

# TEKNOLOGIAN KEHITYS JA TYÖN TULO-OSUUS

**Jyväskylän yliopisto  
Kauppakorkeakoulu**

**Pro gradu -tutkielma**

**2021**

**Tekijä: Tommi Hokkanen  
Oppiaine: Taloustiede  
Ohjaaja: Jutta Viinikainen**



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

## TIIVISTELMÄ

<i>Tekijä</i> <i>Tommi Hokkanen</i>	
<i>Työn nimi</i> <i>Teknologian kehitys ja työn tulo-osuus</i>	
<i>Oppiaine</i> <i>Taloustiede</i>	<i>Työn laji</i> <i>Pro gradu -tutkielma</i>
<i>Aika (pvm.)</i> <i>31.5.2021</i>	<i>Sivumäärä</i> <i>57</i>
<i>Tiivistelmä – Abstract</i>  <p>Teknologinen kehitys on talouden kasvua ylläpitävä voima. Se kasvattaa tuotavuutta ja mahdollistaa ennennäkemättömiä saavutuksia ihmiskunnalle. Teknologian kehitys vaikuttaa vahvasti myös työmarkkinoihin. Samalla työn tuotavuutta lisätessään, teknologia saattaa toimia työn substituuttina, korvaten työtä. Eräänlaisesta teknologian aiheuttamasta massatyöttömyydestä on puhuttu siitä asti, kun ensimmäiset koneet korvasivat ihmisen peltotöissä, mutta sellaista työttömyyden aaltoa ei ole vielä nähty. Kehitys on tuonut tullessa uudenlaisia työtehtäviä.</p> <p>Tämä tutkielma tutkii teknologian kehityksen yhteyttä työn tulo-osuuteen. Työn tulo-osuudella tarkoitetaan työn osuutta tuotetusta arvonnäyksestä. Tutkimuksessa teemaa lähestytään ensin teorian ja aikaisemman kirjallisuuden pohjalta. Empiirinen osio keskittyy tarkastelemaan EU15-maiden työn tulo-osuuden muutoksia Shift-Share analyysin avulla sekä teknologian kehityksen yhteyttä tehtyihin työtunteihin tarkastellaan kiinteiden vaikutusten mallin avulla.</p> <p>Regressioanalyysin tuloksista havaitaan, että korkeampi teknologian taso on yhteydessä vähäisempään työtuntien kysyntään. Lisäksi Shift-Share analyysi paljastaa, että aggregaattitason työn tulo-osuus on pysynyt hyvin tasaisena tarkasteluajanjaksolla EU15-maissa, mutta toimialatason tarkastelu paljastaa, että osalla toimialoista muutokset ovat olleet merkittäviä.</p>	
<i>Asiasanat</i> <i>Funktionaalinen tulonjako, työn tulo-osuus, teknologian kehitys, kiinteiden vaikutusten malli, Shift-Share</i>	
<i>Säilytyspaikka</i> <i>Jyväskylän yliopiston kirjasto</i>	



## SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	FUNKTIONAALINEN TULONJAKO, TEKNOLOGIA JA TYÖN KYSYNTÄ.....	7
	2.1 Funktionaalinen tulonjako .....	7
	2.2 Teknologinen kehitys .....	8
	2.3 Tuotantofunktio ja teknologia.....	11
3	TYÖ-TULO OSUUDEN MUUTOKSISTA .....	12
	3.1 Substituutiojousto .....	12
	3.2 Työn tulo-osuuden vaihtelu .....	14
	3.3 Innovaatiot ja työn kysyntä .....	17
	3.4 Tuottavuus, kilpailu ja luova tuho .....	23
	3.5 Rutiinia korvaava teknologia.....	25
4	AIKAISEMPIA TUTKIMUKSIA .....	27
	4.1 Suhteellisten investointihintojen lasku.....	27
	4.2 Winner takes most .....	28
	4.3 Erot työntekijäluokissa.....	29
5	AINEISTO JA MENETELMÄ.....	34
	5.1 Aineisto .....	35
	5.2 Menetelmät .....	36
	5.2.1 Regressiomalli.....	37
	5.2.2 Shift-Share dekomponointi.....	38
	5.3 Muuttujat .....	39
6	TUTKIMUKSEN TULOKSET .....	41
	6.1 Yleistä .....	41
	6.2 Puulatus PNS- sekä kiinteiden vaikutusten mallien tulokset.....	41
	6.3 Shift-Share analyysi .....	44
7	JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIOINTI.....	47

# 1 JOHDANTO

Teknologian kehitys on ollut viimeisen sadan vuoden aikana nopeampaa, kuin koskaan historiassa. Yleiskäyttöiset teknologiat helpottavat ihmisten arkea, informaatioteknologia mahdollistaa tiedon käsittelyn ja jakamisen sekunneissa ja tämän lisäksi uudet tuotantoteknologiat tekevät tuotteiden ja palveluiden tuottamisesta paljon nopeampaa ja tehokkaampaa. Uusilla tuotantoteknologioilla työ saadaan tehtyä usein paljon nopeammin kuin ennen ja usein siihen tarvitaan myös vähemmän ihmistyötä. Tällainen kehitys saattaa herättää huolen työn tulevaisuudesta; korvaako teknologiat ihmistyön vai parantaako se vain työn tuottavuutta? Jos teknologia korvaa ihmistyön, miten arvonlisäys jakautuu tulevaisuudessa pääoman omistajan ja työntekijöiden kesken?

Teknologian kehityksen työmarkkinavaikutuksia on tutkittu laajasti. Aikaisemmissa tutkimuksissa on teknologiaa on tutkittu joko erilaisten teknologian määrää indikoivien tunnuslukujen kautta, mutta myös työtehtävien automatisoitumisen kautta. Tärkeäksi tutkimuskohteeksi on noussut myös erot eri työntekijäluokkien välillä. Aikaisemmissa tutkimuksissa on havaittu, että teknologian kehityksellä on suurempi substituutiovaikutus paljon rutiinia sisältäviä työtehtäviä kohtaan. Sen sijaan uudet teknologiat toimivat usein komplementteina työtehtäville, joissa ihmistyöllä on edelleen suhteellinen etu. Näitä tehtäviä ovat esimerkiksi erilaiset asiantuntijatehtävät, mutta myös manuaaliset työt, jotka muuttuvat joka toistolla. (Autor, Levy ja Murnane, 2003; Acemoglu ja Restrepo, 2019). Teknologian kehitys ei ole kuitenkaan aiheuttanut massatyöttömyyttä. Teknologian kehitys synnyttää myös uusia työtehtäviä; työ muuttaa muotoaan (Acemoglu ja Restrepo, 2019). Huomionarvoista onkin, onko teknologian työtehtäviä synnyttävä vaikutus suurempi kuin työtehtäviä substituoiva.

Tässä tutkimuksessa keskitytään tutkimaan teknologian kehityksen vaikutuksia työn tulo-osuuteen. Työn tulo-osuudella tarkoitetaan työn osuutta tuotannossa syntyneestä arvonlisäyksestä. Yksinkertaisteisesti työn tulo-osuus on työntekijöille maksettava korvaus, palkka, ja loput arvonlisäyksestä ovat pääoman omistajan pääomatuloa. Työn tulo-osuuden muutokset kuvaavat siis palkkojen osuuden muutoksia arvonlisäyksestä, ottamatta kantaa arvonlisäyksen määrän muutoksiin.

Työn tulo-osuudessa on useassa tutkimuksessa havaittu pitkään jatkunut lasku globaalilla tasolla. Syiksi laskuun on esitetty pääomaa täydentävän teknologisen kehityksen aiheuttama suhteellisten investointihintojen laskua sekä globalisaatiota (Karabarbounis ja Neiman, 2013; Schwellnus, Pak, Pionnier ja Crivellaro, 2018) toimialojen vahvaa keskittymistä ja winner takes most -dynamiikan syntymistä (Autor, Dorn, Katz, Patterson ja Van Reenen, 2020) sekä työtehtävien automatisoitumista (Acemoglu ja Restrepo, 2019).

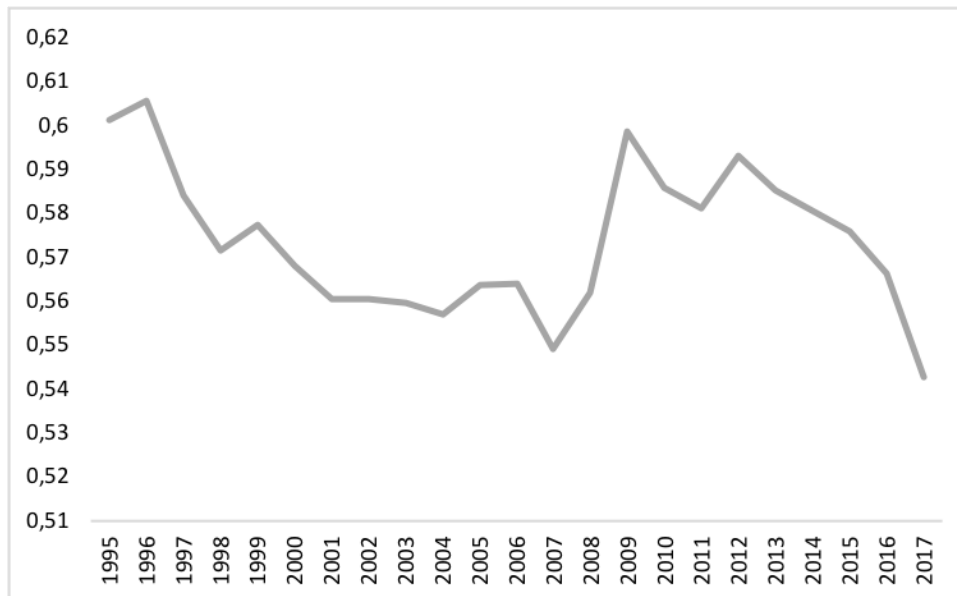
Tämä työ koostuu seitsemästä luvusta. Työn toisessa luvussa avataan tarkemmin työn kannalta oleellisia käsitteitä sekä tarkastellaan taloustieteen näkökulmasta

funktionaalista tulonjakoa sekä teknologian kehitystä. Kolmas luku keskittyy teorioihin työn tulo-osuuden muutosten taustalla. Työn tulo-osuuden muutosten kannalta tärkeitä tarkastelukehikon välineitä ovat varsinkin tuotantopanosten välinen substituutiojousto ja työn tuottavuus. Myös innovaatioiden ja luovan tuhon merkitys on tärkeä ottaa huomioon. Neljännessä luvussa esitellään aikaisempia tutkimuksia aiheesta ja luodaan kuva siihen, millaisia tuloksia niistä on saatu. Tämä luku on jaettu alalukuihin kunkin eri vaikuttavan tekijän mukaan. Viides ja kuudes luku ovat työn empiiristä osuutta. Tämän tutkimuksen empiirisessä osiossa pyritään vastaamaan kysymykseen, miten ICT-pääoman määrä on vaikuttanut työn tulo-osuuteen EU15-valtioissa eri toimialoilla. Empiirisessä osiossa ilmiötä tarkastellaan regressioanalyysin sekä Shift Share-analyysin keinoin. Tutkimuksen aineisto on poimittu EU KLEMSin sekä Eurostatin tietokannoista. Aineiston tarkempi kuvaus luvussa 5.1. Työn seitsemäs kappale käsittelee työn johtopäätöksiä ja arviointia. Tässä kappaleessa tiivistetään yhteen tutkimuksen tärkeimmät löydökset.

## 2 FUNKTIONAALINEN TULONJAKO, TEKNOLOGIA JA TYÖN KYSYNTÄ

### 2.1 Funktionaalinen tulonjako

Funktionaalisella tulonjaolla tarkoitetaan tuotannossa aikaansaadun arvonlisäyksen jakautumista tuotantopanosten välillä. Yksinkertaisuudessaan se siis muodostuu pääoman omistajalle jäävästä osuudesta ja työntekijöille maksetuista palkoista. Tuotoksen kasvaessa, pystytään tarkastelemaan, mistä eri tekijöistä tämä kasvu johtuu ja siten määrittämään esimerkiksi työn ja pääoman osuudet tästä aikaansaannoksesta. Funktionaalisen tulonjaon muutokset ovat olleet pitkään ajankohtainen aihe ja alan kirjallisuus on kattava. Viime vuosina kirjallisuus on keskittynyt tarkastelemaan globaalilla tasolla havaittua työn tulo-osuuden laskua ja siihen vaikuttavia tekijöitä (Autor ym., 2020). Työn tulo-osuuden laskua selittäviksi tekijöiksi on esitetty teknologinen kehitys (Schwellnus, Pak, Pionnier ja Crivellaro, 2018), globalisaatio (Bakhshin, Oulton ja Thompsonin, 2003) sekä erilaiset institutionaaliset muutokset työmarkkinoilla (Sauramo, 2016).



Kuvio 1 Työn tulo-osuuden kehitys Suomessa (prosenttia BTK:stä) (lähde: EUKLEMS)

Suomessa työn tulo-osuus on heittelehtinyt samaan suuntaan kuin globaalillakin tasolla. Kuviossa 1 on nähtävissä selviä nousukausia työn tulo-osuudessa. 1990-luvun alkupuolen lama sekä vuoden 2008 globaali talouskriisi ovat nostaneet selvästi työn tulo-osuutta. Näinä taloudellisen taantumien aikoina työttömyys kasvoi ja esimerkiksi 1990-luvulla monet yritykset ajautuivat konkurssiin. Samaan aikaan kuitenkin työn tuottavuus kasvoi poikkeuksellisen voimakkaasti luovan tuhon seurauksena (Sauramo, 2016). Taloudellisista taantumista selvisi pitkälti vain tehokkaimmat yritykset ja tehottomat yritykset joutuivat lopettamaan

toimintansa. 1990-luvulla työttömyys nousi Suomessa ennätyslukemiin ja monien ihmisten toimeentulo oli vaakalaudalla. Palkansaajakorvaukset kuitenkin nousivat suhteessa tuotantopanoksina käytettyyn pääomaan. Funktionaalinen tulonjako ei siis suoraa huomio työllisyyden tasoa, mutta välillisesti työllisyys vaikuttaa ay-liikkeiden neuvotteluvoiman kautta. Matalan työllisyyden vallitessa ay-liikkeiden neuvotteluvoima on heikompi, kun taas korkean työllisyyden aikana suurin osa työvoimasta on jo töissä ja yritysten on vaikeampaa löytää uutta tekijää poistuvan tilalle, jolloin työntekijällä ja ay-liikkeillä on etuasema neuvotteluissa (Sauramo, 2016). Työntekijäosapuolten neuvotteluvoima reagoi kuitenkin yleensä viiveellä taloudessa tapahtuviin muutoksiin. Taloudellinen taantuman alkuvaiheille on ominaista yritysten pienenevät voitot. Voitot reagoivat nopeasti talouden muutoksiin, kun taas palkkakehitys seuraa usein vasta viiveellä.

Funktionaalisen tulonjaon kehitystä on tarkasteltu niin pitkällä kuin lyhyelläkin aikavälillä. Kasvuteorioiden näkökulmasta tarkasteltuna voidaan sanoa, että työn tulo-osuutta ei voi realistisesti tarkastella Cobb-Douglas muotoisella tuotantoteknologialla, joka ei mahdollista panos-osuuksien vaihtelua ajassa. Sen sijaan CES-tuotantofunktio mahdollistaa realistisemman tarkastelun panossuhteiden muutokselle. Cobb-Douglas tuotantofunktiossa panosten välinen substituoijousto on yksi, kun taas CES (Constant Elasticity of Substitution) tuotantofunktiossa jousto voi saada muitakin arvoja. Pitkällä aikavälillä voi olla hyödyllistä tarkastella työn tulo-osuuden trendejä eri maissa ja lyhyellä aikavälillä erilaisten shokkien analysointi voi nousta tärkeäksi seikaksi. Näiden tarkastelujaksojen väliin jää vielä kuitenkin keskipitkä aikaväli, joka on tämänkin paperin tutkimuksen kohteena.

Työn tulo-osuutta keskipitkällä aikavälillä tarkasteltaessa neoklassisesta kasvuteoriasta hyödynnetään oppeja ja teorioita panosten välisestä substituoitiossa, pääoman keskittymisestä sekä teknologisen kehityksen vaikutuksista, ja näiden kaikkien voimien yhteisvaikutuksista. Tässä tutkimuksessa keskitytään kuitenkin yksinomaan teknologisen kehityksen vaikutuksiin. Aiheeseen perehtyminen vaatii ymmärrystä tuotantofunktioista ja siitä, miten teknologiaa käsitellään taloustieteellisessä mallinnuksessa. Lisäksi panosten välinen substituoitio eli substituoijousto on erittäin oleellinen tekijä tarkasteltaessa kahden tuotantopanoksen välistä vaihtelua.

## 2.2 Teknologinen kehitys

Teknologia on laaja käsite ja siksi onkin tärkeää määritellä, mitä teknologialla tarkoitetaan taloustieteessä. Usein arkikielessä teknologiasta puhuttaessa ihmisille saattaa tulla ensimmäisenä mieleen ICT-teknologia (Information and Communication Technology), mutta nämä teknologiat kuvaavat vain yhtä joukkoa erilaisia teknologioita. Termin yksikäsitteinen määrittely ei kuitenkaan ole kovin helppoa. Tämän vuoksi tässä luvussa pyritäänkin luomaan katsaus taloustieteen



näkökulmiin teknologiasta, jotta ymmärretään paremmin, mistä puhumme, kun puhumme teknologisesta kehityksestä.

Taloustieteessä tuotantoteknologialla tarkoitetaan tapaa yhdistää tuotantopanokset tuotokseksi. Tämän prosessin aikana tapahtuu arvonlisäystä. Arvonlisäys tarkoittaa yksinkertaisimmillaan yhden tuotantoon osallistuvan yksikön synnyttämää arvoa. Markkinatuotannossa lisäarvon määrä saadaan laskettua vähentämällä tuotoksesta käytettyjen väli tuotteiden arvo. (Tilastokeskus, 2020.) Ekonomisteille teknologia tarkoittaa siis mitä tahansa tekijää, joka mahdollistaa tuotteiden tai palveluiden nopeamman, paremman tai edullisemmän tuotannon. Intuitiivisesti sana teknologia saattaa ohjata ajattelemaan robotteja tai tietokoneita. Siksi käsitteen tarkastelu ja yksiselitteinen määrittely on tutkimuksen kannalta oleellista.

OECD (2005) määrittelee teknologisiksi innovaatioiksi tuoteinnovaatiot, jotka käsittävät uudet markkinoille tuotavat tuotteet. Lisäksi teknologisiin innovaatioihin sisällytetään prosessi-innovaatiot, jotka käsittävät uusien tuotantoprosessien hyödyntämisen tuotannossa. Prosessi-innovaatiot vaikuttavat tuotantoon tuottavuutta lisäten ja ovat vahvasti sidoksissa taloustieteellisessä mallinnuksessa käsiteltävään tuotantoteknologiaan. Tuoteinnovaatioilla sen sijaan viitataan uusiin tuotteisiin, jotka lisäävät kysyntää. Näistä tarkemmin seuraavassa luvussa.

Kun teknologia kehittyy, se vaikuttaa ihmisten elämään eri tavoilla. Yleiskäyttöiseksi teknologiaksi kutsutaan teknologiaa, joka on kaikkien saatavilla ja helpottaa suuren yleisön arkea. Tähän luetaan mm. höyrykone, sähkö ja informaatioteknologia. Sen sijaan yrityksissä ja tehtailla tapahtuva teknologian kehitys voi olla hyvin spesifiä, vain yhteen käyttötarkoitukseen soveltuvaa.

Eri kasvuteoriat näkevät teknologian kehityksen lähteet eri tavalla. Eksogeenisen kasvun teoriat ottavat teknologian kehityksen annettuna, talouden toimijoista riippumattomana tekijänä. Endogeenisen kasvun teoriat sen sijaan painottavat talouden sisällä tapahtuvien innovaatioiden merkitystä. Innovointien kehittäjinä toimii kuitenkin usein talouden toimijat, jotka pyrkivät kehittämään uusia tapoja yhdistää tuotantopanokset, saaden aikaan laadullisia tai määrällisiä parannuksia. Kannustimena innovointiin talouden toimijoilla on taloudellinen tehokkuus tai laadullinen ylivoimaisuus muihin toimialan yrityksiin nähden. (Brougher & Thierer, 2019). Juurikin teknologiset innovaatiot ja niistä syntyvä tuottavuuden kasvu ovat toimineet mahdollistajana toimialojen vahvalle keskittymiselle, varsinkin Yhdysvalloissa (Autor ym., 2020).

Viimeaikaisessa taloustieteen tutkimuksessa on keskitytty enemmissä määrin teknologisen kehityksen suuntaan ja sen suosivuuteen. Suunnalla (eng. augmenting) tarkoitetaan sen panossuuntautuneisuutta jonkin tuotantopanoksen suuntaan. Esimerkiksi työtä täydentävä teknologinen kehitys tarkoittaa tilannetta, jossa teknologia kasvattaa suhteessa työn rajatuottavuutta enemmän kuin pääoman rajatuottavuutta. (Acemoglu, 2002). Työtä täydentävä teknologinen kehitys voidaan käytännössä nähdä työn tuottavuutta kasvattavina teknologisina

uudistuksina. Pääomaa täydentävä teknologinen kehitys voi sen sijaan tarkoittaa joko tuotantokoneiden tehokkaampaa hyödyntämistä tai kehitystä, joka laskee pääoman hintaa, jolloin yrityksen kannustimet sen käyttöön kasvavat. Jälkimmäisestä puhuttaessa puhutaan pääomaa täydentävän teknologisen kehityksen aiheuttamasta suhteellisten investointihintojen laskusta (esim. Karabarounis ja Neiman, 2014).

Suosivuudella, tai harhaisuudella (eng. bias), tarkoitetaan teknologian kehityksen tukevan tietynlaista työvoimaa enemmän kuin muuta työvoimaa. Työmarkkinoiden polarisaation tutkimuksessa on havaittu trendejä niin kutsutusta osaamista suosivasta teknologisesta kehityksestä (*skill-biased technological change*) sekä viime vuosina enemmän näyttöä tuekseen saaneesta ei-rutiininomaisia tehtäviä korostavasta teknologisesta kehityksestä (*non-routine-biased technological change*) (Asplund ym., 2011; Goos, Manning & Salomons, 2014). Termeillä tarkoitetaan teknologian komplementtivaikutusta tietynlaista työvoimaa kohtaa. Uusien innovaatioiden on huomattu toimivan komplementteina ei-rutiininomaiselle, koulutetulle työvoimalle ja substituutteina rutiinimaisille työtehtäville. Goldin ja Katz (1998) ovat esittäneet teorian pääoman ja osaamisen välisen substituution vaikutuksesta työpanososuuden muutoksiin. Kaksivaiheisessa mallissa ensin korkean osaamisen (*skilled*) työvoima alkaa hyödyntää uutta teknologiaa työssään. Uusi teknologia suosii osaavaa työvoimaa helpottamalla näihin ammatteihin kuuluvien rutiinitehtävien tekemistä, jättäen enemmän aikaa niille työtehtäville, joissa ihmisellä on suhteellinen etu teknologiaan nähden. Tässä vaiheessa on huomattavissa korkean osaamisen ja pääoman vahva komplementaarisuus. Mallin toisessa vaiheessa vähemmän osaava (*unskilled*) työvoima ottaa hoitaakseen uudet rutiinitehtävät kuten koneiden ja teknologian huollon. Toisessa vaiheessa siis pääoma ja osaaminen eivät ole niin vahvassa komplementaarisuussuhteessa kuin ensimmäisessä vaiheessa. Teknologia saattaa toimia jopa substituuttina rutiininomaiselle työlle (Autor, Levy ja Murnane, 2003).

Ammatit ja työtehtävät ovat kuitenkin luonteeltaan moniulotteisia ja teoreettiset mallit joudutaan esittämään todellisuutta yksinkertaisimpina. Työtehtävät pitävät usein sisällään useita eri vaiheita, monenlaisia panoksia sekä myös työtulo on usein usean eri tekijän aikaansaama. Teknologia pystyy korvaamaan joitakin työtehtäviä, mutta kokonaisten ammattien korvaamiseen sillä on vielä matkaa – tai näin ainakin on luultu. Vuosituhannen alussa esimerkiksi auton ajamista pidettiin ei-rutiinisena työnä, jota teknologialla ei voi korvata. Jo 2010-luvulla algoritmien ja koneoppimisen avulla pystyttiin testaamaan ensimmäisiä autonomisia autoja. Lisäksi Amazon on perustanut jo useita Amazon Go marketteja, joissa ei ole lainkaan kassahenkilökuntaa, vaan asiakkaalta veloitetaan automaattisesti tämän ostosten summa.

Nämä ovat esimerkkejä teknologian kehityksen vaikutuksista eri toimialojen työllisyysnäkyymiin. Työn kysyntä toimialalla vaikuttaa vahvasti työn tulo-osuuden muodostumiseen. Kuten myöhemmin tullaan huomaamaan, teknologian kehitys kasvattaa tuottavuutta. Työn tuottavuuden kasvaessa työntekijöillä on esimerkiksi suuremmat kannustimet vaatia korkeampaa palkkaa.

## 2.3 Tuotantofunktio ja teknologia

Tuotantofunktio kuvaa tuotannossa käytettävien tuotantopanosten ja niillä aikaansaadun tuotoksen välistä suhdetta. Teknologia sen sijaan kuvaa tuotannossa sitä tapaa, joilla tuotantopanokset yhdistetään tuotokseksi. Yrityksen tuotannosta ja toimialasta riippuu paljolti se, missä suhteessa eri tuotantopanoksia tarvitaan. Esimerkiksi paperiteollisuuden alalla koneita ja muuta pääomaa tarvitaan suhteessa paljon enemmän kuin työvoimaa, kun taas palvelutoimialoilla tilanne on usein päinvastainen. Tuotannon lisäksi myös panosten hintasuhteet vaikuttavat yrityksen tuotantopäätökseen, sillä pyrkiessään maksimoimaan voittojaan, yritysten tulee tehdä päätös mahdollisen tuotannon ja budjettinsa rajoissa. Seuraavaksi tarkastellaan yrityksen tuotantoa formaalisti.

Tarkastellaan kahden tuotantopanoksen tuotantofunktiota

$$Y = F(K, L, A) = AF(K, L), \quad (1)$$

jossa  $Y$  kuvaa tuotosta,  $K$  kuvaa pääomaa,  $L$  työpanosta ja  $A$  on tuotantoteknologia. Tuotantofunktio siis ilmaisee tuotannon tason tietyillä pääoman ja työn määrillä sekä tuotantoteknologialla. Tässä funktiossa teknologian kehitys on ns. Hicks-neutraalia, tarkoittaen, että teknologian kehittyessä se jättää tuotantopanosten välisen suhteen entiselleen. Mikäli teknologia olisi esimerkiksi työtä täydentävää, eli suhteessa enemmän työn rajatuottavuutta kasvattavaa, funktio saisi muodon  $Y = F(K, AL)$ . Jos taas teknologia olisi pääomaa täydentävää, funktio olisi muotoa  $Y = F(AK, L)$ . Acemoglu (2002, 785) on määritellyt teknologian kehityksen panossuuntautuneisuuden siten, että kun teknologian kehitys vaikuttaa panosten rajatuottavuuksien väliseen suhteeseen, teknologian kehitys on vinoutunutta. Teknologinen kehitys on siis työtä täydentävää, jos

$$\frac{\partial}{\partial A} \left[ \frac{\left(\frac{dY}{dL}\right)}{\left(\frac{dY}{dK}\right)} \right] > 0 . \quad (2)$$

Työtä täydentävä teknologia kasvattaa työn tehokkuutta (*effective labour*). Työn tehokkuus taas saadaan laskettua jakamalla yhtiön voitot niiden aikaansaamiseksi käytetyillä työtunneilla. Työtä täydentävä teknologinen kehitys siis kasvattaa työn tuottavuutta ja lisää siten työn kysyntää. Yrityksen tuotannon rakenteeseen vaikuttaa kuitenkin työn ja pääoman suhteellisen hinnan lisäksi niiden korvautuvuus, substituutio. Substituutiojouston avulla pystytään tarkastelemaan panossuhteen muutoksia tuotannossa. Substituutiojoustoä käsitellään tarkemmin luvussa 3.1.

### 3 TYÖ-TULO OSUUDEN MUUTOKSISTA

Keynes kuvaili työn tulo-osuuden makrotason vakautta sanoilla "something of a miracle" (Elsby ym., 2013). Mikrotasolla muutosta tapahtuu kuitenkin jatkuvasti. Viime vuosikymmeninä globaalilla tasolla on havaittu selvä lasku työn tulo-osuudessa (Autor ym., 2020). Tässä luvussa tarkastellaan ensin mikrotason komponenttien kautta teknologian kehityksen ja työn tulo-osuuden välistä yhteyttä, jonka jälkeen luodaan katsaus makrotason muutoksiin mm. kilpailudynamiikan kautta. Ensimmäinen tarkastellaan yrityksen tuotantoa ja panossubstitutiota.

#### 3.1 Substituutiojousto

Substituutiojousto on tunnusluku, joka kuvaa tuotantopanosten korvaamisen helppoutta toisella tuotantopanoksella. Mitä suurempi substituutiojousto, sitä helpompaa yrityksellä on korvata panos toisella. Panosten hintasuhteiden muuttuessa yrityksen on järkevää miettiä oman tuotantonsa kannalta optimaalinen panosyhdistelmä. Tarkastellaan seuraavaksi substituutiojoustoja kahden muuttujan tuotantofunktion kautta formaalisti.

Nicholson ja Snyder (2008) mukailleen, tarkastellaan tuotantofunktiota

$$Y = F(K, L), \quad (3)$$

jossa  $F_i > 0$ ,  $F_{ii} < 0$  ja  $F_{ij} > 0$ . Yritys maksimoi voittojaan kilpailullisilla markkinoilla. Yrityksen voitto  $\pi$  voidaan kirjoittaa

$$\pi = F(K, L) - rK - wL, \quad (4)$$

jossa  $r$  tarkoittaa pääoman tuottoastetta ja  $w$  tarkoittaa palkkaa. Oletuksista seuraa, että panosten rajatuottavuuden suhde vastaa niiden markkinahintojen suhdetta

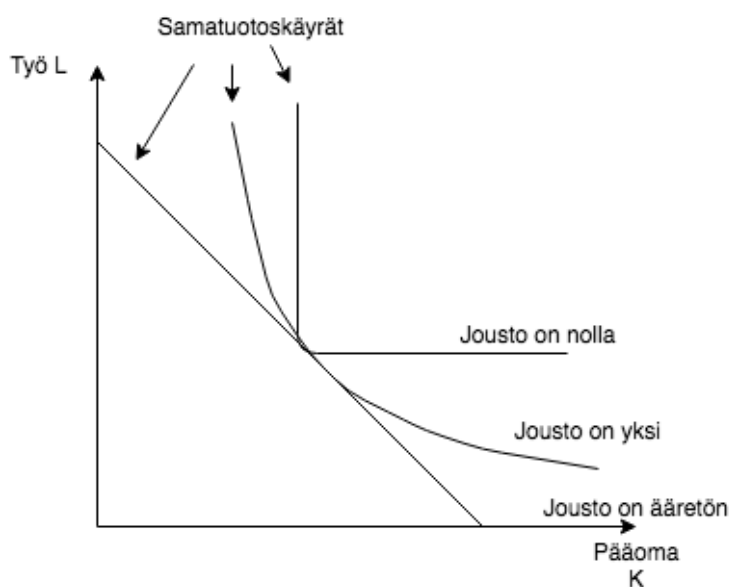
$$\frac{F_L}{F_K} = \frac{w}{r}. \quad (5)$$

Pitämällä tuotos vakiona, panosten välinen substituutiojousto voidaan kirjoittaa

$$\sigma = \frac{d \ln\left(\frac{K}{L}\right)}{d \ln\left(\frac{w}{r}\right)} = \frac{d \ln\left(\frac{K}{L}\right)}{d \ln\left(\frac{F_L}{F_K}\right)}, \quad (6)$$

Substituutiojousto vaikuttaa ainoastaan panosten rajatuottavuudet ja niiden keskinäinen suhde. Panosten absoluuttisella määrällä ei ole merkitystä.

Substituutiojousto siis mittaa panosten välistä korvautuvuutta tuotannossa ja sen arvo vaihtelee nolasta äärettömään. Tilanteessa, jolloin tuotannon kannalta ei ole väliä kumpaa panosta tuotantoon käytetään, panosten sanotaan olevan täydelliset substituuutit ja substituutiojousto on matemaattisesti ilmaistuna ääretön. Jos taas kyseessä on täydelliset komplementit, pääomapanoksen korvaaminen työpanoksella ei ole mahdollista ja päinvastoin. Tällöin substituutiojousto saa arvon nolla. Kuviossa 2 on havainnollistettu näitä tapauksia kuvaajina. On syytä mainita, että tällaiset tapaukset ovat puhtaasti esimerkinomaisia, eikä niitä todellisuudessa juurikaan havaita. (Nicholson & Snyder 2008, 309.)



Kuvio 2 Substituutiojousto (Forsström ja Honkatukia, 2001)

Työpanososuuden muutoksista on laaja tutkimusaineisto ja empiiriset havainnot eivät tue oletusta Cobb–Douglas tuotantofunktiossa, jossa substituutiojousto  $\sigma = 1$ . Eri estimaatit ovat antaneet substituutiojoustolle arvoja yli, tai alle yhden. Pitkä ja lyhyen aikavälin estimaatit eroavat toisistaan ja tarkan arvon määrittäminen on hankalaa, mutta tutkimusten valossa näyttää siltä, että Cobb–Douglas tapaus ei ainakaan saa tukea. (Chirinko, 2008; Schwellnus ym., 2018). Tästä syystä työpanososuuden muutoksia on tutkittu CES-tuotantofunktion avulla. CES (Constant Elasticity of Substitution) -tuotantofunktiossa jousto  $\sigma$  voi saada arvoja nolasta äärettömään. Funktio on muotoa

$$Y = F(K, L) = [\beta K^\rho + (1 - \beta)L^\rho]^{\gamma/\rho}, \quad (7)$$

jossa  $\rho \leq 1$ ,  $\rho \neq 0$  ja  $\gamma > 0$  ja  $\beta$  sekä  $\beta - 1$  ovat pääoman ja työn suhteelliset painot. Eksponentti  $\gamma/\rho$  mahdollistaa erilaisten skaalatuottojen hyödyntämisen. Jos  $\gamma > 1$ , kyseessä on kasvavat skaalatuotot, ja  $\gamma < 1$  tilanteessa kyseessä on alenevat skaalatuotot. CES - tuotantofunktion MRTS (marginal rate of technical substitution) on muotoa:

$$MRTS = \left(\frac{\beta}{1-\beta}\right)\left(\frac{K}{L}\right)^{1-\rho} \quad (8)$$

Substituutiojousto saadaan laskettua sijoittamalla MRTS substituutioyhtälöön.

$$\sigma = \frac{\partial \ln\left(\frac{K}{L}\right)}{\partial \ln MRTS} = \frac{1}{1-\rho} \quad (9)$$

(Nicholson & Snyder, 2008, 310.)

Historiallisesti jousto on siis saanut arvoja yhden molemmin puolin. Tarkan estimaatin laskeminen on hankalaa, sillä substituution arvossa on vaihtelua. Kuitenkin voidaan olettaa, että panosten välillä on yleisesti ottaen jonkin asteista korvautuvuutta.

### 3.2 Työn tulo-osuuden vaihtelu

Tässä luvussa esitellään teorioita, jotka pyrkivät selittämään työn tulo-osuuden vaihtelua teknologian kehityksen kautta. Pääpaino on teknologisen kehityksen vaikutuksessa pääoman ja työpanososuuden väliseen substituutiojoustoan ja sitä kautta näiden kahden panoksen väliseen suhteeseen. Elsby ym. (2013) mukaillen, otetaan tarkasteluun kansantalous, jonka tuotantofunktio on muotoa

$$Y = F(A_K K, A_L L), \quad (10)$$

jossa  $K$  on pääoma,  $L$  on työtunnit ja teknologinen kehitys voi olla joko pääomaa täydentävää  $A_K$  tai työtä täydentävää  $A_L$ . Malli sisällyttää mahdolliseksi ääritapauksiksi Harrod-neutraalin (teknologia täysin pääomaa täydentävää) ja Hicks-neutraalin (teknologia on yhtä paljon pääomaa ja työtä täydentävää) teknologisen muutoksen. Näiden oletusten avulla, voidaan työn tulo-osuus ilmaista;

$$L_S = \frac{wL}{Y} = \frac{w}{A_L f(k)}, \quad (11)$$

jossa  $w$  on palkka,  $k = (A_K K)/(A_L L)$  on tehokkaiden pääomapanosten suhde suhteessa tehokkaisiin työpanoksiin ja  $f(k) = F(k, 1)$ . Lisäksi jos palkka  $w$  ja korko  $r$  määräytyvät markkinoilla kilpailullisesti, voidaan  $w$  ja  $r$  kirjoittaa

$$w = \frac{\partial Y}{\partial L} = A_L [f(k) - kf'(k)] \quad (12) \quad \text{ja} \quad r = \frac{\partial Y}{\partial K} = A_K f'(k). \quad (13)$$

Nyt työpanososuus voidaan ilmaista tehokkaiden panosten suhteen funktiona

$$L_S(k) = 1 - \frac{kf'(k)}{f(k)} = 1 - a(k), \quad (14)$$

jossa  $a(k)$  on pääomapanosten osuus. Malli ennustaa, että teknologian ollessa pääomaa täydentävää niin työn tulo-osuus pienenee, kun taas työtä täydentävä teknologia kasvattaa työn tulo-osuutta. Mallista nähdään myös, että tehokkaiden panososuuksien funktiona ilmaistuna työpanososuus määräytyy ainoastaan tuotannon funktion mukaan  $f(\cdot)$ . Tämä johtaa siihen, että tässä tilanteessa työpanososuus voi muuttua ainoastaan jos teknologia ei ole isoelastista (ei Cobb-Douglas muotoista) ja jos tehokkaiden panososuuksien suhde voi muuttua ajassa. Tästä syystä tämä malli ei vielä itsessään riitä kuvaamaan panossuhteen vaihtelua, vaan tarkasteluun tulee ottaa mukaan panosten välinen substituuatio.

Tarkastellaan tarkemmin aikaisemmin esiteltyä substituuatiojousto panososuuksien suhteen muutoksien taustatekijänä. Substituutiojouston ja työn tulo-osuuden yhteys voidaan kirjoittaa muotoon

$$\sigma = d \frac{\ln k}{d \ln \left( \frac{F_2}{F_1} \right)} = \left[ 1 + \frac{1}{1-L_S(k)} \frac{d \ln L_S(k)}{d \ln k} \right]^{-1} \geq 1 \text{ kun } L_S'(k) \leq 1. \quad (15)$$

Nyt substituuatiojouston huomioimisen myötä malli ennustaa, että työn tulo-osuus laskee, mikäli teknologia on pääomaa täydentävää tai pääoman määrä tuotannossa kasvaa ja substituuatiojousto on yli yhden. Toisin sanoen, aina kun tehokas työ ja pääoma ovat korvautuvampia toistensa suhteen kuin mitä Cobb-Douglas tuotantofunktio implikoi ja teknologia on pääomaa täydentävää niin työpanososuus pienenee. Pitkän aikavälin kehityksen ollessa pääomaintensiivisyyttä kasvattavaa, substituuatiojouston ollessa yli yhden, tulee tehokkaiden tuotantopanosten suhteen,  $k$ , myös kasvaa. Toisin sanoen, pääoman määrä suhteessa työpanokseen kasvaa.

Neoklassinen talousteoria tarjoaa kaksi potentiaalista selitystä tämänkaltaiselle tuotannon pääomavaltaistumiselle. Ensimmäinen vaihtoehto on pääomaa täydentävän teknologisen kehityksen,  $A_K$ , vahvistuminen. Toinen vaihtoehto on suhteellisten investointihintojen lasku ja sitä kautta uusien pääomahyödykkeiden kasvanut kannattavuus. Esimerkiksi Karabarounis ja Neiman (2013) argumentoivat jälkimäisen olevan vahva selittäjä työn tulo-osuuden laskulle. Tämän selitys vaatisi substituuatiojouston arvon olevan yli yhden.

Empiirisesti työn ja pääoman välinen substituuatiojousto on eri estimointimenetelmillä, aineistoilla ja aikaväleillä saanut arvoja yhden molemmin puolin. Eräiden estimointien mukaan substituuatio pääoman ja työn välillä olisi 0.40–0.60. Nämä estimaatit perustuvat yleisesti maa-aineistolla toteutettuihin aikasarja-analyysihin panososuuksien ja panoshintojen muutoksista. (Chirinko, 2008.) Pääoman laadusta ja käyttötarkoituksesta riippuu kuitenkin se, kuinka suuri on pääoman ja työpanoksen välinen substituuatiojousto. Esimerkiksi Iso-Britanniassa ICT-pääomalla on huomattu olevan huomattava substituuatiovaikutus työn suhteen (Bakhshi, Oulton & Thompson, 2003). Myös Karabarounis ja Neiman (2013) ovat estimoineet pääoman ja työvoiman väliseksi substituuatioksi arvoja yli yhden. He tarkastelivat maiden ja toimialojen välistä vaihtelua työn tulo-

osuudessa ja investointihinnoissa ja saivat estimoitua työn ja pääoman väliseksi substituutiojoustoksi 1.2-1.5.

Pääomaosuuden kasvaessa taloudessa tapahtuu myös muita muutoksia. Kun tehokkaiden pääomapanosten suhde tehokkaisuun työpanoksiin kasvaa, myös palkkataso  $w$  ja tuotos per työtunti ( $Y/L$ ) kasvavat aiempaa nopeammin. Tuotos per työtunti -suhde kasvaa kuitenkin nopeammin kuin palkkataso, jolloin myös työn tulo-osuuden kehitys jää pienemmäksi ja siten palkkaosuus pienenee. (Elsby ym., 2013)

Jatketaan työn tulo-osuuden tarkastelua Bentolilan ja Saint-Paulin (2003) kehittämän SK-käyrän (Share Capital) avulla. Paul ja Oshi (2018, 5) tulkitsevat Bentolilan ja Saint-Paulin (2003) kehittämää käyrää, joka kuvaa työn tulo-osuuden ja pääomakerroimen välistä suhdetta. SK-käyrä kuvaa työn tulo-osuuden ja pääomakerroimen välistä vakaata suhdetta, kun oletetaan tuotannon olevan CES-tuotantofunktion mukaista, vakioisten skaalatuottojen ja täydellisen kilpailun vallitessa ja teknologian kehityksen ollessa työtä täydentävää. Malli mahdollistaa pääomaa täydentävän teknologisen kehityksen aiheuttaman työn tulo-osuuden laskun tarkastelun. Pääomakerroin (eng. capital-output ratio) tarkoittaa pääoman määrää jaettuna kokonaistuotannon määrällä  $K/Y$ , eli pääoman tuloosuutta. Kahden panoksen CES-tuotantofunktiota tarkasteltaessa, teknologia ja substituutiojousto huomioituna pääomakerroin saa muodon:

$$k = \left[ \frac{(A_K K)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(A_K K)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (A_L L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} \right]^{\frac{\sigma}{\sigma-1}} \quad (16)$$

Ja työn tulo-osuus voidaan ilmaista vastaavasti

$$L_S = \frac{(A_L L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}}{(A_K K)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}} + (A_L L)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}} \quad (17)$$

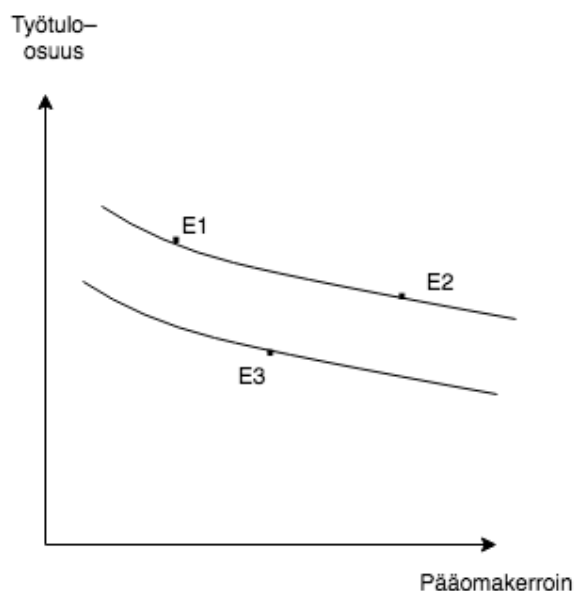
Nämä yhdistämällä saadaan SK-käyräksi

$$L_S = 1 - (k)^{\frac{\sigma-1}{\sigma}}. \quad (18)$$

SK-käyrä vastaa funktiota 14, mutta eroavaisuutena näissä on se, että funktiossa 18 substituutiojousto on otettu mukaan tarkasteluun. Funktio näyttää nyt työn tulo-osuuden ja pääomakerroimen välisen yhteyden. Jos  $\sigma > 1$ , eli työ ja pääoma ovat toistensa substituutteja, korkeampi  $k$  tarkoittaa alhaisempaa työn osuutta. Jos  $\sigma < 1$ , eli työ ja pääoma ovat komplementteja,  $k$ :n ja työn tulo-osuuden muutokset ovat samansuuntaisia; suurempi  $k$  kasvattaa työn osuutta. Tällöin SK-käyrä on ylöspäin kasvava. Muutokset työtä täydentävässä teknologisessä



kehityksessä tai panoshinnoissa ja -määrissä aiheuttavat siirtymän SK-käyrää pitkin (kuviossa 3 pisteestä E1 pisteeseen E2). Sen sijaan muutos pääomaa täydentävässä teknologisessa kehityksessä voi muuttaa SK-käyrän sijaintia (pisteestä E1 pisteeseen E3), rikkoen työn tulo-osuuden ja pääomakertoimen välisen vakaan yhteyden. Bentolila ja Saint-Paul (2003) esittävät, että myös työn rajatuotavuuden ja palkan välinen ero voi aiheuttaa samansuuntaisen liikkeen.



Kuvio 3 SK-käyrä (Bentolila ja Saint-Paul, 2003)

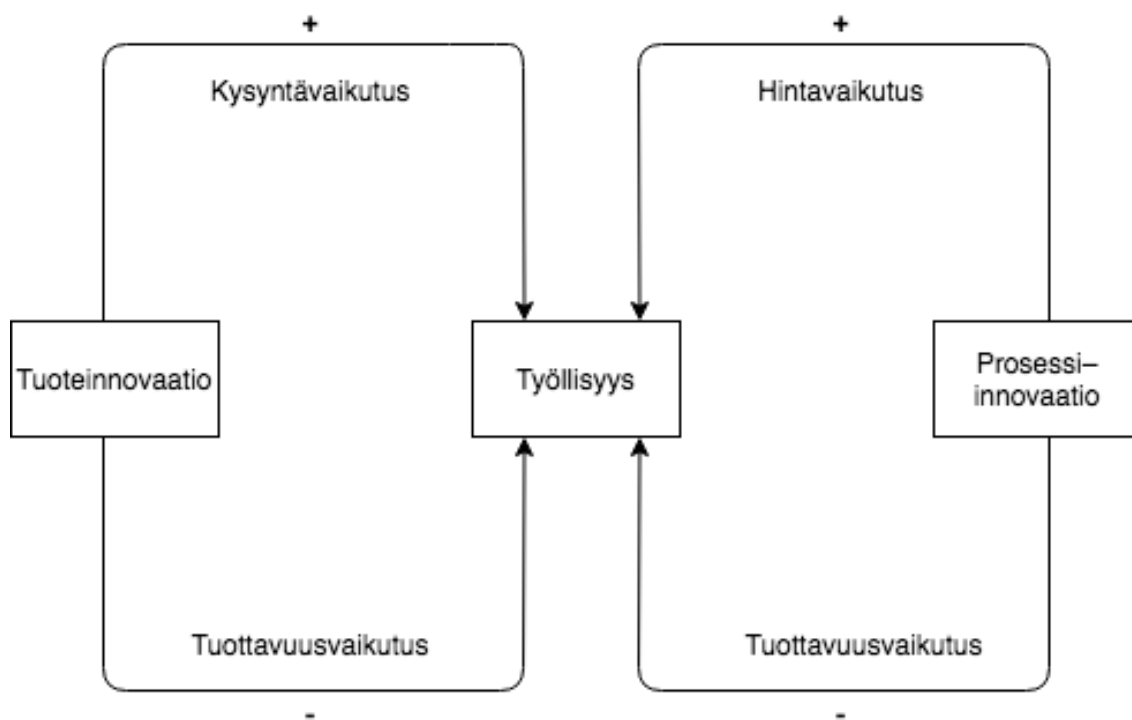
SK-käyrä kuvaa siis käytännössä pääoman ja työn tulo-osuuden välistä suhdetta kokonaistuotannosta. SK-käyrän avulla voidaan tarkastella, miten esimerkiksi erilaiset panossubstituutiot tai vaikka pääomaa täydentävä teknologinen kehitys vaikuttaa työn tulo-osuuteen. Pääomaa täydentävä teknologinen kehitys ja siitä aiheutunut suhteellisten investointihintojen lasku on nähty useissa tutkimuksissa suurimpana yksittäisenä työn tulo-osuutta laskevana tekijänä (ks. Karabarbounis ja Neiman, 2013). Tämä selitys jouduttaisiin hylkäämään, mikäli panokset olisivat toistensa komplementteja. Kuten aiemmin mainittu, pääoman ja työn välisestä substituutiosta on estimointeja yhden molemmin puolin. Jos kuitenkin oletamme työn tulo-osuuden laskun johtuvan pääomaa täydentävästä teknologisesta kehityksestä, tulee olettaa myös panosten välisen substituution olevan yli yhden.

### 3.3 Innovaatiot ja työn kysyntä

Pessimistinen huoli teknologian työtä syrjäyttävästä vaikutuksesta on yhä ajankohtainen, mutta nopea vilkaisu aiempaan tutkimukseen luo optimistisuutta; innovaatiot ovat olleet pitkälti työtä täydentäviä. Lisäksi teknologinen kehitys nähdään pitkällä aikavälillä suurimpana taloudellisen kasvun sekä työllisyyden

mahdollistajana. (Van Reenen, 1997; Vivarelli 2014). Onnistunut prosessi-innovaatio vaikuttaa työn tulo-osuuteen kahden eri mekanismin kautta. Ensimmäinen mekanismi on hintavaikutus. Prosessi-innovaatio mahdollistaa yrityksen tuottaa ja tarjota tuotteitaan edullisemmin, jonka seurauksena kysyntä sitä kohtaan kasvaa. Tämän seurauksena yritys voi kasvattaa toimintaansa ja suurentaa markkinaosuuttaan. Toiminnan kasvu luo lähes poikkeuksetta aina uusia työtehtäviä ja täten lisää työn kysyntää yritystasolla. Kuviossa 4 on avattu prosessi- ja tuoteinovaatioiden ja työn kysynnän dynamiikkaa.

Tuottavuuden kasvulla tarkoitetaan yrityksen käyttämien tuotantopanosten ja niillä aikaansaadun tuotoksen välisen suhteen kasvua. Onnistunut innovaatio kasvattaa tuottavuutta. Prosessi-innovaatio on kuitenkin luonteeltaan usein työtä korvaava ja täten työn kysyntää heikentävä. Prosessi-innovaatioihin sisältyy usein työtehtävien automatisoitumista, jonka seurauksena työtä tai pääomaa ei enää tarvita automatisoituvissa tehtävissä niin paljon kuin aikaisemmin. Tällainen kehitys on työn tulo-osuutta pienentävää. Vaikutusten suuruus vaihtelee tilanteen mukaan. Tähän vaikuttaa muun muassa työn ja pääoman välinen substituuio, sekä teknologisen kehityksen suuntautuneisuus. (Peters, Dachs, Dünsen, Hud, Köhler ja Rammer, 2014).



Kuviossa 4 Innovaatioiden työllisyysvaikutukset (Peters ym., 2014)

Yritysten välisiä eroja tarkasteltaessa, on helppo huomata innovaatioiden vaikutus. Peters ym. (2014) tutkivat innovaatioiden vaikutusta työllisyyteen ja huomasivat, että innovoivat yritykset pärjäsivät innovoimattomia yrityksiä paremmin kaikkina talouden aikana. Talouden kasvaessa innovoivat yritykset lisäsivät

työvoimaansa enemmän kuin yritykset, jotka eivät innovoineet ja taloudellisen taantuman aikana taas innovoivat yritykset irtisanoivat vähemmän työvoimaa kuin innovoimattomat yritykset.

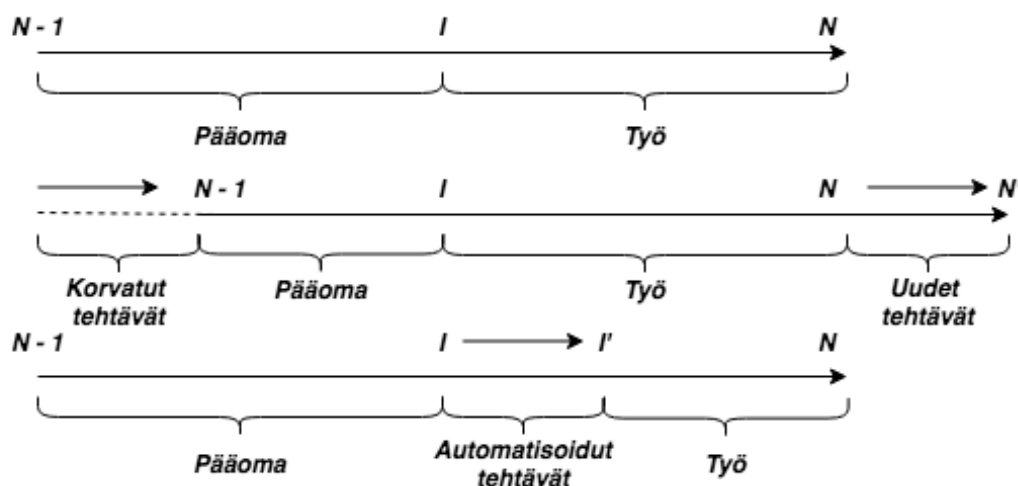
Teknologiainnovaatioiden vaikutuksista työn kysyntään on keskusteltu paljon 2000-luvun kirjallisuudessa ja esimerkiksi Frey ja Osborne (2013) korostavat tuottavuusvaikutuksen tärkeyttä, ennustaen työtehtävien automatisoitumista ja työn kysynnän laskua monilla toimialoilla. Empiiriset havainnot menneisyydestä eivät kuitenkaan tue tätä väitettä. Van Reenenin (1997) tutkimuksessa prosessi-innovaatioiden vaikutus havaittiin olevan todella pientä. Greenan ja Guellec (2000) sekä Lachenmaier ja Rottmann (2011) raportoivat huomattavan positiivisen yhteyden prosessi-innovaatioiden ja työllisyyden kasvun välille.

Prosessi-innovaatioiden lisäksi työllisyyteen vaikuttaa myös tuoteinnovaatiot. Tuoteinnovaatioiden työllisyysvaikutus rakentuu uuden tuotteen kysynnän kasvuun, jonka seurauksena yritys pystyy laajentamaan toimintaansa. Tuoteinovaatioiden aiheuttama kysynnän kasvu on empiiristen tutkimusten valossa edellä esitetyistä vaikutuksista tärkein työn kysyntää lisäävä vaikutus.

Kaikkeen tuotantoon sisältyy eri vaiheita. Puhutaan nyt sitten palveluista tai teollisuudesta, lopputuotteen aikaansaamiseksi tarvitaan useita eri työvaiheita ja tehtäviä, jotta siihen päästään. Esimerkiksi palveluiden kohdalla tukitoiminnot auttavat palvelun laadun parantamisessa. Teollisuudessa eri työvaiheet ovat vielä näkyvämpiä. Hirsitaloa rakentaessa tulee ensin kartoittaa tontti, tehdä suunnitelmat, kaataa puita, hankkia raaka-aineet, rakentaa mökki, vetää sähkö ja vedet ja niin edelleen. Teknologian kehittyessä eri tehtävien automatisointi helpottuu. Pitkään on pelätty, että uudet teknologiat syrjäyttävät kaiken työn. Näin ei kuitenkaan ole käynyt. Acemoglun ja Restrepon (2019) teoreettinen viitekehys auttaa ymmärtämään miksi. He lähtevät liikkeelle siitä, että kaikkea teknologista kehitystä ei tulisi tarkastella tuotantopanoksia täydentävänä. Esimerkiksi robotiikan kehitys ei tee pääomasta tai työstä tuottavampaa, vaan lisää niiden tehtävien määrää, mitä pääoman avulla voidaan suorittaa. Keskittymällä tutkimaan pelkästään työtä- tai pääomaa täydentävää teknologista kehitystä, saatetaan päätyä harhaanjohtaviin tuloksiin.

Acemoglu ja Restrepo (2019) tarkastelevat tuotantoa yksinkertaisen, yhden sektorin mallin avulla, jota on havainnollistettu kuviossa 5. Oletetaan, että tuotannossa mukana olevat tehtävät merkitään  $z$  ja ne pystytään normalisoimaan välille  $N-1$  ja  $N$ . Työvaiheet voidaan suorittaa joko käyttäen työtä tai pääomaa. Tehtävät jotka täyttävät ehdon  $z > I$  eivät ole automatisoituja ja ne voidaan suorittaa ainoastaan työllä, jonka hinta eli palkkataso on  $W$ . Tehtävät jotka ovat  $z \leq I$ , ovat automatisoituja ja ne voidaan saattaa valmiiksi pääomalla, jonka kulut ovat  $R$ . Oletetaan lisäksi, että työllä on suhteellinen ja absoluuttinen etu teknologiaan verrattuna niissä tehtävissä, joita ei ole automatisoitu. Muuttujan  $I$  kasvu siis tarkoittaa jonkin tehtävän automatisoitumista. Muuttujan  $N$  kasvu sen sijaan kuvaa uusien työ-intensiivisten tehtävien esiintymistä. Automaation  $I$  ja uusien työtehtävien  $N$  lisäksi teknologian asteeseen tällä sektorilla vaikuttaa työtä- ja pääomaa

täydentävät teknologiat  $A^L$  ja  $A^K$ , jotka nostavat näiden tuotannontekijöiden tuottavuutta kaikissa tehtävissä joihin ne osallistuvat. Oletetaan vielä, että yritysten on taloudellisempaa suosia pääomaa niissä tehtävissä, jotka ovat automatisoitu ( $z \leq I$ ) sekä ottaa mukaan tuotantoonsa kaikki uudet tehtävät välittömästi.



Kuvio 5 Tehtävien automatisoituminen ja uudet tehtävät (Lähde: Acemoglu & Restrepo, 2019)

Tämä malli siis pyrkii selittämään yksinkertaistetusti teknologian kehityksen dynamiikkaa työtehtävien osalta. Uudet teknologiat mahdollistavat tehtävien automatisoinnin, mutta myös synnyttävät uusia työtehtäviä. Se, mikä on tehtävien automatisoitumisen ja uusien tehtävien syntymisen suhde, joka lopulta vaikuttaa työpanososuuteen, on työpanoksen korvattavuus pääomalla, eli työn ja pääoman välinen substitutio.

Tarkastellaan seuraavaksi teknologian kehityksen ja ennen kaikkea tehtävien automatisoitumisen vaikutusta työn kysyntään. Acemoglun ja Restrepon (2019) mallia mukaillen, tarkastellaan työn kysyntää yrityksen näkökulmasta. Keskeinen tekijä työn kysynnässä yrityksen näkökulmasta on palkkamenot,  $WL$ , jotka pitävät sisällään kaikki yrityksen työvoimasta maksamat kulut. Palkkamenot ovat siis:

$$\text{Palkkamenot} = \text{Arvonlisäys} \times \text{työpanos-osuus}$$

Tätä suhdetta hyödyntämällä, voidaan tarkastella teknologian vaikutuksia työvoiman kysyntään eri näkökulmista. Tarkastellaan uuden automaatioteknologian hyödyntämistä tuotannossa (edellisen kappaleen esimerkissä  $I$  kasvaa). Tämän vaikutus työvoiman kysyntään voidaan esittää:

$$\text{Automatisoitumisen vaikutus työvoiman kysyntään} = \text{Tuottavuusvaikutus} + \text{korvautumisvaikutus}$$

Tuottavuusvaikutus tulee automaation aiheuttamasta arvonlisäyksen kasvusta ja tämä taas nostaa työn kysyntää uusissa tehtävissä. Lisäksi tehtävien automatisoituminen aiheuttaa myös korvautumisvaikutuksen. Korvautumisen kautta työtehtävät, joissa on ennen tarvittu paljon työvoimaa, ovat nyt automatisoitavissa ja täten työvoimaa tarvitaan vähemmän. Näin tuotanto siirtyy pääomavaltaisemmaksi ja työn tulo-osuus vähenee. Tämän teorian mukaan automatisoituminen siis kasvattaa tehtävien kokonaismäärää, mutta työtehtävien suhteellinen osuus näistä tehtävistä kuitenkin pienenee.

Seuraavaksi tarkastellaan uusien tehtävien vaikutusta palkkamenoihin, mikä tarkoittaa kasvua muuttujassa  $N$ . Tämä kasvattaa tehtävien määrää, joissa ihmisellä on suhteellinen etu. Tämä vaikutus voidaan esittää:

Uusien työtehtävien vaikutus työn kysyntään = Tuottavuusvaikutus + käyttöönottamisvaikutus

Käyttöönottamisvaikutus tarkoittaa tässä yhteydessä tuotannon tehtäväkentän muutosta, joka on tällä kertaa työtä suosivaa ( $N$  kasvaa). Tämä muutos on aina työpanososuutta kasvattavaa. Se myös kasvattaa tuottavuutta, koska työvoiman suhteellista etua päästään hyödyntämään uusien tehtävien suorittamiseen. Tästä johtuva tuottavuuden kasvu, yhdessä tehtäväkentän laajentumisen kanssa, takaa sen, että työn kysyntä kasvaa aina uusien tehtävien seurauksena.

Tuotantopanoksia täydentävät teknologiat eroavat näistä kahdesta aiemmasta esimerkistä. Tuotantopanoksia täydentävät teknologiat eivät muuta tuotannon tehtäväkenttää, vaan vaikuttavat tuotantopanosten tuottavuuteen. Eli,

Tuotantopanosta täydentävän teknologian vaikutus työn kysyntää = Tuottavuusvaikutus + substituutiovaikutus

Tuotantopanosta täydentävä teknologinen kehitys siis kasvattaa joko työn tai pääoman tuottavuutta kaikissa tuotannon tehtävissä, joissa kyseistä panosta käytetään. Tällöin tuottavuusvaikutus on verrannollinen panosten käytön suhteeseen koko arvonlisäyksestä.

Tuotantopanosta täydentävä teknologinen kehitys vaikuttaa työn kysyntään myös substituutiovaikutuksen kautta. Substituutiovaikutus vaikuttaa suorasti työpanososuuteen, mutta ei vaikuta tuotannon tehtäväkenttään. Eli toisin kuin tehtävien automatisoituminen sekä uusien tehtävien syntyminen, tuotantopanoksia täydentävä teknologia ei vaikuta tuotannon tehtäväkenttään. Tuotantopanoksia täydentävä teknologia vaikuttaa työn kysyntään lähinnä tuottavuusvaikutuksen kautta ja tämäkin vaikutus on suhteessa muihin vaikutuksiin pientä. Tällaiset teknologiat ovatkin epätodennäköisiä työpanososuuden pienentäjiä, sillä pääomaa täydentävä teknologinen kehitys kasvattaa aina työn kysyntää ja työtä täydentävä teknologinen kehitys kasvattaa myös työn kysyntää, kunhan vain ehto  $\sigma > 1 - S_L$  täyttyy.

Tämä yhden sektorin malli ei luo vielä kattavaa kuvaa koko talouden tasolla tapahtuvista muutoksista. Laajennetaan mallia usean sektorin malliksi, jotta pystytään tarkastelemaan miten teknologia muuttaa työn kokonaiskysyntää. Nyt palkkamenot tarkoittavat koko taloudesta syntyviä palkkakustannuksia. Usean sektorin talous voidaan muotoilla:

Palkkamenot =  $BKT \times \sum_{i \in I} \text{Työpanososuus sektorilla } i \times \text{Arvonlisäyksen suuruus sektorilla } i$

Usean sektorin tarkastelu mahdollistaa sopeutumistilaa koko talouden mittakavassa, kun jotkin tehtävät automatisoituvat. Tätä sopeutumista kutsutaan rakennevaikutukseksi. Automatisoitumisen vaikutus työn kysyntään sektorilla  $i$  ( $I$  kasvaa tällä sektorilla) saadaan nyt:

Automatisoitumisen vaikutus työn kysyntään sektorilla  $i$  = Tuottavuusvaikutus + korvautumisvaikutus + rakennevaikutus

Tuottavuus- sekä korvautumisvaikutukset ovat samat, jotka esiteltiin edellä; tuottavuusvaikutus kuvaa sektorilla  $i$  tapahtuvan automatisoitumisen vaikutusta BKT:hen ja korvautumisvaikutus kuvaa tuotannon tehtäväkentän muutosta tällä sektorilla (joka vaikuttaa vahvasti työpanososuuden suuruuteen). Nämä vaikutukset skaalautuvat sektoreiden mukaan, koska suuremmilla sektoreilla vaikutukset kokonaistalouteen ovat suurempia.

Rakennevaikutus pitää sisällään sektoreiden välisen uudelleenallokaation eli sektoreiden väliset muutokset arvonlisäysoosuuksissa. Automatisoituminen sektorilla  $i$  voi esimerkiksi ohjata talouden aktiviteettejä enemmän sektorille  $j$ , riippuen kuitenkin esimerkiksi kysyntäjoustoista. Tämä uudelleenallokaatio vaikuttaa positiivisesti työn kokonaiskysyntään jos sektori  $j$ :n työpanososuus on korkeampi kuin sektorilla  $i$ , ja negatiivisesti jos päinvastoin.

Samanlainen ajatusmalli pätee uusiin tehtäviin. Uusien tehtävien syntyessä ( $N$  kasvaa sektorilla  $i$ ) työn kysyntä muuttuu:

Uusien tehtävien vaikutus työn kysyntään sektorilla  $i$  = Tuottavuusvaikutus + käyttöönottamisvaikutus + rakennevaikutus

Maatalouden mekanisoituminen Yhdysvalloissa kuvaa hyvin näiden voimien yhteisvaikutuksia kokonaistyön kysyntään. Vuosina 1850-1910 manuaalista työtä korvattiin hevosten vetämällä niittokoneilla ja leikkuukoneilla, aiheuttaen työtulososuudessa merkittävän laskun 33 prosentista 17 prosenttiin maataloudessa. Tämä korvautumisvaikutus yhdellä sektorilla oli osittain mahdollistamassa käyttöönottovaikutusta toisella sektorilla. Mekanisoitumisen myötä arvonlisäys sekä työvoima uudelleenallokoituivat maataloudesta teollisuuteen. Tämä loi vahvan rakennevaikutuksen, sillä teollisuus oli ja on yhä paljon työvoimaintensiivisempi sektori, kuin maatalous. Työn tulo-osuus kasvoi teollisuudessa 47 prosentista 55 prosenttiin vuosina 1850-1890. Tämä muutos teollisuuden

työtulo-osuudessa kertoo vahvasta käyttöönottamisvaikutuksesta, kun uusia työvoimaintensiivisiä tehtäviä syntyi uusille aloille. (Acemoglu ja Restrepo, 2019)

Edellä esiteltyjä vaikutuksia yhdistämällä, voidaan koko talouden palkkamenojen muutosta kahden ajanhetken välillä mitata seuraavasti:

Muutos talouden palkkamenoissa = Tuottavuusvaikutus + rakennevaikutus + substituutiovaikutus + muutokset tehtäväkentässä

### 3.4 Tuottavuus, kilpailu ja luova tuho

Tässä tutkimuksessa aikaisemmin esitelty teoria on keskittynyt kuvaamaan yritystason päätöksiä teknologian kehittyessä. Tämän mikrotason ymmärtäminen auttaa hahmottamaan toimiala ja kansantalouden tason vaihteluita työn tulo-osuudessa. Yritysten tuotannon panosvaihtelut heijastavat niiden teknologian tasoa sekä toimialalle ominaisia tuotannon piirteitä. Kun työn tulo-osuuden tarkastelussa siirrytään koko toimialan tai kansantalouden tasolle, tulee tarkasteluun ottaa mukaan yritysten ja toimialojen välinen resurssien uudelleenallokaatio, sekä kilpailu voitoista. Koko kansantalouden tasolla tapahtuvaan työn tulo-osuuden laskuun vaikuttaa oleellisesti myös toimialojen sisäinen ja välinen kilpailu. Jos yritys tai toimiala, jonka työn tulo-osuus on toimialan tai talouden keskiarvoa alhaisempi kasvattaa markkinaosuuttaan, niin tällöin koko talouden tasolla vaikutus työn tulo-osuuteen on negatiivinen. Tämän kaltaista kehitystä on luonnehdittu ns. winner takes most -dynamiikaksi, jossa muutamat suuret yritykset hallitsevat toimialoja. Ominaista näille yrityksille on usein toimialan keskiarvoa matalampi työn tulo-osuus sekä korkeampi voittomarginaali (Autor ym., 2020).

Teknologisten innovaatioiden kautta yritykset pyrkivät parantamaan omaa tuottavuuttaan tai lisäämään tuotteidensa kysyntää, kasvattaen asemaansa toimialalla. Globalisoitunut kilpailu lisää yritysten paineita tehdä mahdollisimman suurta voittoa. Eri sidosryhmillä on erilaiset näkemykset aikaansaadun arvonlisäyksen jakautumisesta. Tämä dynamiikka on hyvin oleellinen osa funktionaalisen tulonjaon muodostumisesta. Schumpeterin esittelemä luova tuho, on talouden elinvoimaa ylläpitävä voima. Luovalla tuholla tarkoitetaan talouden toimijoiden kilpailun seurauksena tapahtuvaa resurssien uudelleenallokaatiota, uusien yritysten syntyä ja kannattavuudeltaan heikompien yritysten poistumista markkinoilta. Vaikka kilpailu ei olekaan tämän tutkimuksen keskiössä, on kattavan kokonaiskuvan aikaansaamiseksi silti oleellista avata näitä taustalla vaikuttavia tekijöitä.

Aiemmin esitetty Acemoglun ja Restrepon (2019) yksinkertaistettu malli työtehtävien muutoksesta kuvaa hyvin toimialoilla tapahtuvaa muutosta. Tätä muutosta ylläpitää jatkuva kilpailu kannattavuudesta ja resurssien tehokkaasta

käytöstä. Yritysten kannattavuuden kasvaessa tai heikentyessä työvoimaa siirtyy usein yrityksestä toiseen, yritysten joko laajentaessa tai supistaessa toimintaansa. Acemoglun ja Restrepon (2019) mallissa tätä vaikutusta kuvataan käyttöönottamisvaikutuksen kautta. Sektoreiden väliset työpaikkavirrat sen sijaan sisältyvät rakennevaikutukseen.

Malirannan ja Määttäsen (2018) mukaan, työpaikkojen tuhoutumisastetta laskettaessa huomioidaan toimipaikat, jotka supistavat toimintaansa ja vähentävät työvoimaansa tai lopettavat toimintansa kokonaan ja lasketaan näissä yrityksissä tapahtuvat työpaikkojen vähenemiset. Työpaikkojen syntymisaste sen sijaan lasketaan uusien toimipaikkojen synnyttämien työpaikkojen ja toimintaansa laajentavien, uusia työpaikkoja tarjoavien toimipaikkojen summana. Näitä muutoksia tarkastelemalla voidaan tarkastella kannattavuuden prosenttimuutosta toimialalla seuraavasti:

Kannattavuuden prosenttimuutos toimialalla = kannattavuuden prosenttimuutos yrityksissä + yritys- ja työpaikkarakenteiden muutoksen vaikutus prosentteina

Kannattavuutta mitataan Malirannan ja Määttäsen (2018) mallissa työn tuloosuuden käännteislukua eli jalostusarvon ja palkkasumman suhdetta. Yritys- ja työpaikkarakenteiden muutos taas koostuu toimialalla jatkavien yritysten välisestä palkkasummaosuuksien muutoksesta sekä uusien ja poistuvien yritysten vaikutuksesta toimialan kannattavuuteen.

Toimialalla jatkavien yritysten välinen kilpailu vaikuttaa myös työn tulo-osuuteen. Kilpailun vaikutukset työn tulo-osuuteen ovat kaksisuuntaisia; yritysten kilpailu työvoimasta aiheuttaa palkoille nousupainetta, kun taas yritysten pyrkimys tuottavuuden maksimointiin ajaa yrityksiä pienentämään palkkamenoja ja samalla työvoimaa, jolloin työn tulo-osuus pienenee.

Toimialan tai koko talouden työtuntien tuottavuus voidaan esittää seuraavien tekijöiden summana; pääoman määrä työntekijää kohden, pääoman laatu, työpanoksen laatu sekä kokonaistuottavuus (TFP). Kasvulaskennassa pääoma voidaan erotella erikseen ICT-pääomaksi sekä ei-ICT-pääomaksi ja näitä käyttää omina komponentteinaan.

Kasvulaskennan lisäksi tuottavuuden kasvua voidaan mitata mikrolähteiden dekomponoinnilla. Tässä lähestymistavassa pyritään erottelemaan aggregaattituottavuuden kasvusta kaksi erillistä päätekijää; resurssien uudelleen allokation kontribuutio sekä yrityksissä tapahtuvan tuottavuuskasvun kontribuutio. Ensimmäiseen näistä kuuluu niin sanotut *between*, *entry* ja *exit* komponentit. Nämä mittaavat toimialan sisällä tapahtuvaa resurssien allokatiota kannattavampiin yrityksiin, uusien yritysten tuloa toimialalle sekä toimialalta poistuvia yrityksiä. Toiseen päätekijään kuuluu *within* komponentti, joka ilmaisee tuottavuuden kasvua yritysten tai toimipaikkojen sisällä. Kaikkien näiden tekijöiden kumulatiivista yhteisvaikutusta kutsutaan luovaksi tuhoksi. (Hyytinen ja Maliranta, 2013).



Toimialan sisällä tapahtuva kilpailu kannustaa toimijoita innovoimaan ja kehittämään uusia, tehokkaampia tapoja järjestää tuotanto. Onnistuneen innovaation avulla yritys voi saada itselleen toimialajohtajan paikan. Mutta aina on uhkana uudet, toimialalle tulevat yritykset, jotka saattavat haastaa totuttuja tuotantorakenteita ja tehdä asiat vielä paremmin, jonka seurauksena vanhat toimijat eivät pysy kilpailussa mukana ja poistuvat toimialalta. Schumpeter näki, että tämä luovan tuhon mekanismi on talouden tehokkuutta ja elinvoimaa ylläpitävä voima. Samalla tämä mekanismi heiluttelee toimialojen funktionaalista tulonjakoa. Yhden toimialan kasvaessa ja lisätessä tuottavuuttaan, se myös usein vetää puoleensa enemmän resursseja (työtä ja pääomaa) heikentäen muiden toimialojen tilannetta.

### 3.5 Rutiinia korvaava teknologia

Mahdollisimman realistisen kuvan saamiseksi, työmarkkinoita tulisi tarkastella heterogeenisinä tarkoittaen, että työntekijöillä on erilaista osaamista ja kokemusta. Eriasteiset koulutustasot ja erilaiset työkokemukset omaavat työntekijät tuovat oman osaamisensa mukaan innovaatioprosessiin. Peters (2016) argumentoi, että työntekijöiden taidot kuten design, multimedia, sovelluskehittäminen, markkinointitutkimus sekä insinööriosaaminen lisäävät yrityksen innovointipotentiaali huomattavasti.

Toisaalta innovaatiot myös muuttavat yritysten kysymän työvoiman taitovaatimuksia. Kuten aiemmin esitettiin, työmarkkinoilla on havaittu ei-rutiinitehtäviä korostavaa teknologista kehitystä, joka vähentää voimakkaasti työn kysyntää paljon rutiinia sisältävien tehtävien osalta. Tässä lähestymistavassa keskeistä on nimenomaan työtehtävien tarkastelu, eikä niinkään tiettyyn kategoriaan osuvat taidot tai koulutustaso. Jokaista työtehtävää tarkastellaan sen automatisoitumisen myötä joko työtä korvaavana tai työtä täydentävänä. Jotkin uudet prosessiteknologiat saattavat aiheuttaa vahvan substituutiovaikutuksen työlle, jolloin työvoimaa ei enää näissä tehtävissä tarvita, kun taas toiset teknologiat saattavat toimia komplementteina työlle. Nämä teknologiat ovat luonteeltaan usein ihmis-työn ohelle nousevia ratkaisuita, jotka vain helpottavat tehtävän suorittamista, täten kasvattaen tuottavuutta näiden tehtävien osalta. (Autor, Levy ja Murnane, 2003).

Työ voidaan jakaa yksinkertaistetusti neljään eri kategoriaan. Työ voi sisältää paljon analyyttisiä ja interaktiivisia rutiinitehtäviä, analyyttisiä ja interaktiivisia ei-rutiinitehtäviä, manuaalisia rutiinitehtäviä tai manuaalisia ei-rutiinitehtäviä. (Autor ym., 2003). Rutiinitehtävillä tarkoitetaan tehtäviä, jotka on helppo pilkkoa pieniin, ohjelmoitaviin osiin. Työn rutiinisuuteen ei siis vaikuta työn helppous, vaan sen toistettavuus. Ei-rutiinisia tehtäviä ovat sen sijaan sellaiset tehtävät, joiden säännöt eivät ole tarpeeksi helposti ymmärrettävissä niiden ohjelmoimiseksi. Tehtävä, joka muuttuu joka toistolla, nähdään olevan siis ei-rutiinitehtävä. Hypoteesina on, että teknologian hinnan laskiessa yrityksille tulee

kannattavammaksi vähentää työvoimapanoksia rutiinisten työtehtävien osalta ja korvata niitä nyt halvemmalla teknologialla, teknologialla ollen näin substituutiovaikutus rutiiniseen työvoimaan. Sen sijaan teknologian kehityksellä nähdään olevan vahva komplementtivaikutus ei-rutiiniseen työvoimaan. Uusien keksintöjen tehokas hyödyntäminen liiketoiminnassa lisää työn tuottavuutta niissä paikoissa, jossa ihmistyöllä on vielä suhteellinen etu teknologiaan nähden. Kun rutiinitehtäviä pystytään automatisoimaan entistä enemmän, jää ihmisille enemmän aikaa tehdä muita tehtäviä. Acemoglu ja Autor (2011) osoittavat, että työn kysyntä rutiinitehtävien osalta on laskenut huomattavasti. Informaatioteknologian kehitys on korvannut useita rutiini-intensiivisiä työtehtäviä varsinkin keskitaitotason ammattitehtävissä. Sen sijaan teknologian kehitys on toiminut komplementtina korkeaa osaamista vaativille työtehtäville, jotka eivät sisällä rutiinia sekä myös alhaisen osaamisen tehtäville, jotka eivät sisällä rutiinia.

Pitkään, jo 1900-luvun alkupuolelta, on pelätty, että teknologian kehitys tuhoaa työpaikkoja nopeampaa kuin mitä se luo uusia. Keynes nimitti tätä ilmiötä teknologiseksi työttömyydeksi. Teknologian kehityksen aiheuttamaa massatyöttömyyttä ei kuitenkaan ole vielä nähty. Kuitenkin huoli on edelleen ajankohtainen. Aikaisempi työn rutiinisuus-hypoteesi ei enää päde, sillä teknologialla pystytään nyt jo korvaamaan joitakin ei-rutiinisia, kognitiivisia tehtäviä (Frey & Osborne, 2013). Arntz, Gregory ja Zierahn (2016) kuitenkin muistuttavat, että teknologian kehittyessä niinkään yksittäiset ammatit eivät ole vaarassa tuhoutua, vaan ammatteihin kuuluvat yksittäiset työtehtävät. On kuitenkin huomioitava, että matalamman koulutusasteen ammattitehtävissä riski teknologian substituutiolle on huomattavasti korkeampi (perusasteen koulutus 54%) kuin ylemmän korkea-asteen koulutusta vaativissa ammattitehtävissä (1%). Teknologisen työttömyyden taustatekijänä on kuitenkin loppupuleissa teknologisen pääoman hinta, joka laskeessaan nostaa kannattavuuttaan ja samalla heikentää matalan koulutuksen työvoiman työmarkkina-asemaa. Tämänkaltaisen kehityksen voidaan nähdä johtavan pitkällä aikavälillä työmarkkinoiden polarisaatioon (Goos, Manning & Salomon, 2009; Asplund, Barth, Lundborg & Nilsen, 2011).

Nyrkkisääntönä on, että mitä enemmän työ sisältää rutiinia, sitä helpompi se on ohjelmoida koneen suoritettavaksi. Esimerkiksi kampaajan työtehtävä on joka asiakkaan kohdalla erilainen ja täten – ainakin vielä – hankalasti automatisoitavissa.

## 4 AIKAISEMPIA TUTKIMUKSIA

Työn tulo-osuuden laskua ja teknologian kehitystä on tutkittu monesta eri lähtökohdasta. Teknologian kehityksen johdosta tapahtuneen suhteellisten investointihintojen lasku nähdään monessa tutkimuksessa suurimpana yksittäisenä työn tulo-osuutta laskevana tekijä. Tämän ohella tehtäväkohtainen lähestymistapa, eli automatisoitumisesta johtuva työn kysynnän lasku ja uusien työtehtävien synty on ollut laajalti tarkastelun kohteena. Lisäksi tutkimuksissa on kiinnostuttu entistä enemmän niin kutsutusta winner takes most -dynamiiikasta. Tämän taustalla on varsinkin Yhdysvalloissa tapahtuva toiminnan vahva keskittyminen kullakin toimialalla. Varsinkin korkean teknologian toimialoilla tämä malli on huomattavissa selkeästi. Muutama toimija, joiden työn tulo-osuus on toimialan keksivertoa alhaisempi ja voittomarginaali keskivertoa korkeampi, hallitsevat toimialaa. Tämä kehitys ei ole niinkään työn tulo-osuuden laskun taustalla vaikuttava tekijä, vaan ennemminkin seuraus. Teorioita tämän kehityksen taustalla vaikuttavista tekijöistä on esitetty, mutta kirjallisuudesta ei löydy vielä kausaalivaikutuksen todistavaa teosta. Tämä on kuitenkin tärkeä ottaa huomioon teknologian kehityksen ja työn tulo-osuuden laskun tekijöitä ja vaikutuksia tutkittaessa.

### 4.1 Suhteellisten investointihintojen lasku

Karabarounis ja Neiman (2013) dokumentoivat globaalin työpanososuuden laskun alkaneen yrityssektorilla jo 1980-luvulla. Vuodesta 1980 vuoteen 2012 yritysten maksama bruttopalkan määrä tippui viisi prosenttiyksikköä. Schwellnus ym. (2018) nostavat esille samansuuntaisen kehityksen OECD-maissa. Niin Karabarounis ja Neiman (2013) kuin myös Schwellnus ym. (2018) esittävät, että pääomaa täydentävän teknologisen kehityksen aiheuttama suhteellisten investointihintojen lasku on suurin yksittäinen tekijä työn tulo-osuuden laskun taustalla. Karabarounis ja Neiman (2013) havaitsivat, että tutkimusajanjaksolla pääomahyödykkeiden suhteelliset hinnat laskivat globaalisti 25% ja tämä selittää heidän mukaansa noin puolet tapahtuneesta viiden prosenttiyksikön laskusta työn tulo-osuudessa.

Schwellnusin ym. (2018) mukaan kehitys heijastelee työn tulo-osuuden laskua sekä tuloerojen kasvua. Heidän tutkimuksessaan käytettiin hyödyksi toimiala- ja yritystason dataa OECD-maista ja tutkittiin, kuinka teknologian kehitys sekä globaali arvoketju vaikuttavat eri ammattien sekä eri koulutustasoisien työvoiman tulo-osuuksiin. Tutkimuksessa havaittiin, että teknologian kehitys ja globalisaation aikaansaama kilpailun kasvu selittävät suurimman osan työn tulo-osuuden supistumisesta tutkimuskohteena olleissa maissa. Teknologian kehityksen aiheuttama suhteellisten investointihintojen lasku nähdään kuitenkin suurimpana tekijänä työn tulo-osuuden laskun taustalla. Laskeneiden investointihintojen seurauksena tapahtunut työn ja pääoman välinen substituution kasvu

on ollut suurinta toimialoilla, joihin sisältyy paljon rutiinityötä. Huomionarvoista on myös se, että teknologian kehitys vaikuttaa työpanososuuden käyttöön juuri yritysten sisällä. Globalisaatio sen sijaan ei vaikuta niinkään yritysten sisällä; globaali kilpailu vaikuttaa ennemmin luovan tuhon kautta eli se tuhoaa ne yritykset, joiden tuotannon työpanososuus on korkea.

Acemoglu ja Restrepo (2019) tutkivat aiemmin tässäkin paperissa esitellyn tehtävälähtöisen mallin kautta työtehtävien automatisoitumisen vaikutusta työn tuloosuuteen. Tutkimusaineisto oli kattava; vuodesta 1947 vuoteen 2017. Tutkimuksessa keskityttiin nimenomaan siihen, miten työtehtävien automatisoituminen vaikuttaa työn kysyntään toimialoilla ja tätä kautta funktionaalisen tulonjaon muodostumiseen. Automatisaatiolla havaittiin olevan työn kysyntää lisääviä sekä työn kysyntää vähentäviä vaikutuksia; automatisoituneiden työtehtävien ohelle on syntynyt lähes vastaava määrä uusia tehtäviä. Viimeisen 30 vuoden aikana uusien tehtävien syntyminen ei kuitenkaan ole ollut yhtä vahvaa kuin aiemmin ja tästä syystä automatisoitumisesta aiheutuva työn kysynnän lasku on ollut suurempaa kuin työn kysynnän kasvu. Tutkimuksen mukaan yritykset panostavat työtehtävien automatisoimiseen, vaikka tästä ei olisikaan odotettavissa suurta työn tuottavuuden kasvua. Tutkimuksen mukaan näyttää siltä, että alentuneet suhteelliset investointihinnat saavat yritykset korvaamaan työtä pääomalla hyvinkin herkästi. Aggregaattitason työn tuloosuuden muutokseen on vaikuttanut myös vahvasti tämän pitkän tutkimusjakson aikana tapahtunut eri sektoreiden kasvu. Palveluiden osuus Yhdysvaltojen BKT:sta on kasvanut huomattavasti tutkimusajanjaksolla ja samalla muiden sektoreiden osuus on joko pysynyt tasaisena tai laskenut. Tästä johtuu, että esimerkiksi kaivosalalla tapahtunut työn tuloosuuden lasku ei ole vaikuttanut juurikaan koko talouden tasolla funktionaaliseen tulonjakoon, sillä sektorin osuus BKT:sta on niin pieni.

Bentolila ja Saint-Paul (2003) tutkivat jatkunutta työn tuloosuuden laskua OECD maissa. He johtivat niin kutsutun SK käyrän, kuvaamaan työn tuloosuuden ja pääomakertoimen välistä suhdetta. Kokonaistuotantofunktioon vaikuttavat, ei-työtä täydentävät muutokset, kuten pääomaa täydentävä teknologia, siirtävät SK käyrää. Estimoimalla dataa 12 OECD maasta, 13 eri toimialalta, aikaväliltä 1972–1993, he löysivät todisteita SK käyrän tueksi. Datan perusteella tehty estimointi osoittaa, että pääomaa täydentävän teknologian kehitys vaikuttaa työn tuloosuuteen laskevasti, mutta vaikutuksen tarkkaa suuruutta ei pystytä tämän tutkimuksen perusteella arvioimaan, sillä teknologian kehitys on tässä tutkimuksessa esitetty indeksimuotoisena muuttujana.

## 4.2 Winner takes most

Yhdysvalloissa työpanososuudessa on havaittu vahvaa laskua. Jatkuva työpanososuuden lasku tuotannossa ja laskevat suhteelliset investointihinnat ovat johdaneet vahvaan keskittymiseen toimialoilla. Toimialojen kehitystä on kuvailtu

niin sanotulla winner takes most -dynamiikalla, jossa toimialoilla toiminta keskittyy vahvasti vain muutaman suuren toimijan ympärille. Näille toimijoille on ominaista keskivertoa korkeampi voittomarginaali ja keskivertoa alhaisempi työn tulo-osuus. Tämä kehitys näkyy vahvimpana korkean teknologian toimialoilla. Toimialan keskittymisen seurauksena nämä yritykset kasvattavat asemaansa yhä enemmän ja siten vaikuttavat valinnoillaan toimialan funktionaaliseen tulonjakoon huomattavasti. Korkean markkinaosuuden ja tuottavuuden omaavat, sekä matalan työpanososuuden yritykset hallitsevat toimialoja ja pystyvät omilla toimillaan vaikeuttamaan tai jopa estämään uusien yritysten syntymistä alalle. Samansuuntaiset hypoteesit pitävät paikkansa Yhdysvalloissa sekä myös globaalilla tasolla. (Autor ym., 2020.). Südekum, Stiebale ja Woessner (2020) esittävät, että tämänkaltainen kehitys ei ole ainoastaan Yhdysvaltojen ongelma. Myös Euroopassa on huomattavissa samankaltainen kehitys, vaikka se ei voimakkuudeltaan olekaan Yhdysvaltain luokkaa. Südekum ym. (2020) analysoivat yritysten tasekirjoja Ranskasta, Italiasta, Espanjasta, Suomesta ja Ruotsista vuosilta 2004-2013. Löydökset täsmäsivät Autorin ym. (2020) vastaaviin; toimialoja hallitsevat yritykset omaavat keskivertoa korkeamman voittomarginaalin sekä alhaisemman työn tulo-osuuden. Lisäksi Südekum ym. (2020) painottavat teknologian vaikutusta dynamiikan taustatekijänä. Keskittyminen on ollut voimakkainta korkean teknologian toimialoilla niin Euroopassa kuin Yhdysvalloissa, mutta aineistoa ei ole vielä riittävästi, jotta pystyttäisiin varmaksi toteamaan teknologian olevan pääasiallinen tekijänä tämän kehityksen taustalla. Huomionarvoista on kuitenkin, että uudet teknologiset hyödykkeet ovat parhaiten tarjolla toimialaa hallitseville yrityksille, jolloin näillä yrityksillä on vielä paremmat mahdollisuudet parantaa tuottavuuttaan, nostaa voittomarginaaliaan ja kasvattaa markkinaosuuttaan. Kehityksen haittapuolena on kilpailun heikkeneminen vahvasti keskittyvillä aloilla ja lisäksi Yhdysvaltain heikko työvoiman järjestäytyneisyys, jonka takia toimialan heikko työllisyystilanne vain heikentää työn tekijän asemaa.

### 4.3 Erot työntekijäluokissa

Kuten aiemmin on esitetty, teknologian kehityksen vaikutukset ovat erilaisia eri työtehtäville ja työntekijäluokille. Teknologian on huomattu toimineen vahvana substituuttia rutiiniselle työlle ja paljon rutiinia sisältäviä työtehtäviä on onnistuneesti korvattu joko osittain tai täysin teknologialla. Tämä vaikuttaa negatiivisesti työn kysyntään näissä ammateissa. Siksi funktionaalinen tulonjakokin muuttuu pääomavaltaisemmaksi yrityksissä, jotka pyrkivät automatisoimaan tuotantoaan. Dimova (2019) esittää, että työn tulo-osuus on laskenut Euroopassa voimakkaimmin niillä toimialoilla, joiden tuotannon työtehtävät ovat rutiini-intensiivisiä. Dimovan mukaan lasku keskittyy varsinkin tuotannon toimialoihin sekä vaikuttaa vahvimmin matalan koulutuksen työvoimaan. Tutkimuksen mukaan työpanososuuden lasku on ollut keskimäärin 2-5% vuodesta 2002 vuoteen 2017. Teknologian ja globalisaation työn osuutta heikentävä vaikutus näkyy voimakkaimmin ammateissa, joiden työtehtäviin sisältyy paljon rutiinia, kun taas

samat tekijät tukevat niiden ammattien työosuutta, joissa vaaditaan korkeasti koulutettua työvoimaa. Matalan osaamisen omaavan työvoiman työn tulo-osuuden laskuun nähdään syinä teknologian vahvan substituutiovaikutuksen lisäksi muun muassa havaittavissa oleva yleinen siirtymä pois kokoaikatyöstä sekä työvoiman suojelun ja työttömyysturvan heikentyminen. Myös Bakhshin, Oulton ja Thompsonin (2003) tulokset ovat linjassa tämän kehityksen kanssa, jonka mukaan Euroopassa palkkaosuuden aleneminen nähdään suurimpana korkean teknologian toimialoilla. Kehitys tukee teknologisen työttömyyden hypoteesia, jossa teknologinen kehitys korvaa työtehtäviä joihin liittyy paljon rutiinia.

Empiirisissä tutkimuksissa on havaittu, että rutiini-intensiivisellä, matalasti koulutetulla työvoimalla on suurin substituutiojousto suhteessa pääomaan. Krusell, Ohian, Rios-Rull ja Violante (2000) estimoivat Yhdysvalloista kouluttamattoman työvoiman (*unskilled*) ja pääoman väliseksi substituutiojoustoksi 1.67, kun taas koulutetun työvoiman (*skilled*) ja pääoman välinen substituutiojousto sai arvon 0.67.

Briguglio ja Vella (2014) estimoivat teknologian kehitykselle negatiivisen vaikutuksen työpanososuuteen. He käyttivät estimointeihinsa kattavaa aineistoa 27:stä EU-maasta vuosilta 2008–2012 ja muiden tekijöiden pysyessä vakioina, teknologian määrän kasvaessa prosenttiyksiköllä, työn kysyntä laski hieman alle prosentin. Tutkimuksessa ei otettu kantaa työvoiman laatuun, vaan otoksessa hyödynnettiin kaikkia toimialoja, työvoimaa eri osaamistasoihin jakamatta.

Funktionaalisen tulojaon kehityskulusta tuntuu vallitsevan jonkin asteinen konsensus, mutta työpanososuuden pienenemisestä on esitetty kriittisiäkin näkemyksiä. Elsby ym. (2013) argumentoivat työpanososuuden mittaamiseen liittyvistä mittausvirheistä. Yksityisten ammatinharjoittajien palkkatulon mittaaminen voi olla hankalaa erotella pääomatulosta ja täten monissa tutkimuksissa tyydytään asettamaan ammatinharjoittajan palkkatuloksi toimialan keskiarvoa vastaava palkka. Tämä saattaa kuitenkin aiheuttaa suurtakin mittausvirhettä, toimialasta riippuen. Yhdysvalloissa on kuitenkin huomattavissa trendi, että nykyään ammatinharjoittajien palkkatulo ylittää selvästi toimialan keskiarvon, kun taas juuri sotien jälkeen tilanne oli päinvastainen. Lisäksi Cette ym. (2019) esittävät, että empiiristen analyysien aloitusperiodiksi otetaan usein 1970- tai 1980-luku, joka myös aiheuttaa mittausvirhettä. On olemassa näyttöä, että vuosina 1973–1983 palkkaosuudet ovat olleet tasapainotilaansa korkeammalla. Täten vertailu näihin vuosiin luo virheellisen kuvan palkkojen tasapainotilasta. Palkkaosuuden lasku voidaan heidän mukaansa mieltää ennemmin palkkojen osuuden palaamisena tasapainouralleen.

Suomessa teknologian vaikutusta työn tulo-osuuden laskuun ei ole tutkittu kovin laajasti, mutta työn tulo-osuuden muutoksia on dokumentoitu. Suomessa pääomaosuus oli jopa 10 prosenttiyksikköä korkeampi vuosina 1999–2008 kuin vuosina 1980–1989, mutta on palautunut lähes aikaisemmalle tasolle vuoden 2008 jälkeen. Toimialakohtainen tarkastelu avaa kuitenkin eroavaisuuksia sektoreiden välillä. Vuosina 1975–2016 kaikilla toimialoilla tapahtui suuria muutoksia,

mutta vain osassa on havaittavissa selviä trendejä. Palvelualoilla pääoman osuus on selvästi kasvanut tarkasteluajanjaksolla, mutta kehitys ei kuitenkaan ole ollut lineaarista. Liikenteen sekä posti- ja kuriiritoiminnan pääoman osuus on pienentynyt huomattavasti, varsinkin vuoden 2000 jälkeen. Rahoitus- ja vakuutus-toiminnassa pääomaosuuden kasvu on ollut merkittävää; vuonna 1975 pääomaosuus oli noin 9%, kun taas vuonna 2016 vastaava luku oli yli 35%. Myös informaatio ja viestintäalalla on kohdattu kovaa kasvua pääomaosuudessa, vaikka ei kuitenkaan vastaavaa kuin rahoitus- ja vakuutus-toiminnassa. Terveyspalveluissa on ollut huomattavissa lähes lineaarinen lasku 50% pääomaosuudesta 25% pääomaosuuteen. (Savela, 2017).

Tutkimus, julkaisuvuosi & tutkimuskysymys	Aineisto & menetelmät	Päätulokset
<p><b>Bakhshi, Oulton &amp; Thompson (2003)</b></p> <p>Suhteellisten investointihintojen muutosten vaikutukset lisääntyneeseen ICT-pääomaan</p>	<p>Aggregaattitason vs. Yritystason tutkiminen Iso-Britanniassa 1990-luvun jälkimmäisellä puoliskolla ICT-boomin aikaan.</p>	<p>Aggregaattitason menetelmillä mahdoton selittää investointiboomia, kun taas yrityksen omaisuuteen ja tuotantorakenteeseen pohjaavat mallit selittävät tilannetta huomattavasti paremmin osoittaen, että ICT-pääoman laskeva suhteellinen hinta ajaa yrityksiä pääomaintensiivisempään tuotantoon.</p>
<p><b>Chirinko (2008)</b></p> <p>Kuinka suuri substituoitijousto todellisuudessa vallitsee pääoman ja työn välillä</p>	<p>Substituutiojouston estimointi lyhyen ja pitkän aikavälin malleja hyödyntäen.</p>	<p>Pitkän aikavälin mallit antavat paremman kuvan joustosta, lyhyen aikavälin mallintamiseen liittyessä paljon ongelmia mm. mittauksessa. Estimointien perusteella historiallinen jousto ollut 0.40–0.60.</p>
<p><b>Karabarbounis &amp; Neiman (2013)</b></p> <p>Miten tuotannontekijöiden suhteellisten hintojen muutokset ovat vaikuttaneet yritysten siirtymiseen pois työpanosten käytöstä kohti pääomavaltaisempaa tuotantoa</p>	<p>Tilannetta mallinettiin kahden sektorin mallilla, CES teknologialla ja panoksia täydentävällä teknologialla. EUKLEMS aineisto 1975–2012.</p>	<p>Pääoman ja työn välinen substituoitijousto saa estimoinneissa arvon 1.25. Lisäksi huomattiin 25% lasku tuotantopanosten hinnoissa tutkimusajanjaksolla. Substituutiojousto käyttämällä analysoitiin, että noin puolet työpanososuuden laskusta on selitettävissä suhteellisten hintojen muutoksilla.</p>
<p><b>Briguglio &amp; Vella (2014)</b></p> <p>Teknologian kehityksen vaikutukset työpanososuuden laskuun EU maissa</p>	<p>Työn kysyntäfunktion johtaminen ja poikkileikkausaineiston ekonometrinen analysointi EU-valtioista.</p>	<p>Teknologian kehitys on vaikuttanut negatiivisesti työn kysyntään, kun muut muuttujat pysyvät vakioina.</p>
<p><b>Acemoglu &amp; Restrepo (2019)</b></p> <p>Työn automatisoitumisen vaikutus työn kysyntään</p>	<p>Tehtävälähtöinen tarkastelu toimialoittain. Automatisoitumista tutkittiin sen työn kysyntää laskevien ja kasvattavien vaikutusten kautta. Aineistona työllisyys aineisto Yhdysvalloista 1947-2017</p>	<p>Automatisoitumisen johdosta työn kysyntä on laskenut huomattavasti, mutta myös lähes sama määrä uusia tehtäviä on syntynyt. Viimeisin 30 vuoden aikana kuitenkin tehtävien syntyvyys ollut heikompaa. Yritykset automatisoivat tuotantoon hyvinkin herkin kannustimin.</p>



<p><b>Dimova (2019)</b></p> <p>Työpanososuuden kehittyminen eri toimialoilla ja eri osamistasojen mukaan, sekä EU:n rakenteellisten tekijöiden tarkastelu kehityksen taustalla</p>	<p>Shift-Share analyysi toimialoittain Eurostatin työllisyysaineistolla 28 EU-maasta vuosilta 2002–2016. Fixed effects aikasarjaregressio.</p>	<p>Toistaiseksi voimassaolevat työsopimukset laskeneet työpanososuutta pitkällä aikavälillä. Työn tulo-osuus laskenut eniten rutiini-intensiivisissä ammateissa Työntekijöiden suojele ja työttömyystukien suuruus vaikuttavat työpanososuuteen positiivisesti.</p>
<p><b>Autor, Dorn, Katz, Patterson &amp; Van Reenen (2020)</b></p> <p>Mekanismit "superstar" yritysten synnyn ja näiden yritysten työpanososuuden alhaisuuden taustalla?</p>	<p>U.S. Census Economics 1982–2012 datan estimointi OLS regression avulla eri toimialoille.</p>	<p>Toimialalla kasvu keskittyy usein vain muutama yritykseen, joiden tuottavuus on muita korkeampaa ja työpanososuus suhteessa pienempi. Toimialoilla joilla keskittyminen vahvinta myös tuotannon kasvu on suurinta.</p>
<p><b>Südekum, Stiebale &amp; Woessner (2020)</b></p> <p>Robottiikan hyödyntämisen vaikutukset superstar-yritysten syntyyn ja markkinoiden keskittymiseen eri toimialoilla</p>	<p>Yrityskohtaisten tasekirjojen analysointi tuottavuuden ja voittomarginaalien selvittämiseksi tietyillä toimialoilla vuosina 2004–2013 Ranskassa, Saksassa, Italiassa, Espanjassa, Suomessa ja Ruotsissa</p>	<p>Markkinaosuuden keskittyminen muutamalle tuottavalle ja tehokkaalle yrityksille on ominainen piirre osalle Eurooppalaisista teollisuuden toimialoista. Toimialoilla, joilla keskittyminen, "superstar-kehitys", oli voimakkaampaa, olivat kaikista robotisoituneimmat teollisuuden toimialat.</p>

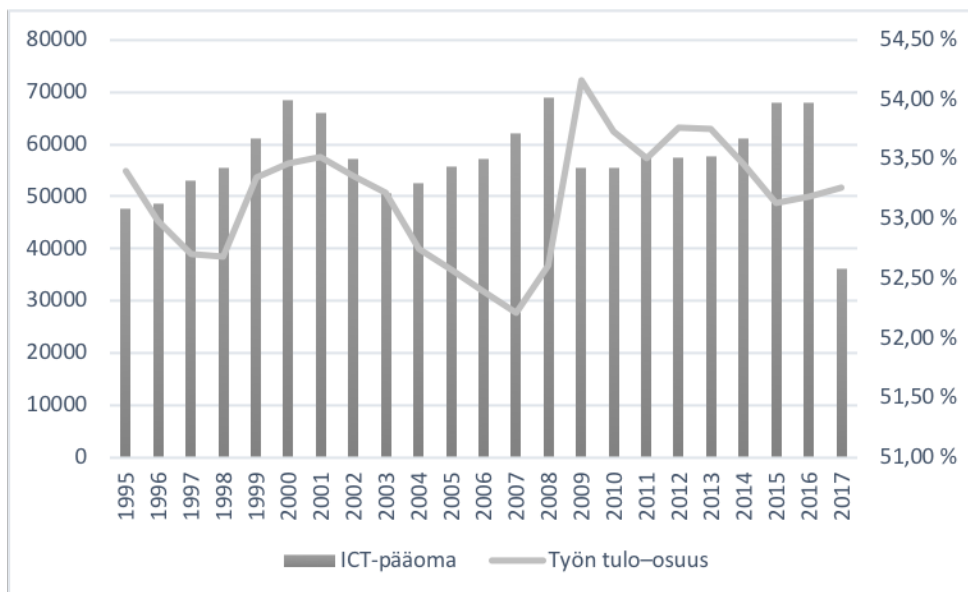
Taulukko 1 Aikaisempia tutkimuksia

## 5 AINEISTO JA MENETELMÄ

Tutkimuksen empiirinen osio keskittyy tutkimaan EU15 maiden työn tulo-osuuden muutoksia ja pyrkii vastaamaan kysymykseen, kuinka teknologian kehitys on yhteydessä työn tulo-osuuteen eri toimialoilla. Tutkimuksen kohteeksi valikoitui juuri EU15 maat, sillä vertailuun haluttiin saada mahdollisimman paljon suhteellisen samanlaisia talouksia. Eri toimialojen välisiä eroja työn tulo-osuuden muutoksissa on mahdollista tutkia teoriapohjaa vasten.

EU15 maihin luetaan EU:n jäsenvaltiot ennen kymmenen uuden jäsenvaltion hyväksymistä 1.5.2004. Nämä 15 maata ovat Itävalta, Belgia, Tanska, Suomi, Ranska, Saksa, Kreikka, Irlanti, Italia, Luxemburg, Alankomaat, Portugali, Espanja, Ruotsi sekä Iso-Britannia. Kulttuuriset, maantieteelliset sekä poliittiset erot ovat Euroopan sisällä huomattavia ja vaikuttavat valtioiden sisällä talouden toimintaan.

Kuviossa 6 on esitetty EU15 maiden aggregaattitason työn tulo-osuuden kehitys vuodesta 1995 vuoteen 2017 sekä ICT-pääoman määrä. Kuten kuviosta huomataan, on aggregaattitason työn tulo-osuus pysynyt tarkastelujakson aikana suhteellisen vakaana, sillä muutokset ovat olleet suurimmillaan prosenttiyksikön suuruisia suuntaansa. Tarkasteluajanjakson aikana teknologia on ottanut suuria edistysaskelia. Yleiskäyttöinen teknologia on muuttanut ihmisten arkea huomattavasti ja tuotantoteknologioissa on saatu aikaiseksi huomattavia parannuksia. ICT-pääoman määrä ei kuitenkaan ole kasvanut tasaisesti, vaan välillä sen määrä on tullut jopa alaspäin. Tämä johtuu siitä, että ICT-pääomaa mitataan aineistossa ICT-pääoman rahallisella arvolla ja vuosittaiset poistot sekä arvonalenemiset laskevat tätä summaa. Kuviosta voidaan kuitenkin todeta näiden kahden muuttujan yhteydestä, että selvää korrelaatiota ei ole havaittavissa. Se, että aggregaattitason työn tulo-osuus on pysynyt näinkin vakaana, ei kuitenkaan kerro välttämättä koko tarinaa muutoksista, jotka tapahtuvat maiden ja toimialojen sisällä.



Kuvio 6 EU15 työn tulo-osuus ja ICT-pääoman määrä 1995-2017 (EUKLEMS)  
Oikealla ICT-pääoman määrä, vasemmalla työn tulo-osuus

Kuten aiemmin esiteltiin, luova tuho vaikuttaa jatkuvasti toimialojen välillä ja sisällä saaden aikaiseksi resurssien uudelleenallokaatiota sinne, missä ne ovat tehokkaimmasta käytössä. Tässä tutkimuksessa tarkastellaan Shift-Share analyysin avulla toimialojen sisäisten ja välisten liikkeiden dynamiikkaa. Mielenkiintoista onkin, onko toisilla toimialoilla tapahtunut kasvu toteutunut jonkin toisen toimialan kustannuksella.

## 5.1 Aineisto

Empiirisessä tutkimuksessa käytetty aineisto on peräisin Euroopan komission rahoittaman Wienin Kansainvälisen taloustieteellisen tutkimuksen instituutin ylläpitämästä EUKLEMS tietokannasta. EUKLEMS tietokannasta on hyödynnetty kansallisia tilinpäätöstietoja EU15-maiden ja eri toimialojen bruttoarvonlisäyksen kehityksestä (GVA) sekä näiden toimialojen työntekijöiden kompensatioista (Compensation of employees) nykyhetken hinnoissa ilmoitettuna vuosilta 1995-2017. Kompensatit sisältävät työntekijöille maksetut palkat sekä muut luontaisedut. Tutkimuksessa teknologian kehitystä kuvaamaan valittiin ICT-pääoman määrä kullakin toimialalla. Aineisto on haettu EUKLEMS tietokannan pääoman koostumuksen muodostumista kuvaavasta taulukosta (Capital Input, GFCF, Communications equipment) kullekin vuodelle ja toimialalle. Tutkimuksessa päädyttiin käyttämään nimenomaan ICT-pääoman määrää mittarina teknologian kehitykselle, koska aineisto on sen osalta vertailukelpoista. EU15-maista Kreikan, Irlannin sekä Portugalin osalta ICT-pääoman määrää kuvaavaa aineistoa ei ollut saatavilla, jonka takia nämä maat ovat jätetty pois tarkastelusta.

Toimialat jaotellaan EU:n virallisella NACE toimialaluokituksella. Shift-Share analyysissä kaikkia toimialoja on käsitelty yksittäisinä toimialoina pääalatasolla ja mukana on toimialat A-S.. Regressionanalyysia varten joitakin toimialoja on yhdistelty ja tarkastelusta on jätetty pois muut palvelualat aineiston saatavuuden vuoksi. Tarkka kuvaus toimialoista sekä niiden yhdistelyistä on avattu liitteessä 1. Regressioanalyysissä käytetty toimialajako on:

- 1) Maa-, metsä- ja kalatalous
- 2) Teollisuus (pl. Rakentaminen)
- 3) Rakentaminen
- 4) Kauppa; Kuljetus ja varastointi; Majoitus- ja ravitsemistoiminta
- 5) Informaatio ja viestintä
- 6) Rahoitus ja vakuutustoiminta
- 7) Kiinteistöalan toiminta
- 8) Ammatillinen, tieteellinen ja teknillinen toiminta
- 9) Julkishallinto; Koulutus; Terveys- ja sosiaalipalvelut

Valtioiden ja toimialojen työllisyystilastoihin liittyvä aineisto on poimittu Euroopan komission ylläpitämän Eurostatin tietokannasta. Eurostatin tehtävä on tuottaa tilastotietoa Euroopan unionin tutkimuskäyttöön. Työllisyyteen liittyvät aineistot koskevat kunkin tarkastellun valtion ja toimialan työllisten määrää kunkin vuonna 1995-2017. (Eurostat, 2021).

Regressioanalyysissä toimialat jaetaan kahteen ryhmään teknologian tason mukaan. Jako matalan ja korkean teknologian toimialoihin tehdään tarkastelemalla toimialojen ICT-pääoman keskimääräistä määrää tutkimusajanjaksolla. Toimialojen ICT-pääoman määrästä lasketaan keskiarvo summaamalla toimialan ICT-pääoman määrä vuonna 1995 sekä vuonna 2017 ja ottamalla tästä yksinkertainen keskiarvo sekä vertaamalla näitä lukuja toimialan vastaavana ajanjaksona tuottaman arvonlisäyksen arvoon. Korkean teknologian toimialoihin valikoitui viisi toimialaa, kun taas matalan teknologian toimialoihin valikoitui neljä toimialaa. Matalan teknologian toimialoja tutkimuksessa ovat; maa-, metsä- ja kalatalous, rakentaminen, kiinteistöalan toiminta sekä ammatillinen, tieteellinen ja teknillinen toiminta. Korkean teknologian toimialoja sen sijaan ovat teollisuus (pl. rakentaminen), informaatio ja viestintä, rahoitus ja vakuutustoiminta, kauppa; kuljetus ja varastointi; majoitus- ja ravitsemistoiminta, sekä julkishallinto; koulutus; terveys- ja sosiaalipalvelut.

## 5.2 Menetelmät

Työn tulo-osuuden muutoksien kuvaamiseen käytetään tässä tutkimuksessa Shift-Share dekomponointia, jossa toimialan sisäisen ja toimialojen välisen työn tulo-osuuden vaihtelun tarkasteluiden avulla pystytään selvittämään tarkemmin toimialojen sisäisen ja välisen dynamiikan yhteyttä työn tulo-osuuteen.

Shift-Share analyysi on tässä mielessä vain deskriptiivinen metodi, joka havainnollistaa tutkittavaa muutosta. Teknologian kehityksen yhteyttä näihin muutoksiin pystytään tutkimaan regressioanalyysin avulla. Tässä tutkimuksessa hyödynnetään kiinteiden vaikutusten (fixed effects) regressiota paneeliaineistolle. Kiinteiden vaikutusten mallia hyödyntämällä on pyritty poistamaan ajassa muuttumattomien kiinteiden puuttuvien muuttujien harha. Kiinteiden vaikutusten regressio valittiin Hausmanin testin perusteella vaihtoehtoisesta satunnaisten vaikutusten (random effects) regressiosta, kun Hausmanin testin tulokset hylkäsivät nollahypoteesin. Käytännössä Hausmanin testi mittaa estimaattien välistä eroa. Nollahypoteesi on, että molemmat metodit ovat yhtä hyviä ja täten kertoimet ovat hyvin samankaltaisia. Vastakkainen hypoteesi sen sijaan on, että kiinteiden vaikutusten malli on käyttökelpoinen, mutta satunnaisten vaikutusten malli ei ole. Tällöin myös estimoiduissa kertoimissa voidaan olettaa olevan suurempia eroja. Satunnaisten vaikutusten mallin estimaattoriin sisältyy oletuksia, joita kiinteiden vaikutusten estimaattoriin ei sisälly. Jos nämä oletukset ovat virheellisiä niin satunnaisten vaikutusten malli ei ole tarkentuva ja täten se hylätään. Tässä tutkimuksessa tehtyjen satunnaisten ja kiinteiden vaikutusten mallien pohjalta tehtyjen Hausmanin testien tulokset osoittivat kaikki nollahypoteesin hylkäämistä, testisuureiden ollessa suuria ja tilastollisesti merkitseviä. Tämän takia tutkimuksessa keskitytään vain kiinteiden vaikutusten regression tuloksiin.

### 5.2.1 Regressiomalli

Empiirisessä osiossa regressioanalyysi mukailee Briguglion ja Vellan (2014) johdattamaa mallia. Malli pyrkii selittämään työvoiman kysyntää teknologian, palkkatason sekä aikaansaadun arvonlisäyksen kautta. Tuotantofunktio on muotoa:

$$Y_{it} = T_{it}^{\chi} [bL_{it}^{-\rho} + (1 - b)K_{it}^{-\rho}]^{-v/\rho}, \quad (19)$$

jossa  $Y_{it}$  on tuotantopanosten ( $L, K$ ) aikaansaama arvonlisäys,  $i$  tarkoittaa toimialaa ja saa arvoja  $1, 2, \dots, n$ .  $t$  viittaa eri periodeihin ja saa arvoja  $1, 2, \dots, n$ .  $T_{it}^{\chi}$  sisältää toimialojen väliset muutokset tuotantofunktioissa teknologian määrän vaihdellessa niiden välillä (eli siis  $T_{it}^{\chi}$  sisältää kaikki muut tuotantoon vaikuttavat tekijät, paitsi pääoman ja työn). Aikasarjadataassa aikatrendiä kuvataan eksponentilla  $e^{rt}$ , jossa  $r$  on teknologian aikaansaama  $Y_i$ :n kasvuaste, kun palkka ja tuotos pidetään vakioina. Eksponentti  $\chi$  pitää sisällään eri maiden väliset erot teknologiassa. Kertoimet:  $b$  on yhteydessä tulonjakoon,  $\rho$  on yhteydessä substituoitavuuteen  $\rho$ , joka on  $1/1+p$ ,  $v$  on homogeenisyys parametri, joka mittaa skaalautuvuuden astetta.

Työn kysyntä voidaan johtaa ensin määrittelemällä rajatuottavuusehto ja olettaen, että työn rajatuottavuus vastaa palkkatasoa  $W$ :

$$MP_L = \frac{\partial Y_{it}}{\partial L_{it}} = W \quad (20)$$

Sisällyttämällä tämä ehto funktioon (19), saadaan:

$$\frac{\partial Y_{it}}{\partial L_{it}} = vb T_{it}^{\chi(-\frac{p}{v})} L_{it}^{-(1+p)} Y_{it}^{(1+p/v)} \quad (21)$$

Nyt yhdistämällä yhtälöt (20) ja (21) keskenään ja ilmaisemalla ne logaritmuodossa, saadaan seuraava yhtälö:

$$\ln L_{it} = \sigma \cdot \ln(vb) - \sigma \cdot \ln W_{it} + [1 + \sigma(v - 1)]/v \cdot \ln Y_{it} - \frac{1-\sigma}{v} \cdot \chi \ln T_{it}, \quad (22)$$

jossa  $\sigma = 1/(1 + p)$ , joka on siis työn ja pääoman välinen substituutiojousto. Estimointia varten edellinen voidaan ilmaista:

$$\ln L_{it} = a_0 + a_1 \ln T_{it} + a_2 \ln W_{it} + a_3 \ln Y_{it}, \quad (23)$$

jossa siis työn kysyntä-muuttuja  $L$  kuvaa tehtyjä tunteja, teknologiamuuttuja  $T$  merkitsee ICT-pääoman määrää, palkkamuuttuja  $W$  merkitsee palkkatasoa ja tuotantomuuttuja  $Y$  merkitsee tuotetun arvonlisäyksen määrää. Muuttujien kertoimia tulkitaan seuraavasti;

$a_1$  = teknologisten erojen yhteys työn kysyntään, oletettavasti negatiivinen

$a_2 = -\sigma$ , eli substituutiojousto negatiivisella merkillä - mittaa sitä, kuinka työn kysyntä reagoi muutoksiin palkassa

$a_3$  = työn kysynnän joustavuus arvonlisäyksen suhteen

## 5.2.2 Shift-Share dekomponointi

Tutkimuksen aiheena on työn tulo-osuuden muutokset teknologian kehityksen seurauksena eri toimialoilla. Selitettävä muuttuja on tässä tapauksessa työn tulo-osuus. Työn tulo-osuuden muutoksia voidaan tarkastella tarkemmin Shift-Share dekomponoinnin avulla, jossa oleellista on työpanososuuden muutosten tarkastelu *between* ja *within* komponenttien kautta. Shift-Share dekomponointia voidaan käyttää deskriptiivisenä metodina, muuttaen työpanososuuden aggregaattitason muutokset  $\Delta\lambda$  toimialan sisäisiin (*within*) ja toimialojen välisiin (*between*) muutoksiin. Elsby ym. (2013) mukailten;

$$\Delta\lambda = \sum_i \tilde{\omega}_i \Delta\lambda_i + \sum_i \Delta\omega_i \tilde{\lambda}_i \quad (24)$$

Jossa yhtälön ensimmäinen osa,  $\sum_i \tilde{\omega}_i \Delta\lambda_i$ , on toimialan sisäinen muutos, eli Shift-komponentti ja  $\sum_i \Delta\omega_i \tilde{\lambda}_i$  on toimialojen välinen, Share-komponentti.  $\tilde{\omega}_i$  ilmaisee toimialan  $i$  keskimääräistä osuutta bruttoarvonlisäyksestä tarkasteluperiodien välillä.  $\Delta\lambda_i$  on työn tulo-osuuden muutos toimialalla  $i$ .  $\Delta\omega_i$  kuvaa vastaavasti

toimialan  $i$  osuuden muutosta arvonlisäyksestä ja  $\tilde{\lambda}_i$  kuvaa toimialan keskimääräistä työn tulo-osuutta toimialan arvonlisäyksestä tarkasteluperiodien välillä.

### 5.3 Muuttujat

Regressioanalyysissä työn kysyntää selitettävänä muuttujana on käytetty tehtyjä työtunteja. Ilmiötä selitettävänä muuttujina tutkimuksessa käytetään teknologiaa, palkkaa sekä tuotannon tasoa. Työn kysyntää kuvaava muuttuja on laskettu käyttämällä kunkin toimialan vuosittaista työntekijöiden määrää. Eurostat-tietokannasta poimittu aineisto kuvaa kunkin toimialan vuosittaisten työntekijöiden keskiarvoa. Regressioanalyysissä työtä on kuvattu tehtyjen työtuntien määrällä, joka merkitään mallissa  $L$ . Tehdyt työtunnit on laskettu kertomalla kunkin toimialan  $i$  työllisyys vuonna  $t$  kunkin valtion keskimääräisillä tehdyillä tunneilla. Tehdyt tunnit on laskettu viikkotasolla ja niitä ei ole saatavilla toimialatasolla laskettuina. Tämä saattaa aiheuttaa harhaa tuloksiin mikäli eri toimialoilla tehtyjen työtuntien määrä eroaa huomattavasti keskimääräisistä työtunneista.

Teknologian kehitystä on työssä kuvattu ICT-pääoman määrällä. ICT-pääoman määrä kuvaa hyvin tällä hetkellä uusimman teknologian kehitystä ja hyödynnettävyyttä tuotannossa. Tutkimusjaksolla juuri ICT-teknologia on kehittynyt valtavasti. Aineistossa muuttujaa kuvaa EUKLEMS tietokannasta poimittu, pääoman muodostumista kuvaava aineisto. Aineistossa kunkin toimialan ICT-pääoman määrä on ilmoitettu miljoonissa euroissa nykyhinnoissa, poistojen jälkeen. Kuviossa 6 on esitetty ICT-pääoman kehitys kaikilla tutkimuksessa mukana olleilla toimialoilla tutkimusajanjaksolla 1995–2017. Kuviosta huomataan, että määrä ei kasva vuosi vuodelta vaan myös pienenee. Tämä johtuu tilinpäätöstietojen ICT-pääoman osalta tehdyistä poistoista.

Shift-Share analyysia varten työn tulo-osuus on laskettu kullekin toimialalle erikseen EUKLEMS tietokannasta poimitusta aineistosta. Työn tulo-osuus on laskettu jakamalla kunkin toimialan vuosittain maksamat palkat  $W$  toimialan sen vuoden aikaansaamalla kokonaisarvonlisäyksellä  $Y$ . Täten eri vuosien välisestä vertailusta selviää näiden muuttujien suhteen muutos. Arvonlisäyksen arvona on käytetty kunkin toimialan vuosittaista bruttoarvonlisäystä miljoonissa euroissa. Palkkojen arvo on ilmoitettu sekin kullekin toimialalle miljoonissa euroissa bruttona. Palkkojen arvo pitää sisällään kaikki työnantajan työntekijälle maksamat palkkiot. Alla olevasta taulukosta 2 selviää aineistosta lasketut tunnusluvut. Siitä nähdään, että toimialojen välillä on suuriakin eroja kaikkine muuttujien osalta. Minimiarvojen ja maksimiarvojen ero on huomattavan iso. Poikkeavista ääriarvoista ei kuitenkaan ole kyse, vaan aineiston varianssi on vain suuri. Muuttujien toimialakohtaiset tunnusluvut on avattu tarkemmin liitessä 2.

MUUTTUJA	N	KESKIARVO	MIN	MAX
----------	---	-----------	-----	-----

TYÖ	2236	42902,69	26,398	351540
PALKKATASO	2236	59032,35	2304,3	657314
ICT-PÄÄOMA	2236	564,43	247	17520
TUOTANTO	2236	110120,51	93,7	879393

Taulukko 2 Muuttujien tunnusluvut



## 6 TUTKIMUKSEN TULOKSET

Seuraavaksi esitellään tutkimuksen empiirisen osion tulokset. Ensiksi käydään läpi puulatun PNS- (Pienimmän Neliösumman menetelmä) sekä kiinteiden vaikutusten mallin tuloksia ja eri selittävien muuttujien yhteyttä tehtyihin työtunteihin sekä arvioidaan kahden eri regressiomallin selitysvoimaa. Tämän jälkeen käydään läpi Shift-Share analyysin tulokset ja tarkastellaan tätä kautta työn tuloosuudessa tapahtuneita muutoksia eri toimialoilla vuosina 1995-2017.

### 6.1 Yleistä

Tutkimuksessa halutaan tarkastella teknologian yhteyttä tehtyihin työtunteihin. Regressiomallissa muuttujien arvot on logaritmisoitu, tarkoittaen sitä, että regressiokertoimia tulkitaan prosentuaalisina muutoksina; esimerkiksi 1% muutos ICT-teknologian määrässä on yhteydessä  $a_1$  % muutokseen tehdyissä työtunneissa. Kiinteiden vaikutusten mallissa kunkin toimialan ja valtion yksilölliset ominaisuudet, jotka voivat vaikuttaa selitettävään muuttujiin, kontrolloidaan. Kiinteiden vaikutusten malli siis poistaa ajassa muuttumattomien ominaisuuksien vaikutuksen ja näin voidaan arvioida selittävien muuttujien selitysvoimaa selitettävän muuttujan vaihteluihin. Paneeliaineistoon käytettävä malli sopii hyvin ajan mittaan muuttuvien muuttujien yhteyksien tutkimiseen. Yksinkertaisuudessaan malli olettaa, että kaikki yksilölliset erot saadaan sisäistettyä vakio-termiin.

### 6.2 Puulatun PNS- sekä kiinteiden vaikutusten mallien tulokset

Seuraavaksi esitellään puulatun PNS- (jatkossa vain PNS) sekä kiinteiden vaikutusten regressiomallin tulokset. Ensin esitellään tutkimuksen perusmalli, eli tässä tapauksessa PNS-malli. Tämän jälkeen esitellään kiinteiden vaikutusten regressiomallilla estimoidut tulokset. PNS -mallin tulokset on esitelty taulukossa 3. PNS-regressiossa ei ole tehty toimialajaottelua teknologian suhteen vaan siinä tarkastellaan koko aineistoa yhtenä. Tämän tarkoituksena on toimia vertailuna myöhemmälle kiinteiden vaikutusten mallille. Jälkimmäisessä regressiossa tulokset on taulukoitu kahteen sarakkeeseen toimialojen teknologian tason mukaan. Muuttujien kertoimet on esitetty sarakkeissa ylempänä ja suluissa niiden alla on esitetty kertoimien keskivirheet. Kaikki kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä 1% merkitsevyystasolla.

Muuttujat	KERTOIMET
ICT-PÄÄ- OMA	-0,147*** (0,013)
PALKKA	0,699*** (0,026)
TUO- TANTO	0,113*** (0,030)
SELI- TYSASTE R <sup>2</sup>	0,5238
N	2236

Taulukko 3 PNS-mallin tulokset; selitettävät muuttuja tehdyt työtunnit

Merkitsevyystasot: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$ .  
Suluissa ilmoitettu kertoimen keskivirheet.

Taulukossa 3 on kuvattu PNS-mallin tulokset. Tässä regressiomallissa tarkastellaan koko aineistoa ja teknologiamuuttujan  $T$  yhteyttä työn kysyntään. Lisäksi selittävinä muuttujina on edellä esitellyt palkkataso  $W$  sekä arvonlisäyksen tason  $Y$ . Tulosten mukaan kymmenen prosentin kasvu teknologian määrässä on yhteydessä tehtyjen työtuntien 1,47% pienenemiseen, kaikkien muiden muuttujien pysyessä vakioina. Muuttujien kertoimet ovat tilastollisesti merkitseviä 1% merkitsevyystasolla. Mallin selitysaste  $R^2$  on varsin hyvä. Sen perusteella voidaan sanoa, että malli selittää yli 52% tehtyjen työtuntien vaihteluista. Tämän tuloksen mukaan teknologian määrän kasvu on yhteydessä tehtyjen työtuntien laskuun. Tämä indikoi, että teknologia toimisi työn substituuttina, mutta on huomioitava, että teknologiamuuttujan kerroin on verrattain pieni. Palkkamuuttujan kerroin saa tässä mallissa positiivisen arvon. Tämä viittaa siihen, että palkkatasolla ja tehdyillä työtunneilla olisi positiivinen yhteys. Yleisesti teoriassa voidaan olettaa, että palkan kasvaessa työn kysynnän voidaan olettaa pienenevän, joten tämä tulos on teorian vastainen.

Arvonlisäyksen määrää kuvaavan muuttujan  $Y$  kerroin saa mallissa arvon 0,113, viitaten siihen, että kun toimialat laajenevat, niiden kustannukset per lopputuote alenevat. Muuttujan  $Y$  kerroin siis indikoi, että on olemassa jonkinasteisia kasvavia skaalaetuja, eli tuotantopanosten lisääminen kasvattaisi tuotantoa suhteessa enemmän kuin mitä panosten lisäys. Tämä malli ei kuitenkaan huomio havaitsemattomia kiinteitä vaikutuksia, jotka on huomioitu seuraavassa mallissa.

Muuttujat	KORKEAN TEKNOLOGIAN TOIMIALAT	MATALAN TEKNOLOGIAN TOIMIALAT
ICT-PÄÄ- OMA	-0,151*** (0,022)	-0,099*** (0,023)
PALKKA	-0.673*** (0,154)	-0.896*** (0,030)
TUO- TANTO	1,556*** (0,165)	0,106*** (0,038)
SELI- TYSASTE R <sup>2</sup>	0,5192	0,6258
N	1212	1024

Taulukko 4 Kiinteiden vaikutusten mallin kertoimet; selitettävä muuttuja tehdyt työtunnit

Merkitsevyystasot: \* $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$ .  
Suluissa ilmoitettu kertoimen keskivirheet.

Taulukossa 4 on kuvattu regressionanalyysin tulokset kiinteiden vaikutusten mallia käyttäen. Tulosten mukaan kymmenen prosentin kasvu teknologian määrässä on yhteydessä tehtyjen työtuntien 1,51% laskuun korkean teknologian toimialoilla ja 0,99% matalan teknologian toimialoilla. Tulokset ovat tilastollisesti merkitseviä 1% merkitsevyystasolla. Mallien selitysasteet ovat varsin hyvät; korkean teknologian toimialoilla malli selittää noin 52% tehtyjen työtuntien vaihteluista ja matalan teknologian toimialoilla malli selittää jopa 62,6%. Tämän tuloksen mukaan teknologian määrällä olisi negatiivinen yhteys työn kysyntään.

Taulukon 4 tulosten mukaan teknologialla näyttää edelleen olevan negatiivinen yhteys tehtyihin työtunteihin ja palkkamuuttujankin kerroin on tässä mallissa negatiivinen viitaten siihen, että palkkojen nousu olisi yhteydessä tehtyjen työtuntien vähenemiseen. Aiemmin mallia käsittelevässä kappaleessa esitettiin, että palkkamuuttujan  $W$  kerroin  $a_2$  on tulkinnaltaan substituutiojousto negatiivisella merkillä. Tässä mallissa substituutiojousto saisi siis arvoja alle yhden; korkean teknologian toimialoilla 0,673 ja matalan teknologian toimialoilla 0,896. Arvonlisäysmuuttujan kerroin vastaa mallissa tehtyjen työtuntien joustavuutta arvonlisäyksen suhteen. Korkean teknologian toimialoilla työn kysyntäjousto suhteessa arvonlisäykseen on yli yhden, 1,556, eli kysyntä olisi tämän mallin mukaan joustavaa. Matalan teknologian toimialoilla sen sijaan jousto on alle yhden, 0,106, joka

indikoi että tehtyjen työtuntien jousto arvonlisäyksen suhteen olisi joustamattomaa. Korkean teknologian toimialoilla tehdyt työtunnit siis kasvaisivat herkemmin arvonlisäyksen lisääntyessä. Matalan teknologian toimialoilla arvonlisäyksen kasvu ei ole juurikaan yhteydessä tehtyjen työtuntien kehitykseen. Tässä mallissa teknologiamuuttuja saa negatiivisia, mutta pieniä arvoja kummassakin tilanteessa.

Kahden eri regressiomallin tulosten tarkastelun jälkeen voidaan todeta, että ICT-teknologian määrällä ei näytä olevan suurta yhteyttä tehtyihin työtunteihin EU15-maissa. Kaikki estimoidut teknologiamuuttujan kertoimet ovat tilastollisesti erittäin merkitseviä. Kaikkien kertoimien valossa näyttää siltä, että yhteys on kuitenkin negatiivinen. Mallien selitysasteet ovat varsin korkeita, mutta matalan teknologian toimialoilla malli selittää 10% tehtyjen työtuntien vaihteluista, kuin korkean teknologian toimialoilla. Mallien tulokset ovat samansuuntaisia aikaisemman kirjallisuuden kanssa, mutta yhteyksien suuruudessa on eroja. Mallin tulosten mukaan, ICT-pääoman kasvu korkean teknologian toimialoilla olisi yhteydessä suurempaan tehtyjen työtuntien laskuun, kuin matalan teknologian toimialoilla. Nämä tulokset viittaavat siihen, että teknologian kehityksellä ei vaikuta olevan suurta yhteyttä työn kysyntään aggregaattitasolla. Työntekijöiden jakaminen työtehtävien ominaisuuksien mukaan ja tarkempi toimialatarkastelu saattaisi paljastaa suurempia yhteyksiä muuttujien välillä.

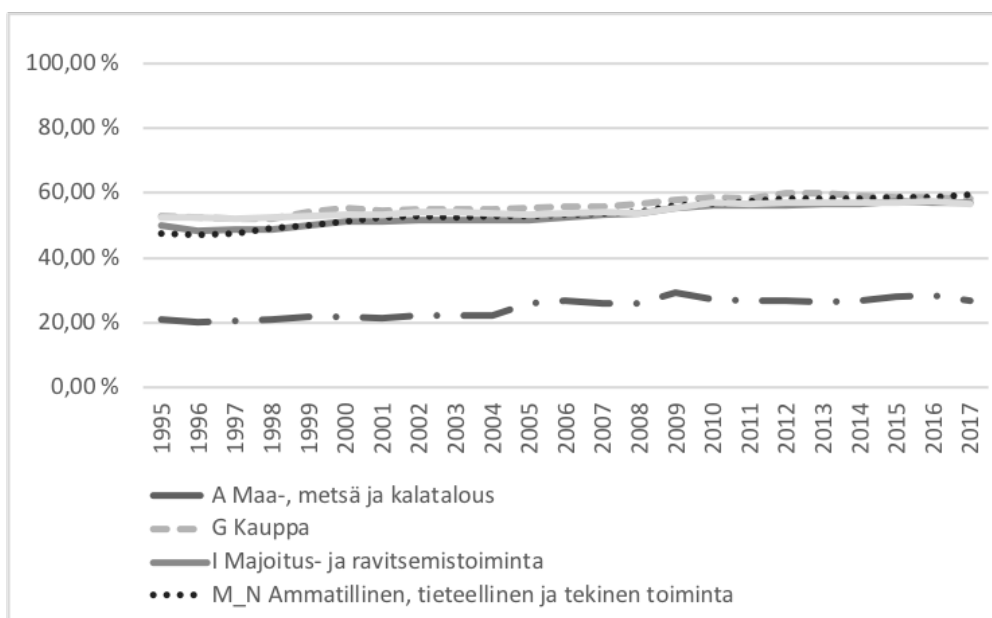
### 6.3 Shift-Share analyysi

Taulukossa 3 on esitelty Shift-Share analyysin tulokset EU15-maiden osalta, vuosilta 1995-2017. Shift-Share analyysissä aggregaattitason työn tulo-osuuden muutos saadaan toimialoittaisten hajotelmien summasta. Dekomponoinnin mukaan aggregaattitasolla työn tulo-osuus on pudonnut 0,15% tällä ajanjaksolla. Työn tulo-osuus on laskenut eniten teollisuuden ja rakentamisen aloilla, kun taas eniten kasvua työn tulo-osuudessa on havaittu terveyst- ja sosiaalipalveluiden sekä ammatillisen, tieteellisen ja teknisen toiminnan aloilla.

Toimiala	Toimialan osuus bruttoarvonlisäyksestä 1995-2017	Palkansaajakorvaukset bruttoarvonlisäyksestä toimialalla 1995-2017	Palkkojen osuuden muutos toimialan:		Aggregaatti palkan osuuden muutos
	Muutos	Muutos (%-yks.)	Sisällä (Within)	Välillä (Between)	Aggregaatti
TOT_IND Kaikki toimialat (A-S)		-0,15 %			
A Maa-, metsä ja kalatalous	-0,90 %	5,86 %	0,11 %	-0,21 %	-0,10 %
B Kaivostoiminta ja louhinta	-0,39 %	1,52 %	0,01 %	-0,13 %	-0,12 %
C Teollisuus	-3,60 %	-6,55 %	-1,17 %	-2,09 %	-3,26 %
D Sähkö, kaasu, höyry ja ilmastointi	-0,24 %	-5,17 %	-0,10 %	-0,08 %	-0,17 %
E Vesi- ja jätehuolto	0,14 %	0,91 %	0,01 %	0,06 %	0,07 %
F Rakentaminen	-0,77 %	-7,33 %	-0,42 %	-0,45 %	-0,86 %
G Kauppa	-0,72 %	5,54 %	0,63 %	-0,40 %	0,23 %
H Kuljetus ja varastointi	0,03 %	-7,89 %	-0,37 %	0,02 %	-0,35 %
I Majoitus- ja ravitsemistoiminta	0,56 %	7,43 %	0,21 %	0,30 %	0,51 %
J Informaatio ja viestintä	1,03 %	2,33 %	0,11 %	0,54 %	0,65 %
K Rahoitus ja vakuutus toiminta	-0,11 %	-4,62 %	-0,23 %	-0,06 %	-0,29 %
L Kiinteistöalan toiminta	1,14 %	0,08 %	0,01 %	0,05 %	0,06 %
M_N Ammatillinen, tieteellinen ja tekninen toiminta	2,74 %	11,96 %	1,20 %	1,47 %	2,67 %
O Julkishallinto	-0,72 %	-0,79 %	-0,05 %	-0,54 %	-0,60 %
P Koulutus	0,13 %	-1,94 %	-0,10 %	0,11 %	0,01 %
Q Terveys- ja sosiaalipalvelut	1,43 %	2,21 %	0,15 %	1,07 %	1,23 %
R Taide, viihde ja virkistys	0,29 %	-0,85 %	-0,01 %	0,16 %	0,15 %
S Muut palvelut	-0,05 %	3,99 %	0,07 %	-0,03 %	0,05 %
Kokonaismuutos		6,54 %	0,06 %	-0,20 %	-0,15 %

Taulukko 5 Shift-Share analyysi (EU KLEMS, omat laskelmat)

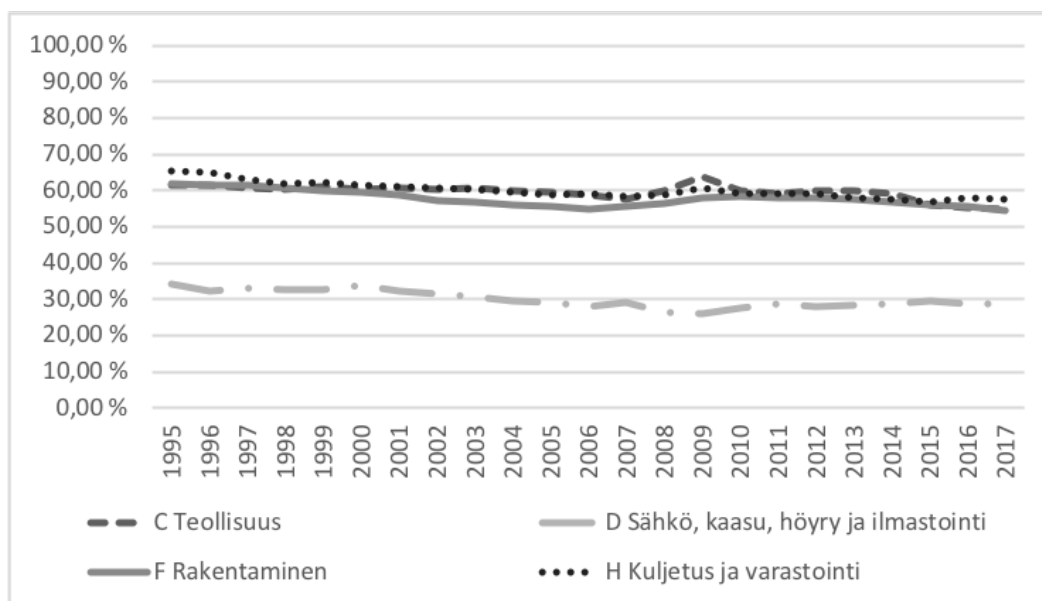
Selvää kasvua työn tulo-osuudessa on tapahtunut maa-, metsä ja kalatalouden, kaupan, majoitus- ja ravitsemustoiminnan sekä ammatillisen, tieteellisen ja teknisen toiminnan aloilla. Taulukossa 3 on kuvattu näiden alojen kehitys tarkaste- luajanjaksolla. Kasvu on ollut kullakin edellä mainituista toimialoista tasaista.



Kuvio 7 Työn tulo-osuuden kasvun toimialat EU15 maissa (EUKLEMS, omat laskelmat)

Suurin kasvu on tapahtunut ammatillisen, tieteellisen ja teknisen toiminnan aloilla, jossa kasvua vuodesta 1995 vuoteen 2017 on tullut keskimäärin jopa

11,96%. Majoitus- ja ravitsemustoiminnan osalta kasvua on tapahtunut 7,43 prosenttiyksikköä. Maa-, metsä- ja kalatalouden sekä kaupan aloilla kasvua on tapahtunut keskimäärin vähän yli viisi prosenttiyksikköä. Kuviossa 7 on laskettu mukaan kaikki EU15-maat ja kaikki niissä näillä toimialoilla toimivat yritykset, joten on mahdollista, että toisissa maissa kasvu on ollut suurempaa ja toisissa maissa on tapahtunut jopa laskua näiden toimialojen kohdalla. Tämän tason tarkastelu luo kuitenkin hyvän yleiskäsityksen tutkittavasta ilmiöstä.



Kuvio 8 Työn tulo-osuuden laskun toimialat EU15-maissa (EUKLEMS, omat laskelmat)

Kuviossa 8 on vastaavasti esitelty toimialat, joilla työn tulo-osuuden lasku on ollut suurinta tarkastelujaksolla. Selvästi suurinta lasku on ollut kuljetuksen ja varastoinnin sekä rakentamisen aloilla – keskimäärin yli seitsemän prosenttiyksikköä vuodesta 1995 vuoteen 2017. Teollisuuden aloilla työn tulo-osuus on laskenut keskimäärin 6,55 prosenttiyksikköä ja sähkön, kaasun, höyryn ja ilmastoinnin toimialoilla keskimäärin 5,17 prosenttiyksikköä. Näillä toimialoilla lasku on ollut tasaista, lukuun ottamatta pientä nytkähdystä laskukäyrässä vuoden 2008 talouskriisin jälkeen. Talouskriisi näyttää nostaneen työn tulo-osuutta äkisti muun muassa teollisuuden, vesi- ja jätehuollon sekä maa-, metsä- ja kalatalouden toimialoilla. Vaikka taloudellisen taantuman aikana työllisyystilanne pääsääntöisesti heikkenee, työn tuottavuudessa voi tapahtua yllättävää kasvua.

## 7 JOHTOPÄÄTÖKSET JA ARVIOINTI

Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää, millainen yhteys teknologian kehityksellä sekä työn tulo-osuudella on. Teoriaosuudessa luotiin kattava kuvaus eri tekijöihin ja teorioihin, jotka voivat vaikuttaa yritysten sisällä sekä makrotasolla työn tulo-osuuteen ja työn kysyntään. Esitely aikaisempi tutkimuskirjallisuus avasi eri lähtökohtia työn tulo-osuuden tutkimukseen sekä eri tutkimusmetodeilla saatuja tuloksia. Teknologian kehityksen yhteyttä työn kysyntään ja työn tulo-osuuteen tarkasteltiin teoreettisesti Acemoglun ja Restrepon (2019) mallin avulla ja luotiin kuva siihen, miten automatisaatio vaikuttaa työtehtävien dynamiikkaan. Tärkeää oli huomata, että teknologian kehittyessä yhä useammat tehtävät ovat automatisoituvissa, mutta uusia työtehtäviä myös syntyy.

Yleisesti työn tulo-osuudessa on todettu olevan laskua globaalilla tasolla. Teknologian kehityksen yhteys työn tulo-osuuden laskuun tuntuu kuitenkin vaihtelevan tutkittavan alueen sekä toimialan mukaan. Tutkimuskirjallisuudessa on havaittu, että teknologian kehitys toimii helpommin substituuttina rutiini-intensiiviselle työlle. Mielenkiintoista olisikin tutkia eri toimialoja sen perusteella, paljonko niiden työtehtävät sisältävät rutiinitehtäviksi luokiteltavia työtehtäviä. Tämän tutkiminen vaatisi kuitenkin ensin ammattien työtehtävien tutkimisen ja ammattien yhdistämisen toimialoihin.

Mm. Karabarounis ja Neiman (2013) esittävät, että globaaliin työn tulo-osuuden laskuun on vaikuttanut eniten teknologian kehityksen aiheuttama suhteellisten investointihintojen lasku. Suhteellisten investointihintojen aleneminen on mahdollistanut pääoman käytön kasvun tuotannossa. Tämän kaltainen kehitys on saattanut olla yhteydessä niin kutsutun winner takes most-dynamiikan taustalla, jossa toimialojen kasvu keskittyy vain muutama yritykseen. Tällaisen dynamiikan ominaispiirteisiin kuuluu, että nämä muutama yritys pystyvät investoinneillaan pääomavaltaistamaan omaa tuotantoaan ja tätä kautta myös koko toimialan työn tulo-osuus laskee. (Autor ym., 2020).

Empiirisessä osiossa hyödynnettiin Eurostatin sekä EUKLEMSin aineistoja teknologian kehityksen yhteyden estimointiin. Tämän tutkimuksen tulosten valossa näyttää siltä, että aggregaattitason työn tulo-osuus ei EU15-maissa ole vuosina 1995-2017 pienentynyt eikä teknologian kehitys ole vaikuttanut muutoksiin radikaalisti. Näihin tuloksiin tulee tosin suhtautua tietyllä varauksella, mahdollisen muuttujien harhaisuuden osalta. Lisäksi tulee huomioida, että tehdyt työtunnit eivät ole täysin yhteydessä työn tulo-osuuteen. Kuitenkin voidaan todeta, että politiikalla ei tulisi mielestäni ainakaan jarruttaa teknologista kehitystä siinä pelossa, että se söisi työn kysyntää tai ihmisten palkkoja. Shift-Share analyysi paljasti, että työn tulo-osuuden pieneneminen toisilla toimialoilla on kompensoitunut toisilla. Tämä tulos viittaa siihen, että vaikka työpaikkoja toisaalla katoaa, niin niitä myös syntyy aivan uusia. Innovaatiot ja teknologian kehitys ovat tärkeä osa talouden elinvoimaisuutta. Poliitiikkatoimialla tätä kehitystä voidaan

helpottaa tekemällä työvoiman liikkuvuuden kitkatekijöistä mahdollisimman pieniä ja uudelleenkouluttautumisesta mahdollisimman helposti saavutettavaa.



## LÄHTEET

- Acemoglu, D. 2002. Directed Technical Change. *The Review of Economic Studies*, Vol. 69, No. 4, 781–809
- Acemoglu, D. 2003. Labor- and Capital-Augmenting Technical Change. *Journal of the European Economic Association*, Vol. 1, No. 1, 1–37.
- Acemoglu, D. & Autor, D. 2011. Skills, Tasks and Technologies: Implications for Employment and Earnings, *Handbook of Labour Economics*, Vol. 4b, 1043-1171
- Acemoglu, D. & Restrepo, P. 2019. Automation and New Tasks: How Technology Displaces and Reinstates Labour. *Journal of Economic Perspectives*, Vol. 33, No. 2, 3-30
- Aghion, P., Bergeaud, A., Boppart, T., Klenow, P.J. & Li, H. 2019. A Theory of Falling Growth and Rising Rents. Federal Reserve Bank of San Francisco Working Paper 2019–11.
- Aghion, P. & Howitt, P. 2009. *The Economics of Growth*. The MIT Press. Cambridge, Massachusetts, London, England.
- Arntz, M., Gregory, T. & Zierahn, U. 2016. The Risk of Automation for Jobs In OECD Countries: A Comparative Analysis, *OECD Social, Employment and Migration Papers*, No. 189 OECD Publishing, Paris
- Asplund, R., Barth, E., Lundborg, P. & Nilsen, K. 2011. Polarization of the Nordic Labour Markets, *Finnish Economics Papers*, Volume 24, 2/2011
- Asplund, R., Barth, E., Lundborg, P. & Nilsen, K. 2011. Challenges of Nordic Labour Markets: A Polarisation of Working Life? *Elinkeinoelämän Tutkimuslaitos*, Discussion Papers No. 1251
- Autor, D., Dorn, D., Katz, L. F., Patterson, C. & Van Reenen, J. 2020. The Fall of the Labour Share and the Rise of Superstar Firms, *Quarterly Journal of Economics*
- Autor, D., Levy, F. & Murnane, R. J. 2003. The Skill Content of Recent Technological Change: An Empirical Exploration, *Quarterly Journal of Economics*. 1279-1333
- Bakhshi, H., Oulton, N. & Thompson, J. 2003. Modelling Investment When Relative Prices Are Trending: Theory and Evidence of the United Kingdom. Bank of England, Working Paper No. 189

- Bentolila, S. & Gilles, S. 2003. Explaining Movements in the Labour Share. Contributions to Macroeconomics 3, No. 1.
- Briguglio, L. & Vella, M. 2014. Technological Advance, The Labour Share of National Income and Income Equality in The EU. Department of Economics, University of Malta.
- Brougher, J. & Thierer, A. 2003 Technological Innovation and Economic Growth: A Brief Report on the Evidence. Mercatus Research, Mercatus Center at George Mason University, Arlington, VA.
- Böckerman, P. 2001. Schumpeter ja "luova tuho". Kansantalouden aikakauskirja, 1/2001. 74-82
- Cette, G., Koehl, L. & Philippon, T. 2019. Labour Shares in Some Advanced Economies, NBER Working Paper No. 26136, National Bureau of Economic Research
- Chirinko, R. S. 2008.  $\sigma$ : The Long and Short of it. Journal of Macroeconomics 30, 671-686
- Dimova, D. 2019. The Structural Determinants of the Labor Share in Europe, IMF Working Paper/19/67
- Elsby, J., Hobjin, B. & Sahin, A. 2013. The Decline of the U.S. Labor Share. Federal Reserve Bank of San Fransisco, Working Paper 2013-27
- EUKLEMS. 2021. Query data  
Haettu 15.3.2021: <https://euklems.eu/query/>
- Eurostat. 2021. EU15 Total Employment  
Haettu 15.3.2021: <http://appsso.eurostat.ec.europa.eu/nui/submitViewTableAction.do>
- Frey, C. & Osborne, M. 2013. The Future of Employment: How Susceptible Are Jobs to Computerisation?, Oxford Martin Programme on Technology and Employment, University of Oxford, 2013
- Goldin, C. & Katz, L. F. 1998. The Origins of Technology-Skill Complementarity. Quarterly Journal of Economics, 113 (3): 693-732
- Goos, M., Manning, M. & Salomons, A. 2009. Job Polarization in Europe. American Economic Review, 99(2):58-63

- Goos, M., Manning, M. & Salomons, A. 2014. Explaining job polarization: Routine-Biased technological change and offshoring. *American Economic Review*, 104(8), 2509-26
- Greenan, N. & Guellec, D. 2000. *Technological Innovation and Employment, Labour*, Wiley, 14 (4), 547-590
- Hyytinen, A. & Maliranta, M. 2013. Firm Lifecycles and Evolution of Industry Productivity. *Research Policy* 42(5): 1080-1098
- Karabarbounis, L. & Neiman, B. 2013. *The Global Decline of The Labor Share*. National Bureau of Economics Research, Working Paper No. 19136. 1050 Massachusetts Avenue, Cambridge
- Krusell, P., Ohanian, L. E., Rios-Rull, J. & Violante G. L. 2000. Capital-Skill Complementarity and Inequality: A Macroeconomic Analysis. *Econometrica*, Vol. 68, No. 5. 1029-1053
- Lachenmaier, S. & Rottmann, H. 2011. Effects of Innovation on Employment: A Dynamic Panel Analysis, *International Journal of Industrial Organization*, vol. 29, 210-220
- Maliranta, M. & Määttänen, N. 2018. Toimialojen kannattavuus, työpaikkavirrat ja luova tuho Suomen tehdasteollisuudessa. ETLA Muistio No 74.
- Nicholson, W. & Snyder, C. 2008. *Microeconomic Theory: Basic Principles and Extensions*, 10<sup>th</sup> Edition, 305-310, Thomson Higher Education 5191 Natorp Boulevard Mason, OH 45040 USA
- Peters, B., Dachs, B., Dünser, M., Hud, M., Köhler C. & Rammer, C. 2014. Firm growth, innovation, and the business cycle: Background report for the 2014 competitive report, ZEW - Leibniz Center for European Economic Research
- Peters, B. 2016. Innovation, skills and job creation. Science, Research and Innovation performance of the EU 2016. A contribution to the Open innovation Open Science, Open to the World agenda. European Commission, 276-219. Brussels: European Commission, DG Research and Innovation
- Tilastokeskus. 2020. Kansantalouden tilinpito  
<https://www.tilastokeskus.fi/static/media/uploads/tup/kantilinpito/>
- Sauramo, P. 2004. Funktionaalinen tulonjako Suomessa? Ollaanko tasapainossa? *Kansantaloudellinen aikakauskirja*, 1/2004, 33-49

- Sauramo, P. 2016. Tulopolitiikka, funktionaalinen tulonjako ja palkkamalitti Suomessa vuosina 1962–2014. *Kansantalouden aikakauskirja* 2/2016, 196-189
- Savela, O. 2017. Suhdanteet heiluttavat funktionaalista tulonjakoa. *Tilastokeskus*, 2017
- Schwellnus, C., Pak, M., Pionnier, P.A. & Crivellaro, E. 2018. Labour Share Development Over the Past Two Decades: The Role of Technological Progress, Globalisation and “Winner-Takes-Most” Dynamics. *OECD Economics Department Working Papers* No. 1503
- Südekum, J., Stiebale, J. & Woessner, N. 2020. Robots and the rise of European superstar manufacturers. *VoxEU*. Haettu: <https://voxeu.org/article/robots-and-rise-european-superstar-manufacturers>
- Van Reenen, J. 1997. Employment and Technological Innovation: Evidence from U.K. Manufacturing Firm. *Journal of Labour Economics*, 15, 255-84
- Violante, G. 2006. Skill-Biased Technigal Change, *The New Palgrave Dictionary of Economics*, 2<sup>nd</sup> Edition, New York University and CEPR
- Vivarelli, M. 2014. Innovation, Employment and Skills in Advanced and Developing Countries: A Survey of Economic Literature, *Journal of Economic Issues*, 48, 123-154

## LIITE

### Liite 1: NACE-toimialaluokitukset

A	Agriculture, forestry and fishing
B	Mining and quarrying (industry)
C	Total manufacturing
D	Electricity, gas, steam and air conditioning supply (industry)
E	Water supply; sewerage; waste management and remediation activities (industry)
F	Construction
G	Wholesale and retail trade; repair of motor vehicles and motorcycles
H	Transportation and storage
I	Accommodation and food service activities
J	Information and communication
K	Financial and insurance activities
L	Real estate activities
M_N	Professional, scientific, technical, administrative and support service activities
O	Public administration and defence; compulsory social security
P	Education
Q	Health and social work
R	Arts, entertainment and recreation
S	Other service activities

Tätä tutkimusta varten käytettiin toimialajakona yhdisteltyjä NACE-toimialoja:

1. A Agriculture, forestry and fishing
2. B-E Industry (except construction)
3. F Construction
4. G-I Wholesale and retail trade, transport, accommodation and food service activities
5. J Information and communication
6. K Financial and insurance activities
7. L Real estate activities
8. M\_N Professional, scientific and technical activities; administrative and support service activities
9. O-Q Public administration, defence, education, human health and social work activities

## Liite 2: Muuttujien tunnusluvut toimialatasolla

**ICT-pääoma**

Toimiala	Keskiarvo	Keskihajonta	Frekvenssi
1	19.85873	35.264727	258
2	1412.8242	3086.7982	275
3	53.353268	67.870745	258
4	723.83055	722.51889	261
5	1443.5234	1404.404	258
6	168.96805	224.98623	258
7	110.80425	374.2968	258
8	638.14094	909.56012	258
9	443.56417	481.96647	262
Kaikki	563.42694	1342.0643	2346

**Palkka**

Toimiala	Keskiarvo	Keskihajonta	Frekvenssi
1	4209.0931	4321.223	275
2	109665.26	104345.97	275
3	34441.819	30499.943	275
4	111008.36	93837.145	275
5	26188.442	25573.615	275
6	26472.438	21090.456	275
7	6220.0505	6782.6786	275
8	58314.919	57517.757	275
9	155120	138290.43	275
Kaikki	59071.154	1342.0643	2475

**Työtunnit**

Toimiala	Keskiarvo	Keskihajonta	Frekvenssi
1	16278.856	13571.797	276
2	81540.796	85357.514	276
3	35874.98	33215.586	276
4	125426.77	115918.81	276
5	14480.669	14490.621	276
6	14887.911	15162.636	276
7	5456.9669	5676.7599	276
8	59907.081	59516.209	276
9	33163.898	34623.294	276
Kaikki	43001.992	66316.559	2484



**Arvonlisäys**

Toimiala	Keskiarvo	Keskihajonta	Frekvenssi
1	17424.844	13743.083	275
2	210576.14	199567.93	275
3	57288.663	48365.392	275
4	191639.64	155015.44	275
5	50734.119	49728.673	275
6	51351.673	40983.627	275
7	108841.76	94873.096	275
8	102029.49	96796.206	275
9	200398.08	181600.25	275
Kaikki	110031.6	135330.15	2475