Analyst\\_Note\\_Unicorns\\_Defining\\_New\\_Norm.pdf](https://files.pitchbook.com/website/files/pdf/PitchBook_Analyst_Note_Unicorns_Defining_New_Norm.pdf)

Kuvio 7. Pääomasijoittajien rahoittamien yli miljardin arvoisten listaamattomien yritysten (ns. yksisarviset) rahoitus yhteensä Euroopassa, mrd. euroa



Lähde: Pitchbook [https://files.pitchbook.com/website/files/pdf/PitchBook\\_Analyst\\_Note\\_Unicorns\\_Defining\\_New\\_Norm.pdf](https://files.pitchbook.com/website/files/pdf/PitchBook_Analyst_Note_Unicorns_Defining_New_Norm.pdf)

Yllä kuvatut kehityspiirteet yhdessä kuvion 4 osoittaman USA:n kehityksen – jonka mukaan pääomasijoittajien rahoittamien yritysten osuus listattujen yritysten T&K-toiminnasta on erittäin korkea – viittaa siihen, että kasvuyritykset vaativat paljon oman pääoman ehtoista rahoitusta ja että kyseisten yritysten osuus T&K-toiminnan kasvusta muodostunee suureksi. Liitteen A kuvion A2 mukaan Suomessa yritysten T&K-menosta henkilöstöltään alle 500 henkilön yritysten T&K-menot nousivat 2020 jo lähes samalle tasolle kuin yli 500 henkilön yritysten T&K-menot.

## 6 Yliopistojen ja tutkimuslaitosten vaikutuksesta innovaatioihin

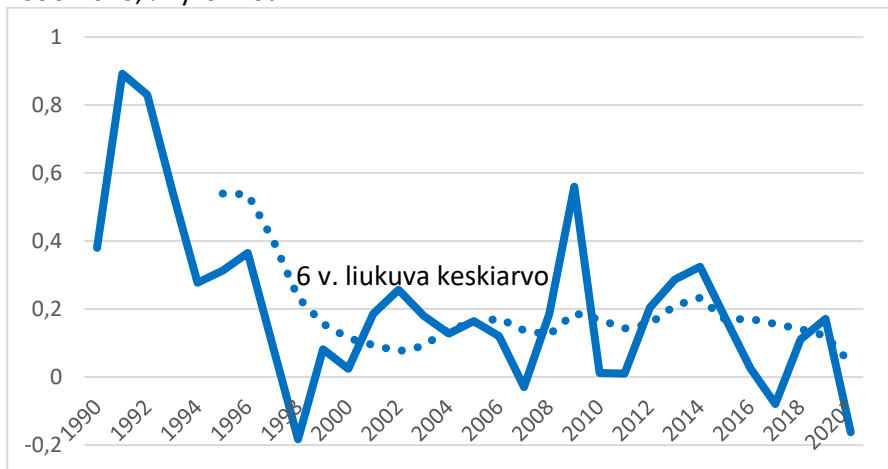
Innovaatioiden synty ja niiden leviäminen ovat olleet intensiivisen tutkimuksen kohteena pitkään. Aineistojen määrän ja laadun sekä tutkimusmenetelmien kehittymisen myötä niistä tiedetään aiempaa enemmän, mutta avoimia kysymyksiä on yhä paljon. Tämä pätee myös ns. radikaaleihin innovaatioihin. Radikaalit innovaatiot voidaan Acemoglu et al (2021) tavoin ymmärtää innovaatioiksi, jotka eivät vain välittömästi lisää tuottavuutta, vaan joiden pohjalta voidaan lisätä jatkossakin lisätä tuottavuutta. Tällaisia innovaatioita voidaan kutsua myös disruptiivisiksi innovaatioiksi.

Liite B liite tiivistää kahden USA:n aineistoon perustuvan tutkimuksen tulokset innovaatioiden syntymisestä ja leviämisestä. Vaikka tarkastelu koskee vain kahta tutkimusta, perustuvat ne luonnollisesti lukemattomiin aiempiin tutkimuksiin. Lisäksi mainitut kaksi tutkimusta perustuvat hyvin laajoihin aineistoihin. Ne ovat myös ilmeisen huolella laadittuja tutkimuksia, vaikka niitä ei ole vielä julkaistu vertaisarvioituissa tiedejulkaisuissa. Kyseiset tutkimukset tukevat mm. seuraavia johtopäätöksiä:

- Yliopistojen merkitys paikallisen yritystoiminnan kasvun kannalta on voimistunut (liite B jakso 1).
- Yliopistoalueiden merkitys disruptiivisten innovaatioiden kannalta on suuri (liite B jakso 2).
- Karkeasti vuodesta 2010 alkaen disruptiivisten teknologioiden käyttö on yleistynyt (liite B jakso 3).

Yliopistojen ja muiden korkeakoulujen vaikutus tuottavuuden kasvuun välittyy luonnollisesti paljon osaamisen kautta. Suomen työpanoksen laadun vaikutus työn tuottavuuden kasvuun on kuitenkin heikentynyt (kuvio 8). Työpanoksen laadun kontribuutio on työvoiman laadussa (ikä, koulutustaso) tapahtuneiden muutosten vaikutus tuottavuuteen.

Kuvio 8. Työpanoksen laadun kontribuutio työn tuottavuuteen yksityisessä sektorissa (pl. alkutuotanto) 1990-2020, %-yksikköä



Lähde: Tilastokeskus

Väestön koulutustaso ja osaaminen yleensä ovat luonnollisesti avainasemassa innovaatiokehityksen kannalta. On ilmeistä, että mitä vaativampaa teknologiaa yritykset käyttävät ja kehittävät, sitä enemmän ne tarvitsevat myös tutkijakoulutuksen saaneita henkilöitä. Esimerkiksi vaativa datan käytön kehittäminen yleistyy nopeasti sekä teollisuudessa että palveluissa. Eräs pitkään esillä ollut vaihtoehto yliopistojen voimavarojen lisäämiseksi on niiden pääomittaminen valtion osakeomistuksella, mikä lisäisi yliopistojen autonomiaa ja vastuuta omasta taloudenpidostaan. Tätä vaihtoehtoa selvittäminen olisi perusteltua.

Yritysten ylimääräisen tutkimuslaitosverovähennys nousee v. 2022 50 %:sta 150 %:iin. Yritys saa tehdä sen alihankintamenoista ETA-alueen korkeakouluilla ja tutkimuslaitoksilla teettämistä tutkimushankkeista. Lisävähennyksen enimmäismäärä verovuonna on 500 000 €. Lisävähennystä ei myönnetä, jos vähennettävä määrä on alle 5 000 €/verovuosi. Vähennys on fiskaalisesti vähämerkityksellinen verotuki. Se merkitsee n. 8 mil. € veromenetystä vuodessa. Tuen kolminkertaistaminen laskee verotuottoa vuositasona noin 24 milj. €, eli n. 0,01 % BKT:sta.

## 7 Arvio TKI-panosten 5 %/v. kasvun vaikutuksesta tuottavuuden ja talouden kasvuun

TKI-panosten 5 %/v. kasvun vaikutus työn tuottavuuteen jaetaan kahteen osaan seuraavasti:

- Kotimaisen perustutkimuksen määrän kasvun sekä ulkomaisen perustutkimuksen hyödyntämisen vaikutukset kokonaistuottavuuden kautta työn tuottavuuteen.
- T&K- ja ICT-pääoman kautta työn tuottavuuden kasvua nostavat vaikutukset, jotka eivät välity kokonaistuottavuuden kautta.

Perustutkimuksen kasvun vaikutus kokonaistuottavuuteen perustuu seuraaviin oletuksiin:

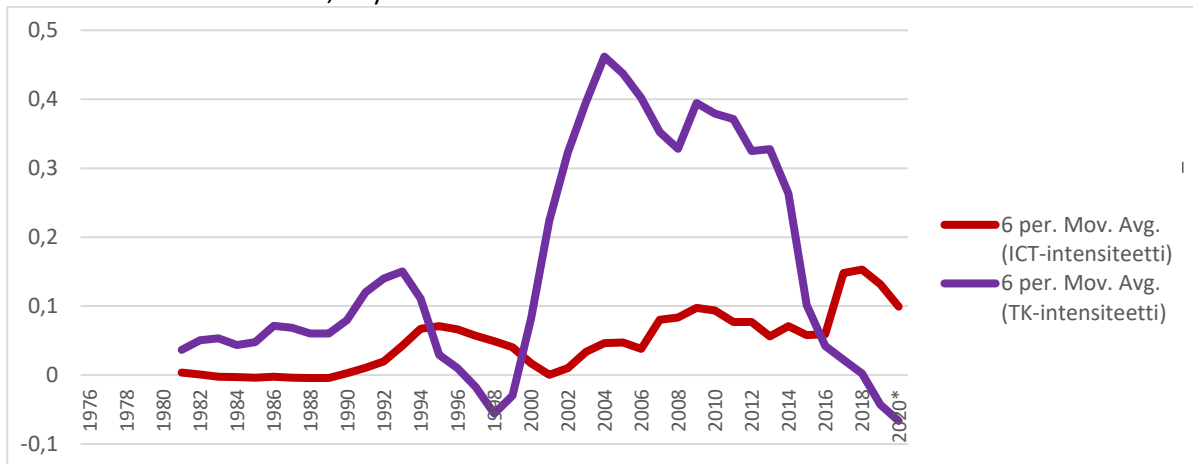
- Perus- ja soveltavan tutkimuksen määrä kasvaa samaa vauhti kuin koko TKI-panos eli 5 %/v.
- Tutkimuksen pääomakanta kasvaa samaa vauhtia kuin tutkimuksen määrä.<sup>6</sup>
- Työn tuottavuuden jousto oman maan perustutkimuksen suhteen on n. 0,03 (IMF:n arvio).<sup>7</sup>
- Jousto ulkomaisen perustutkimuksen suhteen on n. 0,06 (IMF:n arvio), mutta sen kasvu – tai oikeammin sen hyödyntämisen kasvu – on yhtä suuri kuin omien TKI-panosten kasvuvauhti. Suomen kannalta ulkomaisen perustutkimuksen hyödyntämistä tuottavuuden kasvussa ei siis rajoita ulkomaisen perustutkimuksen määrä, vaan oma panostus sen käyttöön.

Kun kotimainen perustutkimus kasvaa 5 %/v., nostaa se työn tuottavuuskasvua n. 0,15 %-yks.=0,03x5 %/v. Ulkomainen perustutkimus nostaa sitä n. 0,3 %/v.=0,06x5 %/v., kun oma TKI-panostus kasvaa 5 %/v. Koti- ja ulkomainen perustutkimus nostavat tällöin siis työn tuottavuuden kasvua yhteensä n. 0,45 %-yks.

Suomessa yritysten varsinaisesta T&K-toiminnasta kehittämistoiminnan osuus oli 76 %, perustutkimuksen 5 % ja soveltavan tutkimuksen 19 % v. 2020. Muut kuin perustutkimuksen kautta työn tuottavuutta nostavat TKI-panokset ovat: ICT-pääomaintensiteetin muutos sekä T&K-pääomaintensiteetin muutos.

Kuvio 9 esittää näiden kahden tekijän kontribuutioiden 6 v. liukuvat keskiarvot työn tuottavuuden kasvuun.

Kuvio 9. ICT- ja T&K-pääomaintensiteetin vaikutukset työn tuottavuuden kasvuun 1976-2020, kuuden vuoden liukuvat keskiarvot, %-yksikköä



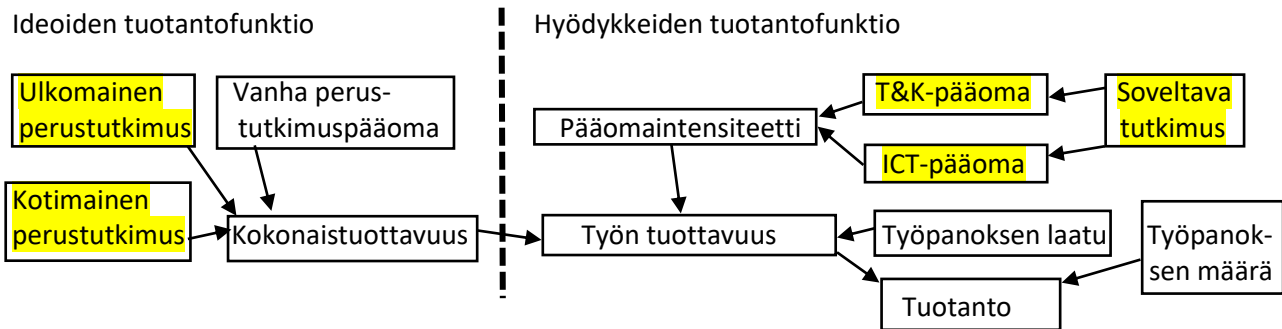
Lähde: Tilastokeskus

<sup>6</sup> Liite F perustelee luvun 3 oletusta tutkimuspääomakannan kasvusta samalla vauhdilla kuin tutkimuksen määrä.

<sup>7</sup> IMF (2021b) estimoi tutkimuksen vaikutuksia patenttien kautta työn tuottavuuteen ja kokonaistuottavuuteen (ks. Annex Table 3.4.1). Kun joustoestimaattien suuruus ja tilastollinen merkitsevyys ovat samalla tasolla selitettävästä riippumatta, välittyy tutkimuksen vaikutus oletettavasti lähinnä kokonaistuottavuuden kautta työn tuottavuuteen. Etenkin soveltava tutkimus vaikuttanee myös yritysten T&K- ja ICT-pääoman kautta tuottavuuteen. Jottee tällöin soveltavan tutkimuksen tuottavuusvaikutus tulisi kahteen kertaan lasketuksi, soveltavan tutkimuksen ei oleteta vaikuttavan lainkaan kokonaistuottavuuteen.

Kuvio 10 pelkistää TKI-panosten välittymisen työn tuottavuuteen. Kuviossa tuottavuusvaikutukset ovat toisistaan riippumattomia. Todellisuudessa ne ovat komplementaarisia siten, että esimerkiksi työpanoksen laadulla (osaaminen) on ilmeisen suuri vaikutus TKI-panosten tuottavuusvaikutukseen, ks. esim.

Kuvio 10. TKI-panokset (keltaisella) ja niiden kasvun vaikutusten välittyminen työn tuottavuuden kasvuun



Lähde: Omat oletukset IMF:n ja OECD:n selvityksiin perustuen

Taulukko 3 vetää yhteen TKI-panosten 5 %/v. kasvun vaikutukset työn tuottavuuden kasvuun. Arvio on perusteltu yksityiskohtaisemmin liitteessä E.

Taulukko 3. TKI-panosten 5 %/v. kasvun kontribuutio työn tuottavuuden kasvuun

Vaikutukset	Tuottavuusjousto	Tuottavuusjousto	Jousto yhteensä	Panosten kasvaessa 5 %/v.
Kokonaistuottavuus	Kotimainen perustutkimus 0,03	Ulkomainen perustutkimus 0,06	0,09	$0,09 \times 5 \text{ %/v.} = 0,45 \text{ %-yks.}$
Pääomaintensiteetti	ICT-pääoma 0,06	T&K-pääoma 0,06	0,12	$0,12 \times 5 \text{ %/v.} = 0,6 \text{ %-yks.}$
Yhteensä				$0,45 + 0,6 = 1,05 \text{ %-yks.}$

Lähde: Omat oletukset IMF:n ja OECD:n selvityksiin perustuen

Kuten yllä todettiin, kokonaistuottavuuden jousto ulkomaisen perustutkimuksen suhteen on n. 0,06 (IMF:n arvio), mutta sen hyödyntämisen määrän kasvun oletetaan tässä riippuvan Suomen TKI-panosten kasvuvauhdista, joka on 5 %/v. Tällöin oletuksena on, ettei ulkomaisen perustutkimuksen kasvu rajoita sen hyödyntämistä Suomessa, vaan sitä rajoittaa Suomen oma TKI-kapasiteetin kasvu.

Taulukon 3 arvioon liittyy luonnollisesti monia epävarmuuksia ja avoimia kysymyksiä. Eräs niistä liittyy TKI-panosten kasvun työn tuottavuuden kasvua nostavan vaikutuksen pysyvyyteen. Tässä oletuksena on, että tuottavuutta nostava vaikutus on pysyvä, jos TKI-menot/BKT nousevat ensin 4 %:iin, minkä jälkeen ne kasvavat BKT:n tahdissa.

Arvioidusta 1 %-yks. korkeammasta tuottavuuskasvusta osa voisi tulla myöhemmin työpanoksen laadun noususta, joka on tässä oletettu nollassa. Työpanoksen laatu nousi hyvin hitaasti 2000-2020 (ks. kuvio 8 edellä ja liite E). Työpanoksen laadun noston potentiaali tuottavuuden kasvussa lienee suuri, mutta koulutustason ja osaamisen parantaminen vaatii aikaa.

T&K-menot eivät nimellisesti kasvaneet lainkaan vuodesta 2010 vuoteen 2020. Reaalisesti ne siis alenivat T&K-menojen hinnan nousun verran, joka lienee ollut 10 vuodessa n. 15-20 %. Samaan aikaan työn tuottavuus kasvoi 0,7 %/v. (kuvio 1). Tässä oletetaan, että T&K-menojen määrän pysyessä ennallaan, työn tuottavuus kasvaa joko 1,5, 1 tai 0,5 %/v. Taulukko 4 määrittää kuviossa 11 esitetyt skenaariot.

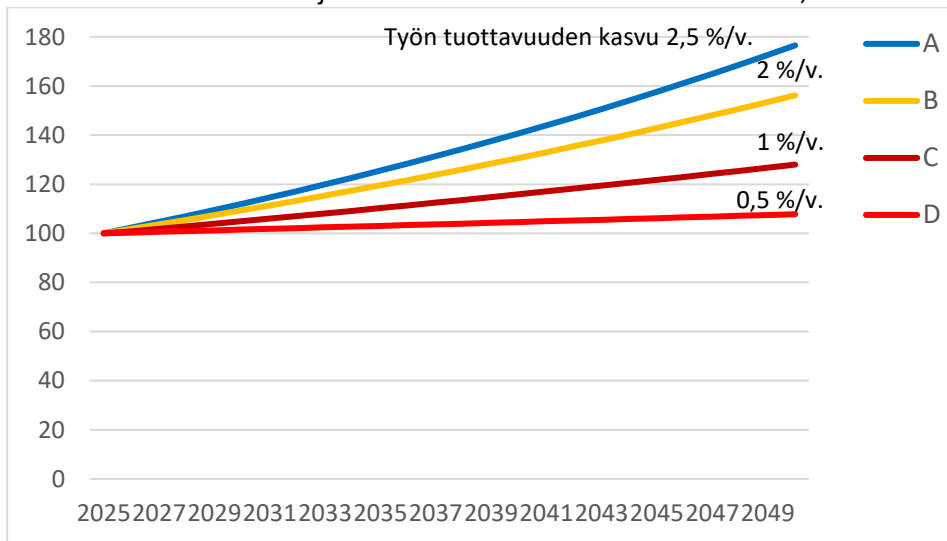
Taulukko 4. Neljä skenaarioita tuottavuuden kasvusta

Skenaario	Tuottavuuskasvu, kun TKI-panosten määrä ei kasva, %/v. (1)	T&K-panosten määrän kasvu, %/v. (2)	T&K-panosten kasvun vaikutus työn tuottavuuden kasvuun, %-yks. (3)	Työn tuottavuuden kasvu, %/v. (4)=(1)+(3)
A	1,5	5	1	2,5
B	1	5	1	2
C	1	0	0	1
D	0,5	0	0	0,5

Lähde: Omat oletukset IMF:n ja OECD:n selvityksiin perustuen

Kaikissa skenaarioissa työpanoksen oletetaan supistuvan työikäisen väestön tahdissa 0,2 %/v. Tämä tarkoittaa, että kaikissa skenaarioissa BKT kasvaa 0,2 %-yksikköä työn tuottavuuden kasvua hitaammin.

Kuvio 11. BKT:n määrä neljässä tuottavuusskenaariossa 2025-2050, 2025=100

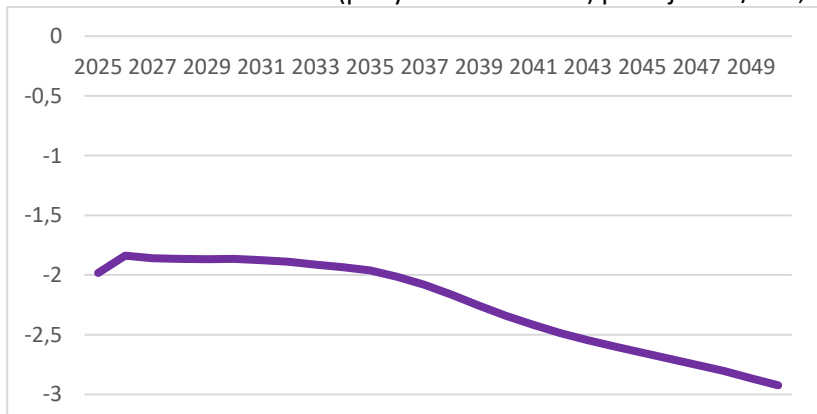


Lähde: Omat oletukset

## 8 Työn tuottavuuden kasvun vaikutus julkisen talouden velkaantumiseen

Tuottavuuden kasvun vaikutusta julkisen talouden velkaantumiseen arvioidaan seuraavassa julkisen velan reaalikoron ja BKT:n reaalikasvun erotuksen perusteella olettaen julkisen velan reaalikoron olevan 1 % ja työn tuottavuuden kasvuvauhdin kehittyvän yllä esitettyjen skenaarioiden mukaisesti. Lisäksi velkaskenaariot perustuvat valtiovarainministeriön arvioon julkisen talouden (pl. työeläkelaitokset) perusjäämästä/BKT (kuviot 12). Työeläkelaitokset eivät vaikuta julkisen velan kehitykseen.

Kuvio 12. Julkisen talouden (pl. työeläkelaitokset) perusjäämä/BKT, %



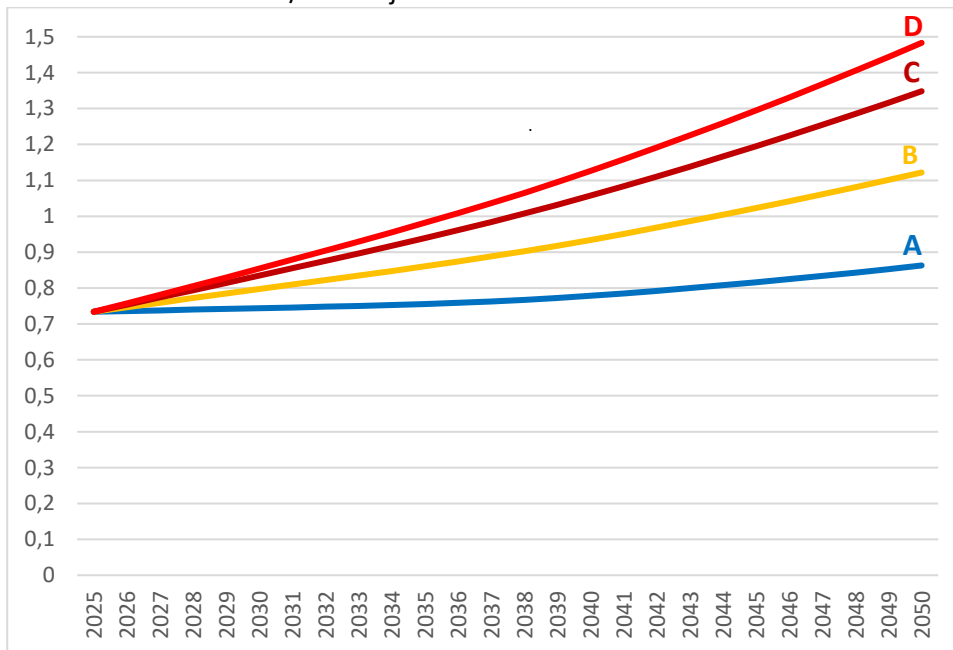
Lähde: Valtiovarainministeriön kansantalousosasto, lokakuu 2021

Julkisen talouden kestävyyslaskelmissa yleensä käytetyillä oletuksilla yksityisen sektorin tuottavuuden kasvun vaihteluilla on suhteellisen pieni vaikutus julkisen talouden tasapainoon (ks. liite D). Keskeinen oletus tämän tuloksen kannalta on, että julkisen sektorin tuottavuus on riippumaton yksityisen sektorin tuottavuudesta, mutta julkisen sektorin palkkakehitys määräytyy yksityisen sektorin palkkojen perusteella. Liite D toteaa, että tällöinkin julkisen sektorin T&K-panostuksen nosto hallituksen linjauksen mukaisesti 0,86 %:sta 1,18 %:iin vuodesta 2020 vuoteen 2030 (ks. taulukko 2 edellä) parantaa julkisen talouden pitkän ajan tasapainoa. Liitteen D tarkastelu kuitenkin osoittaa, että tämän tasapainovaikutuksen huomioon ottaminen alentaa kuvion 16 skenaarioiden A ja B velka/BKT-suhteita varsin vähän vuoteen 2050 mennessä.

Julkisen velka/BKT:n kehitykseen vaikuttavat: julkisen talouden perusjäämä (jäämä pl. korkomenot), BKT:n kasvuvauhti ja velan korko. Työn tuottavuuden kasvu vaikuttaa tässä velkaantumiskehitykseen BKT:n kasvun kautta, joka annetulla työpanoksen kehityksellä riippuu vain työn tuottavuuden kehityksestä.<sup>8</sup> Kaikissa kuviossa 13 esitetyissä skenaarioissa on käytetty kuvion 11 julkisen talouden perusjäämää.

Kuvio 13 esittää yllä mainittuihin oletuksiin perustuvat neljän skenaarion mukaiset julkinen velka/BKT-urat. Hitaimmassa tuottavuuden kasvuskenaariossa D velkasuhde nousee 150 %:iin 2050 ja nopeimman kasvun skenaariossa A velkasuhde jää vajaaseen 90 %:iin. Valtiovarainministeriön kansantalousosaston syyskuussa julkistetussa taloudellisessa katsauksessa julkinen velka/BKT nousee hieman yli 120 %:iin 2050.

Kuvio 13. Julkinen velka/BKT neljässä tuottavuuden kasvuskenaariossa



Lähteet: Velka/BKT v. 2025 ja perusjäämä/BKT 2025-2050 valtiovarainministeriö, omat muut oletukset

Kuvion 13 velkalaskelmien tulokset ovat herkkiä tehdyille oletuksille. Esimerkiksi julkisen velan 1 %:in efektiivinen reaalkorko on historian valossa matala, vaikka se on nykyistä korkeampi. Lisäksi julkisen talouden perusjäämän kehitys olettaa, ettei seuraavan 30 vuoden aikana toteudu uusia kriisejä, jotka heikentäisivät huomattavasti julkisen talouden tasapainoa. Toisaalta perusteluja myös oletettua myönteisempien skenaarioiden puolesta voidaan esittää.

Kuvion 13 pääviesti on tuottavuuden kasvun suuri merkitys velkasuhteen kehityksen kannalta. Vaikka nopeamman tuottavuuden kasvun vaikutusta julkisen talouden tasapainoon ei oteta huomioon, johtaa 2 %-yksikköä nopeampi tuottavuuden kasvu 2050 mennessä noin 60 %-yksikköä matalampaan velkasuhteeseen.

<sup>8</sup> Julkisen talouden velka/BKT -suhteen muutos on muotoa  $\Delta d_t = d_{t-1}(i - g)/(1+g) - pb_t$ , jossa  $\Delta$  on differenssioperaattori,  $d$  on velka/BKT,  $i$  on velan reaalkorko,  $g$  on BKT:n määrän kasvuvauhti ja  $pb_t$  on julkisen talouden perusjäämä/BKT.

## 9 Johtopäätökset

Muistio arvioi hallituksen linjauksen mukaisen TKI-panosten kasvun vaikutusta työn tuottavuuden ja talouden kasvuun sekä julkisen talouden velkaantumiseen. Lähtökohtana on, että julkiset TKI-panokset täyttävät korkeat laatuvaatimukset. Toinen lähtökohta on, että panostukset ovat komplementaarisia.

TKI-panosten komplementaarisuus tarkoittaa mm. sitä, että perustutkimus ja muu innovaatiotoiminta täydentävät toisiaan. Kun yliopistot ja tutkimuslaitokset tuottavat enemmän perustutkimusta, yksityiset yritykset tuottavat tämän pohjalta vaikuttavampia soveltavia innovaatioita.

Julkisten T&K-panosten vaikutukset ovat sidoksissa myös niiden hyödyntämisen mahdollistavaan pääomasijoitustoimintaan ja riskinottoon. Kasvupolitiikka on kokonaisuus, joka on helposti yhtä hyvä tai huono kuin sen heikoin lenkki.

TKI- ja muiden kasvupanosten vaikutukset ovat epävarmoja, mutta niiden tekemättä jättämisen vaikutukset ovat varsin selvät. Ruotsi ja Tanska ovat kohdentaneet investoinnit 2000-luvulla Suomea selvästi enemmän kasvuun. Samalla Suomi on jäänyt jälkeen Ruotsin ja Tanskan tuottavuuskehityksestä. Suomen hyvinvointi on yksityisen ja yksilöllisen julkisen kulutuksen yhteenlasketulla kehityksellä mitattuna Ruotsin ja Tanskan tasolla, mutta niistä poiketen Suomen hyvinvoinnin kehitys ei ole ollut kestäväällä pohjalla, koska se ei ole perustunut kansantalouden tuotannon ja tulojen kasvuun.

Menneen kehityksen korjaus ja kestävään kehitykseen pääsy vie aikaa, mikä korostaa TKI-tiekartan toteutuksen kiirettä. Sitä korostaa myös julkisten T&K-panosten tuottavuusvaikutusten viive, joka yleensä voi olla noin 3-6 vuotta.

Hallituksen linjauksen toteutus tarkoittaa T&K-menojen reaalista kasvua noin 5 %:lla/v. 2030 asti. Tämä nostaisi IMF:n ja OECD:n selvityksiä käyttäen työn tuottavuuden kasvua arviolta noin prosenttiyksiköllä verrattuna siihen, että T&K-menojen määrä pysyisi ennallaan. Tällä olisi merkittävä julkisen talouden velkasuhteen kasvua alentava vaikutus. Arviot ovat alustavia ja ne voivat vielä tarkentua.

T&K-panostusten nosto laadukkaasti suurella määrällä edellyttää, että on riittävästi T&K-toimintaan kykeneviä työntekijöitä. Heidän koulutus on väistämättä hidas prosessi. Siksi linjauksen mukainen T&K-toiminnan lisääminen tällä vuosikymmenellä edellyttää väistämättä huomattavaa osaajien maahanmuuttoa. Osaajien maahanmuutolle on edelleen esteitä alkaen englanninkielisen kouluopetuksen niukkuudesta. Samalla on pohdittava koulujärjestelmän muutoksia, joiden perusteella nuorilla olisi nykyistä paremmat edellytykset hakea T&K-toimintaan johtaville koulutusaloille.

Uuden teknologian käyttöönoton suuri taloudellinen merkitys puhuu avoimuuden puolesta ja esimerkiksi liiallista patenttisuojaa vastaan. Avoimuutta puoltavat useiden innovaatioiden kilpailua vähentävät vaikutukset, joita digitaalisten alustojen verkostovaikutukset näyttävät korostavan.

Takalon ja Toivasen (2021) alussa luetellut innovaatiopolitiikan periaatteet ovat selkeät. Niihin kuuluu liiallisen ohjauksen välttäminen. Julkisen vallan on yleensä perusteltua luoda vain hyvät edellytykset innovaatiotoiminnalle, eikä pyrkiä yksityiskohtaisesti ohjaamaan sitä, mitä tulee innovoida ja missä.

Korkeakoulujen ja opiskelijoiden rooli innovaatioissa on tärkeä. Kokemukset viittaavat osaamiskeskittymien olevan avainasemassa. Ne vetävät puoleensa innokkaita tutkijoita ja opiskelijoita. Heidän kehittämien ideoiden ympärille muodostuu usein yritysekosysteemejä, joissa innovaatiot voivat muuttua uusiksi tuottavuuden ja hyvinvoinnin lähteiksi.



## Lähteet

- Acemoglu D., P. Aghion, L. Bursztyn ja D. Hemous (2012), The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102(1), pp. 131–166. <https://economics.mit.edu/files/8076>
- Acemoglu, D., U. Akcigit ja M.A. Celik (2021), Radical and Incremental Innovation: The Roles of Firms, Managers and Innovators. *American Economic Journal: Macroeconomics* (tulossa).  
<https://economics.mit.edu/files/19838>
- Akcigit, U., D. Hanley ja N. Serrano-Velarde (2021), Back to Basics: Basic Research Spillovers, Innovation Policy, and Growth, *The Review of Economic Studies*, Volume 88, Issue 1, January 2021, Pages 1–43, <https://doi.org/10.1093/restud/rdaa061>
- Bloom, N., C. Jones, M. Webb ja J. Van Reenen (2020), Are Ideas Getting Harder to Find? *American Economic Review* 2020, 110(4): 1104–1144. <https://doi.org/10.1257/aer.20180338>
- Bloom, N., A. H. Tarek, A. Kalyani, J. Lerner ja A. Tahoun (2021), The Diffusion of Disruptive Technologies. NBER Working Paper No. 28999.
- IMF (2021a), *World Economic Outlook*, Chapter 3, October 2021.  
<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>
- IMF (2021b), *World Economic Outlook*, Chapter 3, Online Annex, October 2021.  
<https://www.imf.org/en/Publications/WEO/Issues/2021/10/12/world-economic-outlook-october-2021>
- Jones, B. ja L. Summers (2021), A Calculation of the Social Returns to Innovation. Teoksessa Goolsbee, A. ja J. Jones toim. (2021), *Innovation and Public Policy*, NBER.  
<https://www.nber.org/books-and-chapters/innovation-and-public-policy>
- Lerner, J. ja R. Nanda (2020), Venture Capital’s Role in Financing Innovation: What We Know and How Much We Still Need to Learn. *Journal of Economic Perspectives*, vol. 34, no. 3, 237–261.
- OECD (2015), *The Impact of R&D Investment on Economic Performance: A Review of the Econometric Evidence*. Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators.  
[https://one.oecd.org/document/DSTI/EAS/STP/NESTI\(2015\)8/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DSTI/EAS/STP/NESTI(2015)8/en/pdf)
- OECD/Eurostat (2018), *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation*, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- Pohjola, M. (2020), *Teknologia, investoinnit, rakennemuutos ja tuottavuus - Suomi kansainvälisessä vertailussa*. Työ- ja elinkeinoministeriö, Helsinki 2020. <https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/handle/10024/162051>
- Pohjola, M. (2021), *Tuottavuus, rakennemuutos ja talouskasvu*. Julkaisematon käsikirjoitusluonnos. Taustaraportti Talouspolitiikan arviointineuvostolle.
- Spiezia, V. (2012), “ICT investments and productivity: Measuring the contribution of ICTS to growth”, *OECD Journal: Economic Studies*, Vol. 2012/1.  
<https://www.oecd.org/economy/growth/ICT-investments-and-productivity-measuring-the-contribution-of-ICTS-to-growth.pdf>
- Takalo, T. ja O. Toivanen (2021), Sääntelyn vaikutukset innovaatiotoimintaan ja innovaatiotoimintaa edistävä sääntely. *Kansantaloudellinen Aikakauskirja – vsk. 117, 1/2021*, s. 7-28.

Tartari, V. ja S. Stern (2021), More than an Ivory Tower: The Impact of Research Institutions on the Quantity and Quality of Entrepreneurship. NBER Working Paper No. 28846.

TEM (2021), Kestävän kasvun työryhmä: Kestävä talouskasvu ja hyvinvointimme tulevaisuus. Työ- ja elinkeinoministeriön julkaisuja 2021:12.

[https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162870/TEM\\_2021\\_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://julkaisut.valtioneuvosto.fi/bitstream/handle/10024/162870/TEM_2021_12.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

## Liite A. Tutkimus-, kehittämis- ja innovaatiotoiminta

Tilastokeskus määrittää T&K-toiminnan sekä perus- ja soveltavan tutkimuksen seuraavasti<sup>9</sup>:

*”Tutkimus- ja kehittämistoiminnalla (t&k) tarkoitetaan systemaattista toimintaa tiedon lisäämiseksi ja tiedon käyttämistä uusien sovellusten löytämiseksi. Kriteerinä on, että toiminnan tavoitteena on jotain oleellisesti uutta. Tutkimus- ja kehittämistoimintaan sisällytetään perustutkimus, soveltava tutkimus sekä kehittämistyö.*

*Perustutkimuksella tarkoitetaan sellaista toimintaa uuden tiedon saavuttamiseksi, joka ei ensisijaisesti tähtää käytännön sovellukseen. Perustutkimusta ovat esimerkiksi ominaisuuksien, rakenteiden ja riippuvuuksien analyysit, joiden tavoitteena on uusien hypoteesien, teorioiden ja lainalaisuuksien muodostaminen ja testaaminen.*

*Soveltavalla tutkimuksella tarkoitetaan sellaista toimintaa uuden tiedon saavuttamiseksi, joka ensisijaisesti tähtää tiettyyn käytännön sovellutukseen. Soveltavaa tutkimusta on esim. sovellusten etsiminen perustutkimuksen tuloksille tai uusien menetelmien ja keinojen luominen tietyn ongelman ratkaisemiseksi.*

*Tuote- ja prosessikehityksellä (kehittämistyöllä) tarkoitetaan systemaattista toimintaa tutkimuksen tuloksena ja/tai käytännön kokemuksen kautta saadun tiedon käyttämiseksi uusien aineiden, tuotteiden, tuotantoprosessien, menetelmien ja järjestelmien aikaansaamiseen tai olemassa olevien olennaiseen parantamiseen.”*

OECD:n ja Eurostatin yhteinen innovaatiotoiminnan määritelmä, jota Tilastokeskus käyttää on selvästi laajempi kuin T&K-menojen määritelmä. Tilastokeskuksen mukaan tutkimus- ja kehittämistoiminta on<sup>10</sup>:

*”Uutta tietoa tavoittelevaa: t&k:n tavoitteena on tuottaa uutta tietoa ja uusia tuloksia. Pelkkä olemassa olevan tiedon soveltaminen uusien ratkaisujen, tuotteiden, prosessien tai menettelytapojen kehittämiseksi ei ole tutkimus- ja kehittämistoimintaa.”*

Tilastokeskus määrittelee innovaatiotoiminnan seuraavasti:

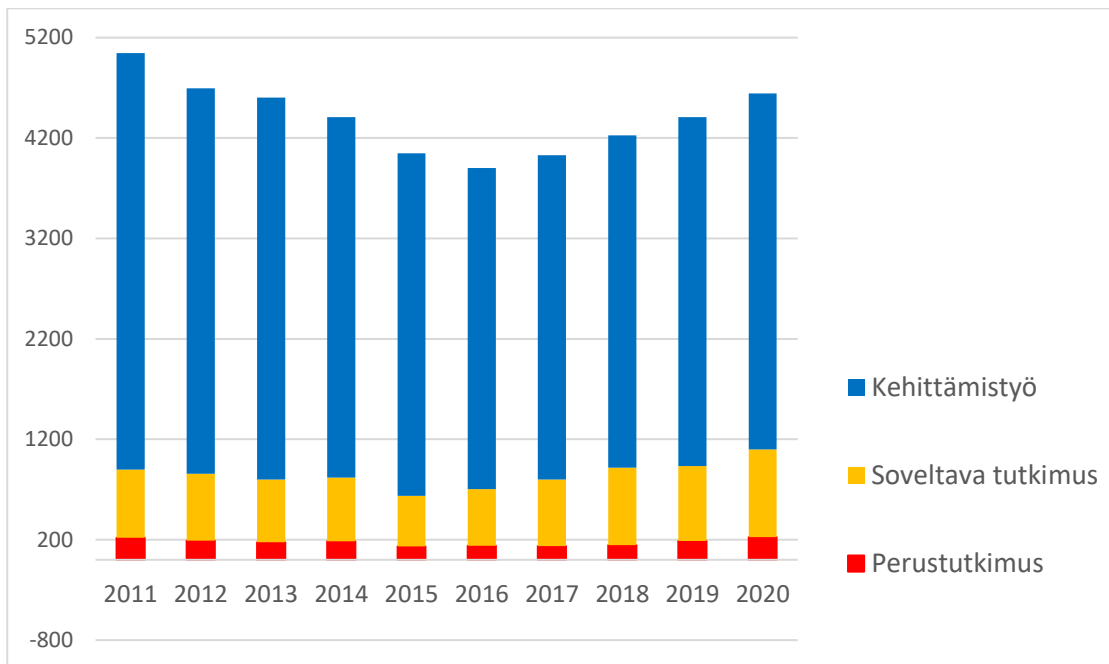
*”Yrityksen innovaatio on uusi tai parannettu tuote tai liiketoimintaprosessi (tai niiden yhdistelmä), joka eroaa merkittävästi yrityksen aiemmista tuotteista tai prosesseista ja jonka yritys on tuonut markkinoille tai ottanut käyttöönsä. Innovaatiotoiminta käsittää kaikki yrityksen kehittämis-, rahoitus- tai kaupallistamistoimet, jotka tähtäävät tai johtavat innovaatioihin.”*

<sup>9</sup> Tilastokeskus, Tutkimus- ja kehittämistoiminta: Määritelmä 1. [https://www.stat.fi/meta/kas/t\\_ktoiminta.html](https://www.stat.fi/meta/kas/t_ktoiminta.html)

<sup>10</sup> Tilastokeskus, Tutkimus- ja kehittämistoiminta: Määritelmä 2. [https://www.stat.fi/meta/kas/t\\_ktoiminta.html#tab2](https://www.stat.fi/meta/kas/t_ktoiminta.html#tab2)

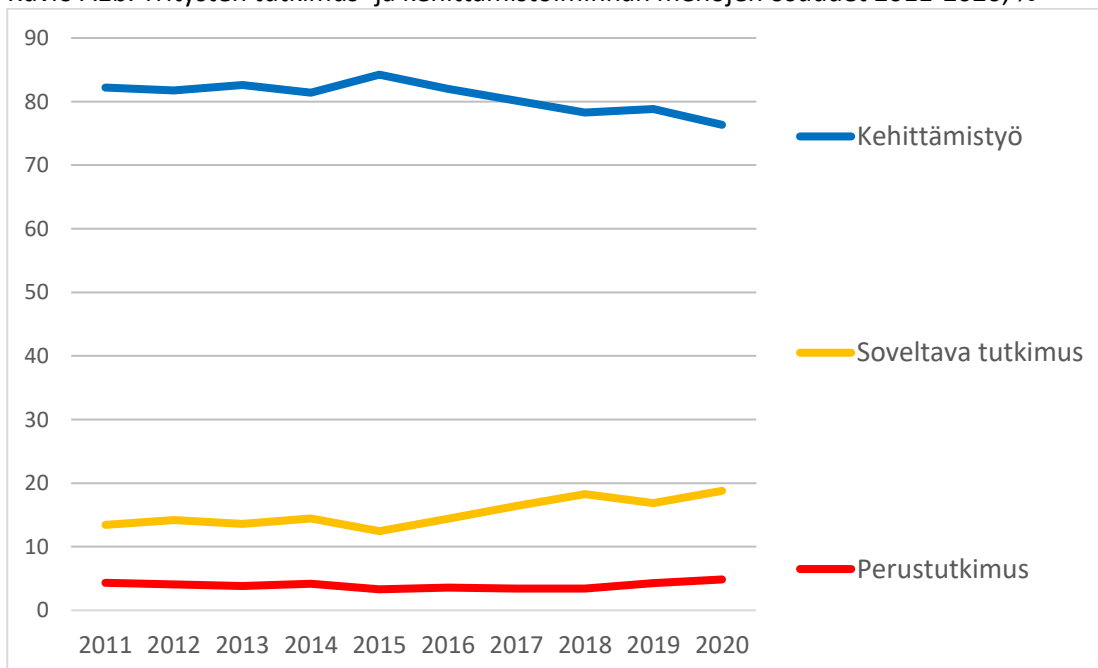
Kuviot A1-A10 valottavat yritysten TKI-toiminnan sisältöä Suomessa.

Kuvio A1a. Yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot 2011-2020, milj. euroa



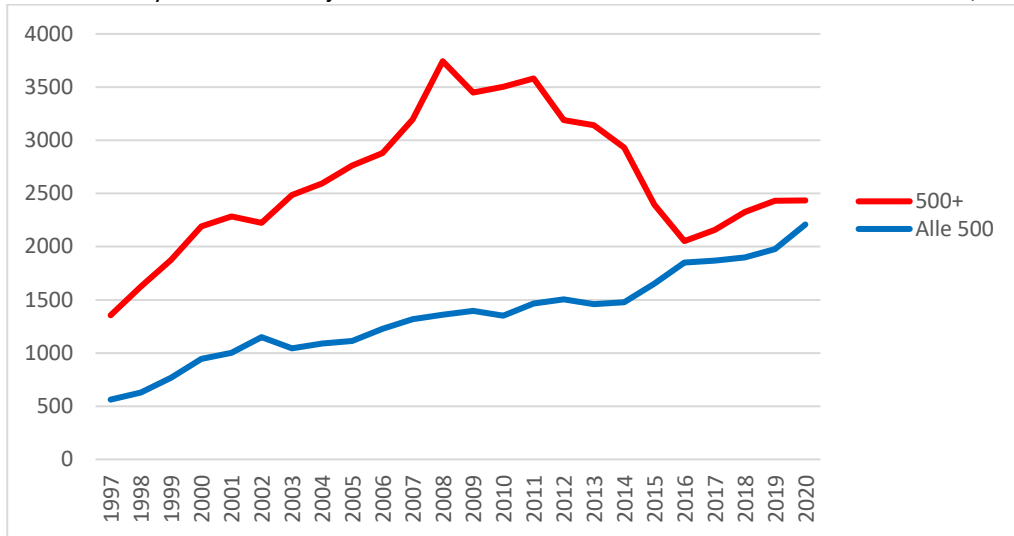
Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A1b. Yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan menojen osuudet 2011-2020, %



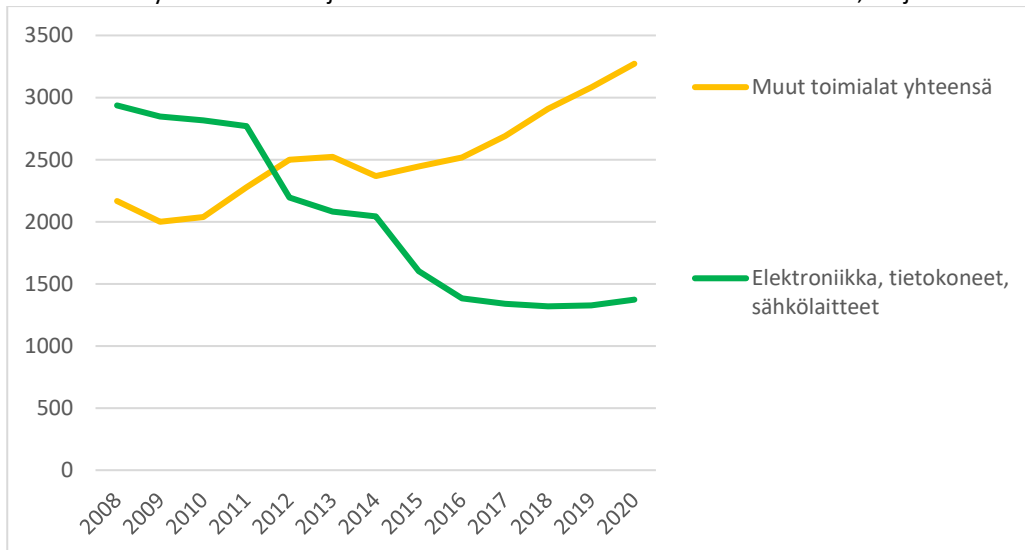
Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A2. Yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot henkilöstön määrän mukaan, milj. euroa



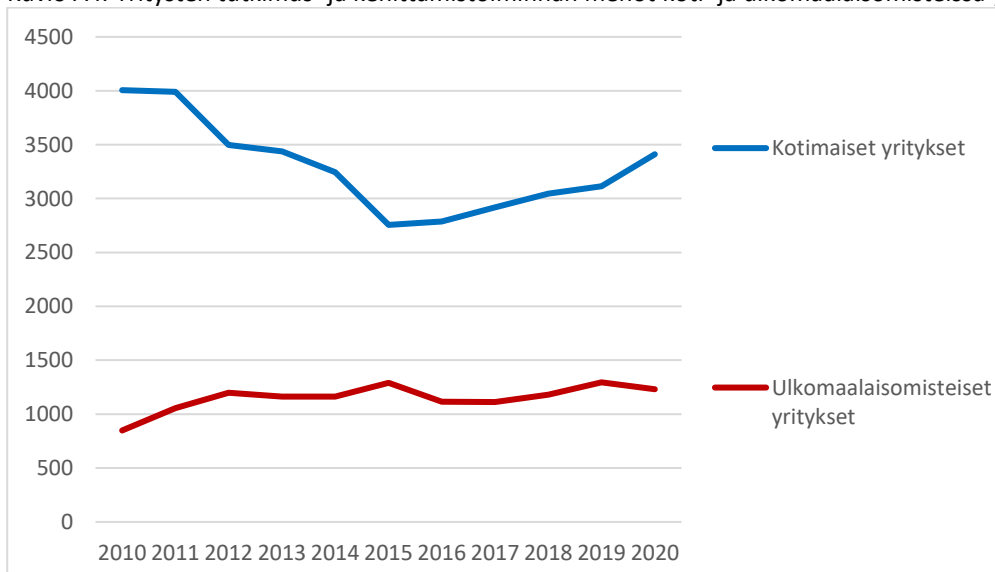
Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A3. Yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot toimialan mukaan, milj. euroa



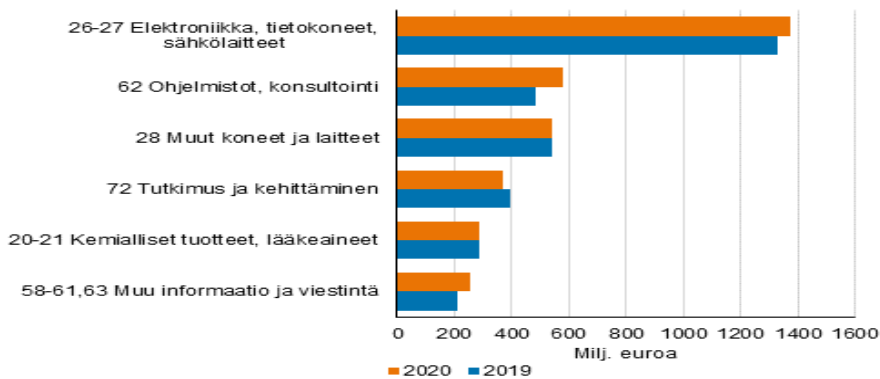
Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A4. Yritysten tutkimus- ja kehittämistoiminnan menot koti- ja ulkomaalaisomisteissa yrityksissä, milj. euroa



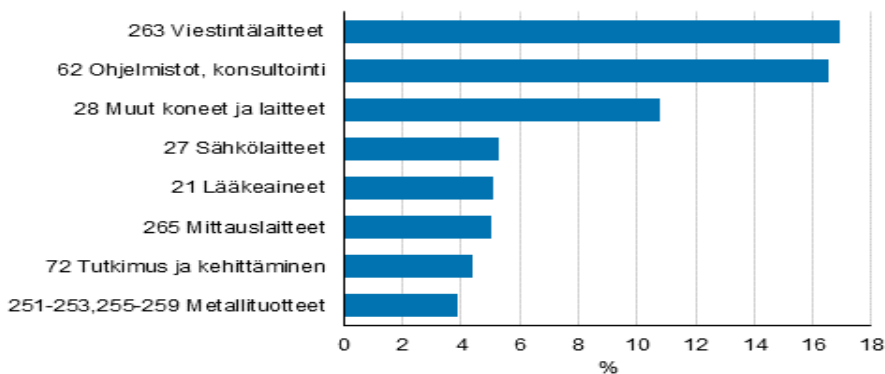
Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A5. Yritysten T&amp;K-menot, suurimmat toimialat 2019-2020, milj. euroa



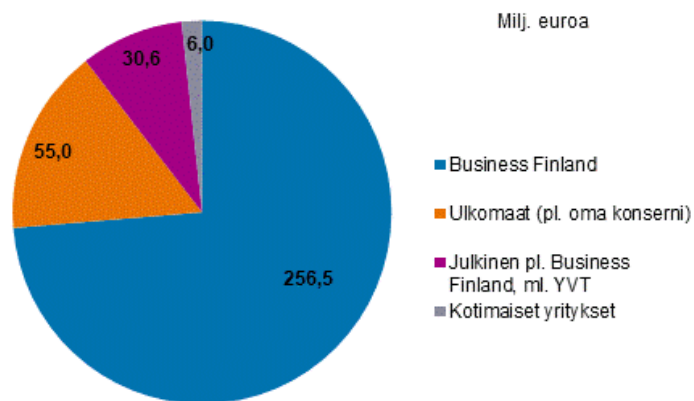
Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A6. Yritysten T&amp;K-menot, suurimpien tuoteryhmien osuudet 2020, %



Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A7. Yritysten T&amp;K-menojen ulkopuolinen rahoitus 2020 (ilman oman konsernin ulkomaisia yksiköitä)

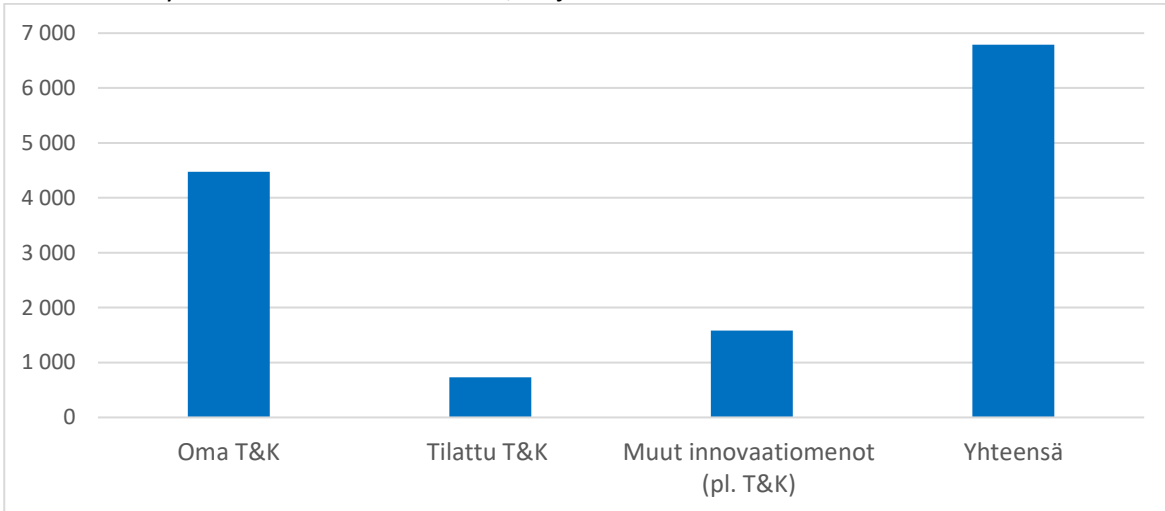


Lähde: Tilastokeskus

OECD:n ja Eurostatin yritysten innovaatiotoiminta kattaa yritysten hyödyke-, prosessi-, organisaatio- ja markkinointi-innovaatiot. Lisäksi näitä innovaatiokäsitteitä on laajennettu, viimeksi v. 2018.<sup>11</sup> Kuviot A5-A7 esittävät yritysten innovaatiotoiminnan koko jakauman v. 2018. Tilastokeskus julkaisee uudempaa tietoa yritysten innovaatiotoiminnasta vasta v. 2022.

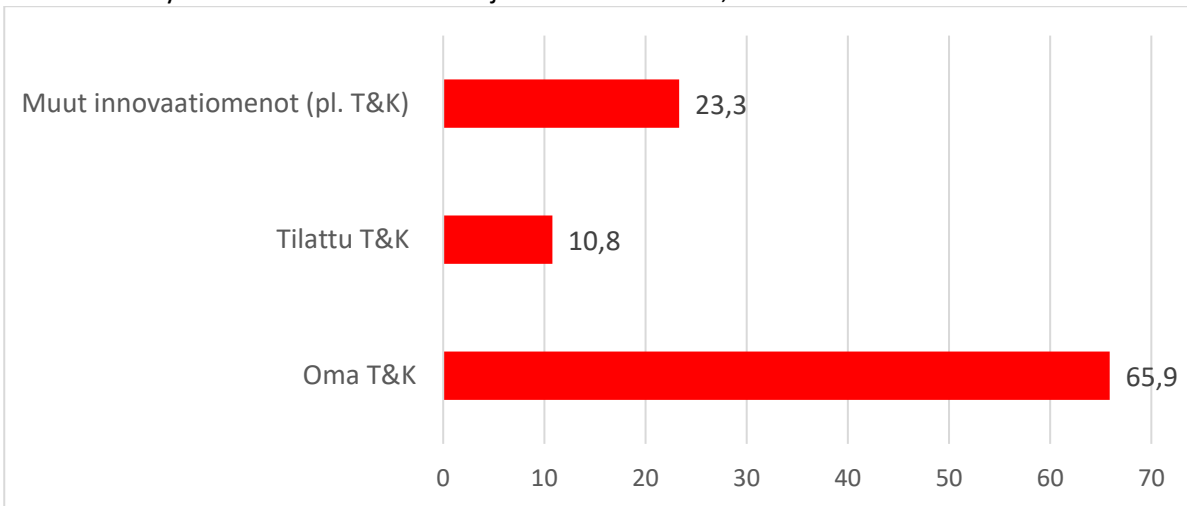
<sup>11</sup> Lähde: OECD/Eurostat (2018), Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation, 4th Edition, The Measurement of Scientific, Technological and Innovation Activities, OECD Publishing, Paris/Eurostat, Luxembourg. <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>

Kuvio A8. Yritysten innovaatiomenot 2018, miljoonaa euroa



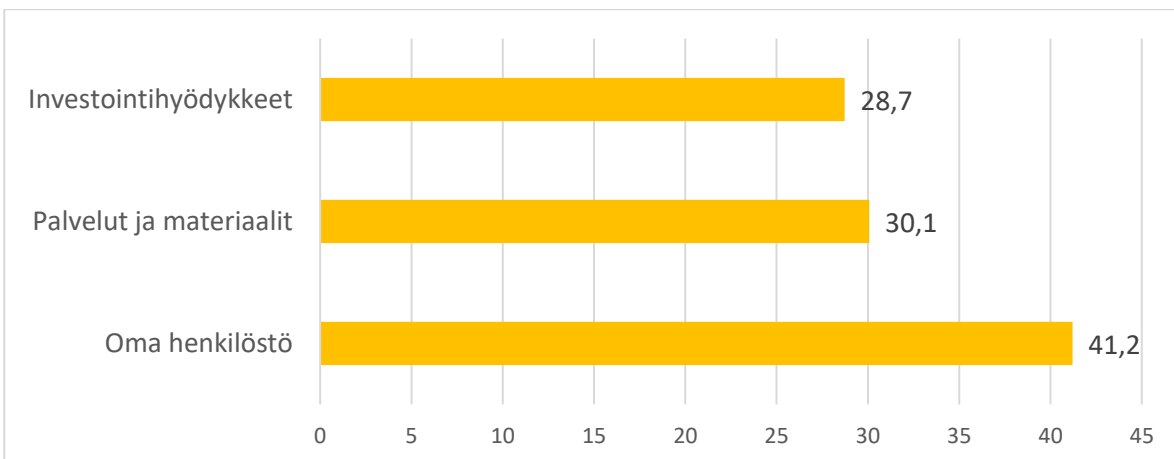
Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A9. Yritysten innovaatiotoiminnan jakautuminen 2018, %



Lähde: Tilastokeskus

Kuvio A10. Yritysten ei-T&amp;K-innovaatiotoiminnan jakautuminen 2018, %



Lähde: Tilastokeskus

## Liite B: Innovaatioiden synty ja leviäminen

### Yliopistojen vaikutus yritystoiminnan kasvuun

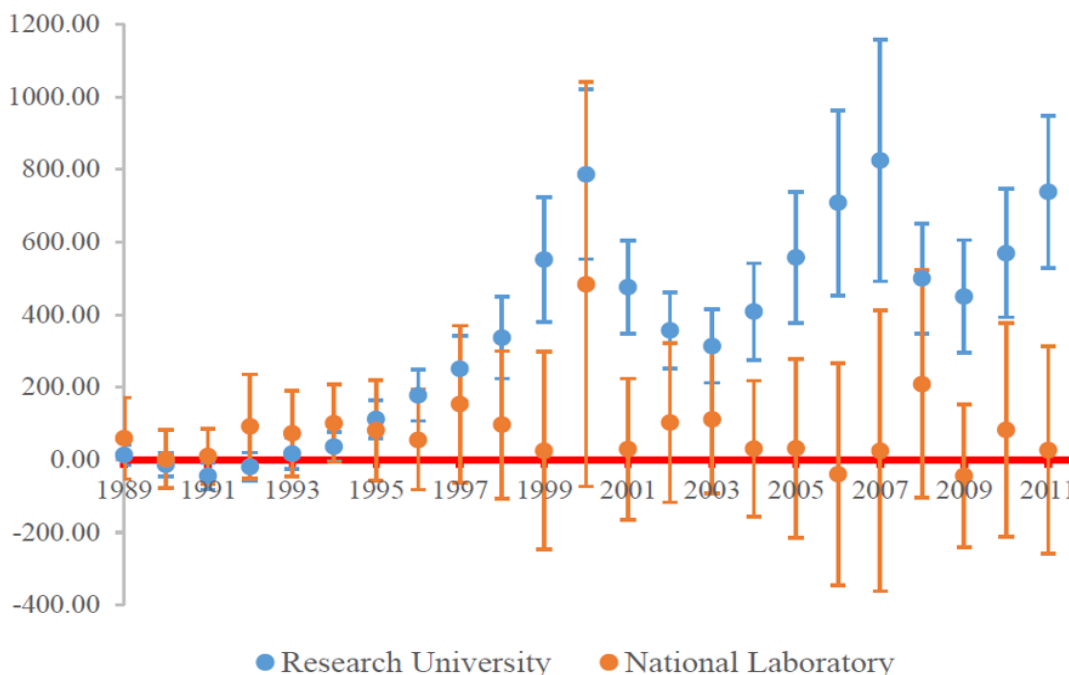
Yliopistojen vaikutus paikallisen yritystoiminnan kasvuun on voimistunut 2000-luvulla (kuvio B1). USA:n rekisteriaineistoon perustuvan tutkimuksen perusteella Tartari ja Stern (2021) saavat seuraavat tulokset:

- *“Our key finding is that while Federal research funding of all types is linked to a higher quantity of entrepreneurship, only research funding to universities is associated with a meaningful increase in the quality-adjusted quantity of entrepreneurship. Taken at face value the estimated impact of university research is very large: developing 2-3 successful research grants that attract an incremental \$1.6 million of Federal funding induces a sufficient level of quality-adjusted quantity of entrepreneurship to eventually result in one successful local growth outcome.”*

Vaikutuskanaviin liittyen Tartari ja Stern (2021) toteavat seuraavaa:

- *“On the one hand, universities can directly influence their entrepreneurial ecosystem through the establishment of spin-offs and technology transfer activities to industrial partners (Mowery et al., 2001; Bercovitz and Feldman, 2008; Hausman, 2020). Second, it is possible that the impact on local entrepreneurial ecosystems arises from the impact of students and other non-permanent research staff involved in the research itself (Saxenian, 1996). In other words, it is possible that by graduating students who have been exposed to the most recent research activities of the university, the near-term spillovers to the local entrepreneurial ecosystem arises from the knowledge being “wrapped up in a person” (Moretti, 2004; Stephan, 2006; Abramovsky, Harrison and Simpson, 2007). Recent work by Babina et al. (2020) provide evidence for the role of individual in shaping the near-term commercialization impact of Federally funded research.”*

Kuvio B1. Tutkimusyliopiston ja -laitoksen vaikutus paikalliseen yritysten kasvupotentiaaliin (RECEPI)<sup>12</sup>



Lähde: Tartari, V. ja Stern, S (2021), More than an Ivory Tower: The Impact of Research Institutions on the Quantity and Quality of Entrepreneurship. NBER Working Paper No. 28846

<sup>12</sup> The Regional Entrepreneurship Cohort Potential Index (RECEPI). From the perspective of a given geographical area, the overall inherent potential for a cohort of start-ups combines both the quality of entrepreneurship in a region and the number of firms in such region (a measure of quantity).



## Yliopistoalueiden merkitys disrupttiivisten innovaatioiden kannalta

Bloom et al (2021) erittäin laajaan aineistoon perustuvan tutkimuksen mukaan disrupttiiviset teknologiat syntyvät todennäköisesti yliopistoalueilla, joilta niiden vaikutukset leviävät ajan myötä laajemmalle.<sup>13</sup> He toteavat seuraavaa alla olevaan kuvioon B2 liittyen:

- *“Panel A of Figure 5 shows the geographical distribution of pioneer locations across the United States, where the size of the blue circles is proportional to the share of the 189 technology-pioneer location pairs situated in a given CBSA. Although 23 of the 50 states host at least one pioneer location, the map shows remarkable concentration in this kind of successful innovative activity. Silicon Valley (the San Jose Jose-Sunnyvale-Santa Clara CBSA) and San Francisco were each involved in the development of 23 of our disruptive technologies, followed by New York (21), Boston (18), and Los Angeles (17). Collectively, locations in California alone host a remarkable 40.2% of our pioneer locations. Another cluster along the northeast corridor from Washington to Boston accounts for another 21.2%.”*
- *“The figure shows a remarkable alignment between innovation and early employment. Even after accounting for differences in the size of the local labor market, early employment is strongly concentrated in the same places where the technology was developed. The remaining panels (C-E) show the evolution of this relationship as the technology matures (in years 1-2, 3-4, and 5-6, respectively).”*

Kuvio B2. Teknologiakeskittymien sijainti USA:ssa ja niiden vaikutusten leviäminen yli ajan vuosina

Figure a: Technology Employment at t = 0



Figure b: Technology Employment at t = 1-2



Figure c: Technology Employment at t = 3-4

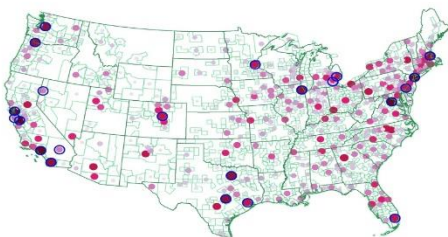
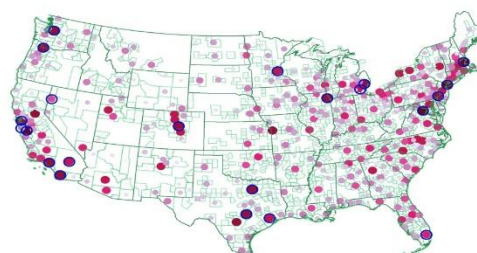


Figure d: Technology Employment at t = 5-6



Lähde: Bloom, N., A. H. Tarek, A. Kalyani, J. Lerner ja A. Tahoun (2021), The Diffusion of Disruptive Technologies. NBER Working Paper No. 28999.

<sup>13</sup> Bloom et al (2021) toteavat: *“The first step of our analysis is to develop a methodology for systematically identifying two-word phrases (“technical bigrams”) associated with rapidly diffusing, or disruptive, technologies through a series of systematic rules, whose robustness we verify through various diagnostic tests. To this end, we intersect information from two large corpora of text. First, we use the full text of U.S. patents awarded between 1976 and 2016 to isolate two-word combinations that appear in influential patents but were not commonly used elsewhere. That is, we isolate language specific to recent influential innovations. Second, we search for these bigrams in the full text of earnings conference calls held by more than 8,000 listed firms between 2002 and 2020, to identify those technical bigrams that feature prominently in discussions between firm executives and investors during our sample period. This procedure highlights a small set of 305 technical bigrams that describe recent technological advances that have disrupted a large number of businesses in the last two decades. The top three of these are “mobile devices,” “machine learning,” and “cloud computing.”*

## Disruptiiviset teknologiat ovat yleistyneet

Taulukko B1 listaa Bloom et al (2021) tarkastelemat 5 yleisintä disruptiivista teknologiaa niitä koskevien työpaikkailmoitusten mukaan, kun tarkasteltavia disruptiivisia teknologioita oli 29.

Taulukko B1. Bloom et al (2021) tarkastelemat 5 yleisintä disruptiivista teknologiaa niihin liittyneiden avoimien työpaikkojen perusteella.

Teknologia	Avoimeksi ilmoitettujen työpaikkojen määrä, kpl
Cloud computing	3 684 901
Social Networking	3 457 390
Smart Devices	2 376 510
Machine Learning/AI	679 776
Search Engine	535 784

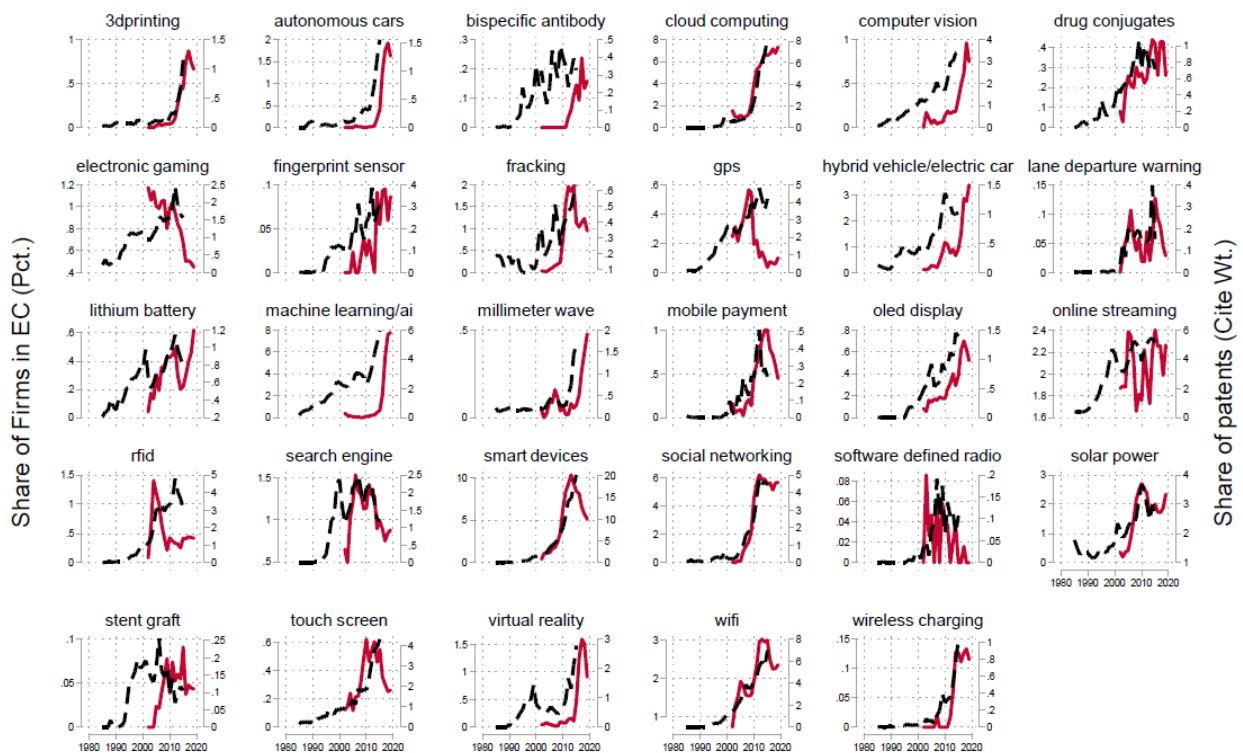
Lähde: Bloom et al (2021)

Bloom (2021) toteavat alla olevaan kuvioon B3 liittyen seuraavaa:

- *"more extensive discussions of a technology in earnings calls correlate strongly with more patenting activity in that technology. Appendix Figure 2 shows the share of firms exposed to each technology (in red-solid), and the share of citation-weighted patents (normalized by the average number citations within each technology class and year) associated with each of our 29 technologies (in black-dashes). Again, the series are highly correlated: the correlation coefficient is 0.80."*

Kuvio B3. 29 disruptiiviseen teknologiaan liittyvien patenttien määrä (kpl) ja niihin tehtyjen viittausten määrä yritysten tulosjulkistusten yhteydessä pitämässä kokouspuheluissa

- Patent (in black-dashed) and Earnings Call (in red-solid) Time Series



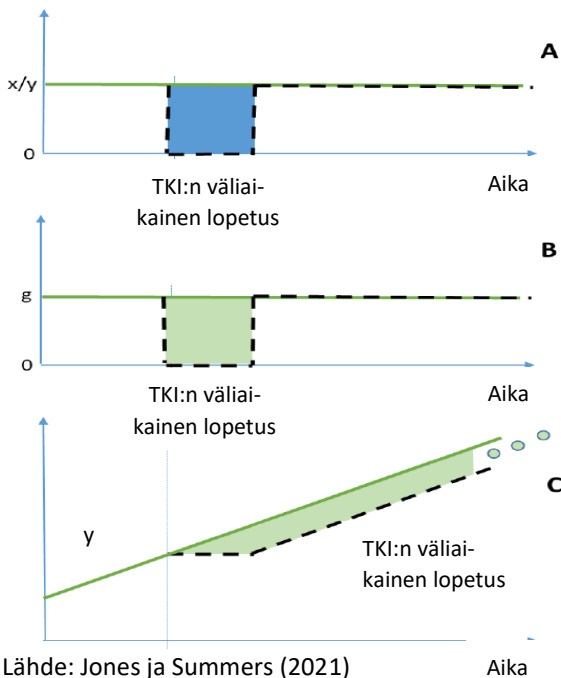
Lähde: Bloom, N., A. H. Tarek, A. Kalyani, J. Lerner ja A. Tahoun (2021), The Diffusion of Disruptive Technologies. NBER Working Paper No. 28999.

### Liite C: TKI-toiminnan hyöty/kustannus-suhteen ja sen epävarmuuksien arviointi

Jones ja Summers (2021) ovat esittäneet pelkistetyn lähestymistavan, jossa voidaan karkealla tavalla ottaa huomioon TKI-panosten vaikutuksiin liittyviä epävarmuuksia. Lähestymistapa perustuu oletukseen, että kokonaistuottavuuden kasvu kehittyneissä maissa perustuu uusiin ideoihin, jotka puolestaan perustuvat TKI-panostuksiin. TKI-panosten nettovaikutus tulee kokonaan mitattua kokonaistuottavuuden kautta.

Kuvio C1 havainnollistaa TKI:n vaikutusta, kun TKI lopetetaan kokonaan yhdeksi vuodeksi. Kun TKI-panostus väliaikaisesti lopetetaan (kuvion C1 osa A), talouskasvu on väliaikaisesti 0 (kuvion C1 osa B), mutta BKT:n taso jää pysyvästi alemmaksi (kuvion C1 osa C). Jos TKI-panos pidetään myös tuon yhden vuoden tasolla  $x/y$ , nostaa se BKT:n tasoa pysyvästi määrällä  $g$ . Tämän BKT:n tason pysyvän nousun nykyarvo  $PV=g/r$ , jossa  $r$ =reaalinen diskonttokorko. Tällöin TKI:n yhteiskunnallinen hyöty/kustannus-suhde on  $\rho=(g/r)/(x/y)$ . Jos esimerkiksi  $g = 0,5 \%$ ,  $r = 3 \%$  ja  $x/y = 3 \%$ ,  $\rho = 5,6$ . Toisin sanoen yhden euron TKI-panostus tänään tuottaa tähän päivään diskontattuna 5,6 euron hyödyn. TKI:n hyöty/kustannus-suhde on esimerkissä hyvin korkea.

Kuvio C1. TKI-panosten/BKT ( $x/y$ ) väliaikaisen lopetuksen (A) vaikutus BKT:n kasvuun (B) ja BKT:n tasoon (C)



TKI:n vaikutus BKT:n nykyarvoon riippuu voimakkaasti kahdesta oletuksesta: diskonttokorosta ja TKI:n vaikutuksesta BKT:n tasoon. Taulukko C1 tarkastelee eri diskonttokorko-oletusten vaikutusta tuottoon. Taulukon C1 mukaan, vaikka reaali diskonttokorko olisi 6 %, jota tänään voidaan pitää korkeana, TKI-panostuksen yhteiskunnallinen hyöty on lähes kolminkertainen kustannuksiin nähden. Diskonttokorkoa suurempi epävarmuus liittyy kuitenkin TKI:n vaikutukseen kokonaistuottavuuteen. Vaikutus voi monesta syystä olla pienempi tai suurempi kuin havaittu kokonaistuottavuuden kasvu. Jones ja Summers (2021) ottavat tämän huomioon kirjoittamalla  $\rho$ :n muotoon  $\rho = \beta(g/r)/(x/y)$ ,  $0 < \beta < 1$  tai  $\beta > 1$ .

Taulukko C1. Diskonttokoron vaikutus TKI:n yhteiskunnalliseen tuottoon

Diskonttokorko (r)	Yhteiskunnallinen hyöty/kustannus-suhde ( $\rho$ )
1 %	16,7
2 %	8,3
3 %	5,6
4 %	4,2
5 %	3,3
6 %	2,8

Parametria  $\beta$  nostaa esimerkiksi se, että inflaation mittaamisessa katsotaan yleisesti olevan hyvin karkeasti noin  $\frac{1}{2}$  %/v. harha ylöspäin, jolloin todellinen kokonaistuottavuuden kasvu 1990-2020 saattoi olla keskimäärin noin 1 %/v. Tämä harha johtuu siitä, että hintaindeksit ottavat puutteellisesti huomioon hyödykkeiden laadun nousun.

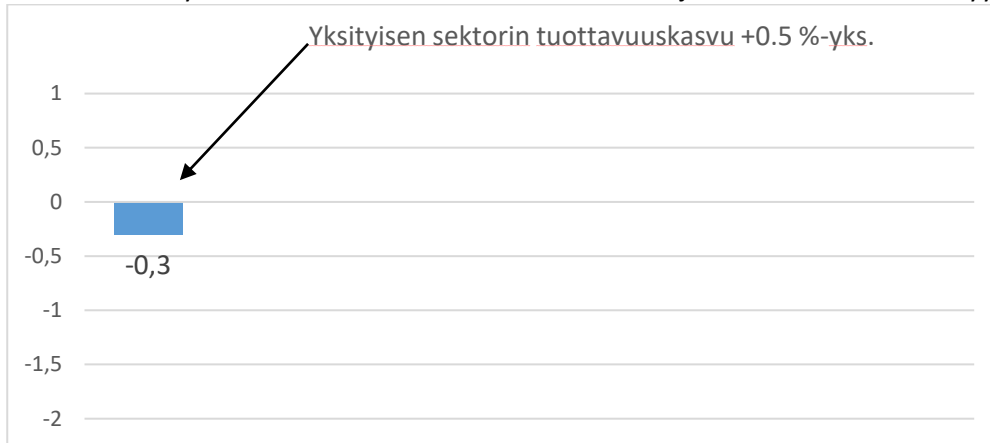
Parametria  $\beta$  laskee T&K:n vaikutusviive tuottavuuteen ja talouskasvuun. Tuon viiveen Jones ja Summers toteavat realistisesti olevan yhteensä 3-6 v.

Tuottavuuden kasvuun vaikuttaa ilmeisen paljon myös yritysten muu kuin T&K-toiminnaksi laskettava innovaatiotoiminta. Mitä enemmän kokonaistuottavuuden kasvu syntyy esimerkiksi pääomasijoitusten mahdollistamasta riskinoton kasvusta, niiden tuomasta ns. osaavasta pääomasta ja esimerkiksi yritysten innovaatiotoiminnasta, jota ei lasketa T&K-toiminnaksi, sitä pienempi on parametrin  $\beta$  arvo.

### Liite D: Tuottavuuden kasvun vaikutukset julkisen talouden kestävyysvajeseen

Jos oletetaan, että tuottavuuden kasvu paranee 0,5 %-yks. vain yksityisessä sektorissa, mutta se nostaa palkkojen nousuvauhtia 0,5 %-yks. myös julkisessa sektorissa, on tuottavuuden kasvulla myös tuntuva julkista taloutta heikentävä vaikutus. Tällöin pysyväkään yksityisen sektorin tuottavuuskasvu nousu ei vahvistaisi paljon julkista taloutta (kuvio D1). Huomattava julkista taloutta vahvistava vaikutus syntyy vain, jos tuottavuuden kasvu paranee saman verran myös julkisessa sektorissa.

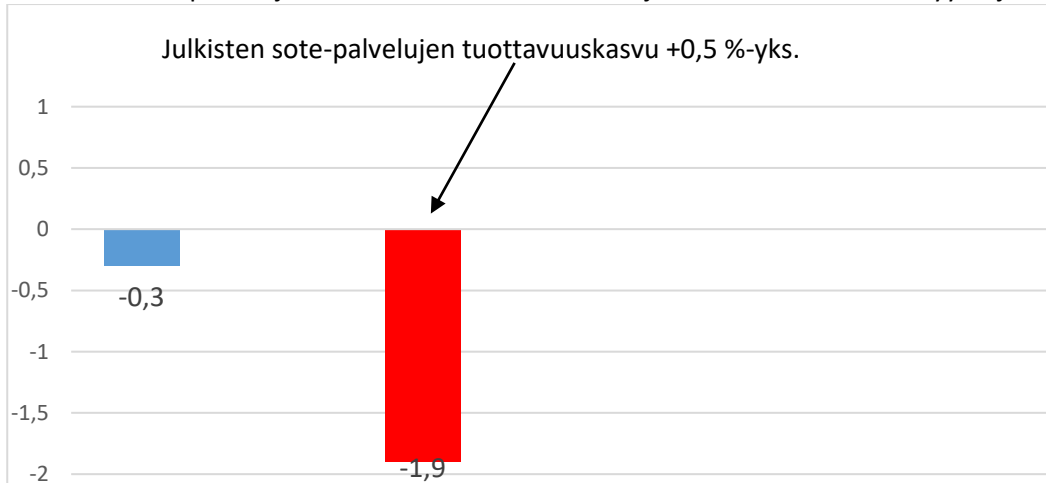
Kuvio D1. Yksityisen sektorin tuottavuuskasvun vaikutus julkisen talouden kestävyysvajeseen, % BKT:sta



Lähde: VM Taloudellinen katsaus, syksy 2021

Palkkareaktion ilmenee kuviosta D2, jossa on oletettu, että julkisten sote-palvelujen tuottavuuden kasvu nousee 0,5 %-yks. pysyvästi, mutta että se ei nosta lainkaan palkkoja kyseissä palveluissa. Tällöin julkisen talouden kestävyysvaje supistuu peräti 1,9 %-lla suhteessa BKT:een.

Kuvio D2. Sote-palvelujen tuottavuuskasvun vaikutus julkisen talouden kestävyysvajeseen, % BKT:sta

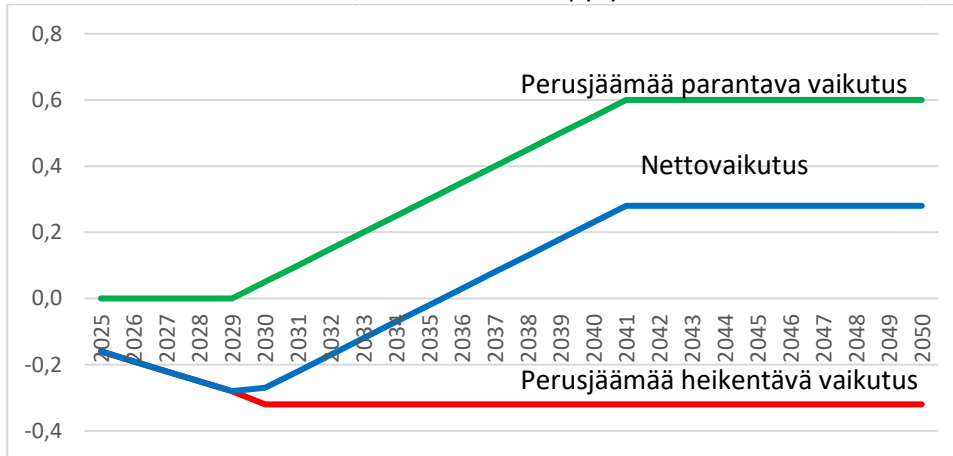


Lähde: VM Taloudellinen katsaus, syksy 2021

Tämän muistion sivun 6 taulukosta 2 käy ilmi, että hallituksen 4 %:in T&K-menot/BKT linjaus edellyttäisi julkisen sektorin T&K-menojen/BKT-suhteen nousua 0,86 %:sta 1,18 %:iin vuodesta 2020 vuoteen 2030, mikä olisi 0,32 %-yksikön nousu. Se on sattumoisin hyvin lähellä kuvioissa D1 ja D2 esitettyä vaikutusta, jos yksityisen sektorin tuottavuuskasvu nousisi 0,5 %-yksiköllä. Kun tässä arvioidaan hallituksen linjauksen toteutumisen nostavan tuottavuuden kasvua 1 %-yksiköllä, supistaisi se kaavamaisesti laskien julkisen talouden kestävyysvajetta – eli parantaisi tasapaino/BKT-suhdetta – n. 0,3 %-yksikköä pitkällä aikavälillä. Tätä julkista taloutta vahvistavaa vaikutusta ja sen vaikutusta velka/BKT-suhteeseen on tarkasteltu alla.

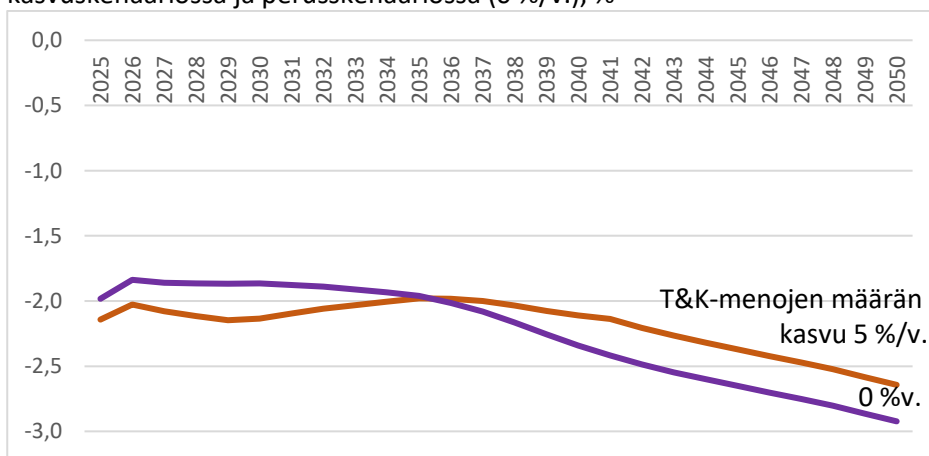
Kuvion 13 skenaarioissa A ja B T&K-menojen määrää on oletettu lisättävän 5 %/v. Tässä oletetaan, että tämä nostaa julkisen talouden menoja/BKT 0,03 %-yksiköllä/v. vuodesta 2020 vuoteen 2030 asti taulukon 2 mukaisesti. Vuoden 2030 jälkeen menoja nostava vaikutus/BKT pysyy vakiona 0,32 %:ssa. Tasapainoa parantava vaikutuksen oletetaan tulevan viiveellä vuodesta 2030 alkaen asteittain 0,05 %-yksiköllä vuodessa, kunnes tuo vaikutus/BKT on 0,6 %-yksikköä v. 2041. Nämä kaksi vaikutusta ja niiden nettovaikutus ovat esitetty kuviossa D3, perusjäämäkehitys kuviossa D4 ja velka/BKT-kehitys kuviossa D5.

Kuvio D3. Julkisten T&K-menojen määrän 5 %/v. kasvun vaikutus julkisen talouden perusjäämä/BKT-suhteeseen verrattuna siihen, että T&K-menot pysyvät määrältään ennallaan, %-yksikköä



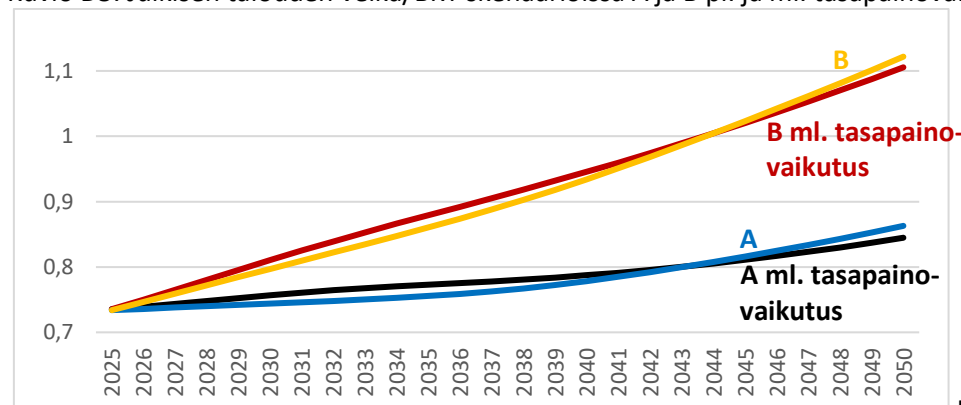
Lähde: Omat oletukset

Kuvio D4. Julkisen talouden perusjäämä (pl. työeläkelaitokset)/BKT-suhde T&K-menojen määrän 5 %/v. kasvuskenaariossa ja perusskenaariossa (0 %/v.), %



Lähteet: VM ja omat oletukset

Kuvio D5. Julkisen talouden velka/BKT skenaarioissa A ja B pl. ja ml. tasapainovaikutus



Lähteet: VM ja omat oletukset

## Liite E: Työn tuottavuuden kasvun vaikutusarvion yksityiskohtaisemmat perustelut

Tilastokeskus jakaa tuotannon ja työn tuottavuuden kasvun eri osiin taulukossa E1 esitetyllä tavalla.

Taulukko E1. Työn tuottavuuden osatekijöiden keskimääräiset kontribuutiot

Työn tuottavuuden kasvun osatekijät	2010-2020 keskimäärin
(1) Kokonaistuottavuuden kontribuutio, %-yks.	0,53
(2) Pääomaintensiteetin kontribuutio, %-yks.	0,23
(3) Työpanoksen laadun kontribuutio, %-yks.	0,10
(4) Työtuntien uudelleenallokoitumisen kontribuutio, %-yks.	-0,11
(5) =(1)+(2)+(3)+(4) Työn tuottavuuden kasvu, %	0,74
(6) Työtuntien kasvu, %	0,18
(7) =(5)+(6) Arvonlisäyksen (tuotannon) kasvu, %	0,93

Lähde: Tilastokeskus 15.10.2021 [https://www.stat.fi/til/ttut/2020/ttut\\_2020\\_2021-10-15\\_tie\\_001\\_fi.html](https://www.stat.fi/til/ttut/2020/ttut_2020_2021-10-15_tie_001_fi.html)

### Pääoman toteutunut kontribuutio työn tuottavuuden kasvuun

Kuten Pohjola (2020) toteaa:

- *"Kokonaistuottavuuden kontribuutio työn tuottavuuden kasvuun on Suomessa ollut kaksinkertainen pääoman vaikutukseen verrattuna."*
- *"Pääoman kontribuutio on puolestaan syntynyt puoliksi t&k-pääomasta ja ICT-pääomasta. Koneiden, laitteiden ja rakennusten merkitys on ollut vähäinen."*

Taulukko E2. T&K- ja ICT-pääomien tuottavuuskontribuutiot yrityssectorissa 1996–2018, %-yksikköä

	1996– 2005 (1)	2006– 2018 (2)	Muutos (1996-2005) – (2006-2018) (3)=(2)-(1)
1. T&K-pääoma	0,46	0,22	-0,24
-Tehdasteollisuus	0,43	0,17	-0,26
-Muu jalostus	0,00	0,00	0,00
-Markkinapalvelut	0,03	0,04	0,02
2. ICT-pääoma	0,38	0,25	-0,14
-Tehdasteollisuus	0,14	0,10	-0,05
-Muu jalostus	0,02	0,02	0,00
-Markkinapalvelut	0,22	0,13	-0,09
T&K- ja ICT-pääoma yhteensä (1. + 2.)	0,84	0,47	-0,37

Lähde: Pohjola (2020)

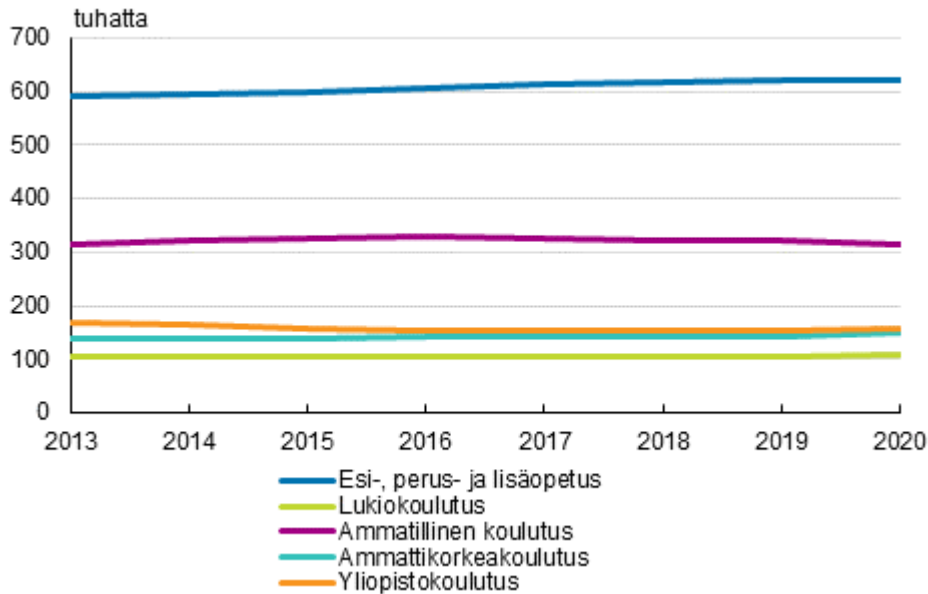
Pohjola (2020) toteaa:

- *"Erytisen heikosti Suomi pärjää ICT-investointien kasvukontribuutiassa. Se on ollut vain puolet siitä mitä Ruotsissa ja Yhdysvalloissa .... Havainto selittyy vähäisillä investoinneilla. ICT-investointien osuus kaikista tuotannollisista investoinneista on Suomessa vain 12 prosenttia, kun se Ruotsissa on 22 ja Yhdysvalloissa 19 prosenttia..."*

## Työpanoksen laatu

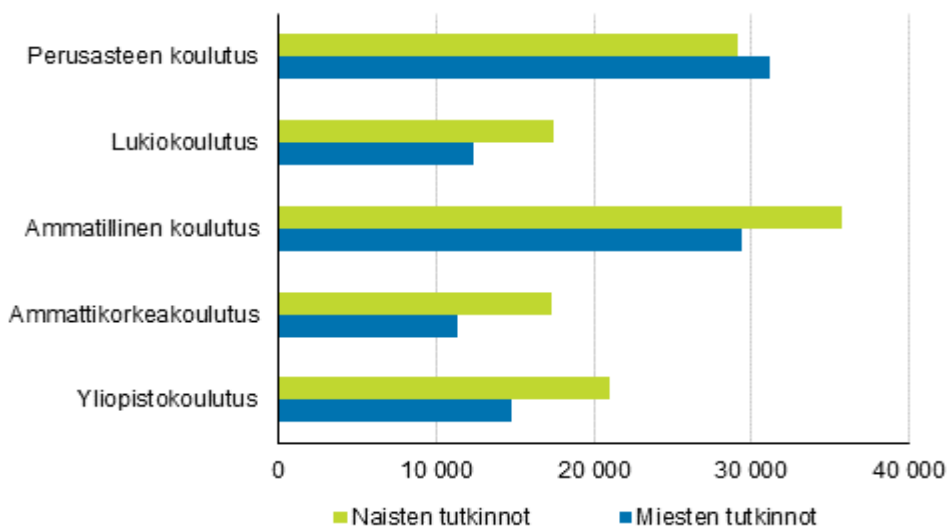
Työpanoksen laadun – eli käytännössä koulutustason nousu – paraneminen nosti työn tuottavuuden kasvua 1980-1999 keskimäärin 0,31 %-yks./v., mutta 2000-2020 enää 0,14 %-yks./v. eli sen vaikutus puolittui. Kehityksen takana on ollut koulutustason nousun hidas kehitys (kuvio E1). Miesten osuus perusastetta korkeammista tutkinnoista on selvästi naisia matalampi (kuvio E2). On ilmeistä, että työpanoksen laadun kehityksellä on merkitystä innovaatiotoiminnan tuloksiin. Tässä ei ole kuitenkaan edellytyksiä arvioida työpanoksen laadun kehitystä tai sen merkitystä innovaatiopanosten tuottavuusvaikutusten kannalta.

Kuvio E1. Tutkintotavoitteisen koulutuksen opiskelijat 2013–2020



Lähde: Tilastokeskus

Kuvio E2. Naisten ja miesten vuonna 2020 suorittamat tutkinnot, kpl



Lähde: Tilastokeskus



## ICT- ja T&K-intensiteetin vaikutus työn tuottavuuden kasvuun

Tilastokeskus jakaa pääomaintensiteetin vaikutuksen arvonlisäyksestä laskettuun työn tuottavuuden kasvuun viiteen osaan. Myös kokonaistuottavuuden laskennassa on huomioitu eri pääomatavaratyyppien vaikutukset. Nämä viisi eri pääomatavaratyyppiä ovat: 1) ICT-pääoma, 2) T&K-pääoma, 3) Koneiden ja laitteiden pääoma, 4) Asuinrakennusten pääoma ja 5) Muiden pääomavarojen pääoma. Pääomapanoksen tavaratyyppien kontribuutiot summautuvat yhteen kokonaispääomapanoksen kontribuutioksi.

Tilastokeskuksen<sup>14</sup> mukaan:

*”Tuottavuustutkimuksissa lähdetään liikkeelle yksittäisten varojen tasolta, jotka sittemmin aggregoidaan ryhmän päätasolle. Esimerkiksi kukin ICT-ryhmän komponentti on ensin painotettu Törnqvistin indeksinä lasketulla pääoman korvausosuudella. Korvausosuudet on laskettu siten, että esimerkiksi kukin ICT-ryhmän varan korvausosuus on jaettu kunkin toimialan kyseisen varan kokonaispääomakorvauksella: [”ohjelmistot”-varan pääomakorvaus toimialalla j / ICT-ryhmän kokonaispääomakorvaus samalla toimialalla j]. Näin lasketut kontribuutiot summataan yhdeksi ”ICT- pääoman kontribuutio”-muuttujaksi. Pääomakorvauslaskennoissa on hyödynnetty pääomatavaroiden vuokrahintoja.”*

Spiezia (2012) on arvioinut ICT-pääoman arvonlisäosuutta ja arvonlisäyksen joustoa ICT-pääoman suhteen (table 1 ja 2 alla).<sup>15</sup> Kyseiset taulukot kuvaavat yritystoiminnan parametreja, jotka ovat oletettavasti koko talouden parametreja korkeammat. Toisaalta ICT-pääoman merkitys lienee kasvanut viimeisen 10 v. aikana.

Table 1. **GMM estimates and tests**

	Coefficient	T	[95% confidence interval]	
Labour	0.635	13.58	0.544	0.727
ICT capital	0.056	3.27	0.022	0.090
Non ICT capital	0.307	7.55	0.227	0.387

Notes: Industry \* country \* time dummies omitted. Number of observations: 5 278. Number of clusters: 468. Centered R<sup>2</sup> = 0.965. Hansen J statistic: 4.716. IV redundancy test: 30.373.

Table 2. **Estimated value added elasticities to inputs**

Inputs	Elasticity	Cost share
Labour	0.635	0.639
ICT capital	0.056	0.039
Non-ICT capital	0.307	0.322

Lähde: OECD (2012)

Tässä muistiossa oletetaan Spiezian (2012) selvitykseen perustuen, että arvonlisäyksen jousto ICT-pääoman suhteen on 0,06. Kun Suomen T&K-pääoman määrä on Tilastokeskuksen mukaan ICT-pääomaa pienempi, voisi tämän perusteella arvonlisäyksen jousto T&K-pääoman suhteen olla myös pienempi kuin ICT-pääoman suhteen. Toisaalta OECD:n (2015) mukaan: *”The results of a meta-analysis based on recent econometric estimates published over 2000-2010 suggest that the R&D output elasticity runs in the order of 0.10.”*<sup>16</sup> Tässä muistiossa oletetaan kuitenkin varovaisesti, että arvonlisäyksen jousto T&K-pääoman suhteen on saman suuruinen kuin ICT-pääoman suhteen eli 0,06.

<sup>14</sup> Tilastokeskus: Kansantalouden tilinpidon tuottavuusmittarit. [https://www.stat.fi/til/ttut/ttut\\_2017-11-28\\_men\\_001.pdf](https://www.stat.fi/til/ttut/ttut_2017-11-28_men_001.pdf)

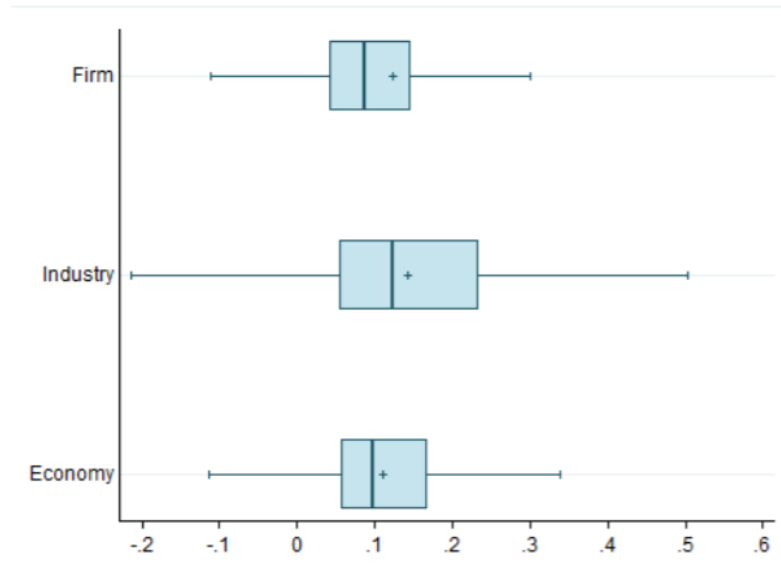
<sup>15</sup> Spiezia, Vincenzo (2012), “ICT investments and productivity: Measuring the contribution of ICTS to growth”, OECD Journal: Economic Studies, Vol. 2012/1. <https://www.oecd.org/economy/growth/ICT-investments-and-productivity-measuring-the-contribution-of-ICTS-to-growth.pdf>

<sup>16</sup> OECD (2015), Working Party of National Experts on Science and Technology Indicators, “The Impact of R&D Investment on Economic Performance: A Review of the Econometric Evidence”. [https://one.oecd.org/document/DSTI/EAS/STP/NESTI\(2015\)8/en/pdf](https://one.oecd.org/document/DSTI/EAS/STP/NESTI(2015)8/en/pdf)

OECD:n (2015) yhteenveto tuotannon T&K-joustoista sekä T&K:n yksityisestä ja yhteiskunnallisesta tuotosta

**Figure 3. R&D output elasticity estimates by unit of analysis**

Rate of change in output (in percent)



Source: OECD, own calculations based on a survey of peer-reviewed articles and selected economic research working papers on the impact of R&D on productivity and economic growth as published over 2000-2010.

Notes: The chart excludes outside values and insignificant estimates. A 10% significance level is adopted as threshold. The symbol "+" denotes the mean, the symbol "|" denotes the median. Firm as a unit includes plant and business unit, while economy comprises region.

**Table A2. R&D output elasticity and private and social rates of return to R&D by unit of analysis**

1. R&D output elasticity (in percent)

Unit	# Articles	N	Min	Mean	Median	Max	SD
Firm	30	218	-0.30	0.11	0.09	0.64	0.11
Industry	9	75	-0.40	0.14	0.12	0.73	0.16
Economy	18	245	-0.15	0.12	0.10	0.61	0.11
<b>Total</b>	<b>55</b>	<b>538</b>	<b>-0.40</b>	<b>0.12</b>	<b>0.10</b>	<b>0.73</b>	<b>0.12</b>

2. Private return to R&D (in percent)

Unit	# Articles	N	Min	Mean	Median	Max	SD
Firm	15	107	0.03	0.38	0.23	1.83	0.41
Industry	2	16	0.13	0.45	0.24	2.03	0.57
Economy	2	16	0.08	0.41	0.53	0.74	0.27
<b>Total</b>	<b>19</b>	<b>139</b>	<b>0.03</b>	<b>0.39</b>	<b>0.24</b>	<b>2.03</b>	<b>0.42</b>

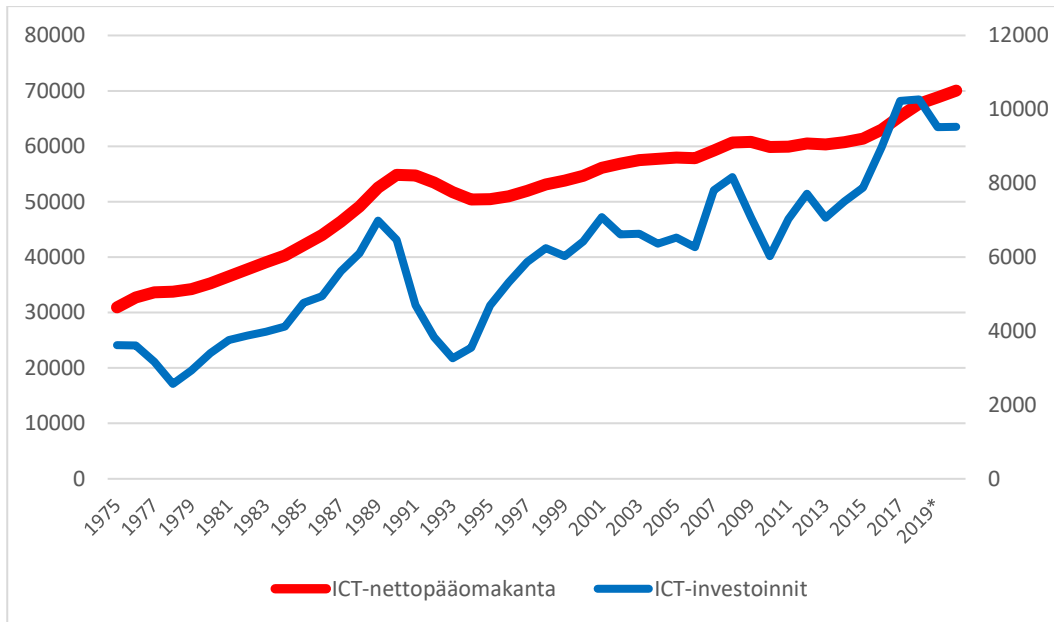
3. Social return to R&D (in percent)

Unit	# Articles	N	Min	Mean	Median	Max	SD
Firm	5	14	0.13	1.00	0.79	3.78	1.09
Industry	3	24	0.50	0.93	0.71	3.65	0.68
Economy	1	15	0.21	1.70	2.17	2.96	1.24
<b>Total</b>	<b>9</b>	<b>53</b>	<b>0.13</b>	<b>1.17</b>	<b>0.77</b>	<b>3.78</b>	<b>1.02</b>

Lähde: OECD (2015)

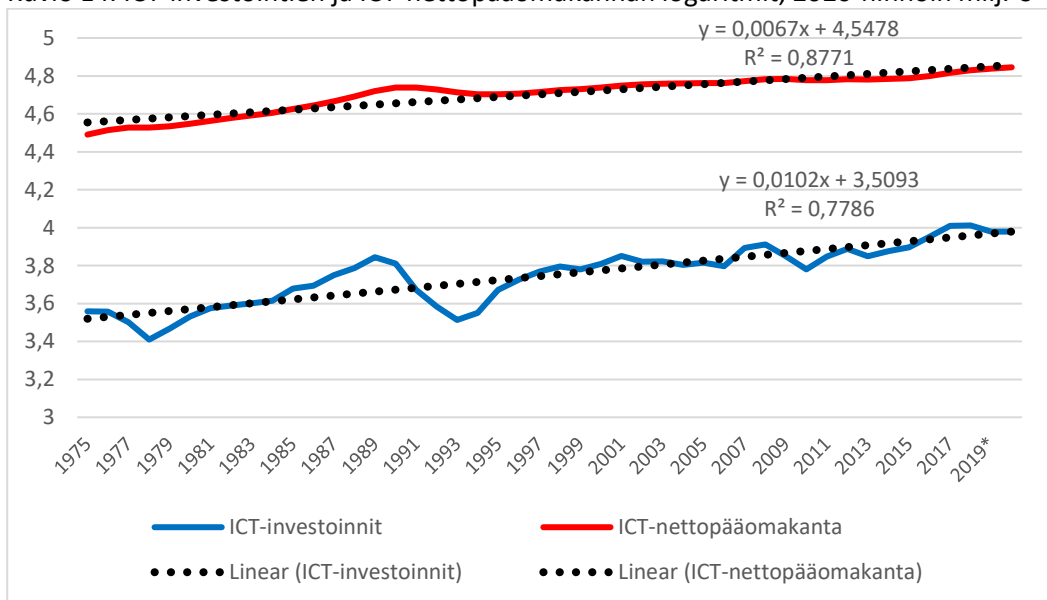
Kuviot E3 ja E4 esittävät koko talouden ICT-investointien ja ICT-nettopääomakannan kehityksen.

Kuvio E3. ICT-investoinnit (oik. ast.) ja ICT-nettopääomakanta (vas. ast.), 2020-hinnoin milj.



Lähde: Tilastokeskus

Kuvio E4. ICT-investointien ja ICT-nettopääomakannan logaritmit, 2020-hinnoin milj. €

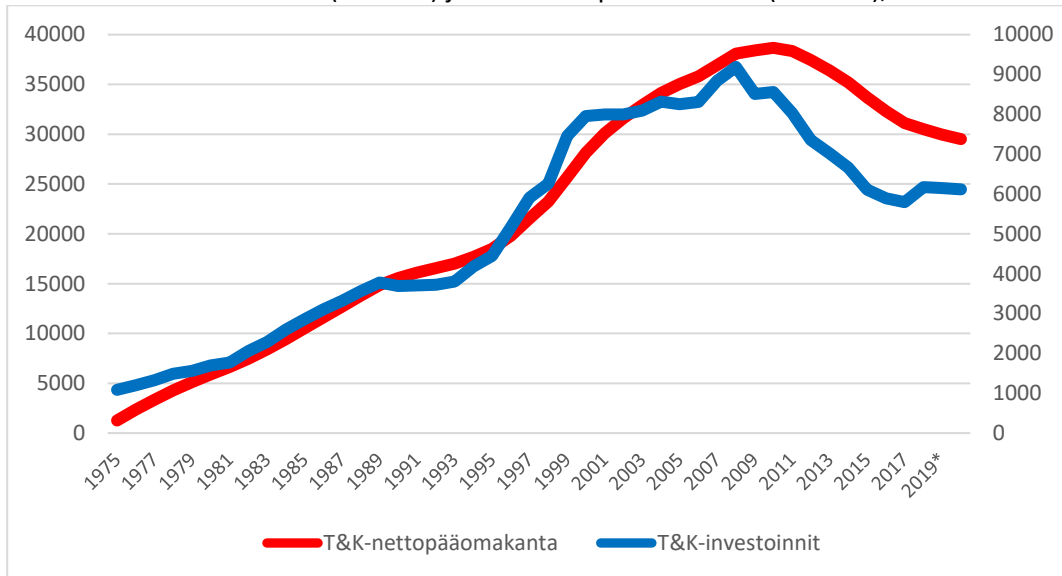


Lähde: Tilastokeskus

ICT-investointien trendikasvu on ollut 1 %/v. ja ICT-nettopääomakannan kasvu on ollut 0,7 %/v. 1975-2019. Olettaen, että ICT-nettopääomakannan todellinen taloudellinen kuluminen on 10 %/v. ja että ICT-investoinnit kasvavat reaalisesti 5 %/v. sekä ottaen huomioon, että ICT-nettopääomakanta oli 7,4-kertainen ICT-investointeihin nähden, myös ICT-nettopääomakannan määrä kasvaa 5 %/v. Pääomakannan kasvun riippumista aluksi myös pääomakannan ja investointien suhteesta on perusteltu jäljempänä tässä liitteessä.

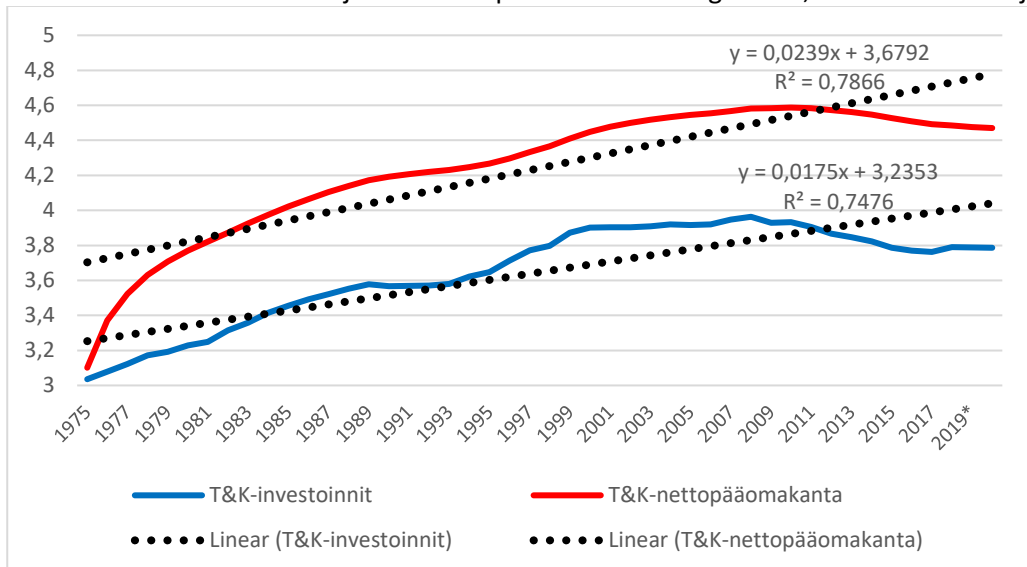
Kuviot E5 ja E6 esittävät koko talouden T&K-investointien ja T&K-nettopääomakannan kehityksen.

Kuvio E5. T&K-investoinnit (oik. ast.) ja T&K-nettopääomakanta (vas. ast.), 2020-hinnoin milj. €



Lähde: Tilastokeskus

Kuvio E6. T&K-investointien ja T&K-nettopääomakannan logaritmit, 2020-hinnoin milj. €



Lähde: Tilastokeskus

T&K-investointien trendikasvu oli 1,75 %/v. 1975-2019. Kasvua ei kuitenkaan ole ollut v. 2008 jälkeen, vaan T&K-investointien määrä on laskenut 33,5 % vuodesta 2008 vuoteen 2020. Tämän seurauksena myös T&K-nettopääomakanta on samana aikana supistunut 25,2 %. Olettaen, että T&K-nettopääomakannan todellinen taloudellinen kuluminen on 10 %/v. ja että T&K-investoinnit kasvavat reaalisesti 5 %/v. sekä ottaen huomioon, että T&K-nettopääomakanta oli 4,8-kertainen T&K-investointeihin nähden, myös TK-nettopääomakannan määrä kasvaa aluksi nopeammin kuin 5 %/v., mutta kasvu konvergoi 5 %:iin/v.

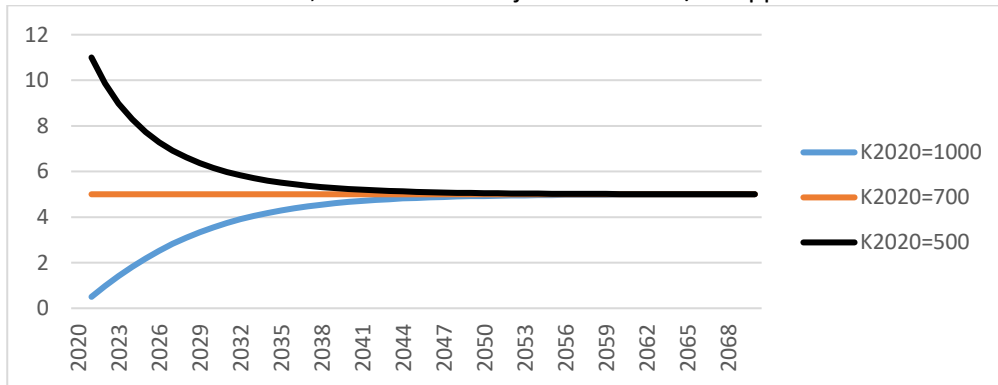
Tilastokeskus ei mittaa esimerkiksi perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen pääomakantaa, joita kautta IMF (2021) olettaa selvityksessään tutkimustoiminnan kasvun välittyvän kokonaistuottavuuden kasvuun. IMF:n tapa mitata tutkimuspääoman kehitystä on kuitenkin sama standardi tapa, jolla Tilastokeskus mittaa muun pääomakannan kehitystä. Tilastokeskus käyttää pääomatavaratyypeille geometristä profiilia, jossa

investoinnit menettävät joka vuosi kiinteän osuuden tuotantokapasiteetistaan. Kun  $\delta$  on pääoman todellinen taloudellinen kulumisaste, on nettopääomakannan kehitys muotoa  $K(t) = I(t) + (1-\delta)K(t-1)$ . Jos  $I(t)$ :n kasvuvauhti on  $a$ , niin  $K(t)$ :n kasvuvauhti lähestyy  $a$ :ta joko ylä- tai alapuolelta riippuen suhteesta  $I(t)/K(t)$ . Tarkastellaan seuraavia kolmea esimerkkilaskelmaa:

- 1)  $K(t) = 1000$ , jolloin  $K(t)$ :n kasvuvauhti lähestyy 5 %/v. vauhtia alapuolelta
- 2)  $K(t) = 500$ , jolloin  $K(t)$ :n kasvuvauhti lähestyy 5 %/v. vauhtia yläpuolelta
- 3)  $K(t) = 700$ , jolloin  $K(t)$ :n kasvuvauhti on 5 %/v. alusta alkaen.

Kuviot E7, E8 ja E9 esittävät keskeiset tulokset.

Kuvio E7. K:n kasvuvauhti, kun  $I_{2020} = 100$  ja  $I$  kasvaa 5 %/v. riippuen K:n lähtötasosta, %/v.



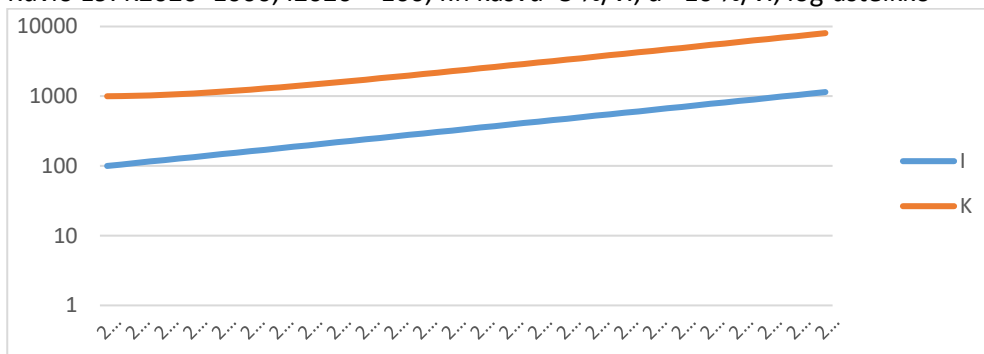
Lähde: Omat laskelmat

Kuvio E8.  $K_{2020} = 500$ ,  $I_{2020} = 100$ ,  $I$ :n kasvu=5 %/v.,  $d = 10$  %/v., log-asteikko



Lähde: Omat laskelmat

Kuvio E9.  $K_{2020} = 1000$ ,  $I_{2020} = 100$ ,  $I$ :n kasvu=5 %/v.,  $d = 10$  %/v., log-asteikko



Lähde: Omat laskelmat

Jos tutkimuspääoman kuluminen on IMF:n oletama 10 % vuodessa, niin tuottavuuden kannalta relevantti tutkimuspääoma voisi olla juuri 5 – 10 kertaa suurempi kuin vuotuisen tutkimuksen määrä. Tällä perusteella oletusta, että  $K$  kasvaa samaa vauhtia kuin  $I$  voidaan pitää kohtuullisen realistisena, vaikka  $K$ :n kasvuvauhti onkin aluksi joko nopeampi tai hitaampi kuin  $I$ :n kasvuvauhti.

## Perustutkimuksen vaikutus työn tuottavuuden kasvuun

TKI-panosten kasvun vaikutus työn tuottavuuteen jaetaan tutkimuksen ja muuta kautta vaikuttaviin osiin:

- i) Koti- ja ulkomaisen perustutkimuksen vaikutus kokonaistuottavuuteen.
- ii) T&K-pääomaintensiteetin, ICT-pääomaintensiteetin ja työpanoksen laadun kasvun työn tuottavuuden kasvua nostavat vaikutukset, jotka eivät välity kokonaistuottavuuden kautta.

Osan i) eli tutkimuksen kasvun vaikutus kokonaistuottavuuteen perustuu seuraaviin oletuksiin:

- Perus- ja soveltavan tutkimuksen määrä kasvaa samaa vauhti kuin koko TKI-panos eli 5 %/v.
- Tutkimuksen pääomakanta kasvaa samaa vauhtia kuin tutkimuksen määrä.<sup>17</sup>
- Työn tuottavuuden jousto oman maan perustutkimuksen suhteen on n. 0,03 (IMF:n arvio).<sup>18</sup>
- Jousto ulkomaisen perustutkimuksen suhteen on n. 0,06 (IMF:n arvio), mutta sen (ulkomainen perustutkimus) kasvuvauhti oman tuottavuuden kannalta on sama kuin oman innovaatiotoiminnan kasvuvauhti. Suomen kannalta ulkomaisen perustutkimuksen hyödyntämistä Suomen tuottavuuden kasvussa ei siis rajoita ulkomaisen perustutkimuksen määrä, vaan oma panostus sen käyttöön.

Jos kotimaisen perustutkimuksen määrä kasvaa 5 %/v., nostaa se työn tuottavuuden kasvua n. 0,15 %-yks. =  $0,03 \times 5 \text{ %/v.}$  Ulkomainen perustutkimus nostaa sitä n. 0,3 %/v. =  $0,06 \times 5 \text{ %/v.}$  Koti- ja ulkomainen perustutkimus nostavat tällöin siis työn tuottavuuden kasvua yhteensä n. 0,45 %-yks.

## ICT- ja T&K-pääoman vaikutukset työn tuottavuuden kasvuun

Tässä oletetaan OECD:n (2012) selvitykseen perustuen, että tuotannon jousto ICT-pääoman suhteen on 0,06. Kun T&K-pääoman määrä on ICT-pääomaa pienempi (vrt. kuvio E3 ja E5), voisi jousto T&K-pääoman suhteen olla pienempi kuin ICT-pääoman suhteen, mutta OECD:n (2015) tutkimusyhteenvedon mukaan jousto T&K:n suhteen on n. 0,1. Tässä oletetaan varovaisesti, että jousto T&K-pääoman suhteen on sama kuin ICT-pääoman suhteen eli 0,06. Yllä perusteltiin, että ICT- ja T&K-pääomat kasvavat n. 5 %/v., kun ICT- ja T&K-investoinnit kasvavat 5 %/v. Kun arvonlisäyksen jousto molempien pääomien suhteen on 0,06, on niiden vaikutus arvonlisäyksen ja työn tuottavuuden kasvuun  $0,6 \text{ %-yks/v.} = (0,6 + 0,6) \times 5 \text{ %/v.}$

Liitteen alku käsitteli työpanoksen laadun kehitystä. On ilmeistä, että työpanoksen laadun kehityksellä on merkitystä innovaatiotoiminnan tuloksiin. Tässä ei ole kuitenkaan edellytyksiä arvioida työpanoksen laadun kehitystä tai sen merkitystä innovaatiopanosten tuottavuusvaikutusten kannalta.

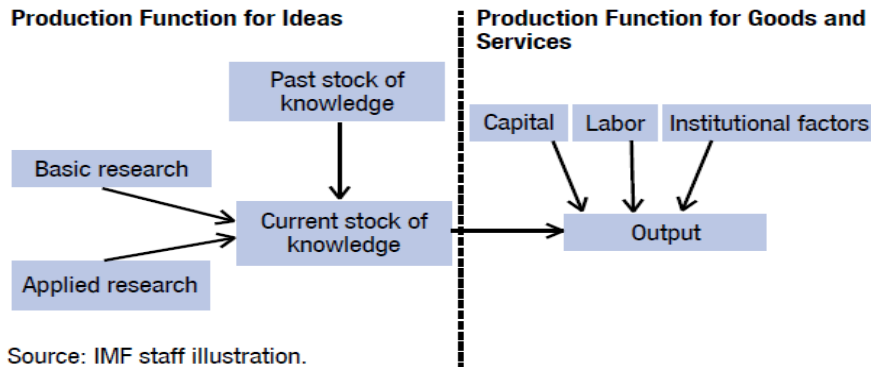
<sup>17</sup> Liite F perustelee luvun 3 oletusta tutkimuspääomakannan kasvusta samalla vauhdilla kuin tutkimuksen määrä.

<sup>18</sup> IMF (2021b) estimoit tutkimuksen vaikutuksia patenttien kautta työn tuottavuuteen ja kokonaistuottavuuteen (ks. Annex Table 3.4.1). Kun joustoestimaattien suuruus ja tilastollinen merkitsevyys ovat samalla tasolla selitettävästä riippumatta, välittyä tutkimuksen vaikutus oletettavasti lähinnä kokonaistuottavuuden kautta työn tuottavuuteen.

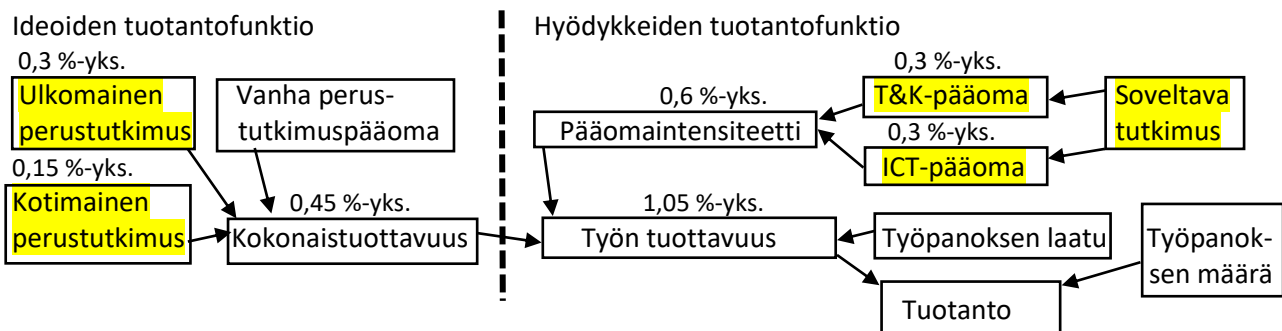
## Yhteenveto TKI-tiekartan mukaisesta TKI-panosten 5 %/v. kasvun vaikutuksesta työn tuottavuuteen

Kuvio E10 ja taulukko E3 vetävät yhteen tämän arvion TKI-panosten 5 %/v. työn tuottavuusvaikutuksista. IMF:n arvio (figure 3.2. alla) ja tämä arvio (kuvio E10 alla) eroavat siinä, miten soveltavan tutkimuksen vaikutus työn tuottavuuteen otetaan huomioon. Jottei se tulisi kahteen kertaan lasketuksi, tässä oletetaan, ettei soveltava tutkimus vaikuta kokonaistuottavuuteen, vaan se vaikuttaa vain T&K-pääoman kautta.

**Figure 3.2. Stylized Conceptual Framework**



Kuvio E10. TKI-panosten 5 %/v. kasvun kontribuutio työn tuottavuuden kasvuun



Lähde: Omat oletukset IMF:n ja OECD:n selvityksiin perustuen

Taulukko E3 vetää yhteen TKI-panosten 5 %/v. kasvun vaikutukset työn tuottavuuden kasvuun.

Taulukko E3. TKI-panosten 5 %/v. kasvun kontribuutio työn tuottavuuden kasvuun

Vaikutukset	Tuottavuusjousto	Tuottavuusjousto	Jousto yhteensä	Panosten kasvaessa 5 %/v.
Kokonaisuustuottavuus	Kotimainen perustutkimus 0,03	Ulkomainen perustutkimus 0,06	0,09	$0,09 \times 5 \text{ %/v.} = 0,45 \text{ %-yks.}$
Pääomaintensiteetti	ICT-pääoma 0,06	T&K-pääoma 0,06	0,12	$0,12 \times 5 \text{ %/v.} = 0,6 \text{ %-yks.}$
Yhteensä				$0,45 + 0,6 = 1,05 \text{ %-yks.}$

Lähde: Omat oletukset IMF:n ja OECD:n selvityksiin perustuen

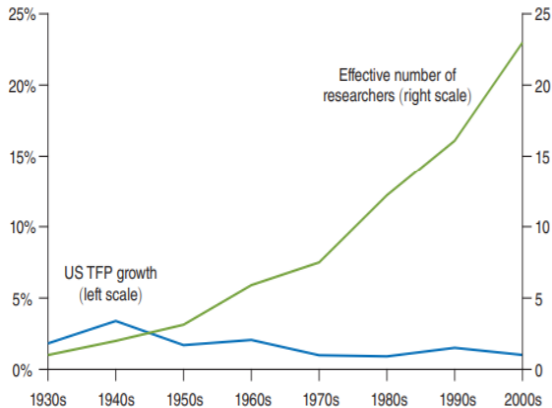
Lopuksi on syytä vielä korostaa tässä esitettyyn arvioon liittyviä epävarmuuksia. Eräs niistä liittyy TKI-panosten kasvun työn tuottavuuden kasvua nostavan vaikutuksen pysyvyyteen. Toisin sanoen on vaikea arvioida, miten kauan TKI-menojen/BKT nosto 4 %:iin ja niiden kasvu sen jälkeen BKT:n tahdissa voisi pitää yllä n. 1 %-yksikköä nopeampaa tuottavuuskasvua kuin TKI-panostusten määrän pitäminen nykytasolla.

## Liite F. Tutkimustoiminnan tuottavuudesta

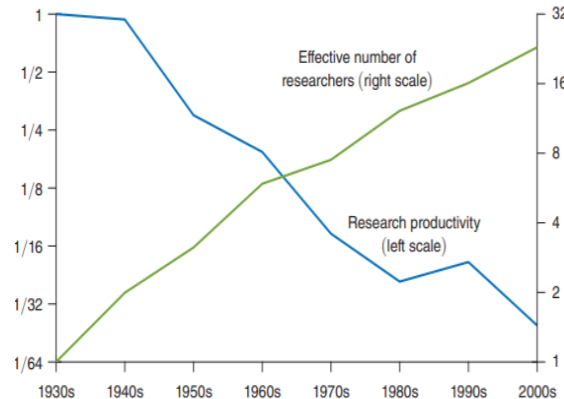
Endogeenisen kasvun malleissa kokonaistuottavuuden kasvu perustuu uusiin ideoihin. Tällöin kokonaistuottavuus määräytyy pelkistäen seuraavan yksinkertaisen yhtälön mukaan:  
 Kokonaistuottavuuden kasvu = Tutkijoiden keskimääräinen tuottavuuden kasvu x Tutkijoiden määrä.

Bloom et al (2020) tarkastelevat monipuolisilla aineistoilla tutkimustyön tuottavuutta. Kuviot F1 ja F2 tiivistävät pelkistäen tarkastelujen tulokset Yhdysvaltojen osalta.

Kuvio F1. Kokonaistuottavuuden kasvu ja tutkijoiden efektiivinen määrä, 1930-luku=1



Kuvio F2. Tutkimuksen kokonaistuottavuus, 1930-luku=1 ja tutkijoiden efektiivinen määrä, 1930-luku=1, log-ast.



Lähde: Bloom et al (2020)

Kuten Bloom et al (2020) toteavat, monien endogeenisten kasvumallien keskeinen oletus on, että tietty määrä tutkijoita voi tuottaa jatkuvaa eksponentiaalista kasvua. He saavat kuitenkin tulokset, että tutkimuksen tuottavuus on laskenut huomattavasti. Tämä yleistulos näyttää olevan robusti niin maatalouden kuin lääketieteen eri sektoreilla kuin aloilla sekä myös eri alojen yritysten mikroaineistolla. USA:n aggregaattitasolla tulosten mukaan tutkimustyön kokonaistuottavuus on laskenut keskimäärin 5,1 %/v. Bloom et al (2020) toteavat tämän tarkoittavan, että USA:n olisi jatkuvaa BKT:n kasvua henkeä kohti ylläpitääkseen kaksinkertaistettava tutkimuspanosten määrä noin 13 vuoden välein korvataksaan kasvaneen vaikeuden tuottaa uusia ideoita. Toinen vaihtoehto on tutkimuksen tuottavuuden nosto.

Kokonaistuottavuus ei ole luonnollisesti ainoa tutkimuksen tuottavuuden – eikä varsinkaan sen arvon – mitta. On kuitenkin ilmeistä, että kestävä tuottavuuskasvun kannalta TKI-toiminnan laatu ja vaikuttavuus ovat sen määrän ohella avainasemassa.

Takalo ja Toivanen (2021) viittaavat Akcigit et al (2021) tutkimukseen todeten, että perustutkimuksessa ulkoisvaikutukset ovat suuria mahdollistaen sen varaan rakentuvaa innovaatiotoimintaa. Mainittu tutkimus keskittyy tässä esitettävän tarkastelun kannalta keskeiseen kysymykseen perustutkimuksen ja soveltavan tutkimuksen suhteellisesta merkityksestä. Heidän Ranskan yritysaineistolla saamiensa tulosten mukaan saman suuruinen tuki perus- ja soveltavalle tutkimukselle on tehoton, koska se johtaa soveltavan tutkimuksen liialliseen subventointiin. Tämän takia tavanomainen TKI-politiikka – jossa tuki yritysten kaikelle tutkimukselle yhtä suurta - on tehotonta.

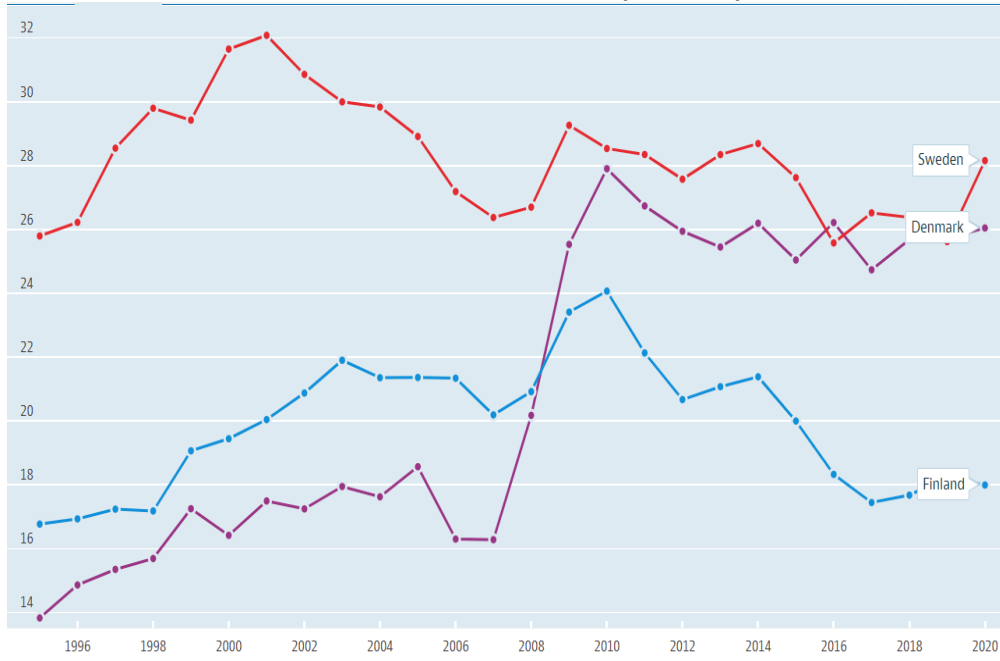
Akcigit et al (2021) tutkimuksen toinen tärkeä tulos on edellä viitattu Takalon ja Toivasen toteama TKI-toiminnan komplementaarisuus siinä mielessä, että julkiset ja yksityiset tutkimusinvestoinnit täydentävät toisiaan. Kun yliopistot ja tutkimuslaitokset tuottavat enemmän perustutkimusta, yksityiset yritykset tuottavat tämän pohjalta vaikuttavampia soveltavia innovaatioita.



## Liite G: Investointien kohdentumisen vaikutus tuottavuuteen

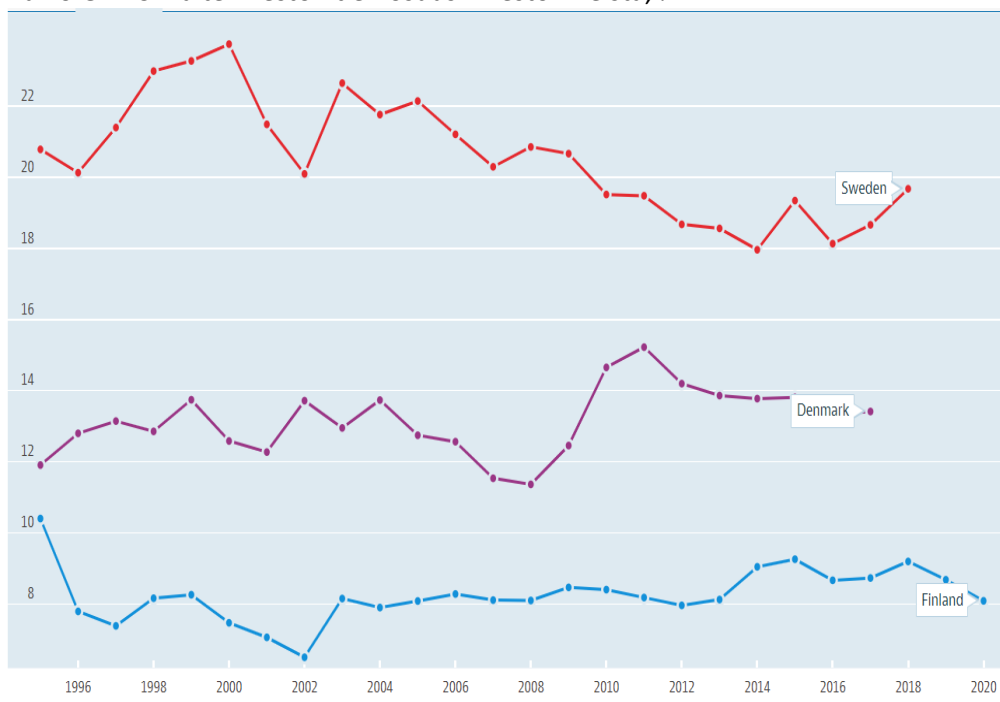
Kuviot G1 ja G2 osoittavat, miten paljon vähemmän koko talouden investoinnit ovat suuntautuneet Suomessa aineettomiin investointeihin ja ICT-investointeihin kuin Ruotsi ja Tanska.

Kuvio G1. Aineettomien investointien (mm. T&K, ohjelmistot ja tietokannat) osuus investoinneista, %



Lähde: OECD

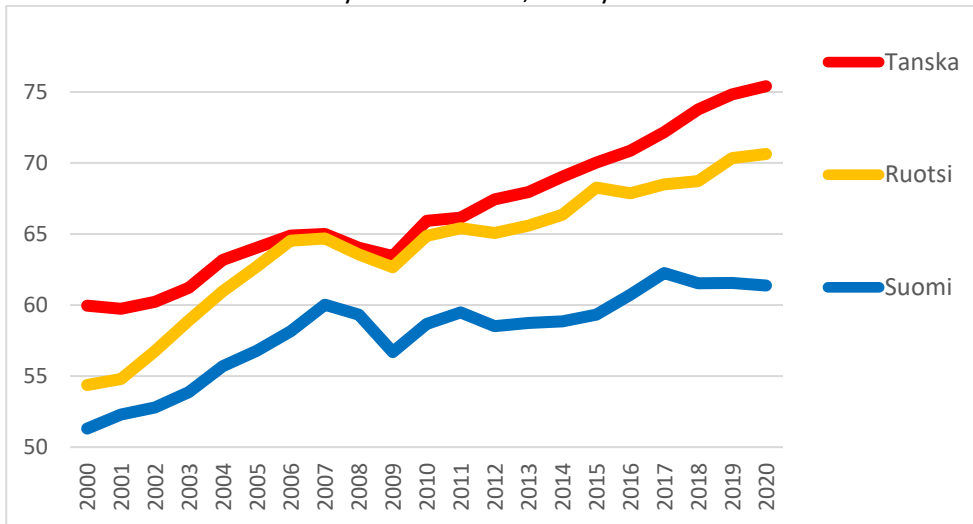
Kuvio G2. ICT-laiteinvestointien osuus investoinneista, %



Lähde: OECD

Suomen investointien kohdentuminen Ruotsiin ja Tanskaan verrattuna tuottavuuden kasvun kannalta merkityksellisiin kohteisiin on vaikuttanut keskeisesti siihen, että kansantalouden työn tuottavuuden kehitys on jäänyt jälkeen Ruotsista ja Tanskasta (kuvio G3).

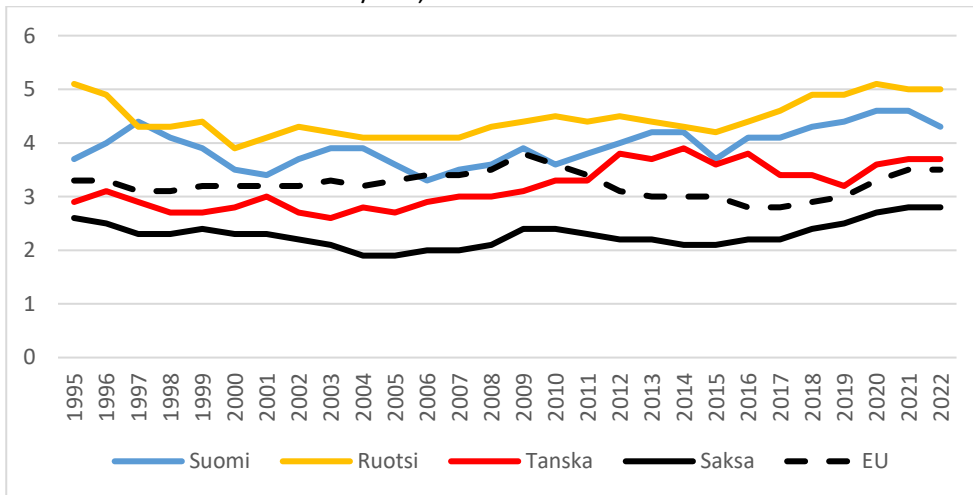
Kuvio G3. Kansantalouden työn tuottavuus, BKT työtuntia kohti 2015-hinnoin dollaria, ostovoimakorjattu



Lähde: OECD

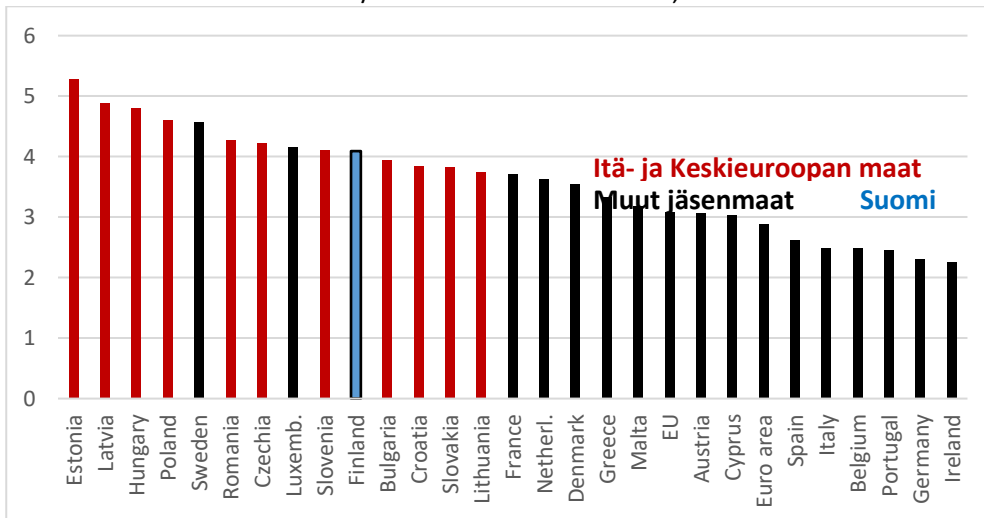
Esimerkiksi julkisten investointien taso suhteessa BKT:een on Suomessa korkea EU-maiden keskiarvoon nähden (kuviot G4 ja G5). Niiden kohdentaminen enemmän kasvua tukevaksi olisi oltava mahdollista.

Kuvio G4. Julkiset investoinnit/BKT, %



Lähde: Eurostat

Kuvio G5. Julkiset investoinnit/BKT keskiarvo 2010-2020, %



Lähde: Eurostat

## Liite H: Keskeisiä käsitteitä

Seuraava keskeisiä käsitteitä koskeva osa on tiivistys suoraan Pohjolan (2020) raportista:

**”Tuottavuus** on yrityksen, toimialan tai kansantalouden tuotantokyvyn mittari, tuotantoteknologiaa kuvaava tunnusluku. Se kuvaa tavaroiden ja palvelujen tuotettua määrää tuotantopanosta kohden ja lasketaan tavanomaisesti jokaiselle tuotantopanokselle erikseen.

**Työn tuottavuus** saadaan jakamalla tuotannon määrä työtuntien määrällä.

**Pääoman tuottavuus** saadaan laskemalla tuotannon määrä käytettyä pääomapanosta kohden. Pääomapanosta mitataan pääomakannan – rakennusten ja rakenteiden, koneiden ja laitteiden, tietokoneohjelmistojen ja tietokantojen sekä tutkimuksen ja kehittämisen – tuottamalla palveluvirralla.

**Kokonaistuottavuudesta** puhutaan silloin, kun tuotos mitataan kokonaispanosta eli yhdistettyä työ- ja pääomapanosta kohden. Panoksia yhdistettäessä käytetään painoina niiden osuuksia tuotannon arvosta.

Työn tuottavuudella on pääoman tuottavuutta tärkeämpi merkitys talouskasvussa. Pääoma on tuotettu tuotannontekijä. Sen heikkoa tuottavuutta voi siten paikata tuottamalla lisää pääomaa. Työn määrää ei voi samalla tavalla lisätä, sillä se määräytyy viime kädessä väkiluvun ja väestön demografisen rakenteen perusteella.

**Teknologian kehitystä** mitataan kokonaistuottavuuden muutoksella. Teknologia on tietoa siitä, miten tavaroita ja palveluja tuotetaan työn ja pääoman avulla. Koska sitä ei voi suoraan mitata, lasketaan se residuaalina vähentämällä tuotannon määrän kasvusta työn ja pääoman kontribuutiot.

**Kansantalouden kokonaistuotantoa** eli tuotannon määrää mitataan bruttokansantuotteen tai bruttoarvonlisäyksen volyymillä. Volyyymi lasketaan puhdistamalla käypähintaisten lukujen kasvusta hintojen nousun vaikutus.”

**”Taloukasvulla** tarkoitetaan tässä raportissa kansantalouden kokonaistuotannon kasvua. Koska määritelmällisesti

$\text{kokonaistuotanto} = (\text{kokonaistuotanto/tehdyt työtunnit}) \times \text{tehdyt työtunnit}$

$= \text{työn tuottavuus} \times \text{työn määrä}$ , voidaan talouskasvu esittää työn tuottavuuden ja työn

määrän kasvujen summana:

$\text{taloukasvu} = \text{työn tuottavuuden kasvu} + \text{työn määrän kasvu}$ .

**Elintason kasvulla** tarkoitetaan vastaavasti asukasta kohden lasketun bruttokansantuotteen kasvua. Yllä esitetystä seuraa, että

$\text{elintason (bkt/asukas) kasvu} = \text{työn tuottavuuden (bkt/työtunnit) kasvu} + \text{työn määrän (työtunnit/asukas) kasvu}$ .

**Työn tuottavuuden lähteet:** (1) Henkinen pääoma ja työpanoksen muu rakenne. Mitä enemmän osaamme, sitä paremmin teemme työmme. (2) Aineellinen pääoma. Mitä enemmän ja mitä parempia työvälineitä meillä on käytössämme, sitä enemmän saamme aikaan. (3) Teknologia eli ideat siitä, miten tuotannon raaka-aineista saadaan aikaan kuluttajille arvokkaita lopputuotteita. Teknologiaa mitataan kokonaistuottavuudella. (4) Työn uudelleen kohdentuminen toimialojen kesken. Kansantalouden työn tuottavuus nousee, kun työtä siirtyy matalan tuottavuuden aloilta korkean tuottavuuden aloille.

**Toimialan kontribuutio** kansantalouden työn tuottavuuden kasvuun saadaan kertomalla toimialan työn tuottavuuden kasvu toimialan osuudella kansantalouden kokonaistuotannon arvosta eli käypähintaisesta bruttoarvonlisäyksestä. Vastaavalla tavalla lasketaan toimialan kontribuutiot kansantalouden kokonaistuotannon ja kokonaistuottavuuden kasvuun.”

## Liite I: Tulosten herkkyytarkastelu

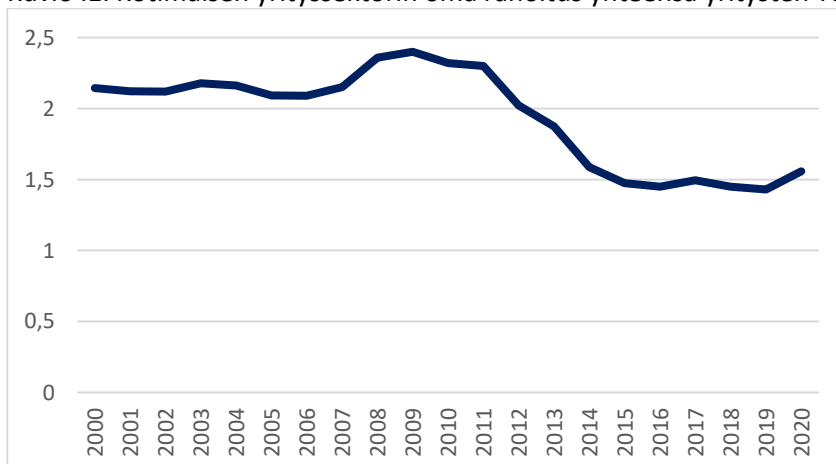
Tässä esitetyn arvion tulokset ovat luonnollisesti herkkiä tehtäville oletuksille. Tämä liite tarkastelee ensin seuraavia kolmea vaihtoehtoista oletetusta, jotka johtaisivat tässä arvioitua heikompiin tuloksiin:

1. **Jos työn tuottavuuskasvun 1 %-yks. nousu vaatii T&K-rahoitus/BKT-suhteen jatkuvaa nousua, ei vain sen nostoa 4 %:iin.**
  - Liitteen D kuvioissa D3-D5 esitetyissä arvioissa julkisen sektorin T&K-rahoitus/BKT nousee 1,2 %:iin v. 2030 pysyen sen jälkeen siinä. Kuvioissa I2-I4 on esitetty laskelmat, jossa julkisen sektorin T&K-rahoitus/BKT nousee myös ensin 1,2 %:iin v. 2030, mutta sen jälkeen tuon suhteen nousu jatkuu samalla vauhdilla kuin ajanjaksolla 2021-2030 nousten 1,78 %:iin v. 2050.
  - Kun julkisen sektorin osuus T&K-rahoituksesta on 30 %, pysyisi siis T&K-rahoitus/BKT kokonaisuutena 4 %:ssa. Jos oletetaan, että T&K-rahoituksen/BKT suhteen pitää jatkaa nousuaan myös 2030 jälkeen samalla tahdilla kuin 2021-2030, pysyvät velkasuhteiden erot yhä varsin pieninä (ks. seur. sivun kuvio I4), vaikka julkisen sektorin T&K-rahoitus/BKT nousee 1,2 %:sta 1,78 %:iin.
2. **Jos kotimaisten yritysten T&K-rahoitus/BKT ei nouse 1,45 %:sta 2,1 %:iin, vaan vain 1,8 %:iin.**
  - Kun kotimaisten yritysten osuus T&K-rahoituksesta oli 52 % 2019, kasvaisivat T&K-rahoitus ja menot kokonaisuutena 3,7 %/v., eivät 5 %/v. Tällöin tuottavuuden kasvu nousisi 0,7 %/v., ei 1 %/v.
3. **Jos ICT-investoinnit eivät nousekaan T&K-investointien tahdissa.**
  - Suomessa T&K- ja ICT-investointien osuudet investoinneista ovat selvästi Ruotsia ja Tanskaa matalammat (liite G, kuvat G1 ja G2). T&K-investointien tuottamat innovaatiot ja teknologia otetaan käyttöön oletettavasti merkittävässä määrin ICT-investointien kautta. Lisäksi yritysten ei-T&K-innovaatiomenoista 28,7 % on investointihyödykkeitä (liite A, kuvio A10). Tehdään kuitenkin yksinkertainen oletus, että TKI-panosten lisäys ei lisää lainkaan ICT-investointeja. Tällöin ICT-investointien kasvun kontribuutio tuottavuuden kasvuun on nolla, mikä alentaa tuottavuuden kasvun nousun n. 1 %-yksiköstä 0,7 %-yksikköön.

Toiseksi tarkastellaan kolmea vaihtoehtoista oletetusta, jotka johtaisivat tässä arvioitua parempiin tuloksiin:

4. **T&K-panostus nostaa myös julkisen sektorin tuottavuuskasvua, mutta vain 0,5 %-yks., ei 1 %-yks.**
  - Tämän oletuksen mukaisen vaihtoehdon vaikutuksia on käsitelty tämän muistion viimeisellä sivulla.
5. **Jos kotimaisten yritysten T&K-rahoitus/BKT nouseekin sen 2009 tasolle 2,4 %:iin, ei vain 2,1 %:iin.**
  - T&K:n ja uuden teknologian merkityksen yrityksen kasvussa yhä lisääntyessä yritysten T&K-rahoitus/BKT nousee todennäköisesti ennen pitkää aiempaa korkeammaksi myös Suomessa.
  - Jos tuo suhde nousee sen 2009 tasolle 2,4 %:iin (kuvio I1), nostaa se T&K-panosten kasvun 5 %:sta/v. n. 6,3 %:iin/v. Tämä puolestaan nostaisi tuottavuuden kasvua n. 1,3 %-yks., ei n. 1 %-yks.
6. **Jos tuotannon T&K-jousto onkin OECD:n selvityksen mediaani 0,1, ei arvioissa oletettu 0,06.**
  - Tällöin yritysten T&K-pääoman kontribuutio tuottavuuden kasvuun olisi 0,5 %-yks., ei 0,3 %-yks.

Kuvio I1. Kotimaisen yrityssektorin oma rahoitus yhteensä yritysten T&K-menoista/BKT 2000-2020, %

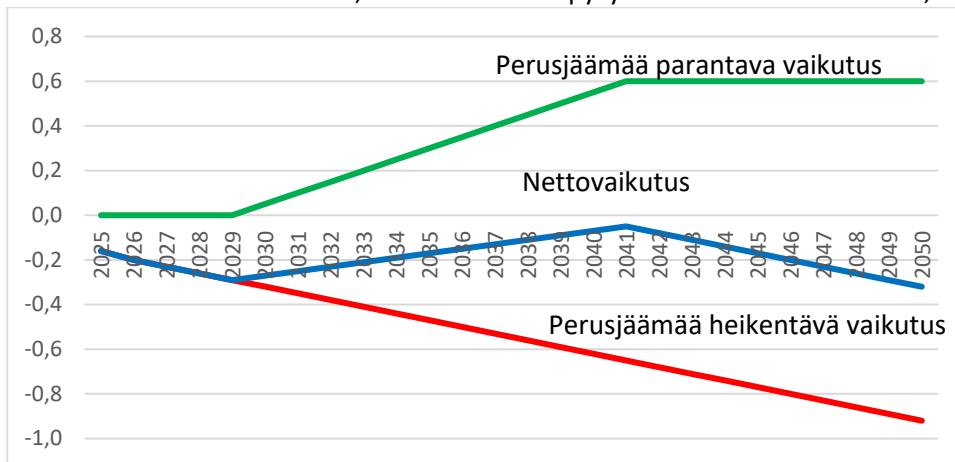


Lähde: Tilastokeskus

**Jos työn tuottavuuskasvun 1 %-yks. nousu vaatii T&K-rahoitus/BKT-suhteen jatkuvaa nousua, ei vain sen nostoa 4 %:iin.**

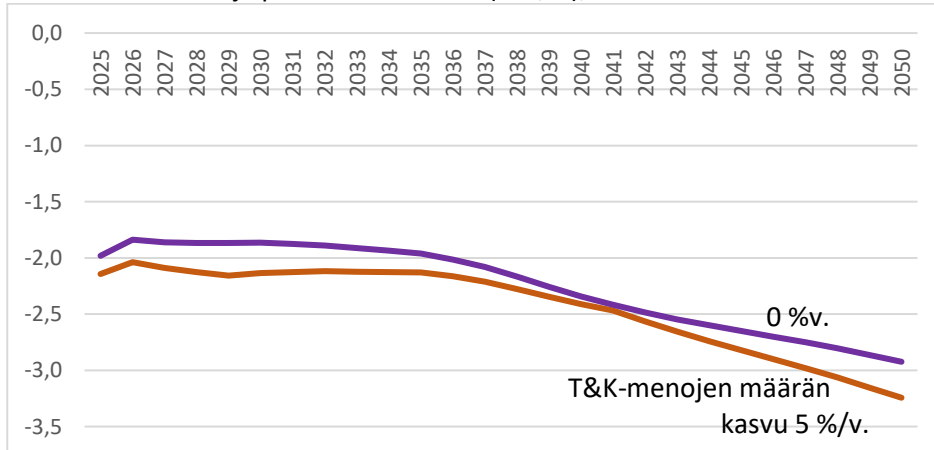
Kuvioissa I2-I4 on esitetty laskelmat, jossa julkisen sektorin T&K-rahoitus/BKT nousee myös ensin 1,2 %:iin v. 2030, mutta sen jälkeen tuon suhteen nousu jatkuu samalla vauhdilla kuin ajanjaksolla 2021-2030. Tällöin julkisen sektorin T&K-rahoitus/BKT nousee 1,78 %:iin v. 2050. Kun julkisen sektorin osuus T&K-rahoituksesta on 30 %, vastaa tuo suhde sitä, että T&K-rahoitus/BKT on kokonaisuutena 5,9 % v. 2050.

Kuvio I2. Julkisten T&K-menojen määrän 5 %/v. kasvun vaikutus julkisen talouden perusjäämä/BKT-suhteeseen verrattuna siihen, että T&K-menot pysyvät määrältään ennallaan, %-yksikköä



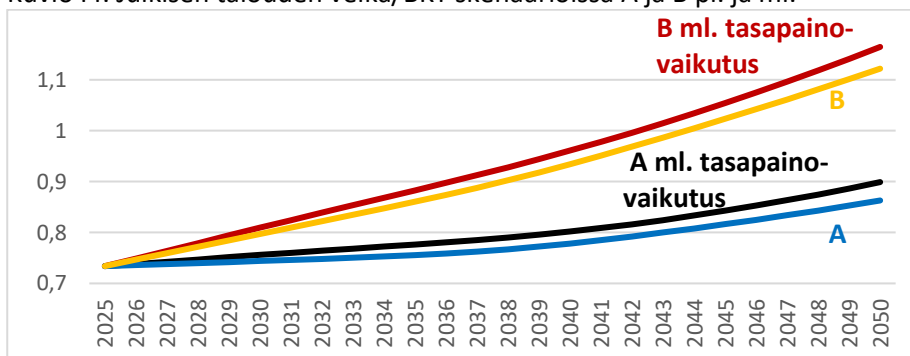
Lähde: Omat oletukset

Kuvio I3. Julkisen talouden perusjäämä (pl. työeläkelaitokset)/BKT-suhde T&K-menojen määrän 5 %/v. kasvuskenaariossa ja perusskenaariossa (0 %/v.), %



Lähteet: VM ja omat oletukset

Kuvio I4. Julkisen talouden velka/BKT skenaarioissa A ja B pl. ja ml.



Lähteet: VM ja omat oletukset

### **T&K-panostus nostaa myös julkisen sektorin tuottavuuskasvua, mutta vain 0,5 %-yks., ei 1 %-yks.**

On vahva oletus, että T&K-investointien nosto 5 %/v. 2021-2030 eli yhteensä 63 %:lla nostaisi vain yksityisen, ei julkisen sektorin tuottavuutta. Tässä oletetaan hyvin kaavamaisesti, että tuon T&K-panostuksen vaikutus julkisen sektorin tuottavuuskasvuun on 50 % verrattuna muuhun kansantalouteen eli 0,5 %/v. Valtiovarainministeriön liitteessä D esitetyn arvion mukaan yksin julkisten sote-palvelujen työn tuottavuuskasvun nousu 0,5 %-yksiköllä supistaa kestävyysvajetta 1,9 %:lla BKT:sta. Koko julkisen sektorin tuottavuuden 0,5 %-yksikköä nopeammalla kasvulla olisi luonnollisesti tätäkin myönteisempi vaikutus.

Oletetaan kuitenkin varovaisesti, että koko julkisen sektorin 0,5 %-yks. tuottavuuden kasvun vaikutus on 1,9 %:ia BKT:sta kestävyysvajetta supistava. Oletetaan lisäksi edellisen sivulla kuvioissa I2-I4 esitetyn vaihtoehdon tavoin, että tuottavuusvaikutuksen saavuttamiseksi julkisen sektorin T&K-rahoitus/BKT-suhdetta on nostettava vuoteen 2050 asti joka vuosi samalla vauhdilla kuin 2021-2030. Tällöin tuo suhde nousee n. 0,8 %:sta n. 1,8 %:iin eli 1 %-yksiköllä. Nettovaikutuksena julkisen talouden tasapaino paranisi tällöin kaavamaisesti laskien 0,9 %:lla BKT:sta. Tällä olisi luonnollisesti huomattava julkista velka/BKT-suhdetta alentava vaikutus.

### **Yhteenveto**

Muistiossa esitetyn arvion tulokset ovat luonnollisesti täysin sidoksissa siinä tehtyihin oletuksiin. Siksi tämä liite tarkastelee kuutta vaihtoehtoista yksittäistä oletusta. Kolme näistä oletuksista johtaa arvioitua heikompiin ja kolme arvioitua parempiin tuloksiin tuottavuuskasvun ja julkisen talouden velkaantumisen kannalta. Vaikka kukin kuudesta oletuksesta poikkeaa olennaisesti varsinaisessa arviossa oletetusta, jäävät tuottavuuden kasvuaikutukset - ja sen myötä - vaikutukset julkinen velka/BKT-suhteeseen suhteellisen vähäisiksi (pl. ehkä tällä sivulla esitetty viimeinen vaihtoehto).

Jos kaikki kolme arviota heikentävää oletusta tehtäisiin samanaikaisesti, olisivat vaikutukset luonnollisesti selvästi suuremmat. Sama pätee tietysti, jos kaikki kolme arviota parantavaa vaikutusta tehtäisiin samanaikaisesti. Herkkyyсарvioita voi tehdä pienellä vaivalla myös tässä esitettyä pienemmillä tai suuremmilla oletuspoikkeamilla tai arvion muita oletuksia varioimalla.