

Vihreä luova tuho ja talouden uudistumiskyky

6

Tiivistelmä

Vihreä luova tuho mahdollistaa sen, että siirtyminen kohti ympäristöystävällisempää kasvua on talouden ja toimialojen tasolla tarkasteltuna nopeampaa kuin mitä yksittäisten yritysten kyvystä siirtyä vihreämpien teknologioiden hyödyntäjäksi voisi päätellä.

Välttämätön ehto vihreälle luovalle tuholle on, että osa yrittäjistä ja yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan ympäristöystävällisiä ja tuottavuutta tehostavia innovaatioita. Lisäksi tarvitaan sitä, että markkinamekanismit toimivat eli että nämä yritykset onnistuvat paremman tuottavuutensa ansiosta syrjäyttämään menestyksekkäästi vähemmän ympäristöystävällisiä teknologioita hyödyntäviä kilpailijayrityksiä. Kun näin käy, talouden voimavarat ja tuotannontekijät kuten työ, pääoma, energiankäyttö ja raaka-aineet, kohdentuvat uudelleen kohti ympäristöystävällisempiä tuotannollisia toimintamalleja. Tämänkaltaisen vihreää luova tuho nopeuttaa toimialojen ja siten myös koko kansantalouden vihreää siirtymää.

Empiirisestä tarkastelustamme käy ilmi, että suomalaiset yritykset tekevät suhteessa ruotsalaisiin ja tanskalaisiin yrityksiin verrattain paljon ympäristöinnovaatioita. Verrattuna muihin innovaatioihin, ympäristöinnovaatiot näyttävät keskittyvän suhteellisesti enemmän suuriin yrityksiin ja Helsingin seudulle.

Ari Hyytinen

on Hankenin ja Helsinki GSE:n professori.

Mika Maliranta

on Työn ja talouden tutkimus LABOREn johtaja.

Veera Nippala

on Työn ja talouden tutkimus LABOREn tutkija.

Suosittelava lähdeviittaus tähän lukuun:

Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika ja Nippala, Veera (2024). *Vihreä luova tuho ja talouden uudistumiskyky*. Luku 6 (sivut 119–147) kirjassa **Hyytinen, Ari, Maliranta, Mika, Rouvinen, Petri ja Tahvanainen, Antti-Jussi (toim.) (2024).** *Vihreä kasvu*. Taloustieto Oy (osana Business Finlandin, Laboren ja VTT:n ForGrowth-hanketta). <https://ForGrowth.fi>

Johdanto

Ihmisten elintaso ja hyvinvointi ovat pitkällä aikavälillä tarkasteltuna vahvasti kytköksissä siihen, kuinka paljon tuotannollista pääomaa on käytettävissä ja kuinka tuottavuus kehittyy (Basu ym., 2022). Elintason nousu edellyttää joko sitä, että tuotannontekijöitä (voimavaroja) käytetään aiempaa enemmän tai sitä, että tuotannontekijöiden ja voimavarojen käyttö tehostuu. Tämä lähtötilanne on hyvin tiedossa, mutta se ei ole ongelmaton. Keskeinen kysymys on, miten toiveet hyvinvointiyhteiskuntien edellyttämästä talouskasvusta ja elintason noususta maailmanlaajuisesti sopivat yhteen sen välttämättömyyden kanssa, että ilmastonmuutos saadaan pysäytettyä ja talouskasvu kytkettyä irti ympäristökuormituksesta ja luonnonvarojen liikkäytöstä?

Tämä luku rakentuu ajatukselle, että vastaus edellä esitettyyn kysymykseen on, että tämä yhteensovittaminen edellyttää aikaisempaa selvästi vihreämpää talouskasvua. Emme väitä, että kykenisimme täsmällisesti kuvaamaan, mitä se tarkoittaa tai tarkalleen ottaen edellyttää. Sen lähtöolettan kuitenkin teemme, että kekseliäisyydellä ja luovuudella on oleellinen merkitys sille, kuinka vihreää talouskasvusta voi tulla. Vain oikeanlaiset innovaatiot voivat tehdä mahdolliseksi sen, mikä aiemmin on ollut mahdotonta ja siten luoda edellytyksiä aikaisempaa vihreämmälle talouskasvulle (Aghion ym., 2021; Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Esimerkiksi ympäristöinnovaatioiden avulla voidaan saada aikaan uusia tuotteita, tuotantoprosesseja ja menetelmiä, jotka vähentävät taloudelliseen toimintaan liittyviä ympäristöongelmia ja -riskejä, sekä auttavat siten kytkemään talouskasvun irti ympäristökuormituksesta ja luonnonvarojen liikkäytöstä.¹

Uusien, aikaisempaa ympäristöystävällisempien tuotteiden, tuotantoprosessien ja menetelmien käyttöönotto merkitsee, että niitä hyödyntävät yritykset kilpailevat paitsi keskenään myös niiden markkinoilla jo toimivien yritysten kanssa, joiden toiminta on vähemmän ympäristöystävällistä tai jopa suorastaan ympäristöä reilusti kuormittavaa ja luonnonvaroja kuluttavaa. Tästä syystä on syytä pohtia, missä määrin vihreämpi talouskasvu voisi perustua ns. vihreälle luovalle tuholle (*green creative destruction*). Tämä viittaa ajatukseen, että talouden kokonaistuottavuus voi kasvaa ja taloudesta voi tulla resurssitehokkaampi ja luontoystävällisempi kansantalouden, sektorin tai toimialan tasolla tarkasteltuna, mikäli tuotannontekijät (työ, pääoma, energiankäyttö

Missä määrin vihreä kasvu voi perustua vihreälle luovalle tuholle?

ja raaka-aineet) kohdentuvat uudelleen resurssitehottomista ja luontoa kuormittavista, alhaisen tuottavuuden tuotantoyksiköistä tuottavampiin ja samalla ympäristöystävällisempiin tuotantoyksiköihin.

Jotta aikaisempaa selvästi vihreämpää talouskasvua osattaisiin tukea tarkoituksenmukaisilla politiikkapäätöksillä ja -keinoilla, vihreä luova tuho täytyy ymmärtää oikein ja siihen vaikuttavat tekijät pitää pystyä tunnistamaan. Voimme ajatella, että vihreän siirtymän mahdollistamiseksi on tarpeen pohtia politiikkayhdistelmiä, jotka sisältävät

keinoja ja toimia, joilla sekä luodaan edellytyksiä ilmasto- ja luontoystävällisemmälle tuotantotoiminnalle että tietoisesti rasitetaan jo olemassa olevaa, mutta luontoa kuormittavaa tuotantotoimintaa. Tämänkaltaisia ajatuksia politiikkayhdistelmien tarpeesta ovat esittäneet sekä taloustieteilijät (ks. mm. Jaffe ym., 2005, Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019; Ahlvik & van den Bijgaart, 2024) että ympäristötutkijat (Kivimaa & Kern, 2016). Yksi keskeinen perustelu moniulotteisille politiikkayhdistelmille on se, että niiden avulla voidaan sekä vähentää esteitä, kuten teknologista polkuriippuvuutta (Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019) että lisätä kannusteita, jotka liittyvät yksityisen sektorin mahdollisuuksiin ja halukkuuteen siirtyä käyttämään vihreämpiä teknologioita ja ratkaisuja. Ahlvik ja van den Bijgaart (2024) korostavat innovaatioiden erilaisuutta (*innovation heterogeneity*) ja heidän tutkimuksensa tavoitteena on tunnistaa politiikkayhdistelmiä, jotka kannustavat markkinaehtoisesti toimivia yksityisiä toimijoita valitsemaan (*screen*) ja tuottamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä vihreitä innovaatioita. He kuvaavat, miten riittävän korkea hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu yhdistettynä tutkimus- ja kehitystoiminnan tukiin (t&k-tukiin) ja immateriaalioikeuksiin (patenttisuoja) vahvistaa oikeanlaisten innovaatioiden yksityistä tuotantoa tilanteessa, jossa julkinen sektori ei kykene tunnistamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta ja jossa se ei siksi voi suoraan tukea niitä.

Miten hyödyntää markkinaohjausta ja valjastaa soveltuvimmat innovaatiot vihreän kasvun moottoriksi?

Keskitymme tässä kirjoituksessa kahteen asiaan:

- Ensinnäkin avaamme tarkemmin, mitä tarkoitamme vihreällä luovalla tuholla. Esitämme näkemyksen, että vihreä luova tuho voi tehdä mahdolliseksi sen, että siirtyminen kohti vihreämpää talouskasvua on talouden ja toimialojen tasolla tarkasteltuna nopeampaa kuin mitä yksittäisten yritysten kyvystä siirtyä vihreämpien teknologioiden hyödyntäjäksi voisi päätellä. Tämä tarkastelu osoittaa myös, että välttämätön ehto vihreää luovalle tuholle on, että osa yrittäjistä ja yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan menestyksekkäästi ympäristöystävällisiä innovaatioita. Näiden innovaatioiden erityispiirre on se, että niihin yleensä liittyy kaksinkertainen ulkoisvaikutus (*double externality*, ks. Rennings, 2000; Jaffe ym., 2005) – eli siis tietynlainen kaksoismarkkinapuu-te. Kaksinkertainen ulkoisvaikutus viittaa siihen, että tietyn yrityksen tekemä vihreä innovaatio hyödyttää sekä muiden yritysten t&k- ja innovaatiotoimintaa tiedon läikkymisvaikutusten vuoksi että muuta yhteiskuntaa laajemmin, koska se vähentää tuotannollisen toiminnan aiheuttamaa ympäristökuormitusta ja/tai luonnonvarojen liikakäyttöä. Tässä taustaoletuksena on, että päästöille, ympäristökuormitukselle ja luonnonvarojen hyödyntämiselle ei ole ollut markkinahintoja tai jos niitä on ollut, ne eivät ole heijastaneet tarkoituksenmukaisella tavalla vaihtoehtokustannuksia. Näin ollen ympäristöä on lähtökohdaisesti kuormitettu liikaa ja vastaavasti luonnonvaroja on käytetty liikaa.

- Toisessa osassa keskitymme vihreän luovan tuhon välttämättömään ehtoon eli ympäristöystävällisiin innovaatioihin. Yksi perustelu tälle tarkastelulle on se, että G7-maissa ja myös maailmanlaajuisesti panostukset vihreiden innovaatioiden tekemiseen ilmeisesti ja huolestuttavasti hiipuvat 2010-luvun loppupuolella (ks. Barbier, 2023; ks. myös kuvio 7.1). Kirjoituksemme tarkastelu on maantieteellisesti tätä suppeampi, sillä keskitymme ympäristöystävällisiin innovaatioihin Suomessa ja esitämme vertailuja Ruotsiin ja Tanskaan. Hyödynämme tätä tarkastelua varten EU:n innovaatiokyselyä (*Community Innovation Survey, CIS*), jolla kartoitetaan yritysten innovaatio toimintaa ja sen luonnetta EU-maissa. Voimme arvioida tämän aineiston avulla mm. sitä, kuinka usein suomalaisen yritykset tekevät ympäristöinnovaatioita ja miten ne vertautuvat suhteessa ruotsalaisiin ja tanskalaisiin yrityksiin. Arvioimme myös tekijöitä, jotka ovat kytköksissä yritysten innovointiaktiiviteettiin Suomessa sekä sitä, poikkeavatko ympäristöinnovaatioita ennustavat selitystekijät muista innovaatioista.

Ympäristöinnovaatioita on tutkittu paljon niin ympäristötaloustieteessä, innovaatiotutkijoiden keskuudessa kuin ympäristötieteiden ja ekologian puolella. Vaikka ympäristöinnovaatioiden käyttöönotto on yritystason aineistoa hyödyntävissä tutkimuksissa usein positiivisessa yhteydessä kannattavuuteen ja/tai tuottavuuteen, on myös monia tutkimuksia, joissa tällaista yhteyttä ei löydy tai se on negatiivinen (Ghisetti, 2018). Myös EU:n innovaatiokyselyitä on hyödynnetty useissa aiemmissä tutkimuksissa. Esimerkiksi Ghisetti (2018) havaitsee, että toimialatason tarkastelussa ympäristöinnovaatiot eivät vaikuta selittävän tuottavuuseroja, kun asiaa tarkastellaan tuotantofunktiota hyödyntävällä tilastollisen mallin avulla. Hänen tilastollisessa mallissaan aineistona on käytetty yrityskohtaista CIS-aineistoa kymmenestä EU-maasta vuosilta 2008 sekä 2014. Toisessa kymmenen EU-maata kattavassa ja CIS-kyselyitä hyödyntävässä tarkastelussa havaittiin, että ympäristöinnovaatiot ovat yritystason tarkastelussa yhteydessä yritysten myöhempään työllisyyden, liikevaihdon ja markkinaosuuden kasvuun (Flachenecker ym., 2022). Saksalaisiin yrityksiin keskittyvässä CIS-tutkimuksessa osoitettiin, että kiertotalouteen liittyvät innovaatiot ovat yhteydessä vahvempaan työllisyyteen, ja parantuneeseen liikevaihtoon ja rahoitusasemaan, mutta eivät parempaan mitattavissa olevaan tuottavuuteen (Horbach & Rammer, 2020).

Laaja tutkimuskirjallisuus selvittää yleisemmin (ts. ei vain ympäristöinnovaatioihin liittyen) yritysten innovointi- ja t&k-toimintaa selittäviä tekijöitä (ks. mm. Crépon ym., 1998; Löf ym., 2017). Yksi paljon huomiota saanut kysymys on se, onko pienten ja suurten tai alkavien ja alalla jo olevien yritysten innovointikyvyissä eroja ja jos on, niin miksi (Cohen & Klepper 1996a, 1996b; Tether, 1998). Myös tässä kirjoituksessa sivutaan tätä kysymystä. Kirjoituksemme kytkeytyy lisäksi laajempaan taloustieteelliseen tutkimukseen, jossa on tarkasteltu t&k- ja innovaatio toimintaan liittyviä markkinaepätäydellisyyksiä ja arvioitu sitä, kuinka sekä erilaiset markkinalähtöiset ratkaisut että julkisen sektorin toimet auttavat vähentämään näitä epätäydellisyyksiä ja niiden yhteiskunnallisesti ei-toivottuja vaikutuksia innovaatio toimintaan (Bryan & Williams, 2021).

Analyttinen viitekehys

Innovaatiot

Innovaatiolla tarkoitetaan uutta tai olennaisesti parannettua tuotetta tai prosessia, joka tarjoaa kilpailuetua yritykselle. Yrityksen voitot kasvavat tämän kilpailuedun myötä, koska tuotteista saadaan aikaisempaa parempi hinta tai se voidaan tuottaa aikaisempaa tehokkaammin eli vähemmin kustannuksin. Innovaatiot voidaan jakaa inkrementaalisiin eli asteittaisiin tai radikaaleihin. Talouden kasvuteoriassa radikaalilla innovaatiolla tarkoitetaan tilannetta, jossa tuotetta tai prosessia on parannettu niin merkittävästi että aikaisemman tuotteen tai tuotantoprosessin varaan rakentunut liiketoiminta ei ole enää taloudellisesti kannattavaa (Aghion & Howitt, 2009).

Uuden tuotteen tai tuotantotavan luonti voi siis johtaa aikaisemman tuotannon tuhoon. Tällä on erilaisia seurauksia. Ensinnäkin innovointi voi luoda uusia työpaikkoja innovaation tehneessä yrityksessä, jossa on syntynyt aikaisempaa kannattavampaa liiketoimintaa, jota kannattaa laajentaa. Toisaalta yrityksen innovointi voi johtaa kannattavuuden heikkenemiseen ja sen vuoksi työpaikkojen tuhoutumiseen niissä muissa yrityksissä, joissa liiketoiminta perustui aikaisempiin innovaatioihin. Voidaan siis sanoa, että innovointi aiheuttaa luovaa tuhoa.

Luova tuho ja yrityssektorin uusiutuminen

Luovalla tuholla tarkoitetaan eri asteisten tuote- ja prosessi-innovaatioiden sekä työn ja tuotannon organisointiin liittyvien uudistusten seurauksena tapahtuvaa yritys- ja toimipaikkarakenteiden muutosta ja uusiutumista. Tämän ansiosta toimialan tuottavuus voi kasvaa, vaikka sillä toimivien yritysten tuottavuus ei kasvaisikaan. Luonnollisesti on mahdollista, että toimialan tuottavuus myös hiipuu, jos luovan tuhon mekanismit eivät toimi toivotulla tavalla. Jonkinlaista luovaa tuhoa tapahtuu joka tapauksessa koko ajan, halusimme sitä tai emme.

Luova tuho on ennen kaikkea talouden, toimialojen ja yritysten toiminnan muutosvalmiuteen ja uusiutumiskykyyn liittyvä kuin kasvua mahdollistava mekanismi. Siinä on kaksi puolta (Segerström ym., 1990; Caballero & Hammour, 1996) ja sitä voi tapahtua usealla eri tasolla kuten yritys-, toimipaikka-, tuotantolinja- ja työntekijätasolla. Tuhoa on se, kun yritys- ja toimipaikkarakenteiden uusiutumisen myötä työtehtäviä häviää tai kun koulutuksella ja työssä hankittu osaaminen vanhentuu. Tuhoavaa puolta on myös se, kun yritykset menevät konkurssiin ja ihmiset joutuvat työttömäksi. Luovaa puolta on se, kun uusia, aikaisempaa tuottavampia työpaikkoja syntyy joko olemassa oleviin tai uusiin yrityksiin ja tuotantoyksiköihin.

Talous uudistuu myös tuotantolinjatasolla kolmella tavalla:

- Ensiksi samaan aikaan toisilla tuotantolinjoilla liikevaihto kasvaa ja toisissa vähenee.

- Toiseksi saman toimipaikan (tai tehtaan) sisällä voidaan avata uusia ja lopettaa vanhoja tuotantolinjoja.
- Kolmanneksi yritykset (uudet tai vanhat yritykset) voivat perustaa uusia toimipaikkoja uusine tuotantolinjoineen ja lakkauttaa vanhoja toimipaikkoja lopettamalla niiden tuotantolinjat.

Esimerkiksi suomalaista aineistoa hyödyntävä tarkastelu paljasti, että Suomen teollisuudessa pääosa tuotetason rakennemuutoksesta tuli vuosina 2006–2015 siitä, että joidenkin tuotteiden liikevaihto kasvaa ja toisten vähenee. Toiseksi merkittävin osa tuotelinjatason rakennemuutoksesta tuli uusien toimipaikkojen syntyminen ja vanhojen poistumisen kautta, ja vain suhteellisen pieni osa liittyi siihen, että jatkavissa toimipaikoissa alettiin valmistamaan uutta tuotetta ja lopetettiin joidenkin tuotteiden tekeminen (Maliranta & Valmari, 2017).

Luova tuho kytkeytyy toimialan kokonaistuottavuuden parantumiseen siksi, että tuottavuuskehitys edellyttää jatkuvaa rakenteellista muutosta (ks. Disney ym., 2003; Hyytinen & Maliranta, 2013; Maliranta, 2014). Sitä voi tapahtua sekä yritysten sisäisesti (*internal restructuring*) että tietyllä toimialalla yritysten kesken ja toisinaan myös toimialojen välillä (*external restructuring*).

Yritysten ja tuotantoyksikköjen sisällä tapahtuva rakennemuutos kytkeytyy tyypillisesti yrityksen haluun ja kykyyn tehostaa toimintaansa ja tuottaa tuote- tai prosessi-innovaatioita. Osana tätä uusiutumista yritykset lakkauttavat vanhoja työtehtäviä, toimintoja ja tuotantolinjoja, luoden näin tilaa uudelle. Tämän ansiosta yksittäisten yritysten ja tuotantoyksiköiden tuottavuus paranee ja kyky kilpailla markkinoilla vahvistuu.

Ulkoista ja tuotantoyksiköiden välistä rakennemuutosta tapahtuu markkinoille tulon, sieltä poistumisen sekä jatkavien tuotantoyksiköiden välisen tuotannontekijöiden uudelleen kohdentumisen myötä. Toimialan kokonaistuottavuuden kasvu voi olla nopeampaa kuin sen tuotantoyksiköiden kokonaistuottavuuden kasvu keskimäärin kolmesta syystä (ks. Hyytinen & Maliranta, 2013):

1. Uusien tuotantoyksiköiden tulo markkinoille nostaa toimialan tuottavuutta, jos niiden panosmäärillä painotettu keskimääräinen tuottavuuden taso on korkeampi kuin markkinoilla jo toimivien tuotantoyksiköiden vastaavasti painotettu tuottavuuden taso. Alalle uutena tulevat yritykset saattavat siis olla tuottavampia kuin siellä jo toimivat yritykset.
2. Tuotantoyksiköiden poistuminen markkinoilta nostaa toimialan tuottavuutta, jos alalta poistuvien tuotantoyksiköiden kokonaistuottavuus on keskimäärin alhaisempi kuin markkinoilla yhä jatkavien tuotantoyksiköiden. Alalta poistuvat yritykset saattavat siis olla tuottavuudeltaan heikompia kuin toimintaansa jatkavat yritykset.
3. Toimialan tuottavuus kasvaa yksittäisten tuotantoyksiköiden tuottavuuden keskimääräistä kasvua nopeammin, jos jatkavien tuotantoyksiköiden välillä tapahtuu resurssien (so. työntekijöiden ja pääoman) uudelleenkohdentumisesta siten, että alhaisen tuottavuuden tuotantoyksiköiden resurssit (panosmäärä)

vähenevät suhteessa korkeamman tuottavuuden tuotantoyksiköihin. Tämä siis tarkoittaa, että keskimääräistä tuottavammat yritykset voivat nostaa työllisyystai muuta panososuuttaan suhteessa tuottamattomampiin yrityksiin.

Edellä sanottu tarkoittaa yksinkertaistettuna, että jos työpaikkoja syntyy tehokkaissa (tuottavissa) yrityksissä ja häviää tehottomissa yrityksissä, toimialan tuottavuus kasvaa. Luova tuho viittaa siihen, kuinka yllä listatut kolme mekanismia vaikuttavat toimialan tuottavuuden kasvuun.

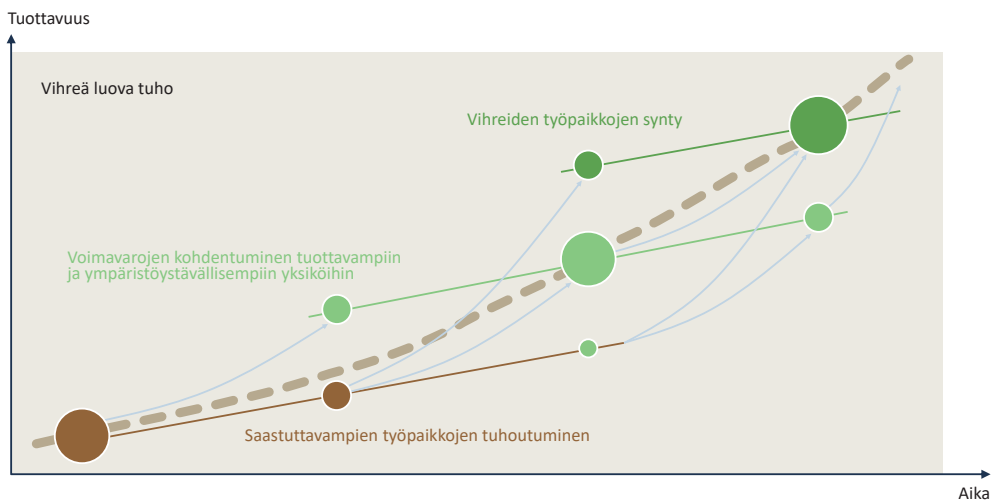
Vihreä luova tuho

Kuvio 6.1 havainnollistaa vihreää luovaa tuhoa ja yritysten ja toimialojen uudistumista. Kuviossa vaak-akseli mittaa ajan kulumista ja pystyakseli mittaa tuottavuutta. Pystyakselia voidaan tulkita kahdella tavalla. Sen voidaan ensinnäkin ajatella kuvaavan tavanomaisella tavalla mitattua tuottavuutta, mutta sillä lisäoletuksella, että tuottavuuden kehitys kytkeytyy hyödynnettävien uusien teknologioiden ympäristöystävällisyyteen. Tässä tilanteessa tuottavuuskehitys korreloi positiivisesti vihreän teknologian leviämisen kanssa ja pystyakseli mittaa siten samalla myös tuotantotoiminnan ympäristöystävällisyyttä. Toisaalta pystyakselin voidaan tulkita kuvaavan tuottavuutta, joka on mitattu siten, että sitä laskettaessa on otettu huomioon tuotannollisesta toiminnasta ympäristölle aiheutuvat hyödyt ja haitat.

Kuvion 6.1 katkoviiva havainnollistaa toimialan tuottavuutta ja sen kehitystä, ja sen voidaan ajatella olevan toimialan yritysten tuottavuuksien painotettu keski-

Kuvio 6.1

Vihreää luovaa tuhoa ja talouden tuottavuuskehitys



Lähde: Kirjoittajien hahmotelma.

arvo. Samansuuntaiset vaakaviivat kuvaavat yksittäisiä yrityksiä (tai toimipaikkoja) ja niihin liittyvien pallojen koko ko. yritysten (tai toimipaikkojen) kokoa, esimerkiksi työvoiman määrällä mitattuna tietyllä ajanhetkellä. Viivojen väritys kuvaa sitä, kuinka ympäristöystävällistä tuotantotoiminnassa hyödynnetty teknologia on.

Kun yrityksen kehitystä kuvaava viiva on ylöspäin nouseva (eli sen kulmakerto on positiivinen), se kuvaa yritysten sisäistä uusiutumista mm. innovaatiotoiminnan avulla. Tällöin yksittäisten tuotantoyksiköiden tuottavuus paranee. Kun yksittäisten tuotantoyksiköiden tuottavuus paranee laajamittaisesti, markkinoilla jo toimivien yritysten tuottavuuden kasvu on keskimäärin positiivista. Mitä vahvemmin tämä tuottavuuden paraneminen on kytköksissä hyödynnettävien teknologioiden ympäristöystävällisyyteen, sitä tehokkaammin yritysten ja tuotantoyksiköiden sisällä tapahtuva rakennemuutos tukee vihreän talouskasvun edellytyksiä. Tämän prosessin voimme nimetä yritysten sisällä tapahtuvaksi vihreäksi sisäiseksi rakennemuutokseksi (*green internal restructuring*).

Kuvio 6.1 havainnollistaa myös luovan tuhon eli markkinoilla tapahtuvan kokeilun, valikoinnin ja tuotannontekijöiden uudelleen kohdistumisen merkitystä kokonaistuotavuuden kehitykselle. Tämä valikoituminen perustuu siihen, että markkinoille tulee uusia, teknologialtaan ja tuottavuudeltaan erilaisia tuotantoyksiköitä. Koska yritysten tuottavuus vaikuttaa siihen, kuinka hyvin ne menestyvät ja kuinka paljon voimavaroja

(pääomaa, työvoimaa) ne tarvitsevat, oleellista vihreän luovan tuhon kannalta on, että ympäristöystävällisiä teknologioita hyödyntävät yritykset ovat myös keskimäärin niitä, joiden tuottavuus on korkea, tai vähintäänkin kehitty suotuisasti. Vihreän luovan tuhon perusajatus on, että talouden ja toimi-

Vihreä luova tuho: Talouden ympäristöystävällisyys voi edetä yksityisen yrityksen kehitystä nopeammin.

alojen tasolla tarkasteltuna talouskasvusta voi tulla vihreän ulkoisen rakennemuutoksen myötä ympäristöystävällisempää nopeammin kuin mitä voisi päätellä nopeudesta, jolla yksittäiset yritykset jatkavat siirtyvät ympäristöystävällisiin teknologioihin.

Toimialan ympäristöystävällisyyden paraneminen voi olla nopeampaa kuin sen tuotantoyksiköiden ympäristöystävällisyyden paraneminen keskimäärin, a) jos uudet markkinoille tulevat tuotantoyksiköt hyödyntävät toimialan keskiarvoa vihreämpää teknologiaa, b) jos markkinoilta poistuvat yritykset hyödyntävät toimialan keskiarvoa vähemmän luontoystävällistä teknologiaa ja c) jos jatkavien tuotantoyksiköiden välillä tapahtuu resurssien uudelleenkohdentumisesta siten, että luonnon kannalta haitallisesti toimivien tuotantoyksiköiden resurssit (panosmäärä) vähenevät suhteessa luonnon kannalta edullisemmin toimiviin tuotantoyksiköihin. Tämän prosessin voimme nimetä yritysten välillä tapahtuvaksi vihreäksi ulkoiseksi rakennemuutokseksi (*green external restructuring*).

Kuviossa 6.1 vihreää ulkoista rakennemuutosta havainnollistaa se, että jo olemassa olevien ja supistuvien yritysten tuottavuuden taso on uusia ja laajentuvia yrityksiä alhaisempi. Samaan aikaan niiden teknologia on vähemmän ympäristöystävällistä kuin

uusien. Mikäli näin on, vihreää luovan tuhon myötä tuotannollisesta toiminnasta tulee ympäristöystävällisempää nopeammin kuin mitä voisi päätellä nopeudesta, jolla yksittäiset yritykset siirtyvät ympäristöystävällisiin teknologioihin.

Kun ajatellaan vihreää siirtymää, vihreä luova tuho on tavoittelemisen arvoinen asia – joskaan sitä ei tietystikään pidä tavoitella hinnalla tai keinolla millä hyvänsä. Jos vihreän luovan tuhon mekanismien toimintaa voidaan nopeuttaa, talouden pitkän aikavälin kasvuedellytykset ja vihreän siirtymän edellytykset paranevat.

Edellä sanotusta seuraa suoraviivaisesti, että yksi välttämätön ehto vihreää luovalle tuholle on, että osa uusista yrittäjistä ja yrityksistä ja osa alalla jo toimivista yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan menestyksekkäästi ympäristöystävällisiä innovaatioita. Vapaasti toimivilla markkinoilla tätä ei tapahdu yleensä itsestään riittävässä määrin, vaan se edellyttää politiikkatoimia ja sääntelyä, jotka kannustavat yrityksiä tämänkaltaiseen innovaatiotoimintaan (ks. esim. Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Ellei ympäristöystävällisiä innovaatioita tavoitella, ei ole perusteltua odottaa, että tapahtuisi ympäristöystävällisempää talouskasvua edistävää vihreää sisäistä tai ulkoista rakennemuutosta.

Ympäristöinnovaatioiden erityispiirteet

Kuten johdannossa todettiin, ympäristöinnovaatioihin liittyy yleensä kaksinkertainen ulkoisvaikutus (*double externality*, ks. Rennings, 2000; Jaffe ym., 2005). Kaksinkertainen ulkoisvaikutus syntyy, kun ympäristöinnovaation tekevä yritys ei itse suoraan hyödy siitä, että sen toiminta tuottaa uutta tietoa, jota muut yritykset voivat hyödyntää tai että sen innovaatio vähentää haitallisia ympäristöulkoisvaikutuksia. Tämä selittää, miksi yksityiset yritykset saattavat yhteiskunnan näkökulmasta lähtökohtaisesti panostaa liian vähän ympäristöinnovaatioihin; niistä saavat yksityiset tuotot jäävät alhaisiksi suhteessa niistä syntyviin yhteiskunnallisiin tuottoihin.

Ympäristöystävällisten teknologioiden kehittämistä ja laajamittaisempaa käyttöönottoa hidastaa myös ns. teknologiavalintojen polkuriippuvuus (*path dependence*; ks. Aghion ym., 2016; Aghion ym., 2019). Tämä riippuvuus viittaa siihen, että aikaa myöden kumuloitunut tieto, vakiintuneet käytännöt ja luodut järjestelmät suosivat kuluttajien kannalta heidän nykyisiä elin- ja toimintatapojansa ja yritysten kannalta niiden nykyisiä tuotantotapoja siitä huolimatta, että ne tiedetään ympäristön kannalta kestävämmiksi. Vihreää luova tuho voidaan nähdä keinona taistella tätä polkuriippuvuutta vastaan.

Ympäristöystävällisten teknologioiden kehittämistä ja laajamittaisempaa käyttöönottoa hidastavia tekijöitä voidaan lähestyä myös muista näkökulmista. Erilaisten markkinapuutteen ja ulkoisvaikutusten lisäksi on tunnistettu joukko järjestelmä- ja siirtymäpuutteita (Weber & Rohrer, 2012), jotka vaikuttavat siihen, mitä edellytyksiä ja kannustimia yrityksillä – ja yhteiskunnan eri tahoilla laajemminkin – on tavoitella ym-

Siirtymäpuutetilanteessa vahva polkuriippuvuus estää paremman tasapainon saavuttamisen.

päristöinnovaatioita. Järjestelmäpuutteisiin voidaan lukea esimerkiksi epätäydellisesti määriteltyihin omistusoikeuksiin liittyvät ongelmat ja puutteet (Benneer & Stavins, 2007), jotka ovat eri tavoin yhteydessä ulkoisvaikutuksiin ja toisinaan niiden juurisyy. Siirtymäpuutteet viittaavat tilanteisiin, joissa vahva polkuriippuvuus estää siirtymisen toivottuun ympäristöystävällisempään suuntaan ja joissa jokin sektori, markkina tai sosioekonomisen järjestelmän osa on juuttunut luonnon kannalta haitalliseen tasapainoon, vaikka on tiedossa, että on olemassa toisia tasapainotiloja, jotka olisivat kaikkien osapuolten ja luonnon kannalta parempia. Siirtymäpuutteet voivat myös liittyä järjestelmätason koordinaatio-ongelmiin. Koordinaatio-ongelma syntyy, jos yksittäisillä toimijoilla ei ole kannustinta tavoitella ympäristöteknologista muutosta, ellei riittävän suuri osa muista tavoittele sen kanssa yhteensopivaa muutosta jotakuinkin yhtä aikaa.

Kaikki edellä kuvatut erilaiset tekijät vaikuttavat sekä siihen, kuinka vahvat kannustimet uusilla ja alalla jo olevilla yrityksillä on tavoitella ympäristöystävällisiä innovaatioita ja kuinka tehokkaasti vihreää luova tuho voi uudistaa taloutta.

Empiirinen tarkastelu

Tutkimuskysymykset

Tässä osassa tarkastelemme seuraavia kysymyksiä:

1. Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät innovaatioita ja erityisesti ympäristöinnovaatioita? Tämän tarkastelun tavoitteena on tuottaa tietoa siitä, miten aktiivisia innovoijia suomalaiset yritykset ovat, erityisesti liittyen ympäristöteknologioihin ja -ratkaisuihin.
2. Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät innovaatioita ja erityisesti ympäristöinnovaatioita suhteessa pohjoismaisiin yrityksiin? Käytämme tässä tarkastelussa vertailukohtana Ruotsia ja Tanskaa, jotka ovat talouden kehitystasoltaan ja instituutioiltaan hyvin Suomen kaltaisia maita. Kiinnostuksen kohteena on se, poikkeako suomalaisten yritysten ympäristöinnovaatioiden taso suhteessa Ruotsiin ja Tanskaan.
3. Mitkä tekijät ovat yhteydessä todennäköisyyteen, että suomalaiset yritykset raportoivat tehneensä ympäristöinnovaatioita? Kiinnostuksen kohteena tässä analyysissä on erityisesti se, millaiset yritykset ovat innovatiivisia ja ovatko ympäristöinnovaatioita tekevät yritykset erilaisia kuin muita innovaatioita tekevät yritykset.

1. kysymys: Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät innovaatiota?

Taulukossa 6.1 jaetaan vuosia 2018–2020 koskeva innovointiaktiiviteetti siten, että siinä luokitellaan yritykset sen mukaan, ovatko ne tehneet jonkin innovaation vai ei, sekä ovatko ne tehneet jonkin ympäristöinnovaation vai ei.

Kuten taulukosta 6.1 nähdään, että suomalaisia yrityksiä koskevassa innovaatiokyselyaineistossamme 63,4 % (= 50,4 % + 13,0 %) yrityksistä oli tehnyt innovaation ja 50,4 % yrityksistä oli tehnyt ympäristöinnovaation. Innovaation tehneistä yrityksistä 79,5 % yrityksistä oli tehnyt ympäristöinnovaation. Niistä yrityksistä, jotka eivät olleet tehneet mitään ympäristöinnovaatioita, 26,2 % oli kuitenkin tehnyt muun kuin ympäristöinnovaation.

Laatikko 6.1 Käytetty aineisto ja sen innovaatiomääritelmä

Maiden välisessä vertailussa käytämme Eurostatin tietokannoista saatavilla olevia lukuja, perustuen *Community Innovation Survey* -aineistoon (CIS). Sen vahvuutena maiden välisessä vertailussa on se, että kysymykset, käsitteet sekä menetelmät on yhdenmukaistettu ja harmonisoitu. Aineiston edustavuutta ja vertailukelpoisuutta parantaa myös se, että otokseen valitulle yritykselle CIS-kyselyyn vastaaminen on yrityksille pakollista kaikissa jäsenmaissa. Ympäristöinnovaatioita on kysytty tässä tiedustelussa vuonna 2014 (vuosina 2012–2014 tehtyjä innovaatioita) sekä vuonna 2020 (vuosina 2018–2020 tehtyjä innovaatioita).

Suomalaisten yritysten innovaatioiden analyysissä puolestaan käytämme Tilastokeskuksen Innovaatiotoimintatilaston yritysaineistoa, jonka avulla on laskettu Suomen tiedot Eurostatin CIS-tilastoon. Se koskee vähintään kymmenen henkilöä työllistävien yritysten innovaatiotoimintaa ja kehittämispotentiaalia teollisuudessa, kaivostoiminnassa, energiasektorilla sekä eräillä palvelualueilla. Tiedot kerätään kyselyllä joka toinen vuosi. Analyysissämme käytämme aineistoa, joka koskee vuosien 2018–2020 innovaatiotoimintaa.

Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineiston yksi vahvuus on, että siihen voidaan liittää myös muita yritysten rekisteri- ja kyselytietoja. Lisäksi käytössämme on niin sanottuja yhdistettyjä työntekijä-työnantaja-aineistoja. Tämän ansiosta pystymme linkittämään innovaatiokyselyyn myös tietoja niistä työntekijöistä, jotka työskentelivät kyseisessä yrityksessä.

Usein käytetty luokittelu jakaa innovaatiot tuote- ja prosessi-innovaatioihin. Tuoteinnovaatio on uusi tai parannettu tuote tai palvelu, joka eroaa merkittävästi yrityksen aiemmin tuottamista tavaroista tai palveluista ja on mahdollisesti myös kokonaan uusi markkinoiden tai toimialan näkökulmasta arvioituna. Prosessi-innovaatio on yrityksen käyttöönottama uusi tai parannettu, yhteen tai useampaan tuotannon ja muun liiketoiminnan osa-alueeseen liittyvä prosessi, joka merkittävästi eroaa yrityksen aiemmista tuotanto- tai liiketoimintaprosesseista.

Ympäristöinnovaatiolla tarkoitetaan sellaista uutta tuotetta tai tuotantotapaa, jolla on myönteisiä ympäristövaikutuksia. Viimeisimmässä Eurostatin CIS kyselyssä (ja Tilastokeskuksen innovaatiokyselyssä) kysyttiin yrityksen ympäristöinnovaatioita. Kysymys oli asetettu seuraavasti:

"Toiko yrityksenne markkinoille tai ottiko yrityksenne käyttöön vuosina 2018–2020 innovaatioita, joilla oli seuraavia ympäristöhyötyjä, ja mikäli kyllä, oliko niiden merkitys ympäristönsuojeluun merkittävä?"

Yritykseltä pyydetään kyselyssä myös näkemystä innovaation merkittävyydestä eli kyselyssä haetaan tietoa siitä, onko yrityksessä tehty joku ympäristöinnovaatio, joka voi olla "ei-merkittävä" tai "merkittävä", ja siitä, onko yrityksessä tehty merkittävä ympäristöinnovaatio.

Taulukko 6.2 eroaa taulukosta 6.1 siinä, että tarkasteluun on otettu vain merkittävät ympäristöinnovaatiot. Vähintään yhden merkittävän ympäristöinnovaation oli tehnyt 21,7 % kaikista yrityksistä ja 34,2 % jonkin innovaation tehneistä yrityksistä.

Taulukossa 6.3 tarkastellaan, mikä osa ympäristöinnovaation tehneistä yrityksistä on tehnyt tuote- tai prosessi-innovaation. Taulukossa 6.4 tarkastellaan vastaavasti merkittävän ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatioita.

Taulukot 6.3 ja 6.4 auttavat saamaan kuvaa siitä, ovatko ympäristöinnovaatiot keskittyneet yrityksiin, jotka tekevät enemmän tuote- kuin prosessi-innovaatioita vai onko tilanne päinvastainen. Ympäristöinnovaatioita tehneet yritykset raportoivat usein tehneensä sekä tuote- että prosessi-innovaatioita. Esimerkiksi jonkin ympäristöinno-

Taulukko 6.1 Yritysten innovaatiot ja ympäristöinnovaatiot

Innovaatio		Ympäristöinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	1 213	312	1 525
	Osuus kaikista	50,4 %	13,0 %	
	Osuus, innovointi	79,5 %	20,5 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	100 %	26,2 %	
Ei	Havaintomäärä	-	881	881
	Osuus kaikista	-	36,6 %	
	Osuus, innovointi	-	100,0 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	-	73,8 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	1 213	1 193	2 406

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

Taulukko 6.2 Yritysten innovaatiot ja merkittävät ympäristöinnovaatiot

Innovaatio		Ympäristöinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	521	1 004	1 525
	Osuus kaikista	21,7 %	41,7 %	
	Osuus, innovointi	34,2 %	65,8 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	100,0 %	53,3 %	
Ei	Havaintomäärä	-	881	881
	Osuus kaikista	-	36,6 %	
	Osuus, innovointi	-	100,0 %	100 %
	Osuus, ympäristöinnovointi	-	46,7 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	521	1 885	2 406

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

vaation tehneistä 51,9 % raportoi tehneensä sekä tuote- että prosessi-innovaatioita. Ympäristöinnovaatiot eivät siis vaikuta keskittyneen vahvasti joko prosessi-innovaatioita tai tuoteinnovaatioita tekeviin yrityksiin.

Ympäristöinnovaatiota koskevan kysymyksen jälkeen innovaatiokyselyssä tiedustellaan tarkennetusti, minkälaisia ympäristöhyötyjä innovaatiolla saavutetaan yrityksessä. Kyselyn tarkennetut ympäristövaikutukset on esitetty taulukossa 6.5. Merkillepantavaa on se, että niistä useimmat on pikemminkin prosessi- kuin tuoteinnovaatioita.

Taulukoissa 6.6 ja 6.7 tarkastellaan, kuinka usein jonkin taulukossa 6.5 kuvatun ympäristöinnovaation tehneet yritykset raportoivat tehneensä tuote- tai prosessi-innovaatioita ja mikä on ko. innovaation tehneiden yritysten osuus kaikista yrityksistä.

Taulukko 6.3 **Ympäristöinnovaatioiden tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatiot**

Prosessi-innovaatio		Tuoteinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	629	243	872
	Osuus kaikista	51,9 %	20,0 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	72,1 %	27,9 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	85,5 %	50,9 %	
Ei	Havaintomäärä	107	234	341
	Osuus kaikista	8,8 %	19,3 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	31,4 %	68,6 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	14,5 %	49,1 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	736	477	1 213

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

Taulukko 6.4 **Merkittävän ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatiot**

Prosessi-innovaatio		Tuoteinnovaatio		Yhteensä
		Kyllä	Ei	
Kyllä	Havaintomäärä	346	80	426
	Osuus kaikista	66,4 %	15,4 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	81,2 %	18,8 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	90,6 %	9,4 %	
Ei	Havaintomäärä	36	59	95
	Osuus kaikista	6,9 %	11,3 %	
	Osuus, prosessi-innovointi	37,9 %	62,1 %	100 %
	Osuus, tuoteinnovointi	57,5 %	42,5 %	
Yhteensä	Havaintomäärä	382	139	521

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto, kirjoittajien laskelmat.

Taulukoissa 6.6 ja 6.7 listattuja ympäristöinnovaatioita on tehty erityisesti prosessi-innovaatioita tehneissä yrityksissä, joskin yli puolet ko. ympäristöinnovaatioita tehneistä yrityksistä on tehnyt myös tuoteinnovaatioita. Näiden lukujen pohjalta ei

Taulukko 6.5 **Ympäristöinnovaatiot CIS-tilastossa ja Tilastokeskuksen innovaatiokyselyssä**

Lyhyt nimi	Kuvaus
Kierrätys	Jätteiden, veden tai materiaalien kierrätys omaan käyttöön tai myyntiin
Fossiili	Fossiilisten energialähteiden korvaaminen uusiutuvilla energialähteillä
Materiaalin korvaaminen	Materiaalien korvaaminen vähemmän saastuttavilla tai vähemmän vaaraa aiheuttavilla
Saaste	Vähentynyt maaperän, veden tai ilman saastuminen tai vähäisempi melusaaste
CO ₂	Vähentynyt energian käyttö tai pienentynyt CO ₂ -hiilijalanjälki
Materiaalin käyttö	Vähentynyt materiaalien tai veden käyttö tuotettua yksikköä kohti

Lähteet: Tilastokeskus ja Eurostat.

Taulukko 6.6 **Ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatio, %**

Ympäristö-innovaatio	Osuudet tietynlaisen ympäristöinnovaation tehneistä yrityksistä		
	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Ympäristöinnovaation tehneiden yritysten osuus
Kierrätys	64	76	23
Fossiili	65	76	20
Materiaalin korvaaminen	69	76	23
Saaste	69	77	17
CO ₂	64	75	36
Materiaalin käyttö	69	80	25

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto. Ensimmäisen sarakkeen lyhytnimet selitetty taulukossa 6.5.

Taulukko 6.7 **Merkitävän ympäristöinnovaation tehneiden yritysten tuote- ja prosessi-innovaatio, %**

Ympäristö-innovaatio	Osuudet tietynlaisen merkitävän ympäristöinnovaation tehneistä yrityksistä		
	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Innovaation tehneiden yritysten osuus
Kierrätys	76	86	5
Fossiili	73	85	8
Materiaalin korvaaminen	79	83	5
Saaste	76	82	5
CO ₂	73	82	12
Materiaalin käyttö	85	90	6

Lähde: Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineisto. Ensimmäisen sarakkeen lyhytnimet selitetty taulukossa 6.5.

välity kuvaa, että tietyntylaiset ympäristöinnovaatiot olisivat vahvasti keskittyneet joko prosessi-innovaatioita tai tuoteinnovaatioita tekeviin yrityksiin. Lisäksi voidaan havaita, että ”Vähentynyt energian käyttö tai pienentynyt CO₂-hiilijalanjälki” on muita taulukoiden riveillä listattuja ympäristöinnovaatioita yleisempi.

Yhteenvetona tämän osion tarkastelu kertoo, että 50,4 % suomalaisyrityksistä oli tehnyt jonkun ympäristöinnovaation ja 21,7 % oli tehnyt merkittävän ympäristöinnovaation. Ympäristöinnovaatiot eivät vaikuta keskittyneen vahvasti joko prosessi-innovaatioita tai tuoteinnovaatioita tekeviin yrityksiin.

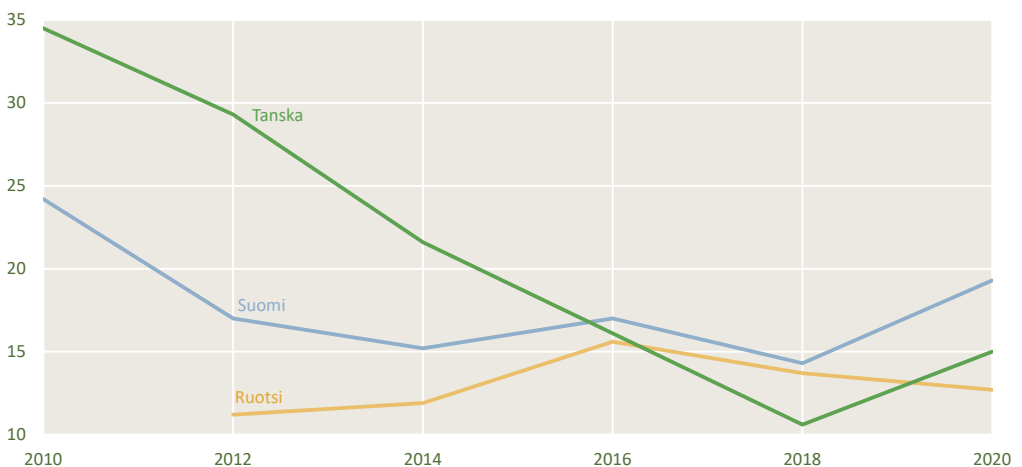
2. kysymys: Kuinka usein suomalaiset yritykset tekevät ympäristöinnovaatiot suhteessa pohjoismaisiin yrityksiin?

Kuviossa 6.2 tarkastellaan uusien (korkeintaan kaksi vuotta vanhojen) tuotteiden osuutta yrityksen liikevaihdosta, mikä huomioi ainakin jollain tavalla myös innovaatioiden merkittävyyttä. Uusien tuotteiden valmistamisen käynnistäminen edellyttää usein myös prosessin uudistamista, joten tämä mittari mittaa ainakin jollakin tarkkuudella myös prosessi-innovaatioiden kehitystä. Tämä päättely perustuu osin siihen, että tuote- ja prosessi-innovaatioiden välillä on positiivinen korrelaatio: korrelaatiokerroin niiden välillä saa arvon 0,433 (suomalaisessa yritystason aineistossa) ja tuoteinnovaation tehneistä yrityksistä 80,15 % on tehnyt myös prosessi-innovaation.

Kuten kuviossa 6.2 käy ilmi, tarkastelujaon alkuvuosia lukuun ottamatta erot maiden välillä eivät ole suuria. Havaitsemme kuitenkin, että uusien tuotteiden osuus yritysten liikevaihdosta oli vuonna 2020 suurempi Suomessa kuin Ruotsissa ja Tanskassa.

Kuvio 6.2

Uusien (korkeintaan kaksi vuotta) tuotteiden liikevaihto-osuus yrityksissä, %



Lähde: Eurostat (CIS).

sa. Lisäksi näin mitattuna Suomen yrityssektorin innovatiivisuus kehittyi 2010-luvun loppupuolella verrattain myönteisesti. Tämän mittarin perusteella Suomen yrityssektori on vähintäänkin yhtä innovatiivinen kuin vertailumaat.

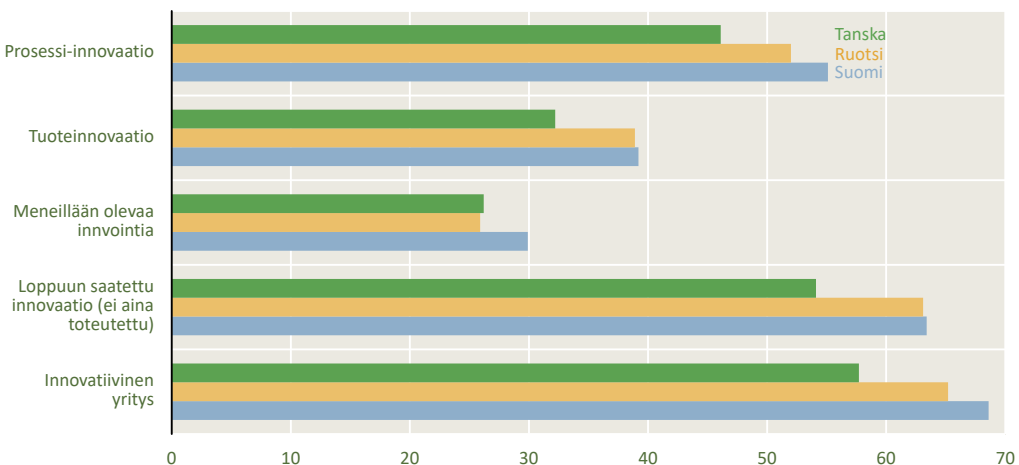
Kuviossa 6.3 vertaillaan Suomen yritysten innovatiivisuutta erilaisilla innovaatiomittareilla. Keskeinen havainto on se, että mittarista riippumatta Suomen yrityssektori näyttää olleen 2018–2020 jonkin verran innovatiivisempi kuin Ruotsi ja Tanska. Lähes 70 % Suomen yrityksistä oli innovatiivisia vuonna 2020 siinä mielessä, että ne ovat tuottaneet jonkin innovaation tai niillä on meneillään joku innovaatiohanke viimeisen kahden vuoden aikana. Prosessi-innovaatio on tuotettu tämän tilaston mukaan 55,1 % ja tuoteinnovaatio 39,2 % suomalaisista yrityksistä. Molemmat luvut ovat hieman Ruotsia ja melko selvästi Tanskaa korkeampia.

Kuviossa 6.4 vertaillaan ympäristöinnovaatioita tehneiden yritysten osuuksia Suomessa, Ruotsissa ja Tanskassa vuosina 2012–2014 (a.) ja 2018–2020 (b.). Yleishavaintona on, että Suomessa ympäristöinnovaatioiden taso on ollut vähintään Ruotsin tasoa ja joissakin tapauksissa jopa selvästi korkeampi. Näin mitattuna Tanskassa ympäristöinnovaatiot olivat suhteellisen vähäisiä vuosina 2012–2014, mutta niiden määrä on sittemmin kasvanut niin, että vuosina 2018–2020 Tanska on yleisesti ottaen samalla tasolla Suomen kanssa. Joissakin ympäristöinnovaatioissa se oli Suomea edellä ja joissakin Suomea jäljessä.

Suomessa yritykset raportoivat tehneensä aikaisempaa enemmän sekä hiilijalanjälkeä pienentäviä innovaatioita (nousu 28,6 prosentista 39,6 prosenttiin) että innovaatioita, jotka liittyvät fossiilisten energialähteiden korvaamiseen uusiutuvilla energialähteillä (kasvu 12,1 prosentista 20,6 prosenttiin). Molemmissa innovaatioissa Suo-

Kuvio 6.3

Innovoivien yritysten osuus kaikista yrityksistä vuosina 2018–2020, %



Lähde: Eurostat (CIS).

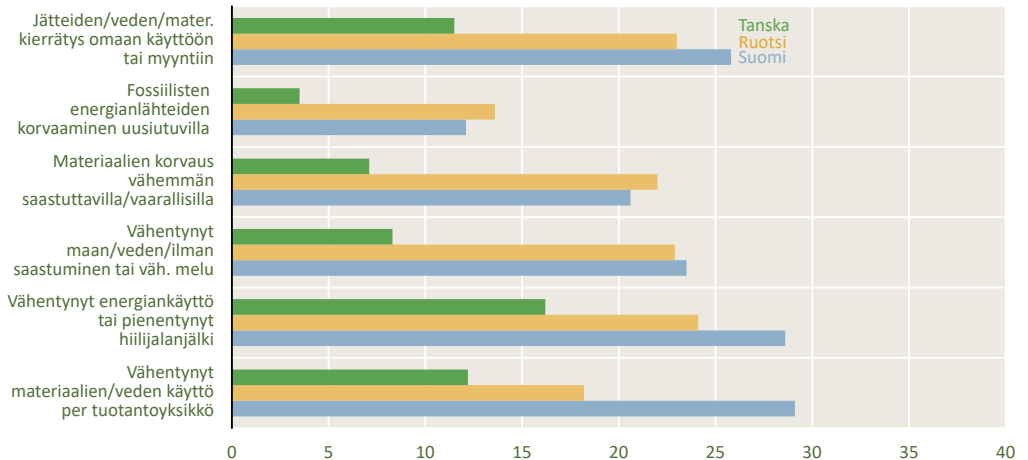
mi oli viimeisimmän käytettävissä olevan, vuosia 2018–2020 koskevan tilastotiedon mukaan Ruotsia ja Tanskaa edellä.

Kuviossa 6.5 tarkastellaan ympäristölle merkittäviä innovaatioita. Siitä nähdään, että Suomi on Ruotsia ja Tanskaa edellä merkittävissä ympäristöinnovaatioissa, joilla fossiilisten energialähteiden käyttöä korvataan uusiutuville energialähteillä, joilla vähennetään hiilijalanjälkeä ja joilla vähennetään materiaalien ja veden käyttöä. Suomi jää jälkeen Tanskasta lähinnä merkittävissä innovaatioissa, jolla edistetään kierrätystä.

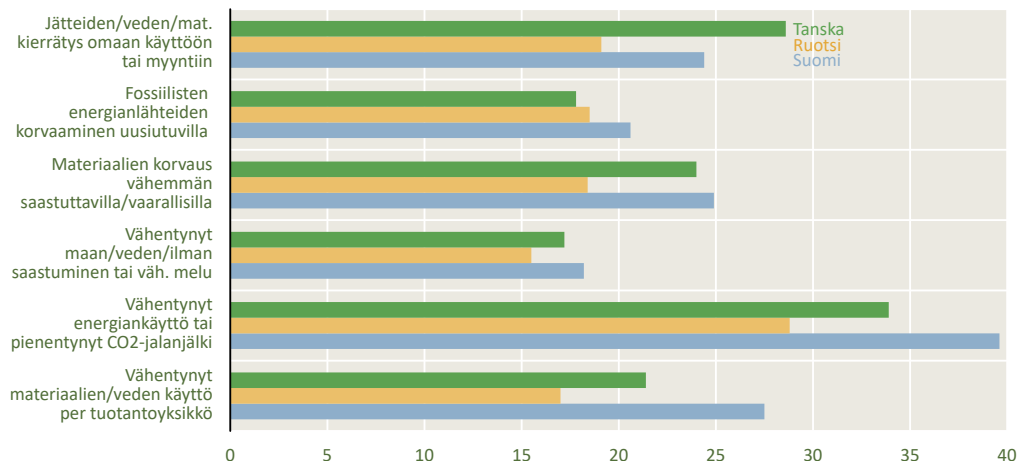
Kuvio 6.4

Ympäristöä hyödyttäviä innovaatioita yrityksessä, yrityssektori, %

a. 2012–2014



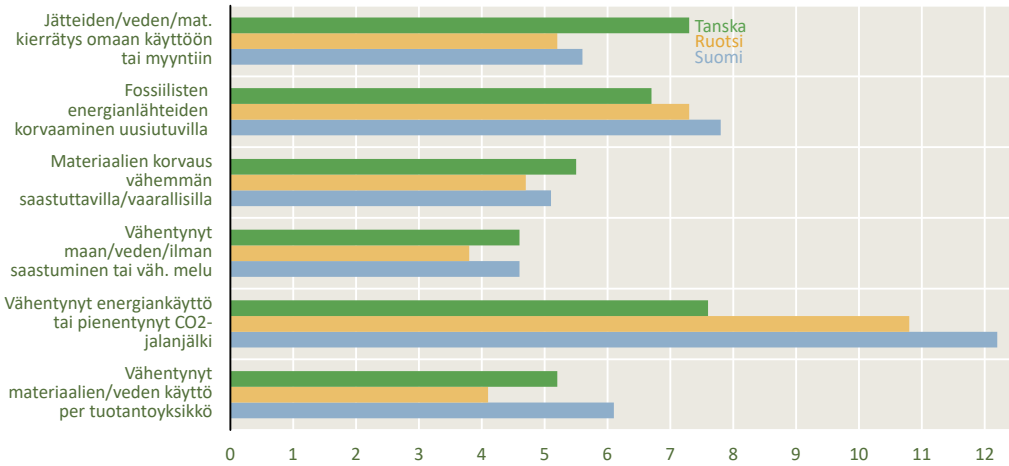
b. 2018–2020



Lähde: Eurostat (CIS).

Kuvio 6.5

Merkittävästi ympäristöä hyödyttäviä innovaatioita yrityksessä vuosina 2018–2020, yrityssektori, %



Lähde: Eurostat (CIS).

Kaiken kaikkiaan Suomen yrityssektori näyttää olleen viimeisimpien käytettävissä olevien lukujen (2018–2020) valossa jonkin verran innovatiivisempi kuin Ruotsin tai Tanskan. Myös Suomessa on ympäristöinnovaatioiden taso ollut vähintään Ruotsin tasoa ja jää Tanskaa jälkeen lähinnä kierrätystä koskeissa innovaatioissa.

3. kysymys: Millaiset yritykset tekevät innovaatioita?

Tässä kappaleessa tarkastellaan, millaiset yritykset ovat innovatiivisia eli parantavat Suomen asemaa edellä esitetyissä maiden välisissä vertailuissa. Aineistona käytetään Tilastokeskuksen innovaatiokyselyaineistoa, johon on yhdistetty yritysten tilinpäätös- ja työllisyystietoja.

Taulukko 6.8 raportoi regressiotulokset vastemuuttujille (ks. laatikko 6.2), jotka kuvaavat onko kyseessä jonkun innovaation tehnyt yritys (Innovatiivinen yritys), tuoteinnovaation tehnyt yritys (Tuoteinnovaatio), prosessi-innovaation tehnyt yritys (Prosessi-innovaatio), jonkun ympäristöinnovaation tehnyt yritys (Joku ympäristöinnovaatio), tai merkittävän ympäristöinnovaation tehnyt yritys (Merkittävä ympäristöinnovaatio). Estimointiotoksessa on 2 134 yritystä.

Taulukon 6.8 ensimmäisestä sarakkeesta nähdään, että yli 500 hengen yrityksissä innovoivien yritysten osuus on 19,0 %-yksikköä korkeampi kuin 10–49 hengen yrityksissä. Toisesta sarakkeesta nähdään, että tuoteinnovaatioiden osalta ero on selvästi suurempi, 29,7 %-yksikköä. Prosessi-innovaatiossa tämä ero on 22,3 %-yksikköä. Näille eroille on luonteva selitys: vaikka kaksi yritystä olisivat kokoa lukuun ottamatta

muuten samanlaisia, niin suuremmalla yrityksellä on suurempi todennäköisyys tehdä tietyllä aikavälillä vähintään yksi innovaatio kuin pienemmällä yrityksellä.

Regressiotuloksia tulkittaessa on tärkeää huomata, että erityyppisten innovaatioiden yleisyys vaihtelee merkittävästi. Tuoteinnovaatioita on tehnyt 43,6 %, prosessi-innovaatioita 55,7 %, mutta merkittäviä ympäristöinnovaatioita vain 21,7 % yrityksistä. Tämä tarkoittaa, että vaikka parametriestimaatit olisivat kaikissa sarakkeissa samat, yrityksen koon merkitys voi vaihdella sarakkeesta toiseen sen mukaan, kuinka yleistä tietyn tyyppinen innovointi on ylipäätään. Suurten yritysten merkittävää ympäristöinnovaatiota mittaava parametriestimaatti 0,329 (tarkoittaa 32,9 %-yksikköä) on suuri, kun ottaa huomioon, että yrityksistä vain 21,7 % on tehnyt kyseisen innovaation.

Taulukon 6.8 viimeisen sarakkeen regressiotuloksista saadaan viitteitä siitä, että merkittäviä ympäristöinnovaatioita on tehty Helsingin seudulla enemmän kuin muilla alueilla. Tätä tulosta tulkittaessa on hyvä muistaa, että se perustuu regressiomalliin, jossa muita innovointiin vaikuttavia tekijöitä on vakioitu malliin mukaan otetuilla selittävillä muuttujilla. Eroa ei siis selitä esimerkiksi se, että Helsingissä yritykset olisivat keskimäärin suurempia tai toimisivat eri toimialoilla kuin muualla Suomessa. Tarkastelemme alla vielä erikseen sitä, ovatko ympäristöinnovaatiot keskittyneet muita innovaatioita selvemmin Helsingin seudulle.

Laatikko 6.2 Regressiotarkastelut

Käytämme tässä luvussa lineaarista regressionanalyysiä kuvailemaan aineistoa; tuloksille ei voi antaa syy-seuraus-tulkintoja.

Raportoidut regressiotulokset on estimoitu yhtälöryhmänä (*seemingly unrelated regression*, SURE), jossa selitettävänä on erilaisilla innovaatiomittareilla mitattu yrityksen innovatiivisuus 0/1-muuttujalla mitattuna. On syytä huomata, että tällainen muuttuja kertoo ainoastaan, onko yrityksessä tehty kyseistä innovaatiota tietyllä ajanjaksolla. Toisin sanoen tällä aineistolla ei voida sanoa millaisiin yrityksiin innovaatioiden määrä työntekijää kohti laskettuna keskittyy. Aineistosta ei esimerkiksi nähdä suoraan, tekeekö 1 000 hengen yritys enemmän vai vähemmän innovaatioita kuin 100 yritystä, joilla on 10 työntekijää.

Kaikissa estimoinneissa käytetään samoja selittäviä muuttujia. Yrityksen tietyn tyyppistä innovaatiota selittävinä tekijöinä käytetään yrityksen kokoluokkaa, alueellista sijaintia ja työn tuottavuutta (arvonlisäys/tehdyt työtunnit). Lisäksi toimialan vaikutus vakioidaan 2-numerotason indikaattorimuuttujilla. Yrityksen tuottavuutta on mitattu erona sen toimialan keskimääräiseen tuottavuuteen (keskiarvo vuosilta 2018 ja 2020). Kun työn tuottavuutta mitataan suhteessa saman toimialan keskiarvoon, sitä voidaan tulkita tietynlaisena tehokkuuden mittarina (Baldwin, 1995).

Regressioestimointien avulla pyritään kuvaamaan, minkälaisiin yrityksiin erilaiset innovaatiot keskittyvät ja mitkä tekijät ennustavat, että yritykset tekevät tietynlaisia innovaatioita. Tämän lisäksi voidaan testata, keskittyvätkö tietyn tyyppiset innovaatiot tietynlaisiin yrityksiin. Lisäksi on syytä mainita se, että regressiotaulukoiden sarakkeissa olevat luokittelut eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan osittain päällekkäisiä. Taulukoiden alaosassa raportoidaan myös selitettävän muuttajan keskiarvo estimointiaineistossa ("datassa") ja selitettävän muuttajan ka. Tilastokeskuksen raportoimissa tilastossa. Nämä luvut auttavat tulkitsemaan, kuinka suuria estimoidut parametrit ovat.

Taulukko 6.8 Yrityksen innovaatioita selittävät tekijät

	Innovaatiivinen yritys	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Joku ympäristö-innovaatio	Merkittävä ympäristö-innovaatio
10-49 henkeä	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
50-249 henkeä	0,0388 *	0,0501 *	-0,0109	0,0446 +	0,0291
250-499 henkeä	0,105 **	0,195 ***	0,106 **	0,173 ***	0,224 ***
500- henkeä	0,190 ***	0,297 ***	0,223 ***	0,315 ***	0,329 ***
Helsinki-Uusimaa	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
Etelä-Suomi	-0,0493	-0,0446	-0,0432	-0,0375	-0,0616 *
Länsi-Suomi	-0,0330	-0,0428	-0,00544	-0,00443	-0,0645 **
Pohjois- ja Itä-Suomi	-0,0376	-0,0543 +	-0,0202	-0,0261	-0,0439 +
Työn tuottavuus suhteessa toimialaan (log)	0,0152	0,00240	0,0244	0,0430 +	0,0275 +
Toimiala-dummy (2-nro.taso)	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä	kyllä
Selittävän muuttajan ka. datassa	64,3 %	43,6 %	55,7 %	50,4 %	21,7 %
Selittävän muuttajan ka. tilastossa	68,6 %	39,2 %	55,1 %		
Havaintojen lukumäärä	2 134				

Selite: Keskivirheet ovat heteroskedastisuusrobusteja.

Tilastolliset merkitsevyydet: + p<10, * p<0,05, ** p<0,01 ja *** p<0,001.

Taulukon 6.9 luvut perustuvat taulukossa 6.8 raportoituihin regressioestimointeihin ja siinä tarkastellaan, onko yrityksen kokoa koskevien parametrien välillä taloudellisesti ja tilastollisesti merkitseviä eroja eri innovaatioiden välillä. Paneelissa A esitetään nämä erot absoluuttisesti ja Paneelissa B ne esitetään suhteutettuna innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa.

Taulukon 6.9 ensimmäisen sarakkeen luvut kuvaavat sitä, ovatko tietynlaiset innovaatiot (ts. tuoteinnovaatiot, prosessi-innovaatiot, tavanomaiset ympäristöinnovaatiot tai merkittävät ympäristöinnovaatiot) keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin innovaatiot yleensä. Esimerkiksi taulukon Paneelin A ensimmäisen sarakkeen viidennellä rivillä oleva positiivinen luku 0,139 kertoo, että suurten (500- henkeä) ja pienten (10-49 henkeä) yritysten välillä on suurempi ero ympäristöinnovaatioiden syntymisen todennäköisyydessä kuin ylipäätään jonkun innovaation syntymisessä. Tämä ero todennäköisyyksissä on 0,139 %-yksikköä. Luvun perässä olevat kaksi tähteä (***) kertovat, että ero tilastollisesti merkitsevä yhden prosentoin luottamustasolla.

Taulukon 6.9 ylemmästä osasta nähdään, tuoteinnovaatiot ovat keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin innovaatiot yleensä. Tulokset kertovat myös, että kun ympäristöinnovaatiota verrataan prosessi-innovaatioihin tai yritysten innovaatiotoimintaan yleisesti, ne ovat keskittyneet tilastollisesti merkitsevästi voimakkaammin suuriin yrityksiin.

Taulukko 6.9 **Suurien yritysten (500- henkeä) ja pienien yritysten (10-49 henkeä) ero erilaisissa innovaatioissa**

	Innovatiivinen yritys	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Joku ympäristö-innovaatio	Merkittävä ympäristö-innovaatio
Paneeli A: Absoluuttiset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,107 ***	0			
Prosessi-innovaatio	0,033	-0,074 *	0		
Joku ympäristö-innovaatio	0,125 **	0,018	0,092 *	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	0,139 **	0,032	0,106 *	0,014	0
Paneeli B: Suhteelliset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,386 ***	0			
Prosessi-innovaatio	0,105 *	-0,281 **	0		
Joku ympäristö-innovaatio	0,330 ***	-0,056	0,225 **	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	1,221 ***	0,835 ***	1,116 ***	0,891 ***	0

Selite: * $p < 0,10$, * $p < 0,05$, ** $p < 0,01$ ja *** $p < 0,001$. Luvut perustuvat taulukon 6.8 regressiotuloksiin. Raportoidut luvut ovat eroja (erot yrityskoon mukaan) erotuksissa (innovaatiolajien väliset erot). Paneelissa A positiiviset (negatiiviset) luvut kuvaavat sitä, että suurten (> 500 henkeä) ja pienien (10-49 henkeä) yritysten välillä on suurempi (pienempi) ero rivillä mainittujen innovaatioiden syntymisen todennäköisyydessä kuin sarakkeen otsikossa mainittujen innovaatioiden syntymisessä. Paneelissa B esitetään Paneelin A luvut suhteutettuna innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa.

Taulukon 6.10 alemmassa osassa (Paneeli B) parametriestimaatit on suhteutettu innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa. Luvuista nähdään, että varsinkin merkittävät ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet tilastollisesti merkittävästi muita innovaatioita voimakkaammin suurin yrityksiin. Ne ovat keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin tuoteinnovaatiot, jotka puolestaan ovat keskittyneet suuriin yrityksiin voimakkaammin kuin prosessi-innovaatiot.

Ovatko merkittävät ympäristöinnovaatiot keskittyneet muita innovaatioita voimakkaammin Helsingin seudulle? Tämän selvittämiseksi ajoimme muuten vastaavan regressioyhtälöryhmän kuin taulukossa 6.8, mutta erona oli se, että muut alueet on yhdistetty muuttujaksi muu Suomi.² Näistä parametriestimaateista olemme laskeneet samantyyppisen matriisin kuin edellä suurten yritysten kohdalla (vrt. taulukko 6.9 edellä), ja tulokset on esitetty taulukossa 6.10. Siinä vertaamme Helsingin ja muun Suomen eroa, ja katsomme, vaihtelevatko saadut parametriestimaatit innovaatiotyypin mukaan. Kuten edellä, laskimme tässä sekä absoluuttiset että suhteelliset erot regressiokertoimissa.

Taulukon 6.10 tulosten perusteella vaikuttaa siltä, että kun otetaan huomioon se, kuinka usein erilaisia innovaatioita tehdään, merkittävät ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet muita innovaatioita voimakkaammin Helsingin seudulle. Tämä tulos saadaan sen jälkeen, kun mm. yritysten kokoerot ja toimiala on vakioitu. Tulosta siis ei selitä esimerkiksi se, että Helsingissä toimivat yritykset olisivat suurempia tai

Taulukko 6.10 Helsingin seudun ja muun Suomen välinen ero erilaisissa innovaatioissa

	Innovatiivinen yritys	Tuote-innovaatio	Prosessi-innovaatio	Joku ympäristö-innovaatio	Merkittävä ympäristö-innovaatio
Paneeli A: Absoluuttiset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,008	0			
Prosessi-innovaatio	-0,018	-0,026	0		
Joku ympäristö-innovaatio	-0,019	-0,026	0,000	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	0,019	0,011	0,037	0,037 ⁺	0
Paneeli B: Suhteelliset erot					
Innovatiivinen yritys	0				
Tuote-innovaatio	0,046	0			
Prosessi-innovaatio	-0,023	-0,069	0		
Joku ympäristö-innovaatio	-0,020	-0,066	0,003	0	
Merkittävä ympäristöinnov.	0,205 [*]	0,159 ⁺	0,007 ^{**}	0,225 ^{**}	0

Selite: ⁺ p<0,10, ^{*} p<0,05, ^{**} p<0,01 ja ^{***} p<0,001. Luvut perustuvat taulukon 6.8 regressiotuloksiin. Raportoidut luvut ovat eroja (erot alueen mukaan) erotuksissa (innovaatiolajien väliset erot). Paneelissa A positiiviset (negatiiviset) luvut kuvaavat sitä, että Helsingissä ja muualla sijaitsevien yritysten välillä on suurempi (pienempi) ero rivillä mainittujen innovaatioiden syntymisen todennäköisyydessä kuin sarakkeen otsikossa mainittujen innovaatioiden syntymisessä. Paneelissa B esitetään Paneelin A luvut suhteutettuna innovaatioiden keskimääräiseen yleisyyteen kussakin sarakkeessa. Lukujen tulkintaa on kuvattu tarkemmin tekstissä.

Taulukko 6.11 Ympäristöinnovaatiot

	Kierrätys	Fossiili	Materiaalin korvaaminen	Saaste	CO ₂	Materiaalin käyttö
10–49 henkeä	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
50–249 henkeä	0,0273	0,0819 ^{***}	0,0188	0,00122	0,0927 ^{***}	0,0455 [*]
250–499 henkeä	0,143 ^{***}	0,196 ^{***}	0,150 ^{***}	0,149 ^{***}	0,262 ^{***}	0,169 ^{***}
500– henkeä	0,269 ^{***}	0,357 ^{***}	0,305 ^{***}	0,284 ^{***}	0,396 ^{***}	0,364 ^{***}
Helsinki-Uusimaa	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
Etelä-Suomi	0,0202	-0,00598	-0,0149	0,000939	-0,0569 ⁺	-0,0344
Länsi-Suomi	0,0293	0,00949	0,00943	0,0131	-0,0245	-0,0196
Pohjois- ja Itä-Suomi	0,00389	-0,0593 [*]	-0,0542 ⁺	0,00279	-0,0404	-0,0427
Työn tuottavuus toimialalla (log)	0,0424 ^{**}	0,0372 [*]	0,0107	0,0243 ⁺	0,0469 ^{**}	0,0404 ^{**}
Vakio	0,0213	0,0239	0,197	0,165	-0,00525	-0,121
Selitetävän muuttajan ka. datassa	22,7 %	20,2 %	22,7 %	16,7 %	35,9 %	24,6 %
Selitetävän muuttajan ka. tilastossa	24,4 %	20,6 %	24,9 %	18,2 %	39,6 %	27,5 %
Havaintojen lukumäärä	2 134					

Selite: Keskivirheet ovat heteroskedastisuusrobusteja. Tilastolliset merkitsevyydet: ⁺ p<10, ^{*} p<0,05, ^{**} p<0,01 ja ^{***} p<0,001.

se, että ne toimisivat lähtökohtaisesti innovatiivisemmilla toimialoilla kuin muualla Suomessa sijaitsevat yritykset. Tulosta tulkittaessa on hyvä muistaa kuitenkin se, että taulukon sarakkeissa olevat innovaatioluokittelut eivät ole toisiaan poissulkevia, vaan osittain päällekkäisiä.

Taulukossa 6.11 tarkastellaan erikseen erilaisia ympäristöinnovaatioita. Kaikki ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet suurimpiin yrityksiin, eikä tässä ole eri ympäristöinnovaatioiden välillä merkittäviä eroja. Kertoimien suuruudet poikkeavat, mutta kun vertailussa otetaan huomioon myös ympäristöinnovaatioiden taso (so. keskiarvo) suhteelliset erot ovat vähäisiä. Sen sijaan tässä ei havaita merkittäviä alueellisia eroja paitsi siltä osin, että ”fossiili-innovaatiot” ja ”materiaalin korvaaminen” ovat Pohjois- ja Itä-Suomessa tilastollisesti merkitsevästi harvinaisempia kuin Helsinki-Uusimaalla. Tulosten mukaan tuottavuudelta toimialansa parhaat yritykset tekevät yleisesti ottaen muita enemmän ympäristöinnovaatioita (kahden indikaattorin kohdalla kerroin ei ole tilastollisesti merkitsevä).

Taulukossa 6.12 keskitytään merkittäviin ympäristöinnovaatioihin. Kun otetaan huomioon, että merkittävien ympäristöinnovaatioiden taso on vain kolmas- tai neljäsosa kaikkien ympäristöinnovaatioiden tasosta, kertoimien perusteella voidaan päätellä nämä innovaatiot ovat suhteellisesti keskittyneet suuriin yrityksiin vieläkin voimakkaammin kuin ei-merkittävät innovaatiot. Alueellinen keskittyminen ei ole

Taulukko 6.12 **Merkittävät ympäristöinnovaatiot**

	Kierrätys	Fossiili	Materiaalin korvaaminen	Saaste	CO ₂	Materiaalin käyttö
10–49 henkeä	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
50–249 henkeä	0,0126	0,0181	0,0125	0,000804	0,0288 ⁺	-0,00501
250–499 henkeä	0,0737 ^{**}	0,118 ^{***}	0,0392 ⁺	0,0569 [*]	0,139 ^{***}	0,108 ^{***}
500– henkeä	0,103 ^{***}	0,182 ^{***}	0,122 ^{***}	0,146 ^{***}	0,307 ^{***}	0,197 ^{***}
Helsinki-Uusimaa	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu	vertailu
Etelä-Suomi	-0,00328	-0,00129	-0,0105	-0,00158	-0,0200	0,00317
Länsi-Suomi	-0,0201	0,0102	-0,0434 ^{***}	-0,00946	-0,0352 ⁺	-0,0282 [*]
Pohjois- ja Itä-Suomi	-0,0112	-0,00597	-0,0253 ⁺	-0,0150	-0,0182	-0,0205
Työn tuottavuus toimialalla (log)	0,0147 ⁺	0,0162 ⁺	-0,00279	0,0135 ⁺	0,0315 ^{**}	0,00939
Vakio	-0,0322	0,0667	0,114	0,0970	0,0305	-0,0594
Selittävän muuttajan ka. datassa	5,2 %	7,6 %	5,0 %	4,7 %	12,0 %	6,1 %
Selittävän muuttajan ka. tilastossa	5,6 %	7,8 %	5,1 %	4,7 %	12,2 %	6,1 %
Havaintojen lukumäärä	2 134					

Selite: Keskivirheet ovat heteroskedastisuusrobusteja.

Tilastolliset merkitsevyydet: ⁺ p<10, ^{*} p<0,05, ^{**} p<0,01 ja ^{***} p<0,001.

aivan yhtä selvää kuin aikaisemmissa tarkasteluissa. Ehkä hieman yllättäen yrityksen suhteellinen tuottavuus toimialallaan ei ole yhtä merkittävä selittäjä kuin tarkasteltaessa kaikkia ympäristöinnovaatioita, ei pelkästään merkittäviä ympäristöinnovaatioita. Poikkeuksena on merkittävät ympäristöinnovaatiot, joilla vähennetään energian käyttöä tai pienennetään hiilijalanjälkeä: ne ovat keskittyneet erityisesti toimialallaan muita tuottavimpiin yrityksiin.

Kun ympäristöinnovaatiota verrataan prosessi-innovaatioihin tai yritysten innovaatiotoimintaan yleisesti, ne ovat keskittyneet voimakkaammin suurin yrityksiin. Havaitsemme myös, että merkittävät ympäristöinnovaatiot ovat keskittyneet muita innovaatioita voimakkaammin Helsingin seudulle.

Pohdintaa ja näkökulmia

Vapaasti toimivat markkinat eivät tuota ihmisten hyvinvoinnin kannalta parasta mahdollista tulosta silloin, kun tuotantotoiminnan sivutuotteena syntyy haitallisia ulkoisvaikutuksia. Saasteet tai luonnon tuhoutuminen ovat esimerkkejä tästä. Valtiovalta voi korjata ongelmaa asettamalla tämänkaltaisille haitoille hinnan. Luonnolle ja ympäristölle haitallisten tuotteiden hintojen nousu kannustaa kuluttajia vähentämään niiden kulutusta ja siirtämään kulutustaan ympäristöystävällisempien tuotteiden suuntaan. Yksi tärkeä seuraus tästä on, että näin myös yrityksille syntyy kannustin kehittää ympäristöystävällisempiä tuotteita ja vähemmän ympäristölle haitallisia ja luontoa kuormittavia tuotantomenetelmiä eli tehdä ympäristöinnovaatioita. Ympäristöinnovaatioiden ansiosta on mahdollista, että kulutus ja elintaso kasvavat ja samaan aikaan ympäristörasitus laskee.

Ympäristöongelmien ratkaisuna ympäristöinnovaatiot ja vihreä talouskasvu saattavat olla yhteiskunnallisesti ja poliittisesti realistisempi keino kuin toimet ja politiikka, joiden tavoitteena on suoranainen kulutuksen vähentäminen. Useat kotitaloudet eivät ole halukkaita maksamaan erityisen paljon luontoystävällisemmistä tuotteista (tästä

aiheesta, ks. myös Hyytinen, Rönkkö ja Tukiainen, luku 3), vaan ne kokevat ennemminkin tarvetta ja halua materiaalsen elintasonsa kohottamiseen. Talouskasvu helpottaa merkittävästi myös julkisen talouden tasapainon hallitsemista,

hyvinvointivaltion taloudellisten perustusten turvaamista sekä vihreään siirtymään liittyvien kustannuksien kompensoimista niille, jotka kantavat siirtymän suurimmat kustannukset.

Ympäristöinnovaatiota voidaan tukea monin eri tavoin. Monissa maissa on esimerkiksi käytössä ylimääräisiä verovähennyksiä yritysten tutkimus- ja kehittymenoille eli ns. t&k-verohelpotuksia. Vaikka periaatteessa t&k-verohelpotukset kannustavat kaikkia yrityksiä panostamaan teknologiseen kehitystyöhön aikaisempaa enemmän, niiden ongelmana on sekä se, että niitä voi olla vaikea suunnata nimenomaan ympä-

Ympäristöinnovaatiot saattavat olla realistisempi ratkaisu kuin kulutuksen vähentäminen.

ristölle ystävällisten teknologioiden kehittämiseen ja se, että laaja-alaiset t&k-verohelpotukset eivät takaa, että t&k:ta tehdään juuri niissä yrityksissä, joilla on siihen parhaat edellytykset.

Yrityksille suunnattujen suorien t&k-tukien etuna on puolestaan se, että niitä voidaan ainakin periaatteessa yrittää suunnata tehokkaasti innovoiiviin yrityksiin sekä ympäristölle ystävällisten teknologioiden kehittämishankkeisiin. Yritystukien myöntämisen ehdoksi voidaan myös asettaa esimerkiksi yhteistyö yliopistojen tai muiden yritysten kanssa. Tämä voi edistää teknologisen tiedon leviämistä kansantaloudessa, mikä on usein kokonaishyvinvoinnin kannalta myönteinen asia. T&k-tukien ongelmana ovat niiden hallinnolliset kustannukset sekä se, että innovaatiot ovat hyvin erilaisia. Kuten Ahlvik ja van den Bijgaart (2024) esittävät, julkinen sektori ja t&k-tukia jakavat organisaatiot eivät välttämättä kykene tunnistamaan tehokkaasti (tai ainakaan ilman merkittäviä kustannuksia) yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta, varsinkin kun kyse on ympäristöinnovaatioista.

Yliopistoyhteistyö tuen edellytyksenä edistää tiedon leviämistä.

Uusin tutkimus korostaa sitä, että vihreän siirtymän mahdollistamiseksi on tarpeen hyödyntää politiikkayhdistelmiä, joilla sekä luodaan edellytyksiä ilmasto- ja luontoystävällisemmälle tuotantotoiminnalle että tietoisesti rasitetaan jo olemassa olevaa mutta luontoa kuormittavaa tuotantotoimintaa (ks. mm. Jaffe ym., 2005; Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019; Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Hiilidioksidipäästöille ja yleisemmin luontokadolle asetettavat hinnat tekevät ympäristöille haitallisten teknologioiden hyödyntämisestä kalliimpaa ja lisää yritysten kannustimia panostaa ympäristöinnovaatioiden synnyttämiseen. On ajateltavissa, että ne myös vähentävät polkuriippuvuutta (Acemoglu ym., 2012; Aghion ym., 2019) ja edistävät tässä luvussa kuvattua vihreää luovaa tuhoa. On tutkimuksellista näyttöä siitä, että hyvinvoinnin kannalta optimaalinen politiikkakokonaisuus sisältää hiiliverojen tai päästöoikeuksien ja innovaatioihin kannustavien immateriaalioikeuksien (patenttisuoja) lisäksi yrityksille myönnettäviä tukia ympäristölle ystävällisen teknologian kehittämiseen. Näin on erityisesti silloin kun innovaatiot ovat hyvin erilaisia ja kun on tarve kannustaa markkinaehtoisesti toimivia yksityisiä toimijoita kehittämään valikoivasti yhteiskunnallisesti tärkeitä vihreitä innovaatioita (Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Riittävän korkea hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu yhdistettynä t&k-tukiin ja patenttisuojaan vahvistaa oikeanlaisten innovaatioiden yksityistä tuotantoa tilanteessa, jossa julkinen sektori ei kykene tunnistamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta ja jossa se ei siksi voi suoraan tukea niitä (Ahlvik & van den Bijgaart, 2024). Koska käytettävissä on varsin erilaisia politiikkavälineitä, joilla kullakin etunsa sekä haittansa (ks. Takalo ym., 2024), tämänkaltaisten politiikkayhdistelmien tehokkuudesta olisi toivottavaa saada lisätuloksia ja parempi ymmärrys.

Ympäristöinnovaatioita ja vihreää luovaa tuhoa voidaan lisätä myös tukemalla yliopistoissa ja korkeakouluissa tehtävää ympäristöystävällisten teknologioiden kehitys-

työtä ja lisäämällä ympäristökysymyksiin liittyvää koulutustarjontaa laaja-alaisesti. Näin ympäristöystävällistä teknologioita koskeva tietämys kasvaa ja siirtyy opiskelijoiden valmistuttua yrityksiin. Tämänkaltaisella koulutuksella voi olla myös suotuisa vaikutusta ihmisten kulutusvalintoihin.

Vihreässä luovassa tuhossa on kyse yritysten ja toimipaikkojen uusiutumisesta siten kuin innovaatioperusteinen, luovaa tuhoa korostava schumpeteriläinen kasvuteoria ennustaa. Luovan tuhon keskeinen lähde on se, että yritykset pyrkivät parantamaan kilpailuasemaansa markkinoilla panostamalla tuote- ja prosessi-innovaatioiden tuottamiseen. Vihreää luovaa tuhoa tapahtuu, kun ympäristöinnovaatioilla onnistutaan luomaan uutta vihreämpää ja kilpailukykyisempää tuotantoa. Tämän ansiosta tuhoutuu vanhempaa ja saastuttavampaa tuotantoa sekä siihen kytkeytyneitä työpaikkoja.

Havaintoja

- Kun talouden voimavarat – työ, pääoma, energiankäyttö ja raaka-aineet – kohdentuvat uudelleen kohti ympäristöystävällisempiä tuotannollisia toimintamalleja, tapahtuu vihreää luovaa tuhoa, joka nopeuttaa talouden ja toimialojen siirtymistä kohti ympäristöystävällisempää tuottavuuskasvua.
- Välttämätön ehto vihreälle luovalle tuholle on, että osa yrittäjistä ja yrityksistä haluaa ja onnistuu tavoittelemaan menestyksekkäästi ympäristöystävällisiä ja niiden tuottavuutta tehostavia innovaatioita.
- Toinen ehto vihreälle luovalle tuholle on, että ympäristöystävällisiä innovaatioita tekevät yritykset onnistuvat paremman tuottavuutensa ansiosta syrjäyttämään menestyksekkäästi vähemmän ympäristöystävällisiä teknologioita hyödyntäviä kilpailijaryhtymäitä.
- Empiirinen tarkastelu paljastaa, että Suomessa toimivat yritykset tekevät vähintään yhtä paljon ympäristöinnovaatioita kuin Ruotsissa ja Tanskassa ja että verrattuna muihin innovaatioihin, ympäristöinnovaatiot näyttävät keskittyvän suhteellisesti enemmän suuriin yrityksiin ja Helsingin seudulle.

Suosituksia

- Vihreää siirtymää voidaan nopeuttaa hyödyntämällä politiikkayhdistelmiä, joilla sekä luodaan edellytyksiä ilmasto- ja luontoystävällisemmälle tuotantotoiminnalle että tietoisesti rasitetaan jo olemassa olevaa mutta ympäristöä kuormittavaa tuotantotoimintaa.
- Esimerkiksi silloin kun julkinen sektori ei kykene tunnistamaan yhteiskunnallisesti tärkeitä innovaatioita hyvin erilaisten innovaatioiden joukosta ja kun on tarve kannusta markkinaehtoisesti toimivia yksityisiä toimijoita kehittämään valikoivasti yhteiskunnallisesti tärkeitä vihreitä innovaatioita, tarvitaan riittävän korkea hiilidioksidipäästöjen hinnoittelu, t&k-tukia ja patenttisuojaa.
- Ympäristöinnovaatioihin kannustamisen lisäksi on tarvetta täydentäville politiikkatoimille, jotka lisäävät talouden dynamiikkaa yritys- ja työntekijätasolla, mutta jotka toisaalta lievittävät ja tasaaivat rakennemuutoksista työntekijöille ja kansalaisille aiheutuvia sopeutumiskustannuksia.
- Täydentävät yhteiskunnalliset uudistukset voivat myös helpottaa ympäristölle hyödyllisten toimien läpivientiä poliittisesti.

Viitteet

- ¹ Innovaatioita on monenlaisia ja niihin liittyvä terminologia vaihtelee. Kutsumme tässä kirjoituksessa erilaisia ekoinnovaatioita, kestävän kehityksen innovaatioita, ekologisia innovaatioita ja luonnon varoja säästäviä ja ilmaston lämpenemistä ehkäiseviä innovaatioita joko ympäristöinnovaatioiksi tai vihreiksi innovaatioiksi.
- ² Näitä tuloksia ei ole raportoitu tässä.

Lähteet

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D. (2012). The Environment ja Directed Technical Change. *American Economic Review* 102 (1): 131–66. <https://doi.org/10.1257/aer.102.1.131>
- Aghion, P., Antonin, C. & Bunel, S. (2021). *The Power of Creative Destruction: Economic Upheaval ja the Wealth of Nations*. Cambridge, MA: Belknap Press.
- Aghion, P., Dechezleprêtre, A., Hémous, D., Martin, R. & Van Reenen, J. (2016). Carbon Taxes, Path Dependency, ja Directed Technical Change: Evidence from the Auto Industry. *Journal of Political Economy* 124 (1) (February): 1–51. <https://doi.org/10.1086/684581>
- Aghion, P., Hepburn, C., Teytelboym, A. & Zenghelis, D. (2019). Path Dependence, Innovation ja the Economics of Climate Change. *Handbook on Green Growth*, 67–83.
- Aghion, P. & Howitt, P. (2009). *The Economics of Growth*. The MIT Press.
- Ahlvik, L. & van den Bijgaart, I. (2024). Screening innovation through carbon pricing. *Journal of Environmental Economics ja Management*, Vol. 124.
- Baldwin, J. R. (1995). *The dynamics of industrial competition. A North American perspective*. Cambridge University Press.
- Barbier, E. B. (2023). Comment: The G7 needs to boost its low-carbon strategy – here’s how. *Nature*, Vol. 617: 459–461.
- Basu, S., Eldridge, L., Haltiwanger, J. & Strassner, E. (2023). *Technology, Productivity, ja Economic Growth*. University of Chicago Press / National Bureau of Economic Research. <https://www.nber.org/books-and-chapters/technology-productivity-and-economic-growth>
- Ben-El-Mechaieq, H. S. & Stavins, R. N. (2007). Second-Best Theory ja the Use of Multiple Policy Instruments. *Environmental ja Resource Economics* 37 (1): 111–29. <https://doi.org/10.1007/s10640-007-9110-y>
- Bryan, K. A. & Williams, H. L. (2021). Innovation: Market Failures ja Public Policies. Teokses-*sa Handbook of Industrial Organization*, 5, 281–388. Elsevier. <https://doi.org/10.1016/bs.hesind.2021.11.013>
- Caballero, R. J. & Hammour, M. L. (1996). On the Timing ja Efficiency of Creative Destruction. *The Quarterly Journal of Economics* 111 (3): 805–52. <https://doi.org/10.2307/2946673>
- Cohen, W. M. & Klepper, S. (1996a). A Reprise of Size ja R&D. *The Economic Journal* 106 (437): 925–51. <https://doi.org/10.2307/2235365>
- Cohen, W. M. & Klepper, S. (1996b). Firm Size ja the Nature of Innovation within Industries: The Case of Process ja Product R&D. *The Review of Economics ja Statistics* 78 (2): 232–43. <https://doi.org/10.2307/2109925>
- Crepón, B., Duguet, E. & Mairesse, J. (1998). Research, Innovation ja Productivity: An Econometric Analysis At The Firm Level. *Economics of Innovation ja New Technology* 7 (2): 115–58. <https://doi.org/10.1080/10438599800000031>
- Disney, R., Haskel, J. & Heden, Y. (2003). Restructuring ja Productivity Growth in Uk Manufacturing*. *The Economic Journal* 113 (489): 666–94. <https://doi.org/10.1111/1468-0297.t01-1-00145>

- Ghisetti, C. (2018). On the Economic Returns of Eco-Innovation: Where Do We Stand? *New Developments in Eco-Innovation Research*, 55–79.
- Horbach, J. & Rammer, C. (2020). Circular Economy Innovations, Growth ja Employment at the Firm Level: Empirical Evidence from Germany. *Journal of Industrial Ecology* 24 (3): 615–25. <https://doi.org/10.1111/jiec.12977>
- Horbach, J. & Reif, C. (eds.) (2018). *New Developments in Eco-Innovation Research*. Sustainability ja Innovation. Cham: Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-93019-0_12
- Hyytinen, A. & Maliranta, M. (2013). Firm Lifecycles ja Evolution of Industry Productivity. *Research Policy* 42 (5): 1080–98. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2013.01.008>
- Ilmakkunnas, P. & Maliranta, M. (2008). Työpaikka- ja työntekijävirtojen viimeaikainen kehitys Suomen yrityssektorilla. Työpoliittinen aikakauskirja, 51(3): 30–45.
- Jaffe, A. B., Newell, R. G. & Stavins, R. N. (2005). A Tale of Two Market Failures: Technology ja Environmental Policy. *Ecological Economics*, Technological Change ja the Environment, 54 (2): 164–74. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2004.12.027>
- Kivimaa, P. & Kern, F. (2016). Creative Destruction or Mere Niche Support? Innovation Policy Mixes for Sustainability Transitions. *Research Policy* 45 (1): 205–17. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2015.09.008>
- Lööf, H., Mairesse, J. & Mohnen, P. (2017). CDM 20 Years After. *Economics of Innovation ja New Technology* 26 (1–2): 1–5. <https://doi.org/10.1080/10438599.2016.1202522>
- Maliranta, M. (2014). Luovan tuhon tie kilpailukykyyn – Miten innovointi vaikuttaa yrityksiin, kansantalouteen ja kansalaisiin. Tehokkaan Tuotannon Tutkimussäätiö. Julkaisusarja, 4.
- Maliranta, M. & Valmari, N. (2017). *Suomen teollisuustuotannon uudistuminen tuotantolinjalla*. Etna Raportti nro 72.
- Rennings, K. (2000). Redefining Innovation – Eco-Innovation Research ja the Contribution from Ecological Economics. *Ecological Economics* 32 (2): 319–32. [https://doi.org/10.1016/S0921-8009\(99\)00112-3](https://doi.org/10.1016/S0921-8009(99)00112-3)
- Segerstrom, P. S., Anant, T. C. A. & Dinopoulos, E. (1990). A Schumpeterian Model of the Product Life Cycle. *The American Economic Review* 80 (5): 1077–91.
- Söderholm, P. (2020). The Green Economy Transition: The Challenges of Technological Change for Sustainability. *Sustainable Earth* 3 (1): 6. <https://doi.org/10.1186/s42055-020-00029-y>
- Takalo, T., Tanayama, T. & Toivanen, O. (2024). Welfare Effects of R&D Support Policies. (Helsinki GSE Discussion Papers 21, 2024).
- Tether, B. S. (1998). Small ja Large Firms: Sources of Unequal Innovations? *Research Policy* 27 (7): 725–45. [https://doi.org/10.1016/S0048-7333\(98\)00079-1](https://doi.org/10.1016/S0048-7333(98)00079-1)
- Weber, K. M. & Rohracher, H. (2012). Legitimizing Research, Technology ja Innovation Policies for Transformative Change: Combining Insights from Innovation Systems ja Multi-Level Perspective in a Comprehensive “Failures” Framework. *Research Policy*, Special Section on Sustainability Transitions, 41 (6): 1037–47. <https://doi.org/10.1016/j.respol.2011.10.015>