

YK:N KESTÄVÄN KEHITYKSEN TAVOITTEET JA TA- LOUSKASVU

Jyväskylän yliopisto
Kauppakorkeakoulu

Pro gradu -tutkielma

2024

Tekijä: Niklas Reunanen
Oppiaine: Taloustiede
Ohjaaja: Mika Maliranta



JYVÄSKYLÄN YLIOPISTO

TIIVISTELMÄ

Tekijä Niklas Reunanen	
Työn nimi YK:n kestävän kehityksen tavoitteet ja talouskasvu	
Oppiaine Taloustiede	Työn laji Pro gradu -tutkielma
Aika (pvm.) 10.10.2024	Sivumäärä 51
Tiivistelmä – Abstract	
<p>Tässä Pro gradu -tutkielmassa koetetaan selvittää mahdollisesti talouskasvun ja YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden välillä vallitsevaa yhteyttä aiempia tutkimuksia ja empiriaa hyödyntäen, sekä keskustellaan vedettyjen johtopäätösten myötä niiden oletettavista syistä ja vaikutuksista.</p> <p>Tutkimus aloitetaan aiheesta kertovan johdannon jälkeen teoriaosiossa keskeisiä käsitteitä läpi käyden, sekä niiden avulla hypoteesit luoden ja tutkimuksen aiheellisuus esittäen. Tutkimuksen kannalta olennaisimpiin käsitteisiin kuuluvat esimerkiksi vihreä kasvu, Kuznetsin ekologinen käyrä, peliteoria, sekä taloustieteelle triviaalit tuotantofunktiot.</p> <p>Teorialle olennaisimpien käsitteiden perusteella on valittu empiriaan soveltuva avoimista ja virallisista lähteistä kerätty aineisto, jonka tilastodata koostuu aiemmissä tutkimuksissa esitellyistä yleisimmistä ilmastoindikaattoreista ja reaalisesta bruttokansantuotteen kasvusta.</p> <p>Aineistosta tehtyjen regressioiden ja teorian syvemmän analyysin kautta kyetään havaitsemaan selkeitä viitteitä kestävän kehityksen tavoitteiden ja talouskasvun välillä vallitsevasta yhteydestä, sekä luomaan johtopäätöksiä siihen vaikuttavista tekijöistä, kuten teknologisen kehityksen taso ja ympäristön huomioivan investoinnin merkitys myös liiketoiminnalle.</p> <p>Samalla saaduilla tuloksilla vahvistetaan aiemman kirjallisuuden käsitystä mahdollisesti epärealististen taloudellisten tavoitteiden haitallisuudesta, joidenkin aiempien ennustemallien epäkäytännöllisyydestä niiden matemaattisesti vajaiden ominaisuuksien vuoksi, sekä vähenevästä rajahyödystä johtuvasta tarpeesta teknologiselle kehitykselle ainoana tapana edistää talouskasvua.</p> <p>Viimeisenä keskustellaan vielä tutkimuksen aikana tehtyjen havaintojen käytännön implikaatioista ja luodaan pohjaa tuleville tutkimuksille esimerkiksi tässä tutkimuksessa toivottua heikommaksi jääneen matemaattisen taustan osalta. Samoin hyötyä voidaan esittää löytyvän peliteorian kautta etsittävästä optimaalisesta ympäristöpolitiikan säädännöstä, jolla markkinatasapaino säilytetään kestävän kehityksen tavoitteita noudattaen.</p>	
Asiasanat Kestävä kehitys, vihreä kasvu, talouskasvu, peliteoria,	
Säilytyspaikka	Jyväskylän yliopiston kirjasto

Kuvaluettelo:

1. Kuznetsin ekologinen käyrä (Mitic ja ym., 2019)
2. Cournot tasapaino
3. Stackelberg tasapaino
4. Talouskasvun tavoitteet ja energian kulutus (Wu ja ym., 2024)
5. Suuntaa antava korrelaatiokuvaaja
6. Bruttokansantuotteen normaalijakauma
7. Bruttokansantuotteen kvartaalianalyysi
8. Hiilidioksidipäästöjen kvartaalianalyysi
9. Teknologisen kehityksen kvartaalianalyysi
10. OECD ja Euroalueen BKT suhteessa hiilidioksidiin
11. Etelä-Aasian ja Sub-Saharan Afrikan BKT suhteessa hiilidioksidiin

Taulukkoluetelo:

1. Kestävän kehityksen tavoitteet (Yhdistyneet Kansakunnat)
2. Regressiotulokset 1
3. Regressiotulokset 2
4. Regressiotulokset 3

SISÄLLYS

1	JOHDANTO.....	5
2	TEORIA.....	12
	2.1 Aihealue ja tavoitteiden jaottelu.....	12
	2.2 Indikaattorit aiemmassa kirjallisuudessa.....	14
	2.3 Ekologinen Kuznetsin käyrä.....	16
	2.4 Vihreä Solow-Swan ja markkinatasapainot.....	19
	2.5 Porterin hypoteesi ja poliittisten päätösten vaikutus.....	24
	2.6 Yhteenveto teoriasta.....	29
	2.7 Yleistä keskustelua ja odotuksia.....	30
3	AINEISTO JA MENETELMÄ.....	31
	3.1 Aineisto ja muuttujat.....	31
	3.2 Menetelmät.....	32
4	TUTKIMUKSEN TULOKSET.....	34
	4.1 Yleistä.....	34
	4.2 Jakaumat ja kvartaalianalyysi.....	34
	4.3 Regressiotaulukot.....	38
	4.4 Alaryhmäanalyysi ja aikaisemmat mallit.....	41
5	JOHTOPÄÄTÖKSET JA KESKUSTELUA.....	44
	5.1 Huomioita rajoitteista.....	44
	5.2 Johtopäätökset.....	44
	5.3 Keskustelua ja implikaatiot.....	46

1 JOHDANTO

Tässä pro gradu -tutkielmassa tarkastellaan millaisia vaikutuksia ja yhteyksiä YK:n vuonna 2012 alustamalla ja myöhemmin viimeistelyn ja selventämisen jälkeen vuonna 2015 laajalti käyttöön ottamalla kestävän kehityksen tavoitteilla on taloudellisen kasvun kannalta.

Tämän tutkimuksen johdannon jälkeen seuraavassa teoriaosiossa tarkemmin määriteltävät Yhdistyneiden Kansakuntien luomat kestävän kehityksen tavoitteet saivat teoreettisesti alkunsa jo 1990-luvun alussa, kun lähes 180 maata hyväksyi yhdessä sopimuksen maailmanlaajuisen yhteistyön aloittamisesta ympäristön suojelemiseksi ja ihmisten elinolosuhteiden parantamiseksi. Käytännössä tavoitteet alkoivat vahvistua vuonna 2000 pidetyssä Vuosituhannen Kokouksessa (kään. Millenium Summit), kun kaikki jäsenmaat yksimielisesti sopivat kahdeksan tavoitteen käyttöönotosta köyhyyden vähentämiseksi vuoteen 2015 mennessä. Näiden alkuperäisten kahdeksan tavoitteen pohjalta kehitettiin myöhemmin aate laajemmista kestävän kehityksen tavoitteista, jotka ottaisivat huomioon köyhyyden lisäksi muitakin universaaleja ongelmia, kuten ilmastonmuutoksen, epätasa-arvon, oikeudenmukaisuuden ja monia muita vastaavan kaltaisia yhteiskunnallisia epäkohtia. Nykyiseen muotoonsa kansakuntien 17 kestävän kehityksen tavoitetta päätyivät lopulta vuonna 2015, kun tammikuussa pidetyssä kokouksessa keskusteltiin nyt päättyneen kehitystavoitteen jatkosuunnitelmista ja vajaan vuoden kestäneen suunnitteluvaiheen jälkeen päädyttiin omaksumaan 2030-kehitystavoitteet (Yhdistyneet Kansakunnat, 2023). Tänä päivänä tavoitteita edistetään sekä maakohtaisesti, että Yhdistyneiden Kansakuntien erityisesti tavoitteiden valvomista ja edistämistä varten perustetun Kestävän Kehityksen Divisioonan avulla.

Suoraan kestävän kehityksen tavoitteisiin yhteydessä olevan ilmastotietoisuuden merkitys on viime vuosina noussut tärkeään arvoasemaan yhteiskunnassa niin liiketoiminnan, kuin kuluttajien arjenkin kannalta. Yleisellä

tasolla eettinen toiminta ja kestävä kehityksen noudattaminen paremman tulevaisuuden turvaamiseksi ovat osoittautuneet jopa syiksi valita yhteistyötoiminta tietyn liikekumppanin kanssa (Liu, Anderson & Cruz, 2012), tai vaihtoehtoisesti boikotoida säännöistä välittämättömiä osapuolia (Garrett, 1987).

Kestävä kehityksen sääntöjen seuraaminen voi kuitenkin olla näiden boikottienkin ohella joissain tilanteissa huomattavasti kalliimpaa liiketoiminnalle, kuin ”perinteiset” menet, jonka vuoksi on perusteltua tutkia tietoisesti tehtyjen taloudellisten uhrauksien vaikutusta laajemmalla skaalalla. On esimerkiksi syytä ottaa liiketoiminnassa huomioon sekä syntyvä aiempaa suurempien tappioiden riski, tai toisaalta mahdollisuus saada enemmän markkinaosuutta itselleen kyseisen ekopoliittisen valinnan tekemällä (Liu, ym., 2012.) Näitä liiketoiminnan kustannuksiin liittyvien valintojen pohjalta syntyviä eroja voidaan tutkia esimerkiksi tavoitteita noudattavien osapuolten ja niitä noudattamatta jättävien välillä. Koska tietoisin valinnan teko yhden tai muutaman yrityksen tasolla ei kuitenkaan antaisi tarpeeksi tilastollisesti merkitsevää tietoa, otetaan tässä tutkimuksessa huomioon useamman maan alueelta saadut tiedot pitemmän aikavälin paneelidatassa tulosten todenmukaisuuden vahvistamiseksi. Tätä lähestymisperiaatetta tukee myös se fakta, että kuten toisen luvun teoreettisessa viitekehityksessä tullaan tarkemmin selventämään, ei kaikkia asetettuja kestävä kehityksen tavoitteita ole loogista tai edes mahdollista seurata jokaisella annetulla liiketoiminnan alalla. Tämä voi johtua esimerkiksi siitä, että yrityksen toiminta keskittyy sektoreille, joilla ei ole minkäänlaista vaikutusta tietyn asetetun tavoitteen toimialalla.

Talouskasvun suhteen aihetta puolestaan voidaan lähestyä pitkälti perinteisten mallien ja teorioiden avulla. Kuten myöhemmin selvennettävistä termeistä ja aiemmasta kirjallisuudesta ilmenee, ovat esimerkiksi Cobb-Douglas ja Solow-Swan erittäin käytännöllisiä malleja aiheen käsittelyn kannalta, joko sellaisenaan tai hieman eri ilmastoindikaattoreita huomioimaan muokattuna.

Talouskasvun kannalta on myös tärkeää mainita, että useat tutkimukset ovat osoittaneet teollisuuden haittavaikutusten olevan positiivisesti korreloituvia taloudellisen kasvun kanssa etenkin suurissa kehittyneen teknologian maissa, kuten Japani, Kiina ja Yhdysvallat (Azam et. al. 2016). Tämän takia olisi aiheellista yrittäjien lisäksi myös suuremmille valtioille sisällyttää liikepolitiikkaansa ympäristövastuullisia päätöksiä paremman kestävä kehityksen ja samalla tehokkaamman talouskasvun saavuttamiseksi.

Jotta tässä tutkimuksessa varsinaisesti pohdittavia hypoteesejä ja tutkimuskysymystä voitaisiin lähestyä oleelliselta kannalta, on perusteltua käydä hieman läpi myös itse talouskasvun määritelmiä, ennen kuin niitä laajemmin myöhemmissä osioissa tullaan tarkentamaan. Myös taloudellisen

kasvun merkitystä yhteiskunnalle ilmaston ja vastuullisuuden kannalta tarkentamalla on mahdollista lisätä tämän tutkimuksen aiheellisuutta. Koska kyseessä on lähtökohtaisesti alaa tunteville triviaali aihe, on oletettavissa että sitä on jo erittäinkin laajalti tutkittu ja uusia tuloksia on täten huomattavasti hankalempi tuottaa ilman näkökulman muutosta. Esittämällä kuitenkin aihe esimerkiksi tietyn kasvun osa-alueen kautta, voidaan luoda mittauksellisesti merkittäviä muuttujia, joilla tutkimuskysymykseen voidaan vastata uudella ja relevantilla datalla.

Taustaksi aiemman kirjallisuuden perusteille ja valittavaan tutkimuksen toteutustapaan talouskasvun yleisiin määritelmiin kuuluvat esimerkiksi Kuznetsin (1973) antama kuvaus, jossa tarkastelun kohteena olevan maan taloudellista kasvua mitataan sen pitkän aikavälin kyvyllä toimittaa lisääntyvästi monipuolisempia taloudellisia tuotteita ja hyödykkeitä kansalaisilleen. Tässä kuvauksessa toimituskyvyn kasvu perustuu jatkuvasti kehittyviin teknologisiin saavutuksiin ja ideologisiin, sekä institutionaalisiin muutoksiin, joita yhteiskunnassa välttämättä ajan myötä tapahtuu.

Useat nykypäivänä käytetyt määritelmät taloudellisesta kasvusta perustuvat olennaisesti tähänkin määritelmään ja yleisemmällä tasolla Kuznetsin työhön. On silti huomattava, että osin sen iän puolesta ja osin jatkuvasti kehittyvän ymmärryksen vuoksi useat alkuperäiset määritelmät ja teoriat ovat saaneet nykypäivänä osakseen kritiikkiä niiden toimivuuden puolesta (Liu, Lei, & He, 2024; Ferrara, 2009). Modernisoiduissa versioissa voidaan kuitenkin myös havaita merkittäviä eroja esimerkiksi tarkastelukohteiden puolesta, joiden avulla pyritään pitämään teoriat relevantteina. Vaikka triviaalisti voitaisiin Kuznetsin määritelmän pohjalta todeta kasvun olevan yksinkertaisimmillaan bruttokansantuotteen kasvun määrä vuodessa, on joissakin kasvun määritelmässä käytetty myös esimerkiksi vain ympäristöön liittyvien mittareiden vaikutusta (Ben Amara & Qiao, 2023). Vastaavanlaisten teoreettisempien mittareiden kautta taloudellinen kasvu ilmenee esimerkiksi parantuneina elinolosuhteina varsinaisen mitattavissa olevan rahallisen arvon sijaan.

Rinnastettuna taloudelliseen kasvuun, etenkin näiden ympäristöllisiä tekijöitä mittaavien määritelmien kautta, on tämän tutkimuksen kannalta aiheellista keskustella myös niin kutsutuista vihreästä kasvusta ja vihreästä siirtymästä, joita osa seuraavan teoriaosion tutkimuksista on myös olennaisesti hyödyntänyt. Vihreällä kasvulla tarkoitetaan teoriaa, jonka mukaan pitkän aikavälin jatkuva taloudellinen laajentuminen on mahdollista teknologisen kehityksen kautta myös siten, että bruttokansantuotteen kasvu erillistetään täysin luonnollisten resurssien kulutuksesta ja esimerkiksi hiilipäästöistä (Hikel & Kallis, 2020.) Yksinkertaistettuna tämä tarkoittaisi käytännössä monissa tapauksissa taloudellisen hyvinvoinnin lisääntymistä ilman fossiilisten polttoaineiden kuluttamista.

Vihreän kasvun merkitystä tälle tutkimukselle puolestaan voidaan perustella sekä sen myötävaikutuksen kautta tutkittavana oleviin kestäväen kehityksen tavoitteisiin, että itse vihreän kasvun määritelmän kautta saatavalla taloudellisella hyödyllä. Vihreän kasvun huomiointia tukee entisestään myös teoriaosiossa tarkemmalla tasolla tutkittavasta Kuznetsin 1970-luvulla luomasta ekologisesta käyrästä (Kuva 1, Ecological Kuznets Curve, edespäin EKC) tehtävät havainnot. Tämän EKC:n hypoteesin mukaan on olemassa yhteys maan kehitys- ja tulotason, sekä ympäristön hyvinvoinnin välillä. Käyrästä voidaan yleisessä muodossa havaita alaspäin aukeavan paraabelin muodossa oleva kuvaaja ympäristön haittavaikutuksista vähemmän kehittyneissä ja alemman tulotason omaavissa maissa, joka kuitenkin lähtee jälleen ”paranemaan” tulotason ja yhteiskunnan kehityksen noustessa (Narayan & Narayan, 2010). Kuten jo edellä kuitenkin todettiin, on itse kuvaajan käytännöllisyyttä kuitenkin kyseenalaistettu ja moderneissa tutkimuksissa sitä käytetään enimmäkseen lähtökohtalettamuksena, jonka päälle uudet ja laajennetut teoriat voidaan rakentaa.

Bekhet ja Abdul Latif (2018) myös korostavat vihreän kasvun merkitystä sen luomien uusien työpaikkojen ja markkinamahdollisuuksien perusteella, kun kehittyvän ekologisen teknologian kysyntä kasvaa. Tätä kautta vihreän kasvun aiheuttama lisääntynyt ympäristövastuullisuus myös vaikuttaa liiketoimintaan kilpailun ja innovaatioiden alasta riippumattoman suuntautumisen myötä. Johdtopäätöksensä näistä havainnoista on mahdollista lähteä yhdistämään ekologiaa innovaatioita liikestrategioihin, luoden siten pohjaa samanaikaisesti sekä vihreälle-, että taloudelliselle kasvulle (Bekhet & Abdul Latif, 2018.)

Toisena aiemmin mainittuna tärkeänä teoriana työssä hyödynnetään vihreää siirtymää, joka määritelmältään osin yhtenäisesti vihreän kasvun kanssa perustuu kestäväen taloudelliseen kasvuun, kuitenkin keskittyen erityisesti luonnonvarojen ylikulutukseen. Esimerkiksi Ympäristöministeriön (2023) määritelmän mukaan viherässä siirtymässä kestäväen kehitykseen panostava yhteiskunta allokoii resursseja hiilineutraaliuden saavuttamiseen ja korostaa kiertotalouden merkitystä biodiversiteetin säilyttämiseksi. Vihreä siirtymä on kehitysuuntana ajankohtainen ja äärimmäisen tärkeä teoria, sillä tällä hetkellä maailmassa yli kulutetaan sekä fossiilisia polttoaineita, että myös uusiutuvia luonnonvaroja, mikä osaltaan vain kiihdyttää ilmaston liittyvien ongelmien syntyä. Tästä syystä kestäväen kehityksen ja energianlähteiden tarkempi valinta on erityisen olennaista.

Ongelmakohdaksi viherässä siirtymässä on muodostunut tavoitteiden saavuttamiseen käytettävät menetelmät, sillä vähennettäessä haitallisia tuotantotekijöitä, olisi tarpeellista huomioida myös muut kestäväen kehityksen tavoitteet (Ympäristöministeriö, 2023). Esimerkiksi fossiilisista polttoaineista pois siirryttäessä ei ole yhteiskunnan kannalta hyödyllistä huonontaa elinolosuhteita nostamalla

hintoja, tai heikentää biodiversiteettiä viemällä eläinkannalta tilaa uusien voimaloita varten. Suomen tasolla Ympäristöministeriö (2023) tosin mainitsee nämä asiat huomioitavan jo lainsäädännössä EU:n yhteisen ”Do No Significant Harm”-periaatteen myötä.

Koska näistä syistä jo pelkästään keskusteltavien teorioiden osalta on määritelmällisesti mahdollista luoda yhteys talouskasvun ja YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden välille, keskitytään tässä työssä vielä erityisesti tarkennettuna ilmastovaikutuksellisiin tavoitteisiin. Institutionaalisia ja taloudellisia tavoitteita tullaan pääasiassa sivuamaan joitakin teoriaosien alakontekstejä käsiteltäessä, niille relevanttien taloustieteellisten teorioiden hyödyntämisen mahdollistamiseksi. Myös aiempi kirjallisuus tukee monilta osin näitä suuntavalintoja, sillä esimerkiksi aiemmin viitattu Ben Amaran ja Qiaon (2023) tutkimus luo vahvan perustan vihreän kasvun tutkimukselle ja mainitsee tärkeinä osa-alueina ekologiset innovaatiot, sekä hiilidioksidipäästöt osana taloudellista kasvua. Näitä Ben Amaran ja Qiaon (2023) väittämiä tukee omalta osaltaan myös Wangin, Changin, Rizvin ja Sarin (2020) tuottama tutkimus, joka toteaa EKC:n mukaisesti hiilidioksidipäästöjen nousevan talouden kasvaessa. Samalla tutkimus osoittaa myös että teknologisen kehityksen ylittäessä tietyn kynnyksen, alkaa päästöjen määrä laskemaan uusiutuvien luonnonvarojen hyödyntämisen kasvaessa. Käytännössä tutkimus siis vahvistaa tuloksillaan myös Kuznetsin ekologisen käyrän hypoteesiä sen molemmilta kannoilta.

Hiilidioksidipäästöjen ja vihreän kasvun ekologisten innovaatioiden ohella kestävän kehityksen tavoitteiden vaikutuksia on epäsuorasti käsitelty myös esimerkiksi kansainvälisen yhteistyön merkitystä korostamalla Wagnerin (2006) ja Corrocherin ja Mancusin (2021) tutkimuksissa. Täten Metcalfen lakiin (verkoston taloudellisen vaikutuskyvyn suuruus on suoraan yhteydessä sen jäsenmäärään) vedoten voidaan osin vahvistaa myös kestävän kehityksen tavoitteisiin kuuluvan yhteistyön merkitystä tavoitteiden saavuttamiseksi. Vaikka on syytä ottaa kriittisesti huomioon Wagnerin (2006) tutkimuksen tuottoajankohta suhteessa kestävän kehityksen tavoitteisiin, voimme kuitenkin sen myötä korostaa aiheen olennaisuutta sen oltua ajankohtainen jo kymmenen vuotta ennen nykyisten tavoitteiden kehittämistä.

Corrocherin ja Mancusin (2021) tutkimus puolestaan myötäilee hieman kansainvälisen kaupankäynnin gravitaatiomallin mukaisia toteamia, havaiten yhteistyövaikutusten ilmenevän voimakkaammin teknologisen kehityksen puolesta ja maantieteellisesti toisiaan lähempänä sijaitsevien maiden välillä. Täten se luonnollisesti samalla vaikuttaa niiden ilmasto- ja talouspoliittisiin päätöksiin yhtenäistävästi. Esimerkiksi ympäristöteknologisesti pitkälle kehittynyt maa toimii aktiivisemmin yhteistyössä naapurimaidensa kanssa, sekä myös kauempana sijaitsevien maiden kanssa, kuin lähellä sijaitsevien, mutta teknologisesti

vähemmän kehittyneiden maiden kanssa (Corrocher & Mancusi, 2021.) Tämän tutkimuksen kannalta havainto on olennainen ongelmakohtia selventävänä tekijänä, sillä useammassakin kappaleessa havaitaan yhteisenä haittatekijänä eri maiden välinen kyky ja valmius noudattaa jokaista eriteltyä kestävän kehityksen tavoitetta. Tälläkin perusteella on huomattavasti käytännöllisempää keskittyä tutkimuskohteena vain tiettyihin osa-alueisiin kestävän kehityksen tavoitteista. Samalla keskittyneemmän näkökulman valinta helpottaa mahdollisuutta muodostaa hypoteesit koskien eri osa-alueita aineiston moninaisuuden huomioinnin varmistamiseksi.

Huomioiden edellä esitetyt perusteet ja alustavat rajoitteet, on tutkimuksen toteutustavaksi perusteltua valita kirjallisen analyysin ohella kvantitatiivisen datan usean muuttujan regressioanalyysi, jossa lähdemateriaalina on käytetty OECD:n ja Eurostatin tilastoista saatua maa- ja yhteisökohtaista aggregoitua dataa. Tilastoista on kerätty luokittelematon paneelidata, jota on myöhempiä tarkoituksia varten myös sivuttu maakohtaisissakin kategorioissa. Valinta perustuu teorian perusteella esiteltyihin hypoteeseihin ja tutkimuksen aikana esiin nouseviin kysymyksiin. Riippuvana muuttujana tutkimuksessa on hyödynnetty bruttokansantuotteen reaalista kasvua, perustuen sen perinteiseen asemaan taloudellisen kasvun mittarina. Vastaavasti riippumattomiin muuttujiin kuuluvat esimerkiksi vihreä kasvu, ympäristöteknologinen kehitys, ilmastopäästöjen kehitys, (keskittyen hiilidioksiidiin), sekä ympäristöpoliittisten päätösten noudattaminen ja seuranta-aste. Kontrollimuuttujina on käytetty muun muassa väestön määrää ja koulutuksen tasoa. Muuttujia pyritään hyödyntämään yhdessä mahdollisimman hyvän selityskyvyn omaavan mallin luomiseksi, mutta yksittäisiäkin vaikutuksia pohditaan tätä selityskykyä ja datan osuvuutta arvioitaessa. Perinteisen regression ohella muitakin korrelaatioiden arviointiin ja talouden kasvun tekijöihin liittyviä yleisiä malleja on hyödynnetty yrityksenä monipuolistaa tuloksia, sekä tarjota selityksiä mahdollisesti puutteellisille tuloksille.

Näillä aineistoilla ja metodeilla pyritään saamaan selkeämpi näkymä **YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden ja taloudellisen kasvun välillä mahdollisesti vallitsevasta yhteydestä.**

Triviaalilla poissulkumekaniikalla voimme täten esittää tutkimuksen nollahypoteesiksi

H₀, ettei yleisten ilmastopoliittisten indikaattorien ja talouskasvun mittarien välillä ole relevantilla tasolla vallitsevaa yhteyttä.

Lopputuloksen kannalta on olennaista tarkentaa tutkimuskysymykseen liittyen, ettei tutkimuksen tavoitteena ole saada tarkkasti kaikkea selittäviä numeerisia lukuja jokaiselle tekijälle, vaan selventää yhteyden tutkittavien aiheiden välisen vaikutuksen voimakkuutta. Näiden tulosten perusteella

voidaan myös lopuksi analysoida ympäristöpoliittisten päätösten mahdollisia vaikutuksia tulevaan talouteen ja pohtia soveliaita kehityssuuntia kestäväen kehityksen ja paranevan talouden takaamiseksi.

Tutkimus tullaan toteuttamaan seuraavanlaisessa järjestyksessä: Johdannon jälkeisessä toisessa kappaleessa esitellään ensin laajemmin aiheen teoreettista taustaa hyödyntäen aiempien tutkimusten lähtökohtia ja niistä saatuja tuloksia, sekä keskustellen käytetyistä metodeista luoden siten sijaa hypoteeseille. Tässä kappaleessa pyritään myös käymään läpi aiheen kannalta relevantit taloustieteelliset teoriat vaikutuksineen. Syvennettyä teoriaa seuraavassa kolmannessa kappaleessa esitellään ensin tässä tutkimuksessa käytetty aineisto perustellen samalla sen valintakriteerit ja sen olennaisuus tutkitun aiheen kannalta, jonka jälkeen käydään tarkemmin läpi tutkimuksessa itse käytettävä metodologia ja alustavat tulokset mahdollisine merkittävine lukuarvoineen. Neljännessä kappaleessa saatuihin tuloksiin perehdytään tarkemmin myös niiden mahdollisia vaikutuksia tulkiten ja yhteenvettoa luoden, sekä yleisellä tasolla hypoteeseihin ja siten tutkimuskysymykseen vastaten. Viidennessä ja viimeisessä kappaleessa käydään läpi teoriaosiossa esiteltyjen aiempien tutkimusten ja tässä tutkimuksessa itse saatujen tulosten pohjalta tehtyjä johtopäätöksiä, sekä sisällytetään yleisemmällä tasolla vaikutusten pohdintaa ja luodaan mahdollista pohjaa tulevaisuudessa tehtäville jatkotutkimuksille.

Työssä on hyödynnetty tekoälyä ulkomuodollisten tekijöiden, kuten regressiotaulukoiden tulosten esittelyn siistimiseen, mutta ei millään tapaa itse työn sisällön tuottoon. Käytetty tekoäly on ollut ChatGPT, johon on syötetty regressiotaulukot 1-3 ja pyydetty formatoimaan ne helppolukuisempaan esitystapaan itse tietoja muuttamatta. Tulos on varmuuden vuoksi tarkistettu alkuperäisestä taulukosta.

2 TEORIA

2.1 Aihealue ja tavoitteiden jaottelu

Teoriaan siirryttäessä on aiheellista mainita heti alussa Ressin (2022) tutkimus, jossa käsitellään talouskasvua perinteisen teknologisen kehityksen ja innovaatioiden kannalta start-up yritysten näkökulmasta. Tutkimuksesta tekee tälle teoriaosiolle olennaiseksi Cobb-Douglas-tyyppisen teknologiaan keskittyvän lähestymiskulmansa ohella se, että Ressin (2022) on lajitellut YK:n kestävän kehityksen tavoitteet neljään alaluokkaan, täten helpottaen niiden tarkastelua oleellisten aihepiirien yhteydessä. Alaluokkiin lajittelu myös mahdollistaa argumenttien kohdentamisen vain tiettyihin tavoitteisiin ja niihin liittyvien muuttujien käyttöön myöhemmin empirian aikana.

Itse tavoitteet Ressin (2022) on jakanut sosiaalisiin-, taloudellisiin-, ympäristöllisiin-, sekä institutionaalisiin alaluokkiin. Loppututkimuksen koheesion ja ymmärrettävyyden vuoksi YK:n (2023) kestävän kehityksen tavoitteet on alla listattu taulukkoon (1) pääkohtaisine merkityksineen. Täten voidaan jatkossa viitata yksittäisiin tavoitteisiin perusteineen esimerkiksi metodologian tai valitun teorian merkittävydestä puhuttaessa.

TAULUKKO 1: Kestävän kehityksen tavoitteet (Yhdistyneet kansakunnat)

Luokka 1: sosiaaliset	1: Ei köyhyyttä	2: Ei nälkää	3: Yleisen terveystason parantuminen	4: Laadukas koulutus	5: Sukupuolten tasa-arvo	6: Puhdas juomavesi
Pääpiirteet:	Köyhyyden päättäminen kaikissa muodoissaan	Ravinnon saannin ja sen laadun turvaaminen, sekä kestävä tuotanto	Eliniän kasvattaminen ja hyvinvoinnin lisäys maailmanlaajuisesti	Tasapuolinen mahdollisuus koulutukseen kaikille	Tasa-arvon ja naisten aseman parantaminen kaikissa yhteiskunnissa	Juomaveden saavutettavuuden ja hygieenisyyden takaaminen kaikille
Luokka 2: taloudelliset	7: Puhdas energia	8: Hyvät työolosuhteet ja talouden kasvu	9: Infrastruktuurin kehitys ja innovaatiot	10: Yleinen epätasa-arvon vähentäminen	11: Kestävät kaupungit ja yhteisöt	12: Vastuullinen kulutus ja tuotanto
Pääpiirteet:	Energian saavutettavuus, vastuullisuus ja luotettavuus	Työllisyyden kasvu, tuottavuus ja kestävä taloudellisen kasvun takuu	Pitkäikäinen infrastruktuuri, kestävä teollistuminen, sekä kehityksen takuu	Taloudellisten ja fyysisten epätasa-arvojen vähentäminen maissa ja niiden välillä	Turvallisuuden lisääminen ja syrjimättömät yhteisöt kaupungeissa	Ekologisten vaikutusten huomiointi tuotantomenetelmien ja kulutettavien tuotteiden valinnassa
Luokka 3: Ympäristölliset	13: Ilmaston huomiointi	14: Vedenalainen elämä	15: Biodiversiteetti			
Pääpiirteet:	Yhteinen tavoite ilmastomuutoksen	Vesistöjen suojeleminen ja uusiutuvien resurssien	Luonnonsuojelu metsien, eläinten ja			

	hallinnaksi ja vahingon korjaamiseksi	käyttö kestävyyden takaamiseksi	biodiversiteetin puolesta. Aavikoitumisen esto ja ekosysteemien tukeminen			
Luokka 4: Instituutionaaliset	16: Rauha ja oikeudenmukaisuus	17: Yhteistyö tavoitteiden saavuttamisessa				
Pääpiirteet	Saavutettavat ja luotettavat oikeusjärjestelmät, rauhalliset ja syrjimättömät yhteiskunnat	Kansainvälisen yhteistyön lisäys ja yhteisten keinojen sopeutuminen kestävä kehityksen saavuttamiseksi				

Luokitteluja tutkittaessa voidaan jälleen tehdä havainto tavoitteiden laadullisista vaihteluista, esimerkiksi biodiversiteetin säilyttämisen ja suojelun, sekä köyhyyden kaikkien muotojen päättämisen välillä. Tällaisten abstraktien erojen takia on omalta osaltaan perusteltua ja ymmärrettävää keskittyä eri teorioiden ohella yksittäisiin tavoitteisiin tai tavoiteluokkiin, eikä yrittää löytää universaalia selitystä kaikkia mahdollisia vaikutteita hyödyntäen. Muussa tapauksessa odotettavissa olisi selityskyvyltään korkeintaan keskiverto- ja tilastolliselta merkittävyydeltään suhteellisen tarpeeton regressio.

2.2 Indikaattorit aiemmassa kirjallisuudessa

Paljon Ressin (2022) tavoin, esimerkiksi Ben Amara ja Qiao (2023) ovat tutkimuksessaan hyödyntäneet vain tiettyjä ilmastollisia indikaattoreita

selventääkseen talouskasvun ja vihreän kasvun välistä suhdetta ilmastonmuutoksen pysäyttämiseksi. Tätä voidaan perustella aiemman kirjallisuuden tuloksilla, joista kyettiin havaitsemaan esimerkiksi hiilidioksidipäästöjen olevan positiivisesti korreloivassa yhteydessä yhteiskunnan talouden kasvuun (Narayan, Saboori, & Soleymani, 2016.) Näitä havaintoja tukee muukin aiempi kirjallisuus, jonka avulla voidaan todeta selvästi ekologiseen innovointiin ja kestävään kehitykseen suuntautuneiden yhteiskuntien kasvavan taloudellisesti voimakkaammin. Muita indikaattoreita hiilipäästöjen ohella ovat esimerkiksi vihreässä siirtymässä avainosia esittävät fossiilisten polttoaineiden käyttö, ydinenergian käyttö, uusiutuvien luonnonvarojen käyttö, sekä energian kokonaiskulutuksen määrä (Tu, Lin, Ehsanullah, Anh, Duong & Huy, 2023).

Ben Amaran ja Qiaon (2023) tutkimuksessa esimerkiksi hiilipäästöjen määrä toimii vahvana indikaattorina otokseen valittujen yhteiskuntien teknologisen kehityksen tasosta. Tämän tason ollessa tunnettu mittari, voitiin mitata kunkin tutkittavan yhteisön kykyä sopeutua kestävä kehityksen tavoitteisiin vaadittaviin olosuhteisiin ja niiden myötä tehtäviin ympäristöpoliittisiin valintoihin. Samalla kuitenkin kyettiin havaitsemaan ongelma erityisesti vihreän kasvun kannalla, sillä vaikka tutkimuksessa pystyttiin todistamaan vihreän kasvun vaikuttavan positiivisesti taloudelliseen kasvuun, ei siinä kuitenkaan löydetty suorita todisteita talouskasvun vaikutuksista vihreään kasvuun (Ben Amara & Qiao, 2023). Tämän takia esimerkiksi edellä mainittujen ympäristöpoliittisten päätösten teko vaikeutuu, kun seuraamusten osalta harkittavana ei ole vain yhteiskunnallinen kehitys, vaan myös mahdollinen ympäristöhaittojen kehittymisen ennalta tuntemattomaan suuntaan. Ratkaisuksi syntyneelle ongelmalle Ben Amara ja Qiao (2023) tarjoavat uuden näkökulman, jossa tutkimuksen kohteeksi tulisikin ottaa erikseen tehostetun taloudellisen kasvun vaikutus vihreään kasvuun. Tätä kautta kyettäisiin selvittämään mahdollisesti tarpeelliset muutokset kestävä kehityksen saavuttamiseksi. Näillä poliittisilla muutoksilla olisi myös esimerkiksi mahdollista tehostaa vihreää kasvua ja siten tutkia talouskasvun vaikutuksia kestävään kehitykseen tehokkaammin.

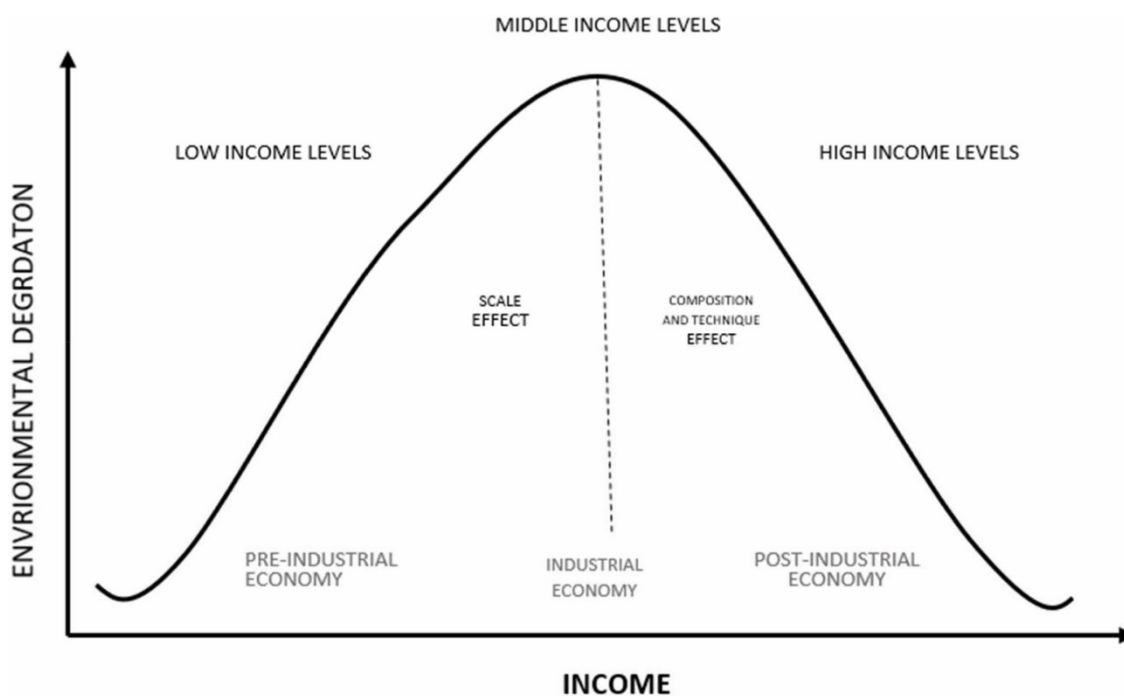
Kriittisen keskustelun vuoksi on kuitenkin huomionarvioista, että vaikka tällä hetkellä taloustieteilijöiden keskuudessa vaikuttaa vallitsevan käsitys talouskasvun universaalista käytännöllisyydestä elintason kohottamisessa ja sen kautta hyvinvoinnin lisäämisessä, tulee tätä lisäskykyä arvioitaessa muistaa Cobb-Douglasin vähenevä rajahyöty. Määritelmällisesti talouskasvuun liitännäisen tuotantofunktion kautta voidaan pohtia talouskasvun ajallista vaikutusta, kun tuotannontekijät tulevat ennemmin tai myöhemmin ehtymään ja niiden myötä kasvu hidastumaan. Osin tästä syystä myös Ben Amara ja Qiao (2023) arvostelevat yleisellä tasolla talouskasvun vaikutusten kykyä toimia universaalina ratkaisuna kaikille maailman ongelmille alkaen köyhyydestä ja epätasa-arvosta

ja päättyen kestävyysongelmiin ilmastossa. Vastaavaa kritiikkiä taloudellisen kasvun ja ekologisen kestävyuden yhteydestä on esitetty aiemminkin, kun Hao, Umar, Khan ja Ali (2021) totesivat tutkimuksessaan bruttokansantuotteen kasvun vaikuttavan negatiivisesti ympäristöön. Haon ja ym. (2021) tutkimuksessa on kuitenkin huomioitava valitun datan ja aikaisemman kirjallisuuden puutteiden vaikutus, sekä johtopäätöksissä kuitenkin mainittu yhteys vihreän kasvun ja ympäristöpoliittisten päätösten positiivisen korrelaation välillä.

2.3 Ekologinen Kuznetsin käyrä

Siirtyen seuraavaan olennaiseen teoreettiseen tekijään; koska jo johdanto-osiossa esiteltiin yhtenä talouskasvun triviaaleista määritelmistä bruttokansantuotteen kasvu vuotta kohden, on Haon ja ym. (2021) tutkimuksen väittämän perusteella aiheellista tälle tutkimukselle tarkastella seuraavaksi Kuznetsin ekologista käyrää (kuva 1.).

Itse EKC-käyrän teoriaan ja vaikutuksiin siirryttäessä voidaan hyvänä selitteenä pitää Liun, Lein ja Hen (2024) tutkimusta, jossa endogeenisen teknologisen kasvun ja teollistumisen teoreettisten taustojen myötä pyritään havainnoimaan niiden yhteyttä vihreään siirtymään ja hiilipäästöihin. Tutkimuksessaan Liu ja ym. (2024) luovat mallin ennustamaan Kiinan hiilipäästöjä ja vertaavat saatuja tuloksia tilanteessa, jossa ympäristöpoliittisia päätöksiä ei tehdä, sekä tilanteessa, jossa hiilipäästöt otetaan huomioon tuotannontekijöitä valittaessa. Tuloksistaan Liu ja ym. (2024) kykenivät havaitsemaan, että taloudellisen kasvun alkuvaiheissa, kun myös vihreä siirtymä on tasaisessa tilassa, talouskasvun saavuttaessa tietyn pisteen on teknologia endogeenistä ja tukee sen myötä sekä kasvua, että ympäristöhaittojen vähentämistä. Toisena havaintona kuitenkin huomattiin, että Kuznetsin käyrän tavoin talouden laajentuessa myös hiilipäästöjen määrät ensin lisääntyvät huomattavasti teollistumisen myötä, kunnes taas tietyn pisteen saavutettuaan lähtevät selvään laskuun luoden kuvassa 1 (alla) nähtävän käänteisen U-kirjaimen. Trendin muodostumiselle voidaan tarjota selitteeksi vihreän siirtymän kehittyntä teknologiaa, joka jatkuvasti parantuessaan laskee päästöjen ja muiden ympäristöhaittojen määrää. Tutkimuksen tuloksiin liittyen on syytä kiinnittää erityistä huomiota teknologian rooliin päästöjen vähentämisessä, sillä käytännössä suurin osa huippupisteen jälkeen tapahtuvasta päästöjen vähentymisestä voidaan saavuttaa nimenomaan vihreän siirtymän teknologisella kehityksellä. Toki on myös mainitsemisen arvoista, että Liu ja ym. (2024) havaitsivat ilmastopäästöjen huippupisteen tulevan vastaan aikaisemmin, mikäli ilmastopoliittisia rajoitteita asetettiin voimaan.



Kuva 1., Kuznetsin ekologinen käyrä, Mitic, Kresoja ja Minovic (2019).

EKC:n aiemmin mainitusta ongelmallisuudesta puhuttaessa voidaan ensimmäisenä nostaa esiin Sternin (2004) ja Narayanin ja Narayanin (2010) tutkimukset, joissa todetaan aiemman EKC:hen liittyvän kirjallisuuden ekonometrisen taustan olevan laadullisesti heikkoa. Vaikka siis useat tutkimukset ovat käyttäneet käyrän teoriaa pohjanaan, on oleellista huomioida sen selityskyvyn rajallisuus. Esimerkiksi Narayan ja Narayan (2010) huomioivat tutkimuksessaan yhden teorian olennaisimmista kohdista olevan sen käännoispisteen suuruuden arviointi, eli tulotaso, jolla ympäristövaikutukset muuttuvat positiivisiksi. Olennaisuudestaan huolimatta juuri käännoispisteen arviointiin liittyi selviä ongelmia, sillä aiemmassa kirjallisuudessa Narayan ja Narayan (2010) huomasivat arvioiden vaihtelevan suurimmillaan vain hieman yli 3000 dollarista jopa yli 100 000 dollariin. Näin suurista vaihteluista voidaan heti havaita jonkinlaisia systemaattisia ongelmia mallin ennustekyvyyssä tai itse laskentakaavassa. Huomioidessaan ongelman omassakin tutkimuksessaan aiemman kirjallisuuden ohella, Narayan ja Narayan (2010) ehdottivat mahdolliseksi syyksi matemaattisille ongelmille mallin korkeaa riippuvaisuutta tulojen arvioinnissa käytettävästä korrelaatiokerroimesta ympäristötekijöihin. Vaikka tällaisen kertoimen käyttö saattaa olla yksinkertaista ja toimii hyvänä perustana laajemmalle teorialle, on se liian rajallinen

huomioiden aiheen monipuolisuuden ja taloudellisten tekijöiden ohella vaikuttavat faktorit.

Tulosten puolesta Narayanin ja Narayanin (2010) tärkeimpiin havaintoihin kuuluivat jokseenkin ristiriitaiset lukemat EKC:n merkittävyydestä. Vaikka tutkimuksessa kyettiin havaitsemaan historiallisesti tulotason nousun vaikutus ilmastopäästöihin, oli se selvästi nähtävissä vain noin 12 prosentilla otannan maista. Alhaisen historiallisen tuen ohella kuitenkin näytti olevan ennustettavissa huomattava päästöjen väheneminen useammassakin maassa (jopa 25% lisäys) tulojen nousun myötä, mikä tukisi teoriaa hieman enemmän. Huomion arvoiseksi tämän ennusteen tekee se, että maat, joiden ennustettiin edistävän ilmastopolitiikkaansa, koostuivat lähes täysin OECD:n korkeatuloisimmista maista ja loppujen edestä korkeatuloisimmista ei-OECD maista. Tästä voitiin vielä johtaa jatkopäätelmiä jättämällä huomiotta kyseiset korkeiden tulotasojen maat, jolloin arvioitiin noin 21% otannan maista vähentävän päästöjään tulojen nousun myötä (Narayan ja Narayan, 2010).

Sternin (2004) aikaisemmassa tutkimuksessa huomiota on kiinnitetty erityisesti EKC:n tilastollisiin ominaisuuksiin, sillä muussa kirjallisuudessa on usein jätetty huomiotta esimerkiksi aikasarjojen stokastisuus tai puuttuvista muuttujista johtuva harha. Vaikka Stern (2004) itsekkin huomaa tutkimuksessaan korreloivan trendin tulotason ja ympäristöhaittojen nousun välillä, tarjoaa hän syvällisemmällä pohdinnalla tälle syyksi tulojouston suuruuden ja vähenevän rajahyödyn. Käytännössä siis ajan merkitys on suuri tulojen ja ympäristöhaittojen vaikutuksen suuruutta arvioitaessa, sillä nopeasti kasvavissa keskituloisissa maissa teollistumisesta syntyvien haittojen lisääntyminen ohittaa tulotason kasvun, kun taas korkean tulotason maissa talouskasvu on ymmärrettävästi huomattavasti hitaampaa rajahyödyn vähenemisen vuoksi. Samalla kuitenkin näissä korkean tulotason maissa ympäristökehitys on suuremman huomion kohteena, joten data näyttää haittojen vähenemisen selkeästi suurempana todellisesta tilanteesta riippumatta. Tämän takia EKC:n pohjateoria vaikuttaa useissa tapauksissa todelta ja on siten houkutteleva vaihtoehto selittämään muutoksia taloudessa ja ympäristössä. Muihin Sternin (2004) tekemiin huomioihin kuuluu esimerkiksi aiempien tutkimusten laajalti käyttämät olettamukset, jotka saattavat helposti johtaa EKC:ta tukeviin tuloksiin, sen sijaan että olettamuksia tehtäisiin vähemmän ja tulokset olisivat realistisempia ilman aineistoharhaa.

Perustuen näihin EKC:sta esitettyihin olettamuksiin ja taustoihin, voidaan luoda tutkimuksen ensimmäinen relevantti hypoteesi:

H1: Kestävän kehityksen tavoitteiden ja talouskasvun välinen yhteys on riippuvainen maan taloudellisesta asemasta ja kehitystasosta

2.4 Vihreä Solow-Swan ja markkinatasapainot

Tuoden taloustieteellisempää näkökulmaa EKC:n käytettävyyteen, Brock ja Taylor (2004) ovat kiinnittäneet huomiota myös Solow-Swanin mallin ja EKC:n yhtäläisyyksiin. Triviaalin määritelmän mukaan Solow-Swanin malli luo ennusteen talouksien kehittymisestä tasapainopisteeseen asti, jonka jälkeen kasvu on vähenevien rajahyötyjen vuoksi mahdollista ainoastaan teknologisen kehityksen kautta. Käytännössä keskeisimmät väitteet mallissa ovat:

1. Kiinteällä työvoiman määrällä jokaisen ylimääräisen tuotteen vaikutus tuloihin on pienempi, kuin edellisen.
2. Olettaen ettei teknologiassa ja työvoiman määrässä tapahdu muutoksia, ennemmin tai myöhemmin saavutetaan piste, jossa tuotannosta saatu hyöty riittää ainoastaan korvaamaan siihen käytetyt kulut ja taloudellinen kasvu seisahtuu.
3. Vaikka oletettaisiin työvoiman kasvua tapahtuvan, matemaattisten implikaatioiden haastavammiksi muuttumisesta huolimatta mallin peruseriaatteen mukaan ajaudutaan lyhyelläkin aikavälillä tasapainopisteeseen ja taloudellinen kasvu pysähtyy.
4. Oletettaessa teknologista kehitystä tapahtuvan, tulos on hyvin samanlainen kuin työvoiman määrän kasvaessa. Tällöin lopputilanteeseen vain päästään huomioimalla kulutettujen työtuntien määrä hyödykkeen tuottamiseen nousseesta tehokkuudesta johtuen. Tässä viimeisessä oletuksessa on kuitenkin myös huomioitava talouden kasvun jatkuvan samaa tahtia teknologisen kehityksen kanssa, kuten mallin alkuperäinen määritelmäkin ilmaisi.

Vaikka vaihtelua tapahtuisi siis säästämisen tasossa tai väestön määrässä, ei niiden kasvu kuitenkaan pitkällä aikavälillä mallin mukaan pysty vaikuttamaan tarpeeksi tehokkaasti reaaliseseen bruttokansantuotteeseen. Näihin väitteisiin perustuen on myös esitetty, että Solowin mallin mukaan teoreettisesti köyhempien maiden kehityksen pitäisi olla nopeampaa ja ajan myötä niiden pitäisi ottaa rikkaammat maat kiinni kehityksessä rajahyödyn vähenemisestä johtuen. Teoreettisesti tämä saattaisi olla mahdollista esimerkiksi köyhempien maiden reaalisien tulotason nousun kautta laadukkaampaan teknologiaan siirryttäessä, kansainvälisten liiketoimien keskittämisen kautta halvemman työvoiman toivossa, tai yksinkertaisesti mallin matemaattisen implikaation puolesta, olettaen etteivät köyhemmät yhteiskunnat ole vielä tavoittaneet tasapainopistettään (Romer, 2006).

Näitä teoretisointeja on koitettu aikaisemmin todentaa myös empiirisesti, jolloin Baumol (1986) havaitsi vahvan korrelaation maiden alkuperäisen tulotason ja niiden tuotannon kasvun välillä pitkällä aikavälillä tarkasteltuna. Näitä havaintoja on kuitenkin myöhemmin kritisoitu esimerkiksi niihin käytetyn datan oikeellisuuden ja täydellisyyden puolesta niiden otanta-ajan (1970-1979) vuoksi, sekä yleisellä tasolla pidetty teorian todisteita toistaiseksi heikkoina.

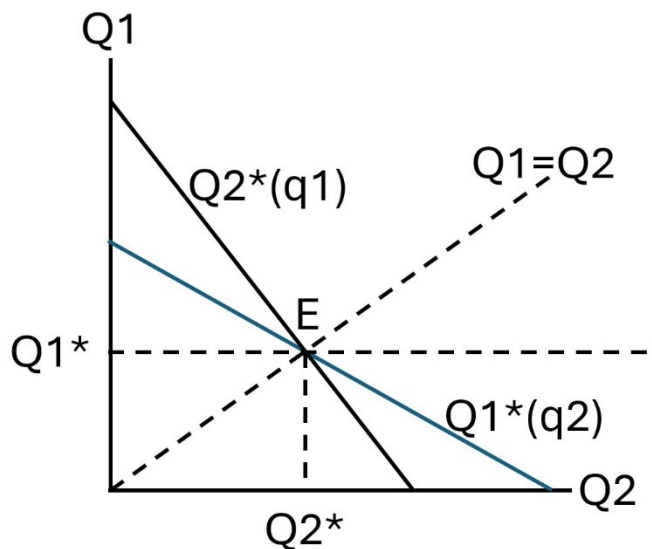
Mikäli Solow-Swanin mallia muokataan sisällyttämään (ekologinen) teknologinen kehitys, on sivutuotteena välttämättä EKC:n kaltainen tulotasosta riippuvainen päästökehitys. Tässä ”vihreässä Solowin mallissa” päästökehityksen kuvaajina voivat toimia luonnon laadun taso suhteessa tulotasoon, tai aiempienkin tutkimusten tavoin päästöjen määrä suhteessa tulotasoon.

Sterninkin (2004) mainitsemaan tulojoustoon ja Brockin ja Taylorin (2004) kehittämään vihreään Solowin malliin liittyen myös Osório (2023) puhuu omassa tutkimuksessaan vihreän siirtymän haasteista kolmen erilaisen taloudellisen markkinatasapainopisteen näkökulmista. Lähtökohtana tutkimuksessaan Osório (2023) esittää tulojoustoprojektin voivan ennustaa ympäristöhaittojen määrään, vertaamalla lyhyen aikavälin tulojoustoa pitkän aikavälin joustoon. Osórion (2023) mukaan pitkän aikavälin jouston ollessa pienempi kuin lyhyen aikavälin, voidaan tulevaisuudessa odottaa tulojen lisääntymisen johtavan vähentyneisiin ilmastopäästöihin.

Yritystasolla Osório (2023) arvelee vihreän siirtymän tuomien muutosten vaativan huomattavia sijoituksia ja yhtiöiden resurssien allokoitua uudet prioriteetit huomioon ottaen. Tämän takia kestävämpiin tuotantomenetelmiin ja tuotteisiin siirtymisen aikana on odotettavaa ja jopa tarpeellista, että osa yhtiöistä jää liiketoiminnassaan jälkeen tekemiensä virheellisten-, myöhästyneiden-, tai alan kehitysstandardien suhteen liian heikkojen sijoitusten vuoksi. Luonnollisesti osa yrityksistä kykenee pitemmällä aikavälillä ottamaan kehitysrintaman kiinni, mutta luovan tuhon myötä osa tulee menettämään markkinaosuutensa jopa kokonaan. Samalla Osório (2023) huomauttaa aiemminkin kirjallisuuden (Acemoglu, Aghion, Bursztyń & Hemous, 2012) todistaneen kestävien ja vihreiden tuotteiden olevan ainakin toistaiseksi kalliimpia tuottaa, johtaen aiemmin mainittuun valintojen tarpeeseen liikestrategian suhteen.

Seurauksena vihreään siirtymään liitettävästä luovasta tuhosta Osório (2023) havaitsi kolme erilaista mahdollisesti syntyvää markkinatasapainotilannetta, joita voidaan käytännöllisimmin peliteorian kautta käsitellä tarkemmin. Ensimmäisessä niin kutsutussa ”likaisessa” Cournot -tyyppisessä tasapainossa yksikään markkinoilla toimiva yhtiö ei investoi vihreään siirtymään, vaan kaikki jatkavat aikaisempaan tapaan ympäristölle haitallisten menetelmien käyttöä ja tuotantoa. Tässä tilanteessa hinnat pysyvät tuottajille alhaisempina, eikä kukaan

varsinaisesti hyödy tai häviä tasapainon säilyttämisestä, ympäristön saastumisen jatkumista lukuun ottamatta.

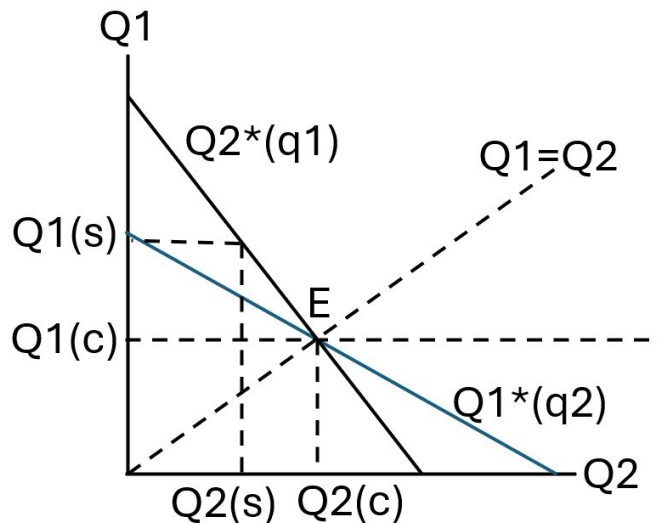


Kuva 2, Cournot-Nash tasapaino

Kuvassa 2 (yllä) on esitelty Cournotin tasapainopiste, johon "likaisessa" tilanteessa päädytään. Yhtiöt 1 ja 2 tuottavat toisistaan riippumattomasti valitsemansa määrät (kuvassa Q_1^* ja Q_2^*) suhteutettuna niiden markkinareaktiofunktioon (kuvassa $Q_1^*q_2$ ja $Q_2^*q_1$ vastaavasti), täten nojaten olettamukseen kaikille toimijoille yhteisistä rajakustannuksista tuotannontekijöiden osalta ja päätyen oligopoliseen markkinatasapainoon (kuvassa E). Tässä tilanteessa markkinoilla toimijoilla ei ole voimakasta kannustetta poiketa parhaan reaktion markkinafunktiostaan, sillä se ei lisää rajahyödyn takia yritysten voittoja. Mikäli oletetaan markkinoiden rajakustannusten kulkevan linjalla Q_1^* , voidaan myös päätellä yhteisen hyödyn maksimointi toimijoiden välillä.

Toisessa tasapainopisteessä ollaan puolestaan "osittain vihreässä" Stackelberg -tyyppisessä tilanteessa (kuva 3, alla), jossa yksi tai muutama markkinoilla toimiva yritys päättää tehdä vihreitä investointeja muiden säilyttäessä alkuperäisen (ja saastuttavan) tuotantoprosessinsa (Osório, 2023). Vaikka tässä tasapainossa markkinat siirtyvät nyt vihreään tuotantoon investoineelle yritykselle suutuisaan suuntaan ja markkinoiden johtoasema on odotettavissa, jäävät tuotannon kustannukset kuitenkin pohdittaviksi tuottomarginaalin suhteen. Vaikka korkeammat kustannukset on jo huomioitu tuotannontekijöissä, on massasta itsensä erottaneella tuotteella odotettavissa myös suurempi kysyntä. Tässä tilanteessa markkinoilla voidaan selkeästi havaita voittavia ja häviäviä osapuolia ja luova tuho pääsee käynnistymään. Tämä vaikuttaisi myös monilta osin olevan

markkinoiden tämänhetkinen tilanne vihreässä siirtymän suhteen suurimmassa osassa maailmaa.



Kuva 3, Stackelberg-tasapaino

Stackelbergin tasapainotilanteessa voidaan nähdä toisen yrityksen tekevän tietoisin valinnan tuotannon kalliimpien tekijöiden suhteen (kuvassa Q_1s), pakottaen yrityksen kaksi sopeutumaan muuttuneeseen markkinatilanteeseen muuttamalla omaa tuotantomääräänsä (kuvassa Q_2s) vastaamaan uutta kysynnän tasoa. Mikäli rajakustannukset seuraavat aiempaa Q_1c -tasoa, voidaan markkinoilla nyt havaita muuttuneen tasapainotilanteen vuoksi myös markkinoiden hävikkiä (alue välillä Q_2s , E, Q_1c ja $Q_2^*q_1$), jonka lisäksi on yleistettynä mahdollista havaita markkinajohtajan erottuminen massasta joko brändi-imagon tai muun vastaavan tekijän kautta.

Kolmannessa ja viimeisessä tasapainopisteessä ollaan jälleen Cournot -tyyppisessä tasapainossa, mutta erona ensimmäiseen on niin sanottu "täydellinen vihreys", jossa kaikki markkinoilla toimivat yritykset päättävät investoida vihreään siirtymään ja tuotannosta tulee kauttaaltaan ympäristöllisesti kestävä. Cournotille tyypillisesti tässäkin tasapainopisteessä ei ole markkinoiden suhteen yhtäkään selkeää voittajaa tai häviäjää, mutta kaikkien toimijoiden tuotantokustannukset kohoavat hieman ja toiminnasta tulee kestävä kehityksen tavoitteiden mukaista (Osório, 2023). Mikäli tilannetta tutkittaisiin kuvan 2 mallilla, voitaisiin alkuperäiseen Cournotin tasapainoon suhteutettuna huomata vain kaikille yhteisten rajakustannusten linjan (Q_1) nousu kuvaajalla, aiheuttaen siten

niin tuottajille kuin kuluttajillekin kalliimmat tuotteet. Tätä muutosta lukuun ottamatta tuotannon tekijöiden valinta pysyisi molemmilla (kaikilla) markkinoilla toimivilla yrityksillä samana tasapainopisteen säilyttämiseksi, eikä kannustetta poiketa oligopolista edelleenkään olisi.

Tasapainopisteitä arvioidessaan Osório (2023) havaitsi, että täydellisen kestävässä Cournot-tasapainossa hintataso on aina kalliimpi kaikille osapuolille niin tuottajista kuluttajiinkin. Tämän myötä vihreästä siirtymästä johtuvaa inflaatiota joudutaan myös jollakin tapaa huomioimaan talouskasvua arvioitaessa. Osório (2023) kuitenkin myös huomauttaa, että inflaatiovaikutus markkinatasapainon muutoksesta on täydellisen vihreää tasapainoa suurempi osittain vihreässä Stackelberg-tasapainossa, johtuen markkinajohtajan yksin kohtaamista korkeamman investoinnin vaatimuksista ja toisaalta tehtävien päätösten suhteen saatavasta rajahyödyllisestä edusta.

Huolimatta täysin vihreän tasapainon korkeammista hinnoista, Osório (2023) kuitenkin havaitsi yleisesti saadun hyötytason olevan korkeimmillaan kolmannessa (vihreässä) ja vastaavasti alimmillaan (likaisessa) tasapainossa, johtuen kuluttajien suosimista ympäristötietoisista valinnoista. Osório (2023) kuitenkin kiinnittää huomiota hyödystä puhuttaessa myös siihen, että osalle kuluttajista nousevat hinnat ovat preferenssien puolesta suurempi kynnyks, kuin ympäristölliset tekijät. Tämä voi johtaa ympäristöllisesti haitallisten hyödykkeiden jatkuvaan kulutukseen, vaikka tilastollisesti vihreillä valinnoilla näyttäisi olevan enemmän merkitystä ja vastuulliset yritykset menestyisivät paremmin.

Ylimääräisinä seuraamuksellisia pohdintoina markkinatasapainoon liittyen Osório (2023) toteaa myös likaisen Cournot-pisteen olevan erityisen huolestuttava, sillä vihreää siirtymää hidastetaan jatkamalla halvempien tuotantoprosessien käyttöä niin pitkään kuin laillisesti mahdollista. Vaikka matalampi inflaatio kenties siis tukisi talouden kasvua, mahdollistavat puuttuvat investoinnit samalla monopolien synnyn. Yhdenkin yrityksen siirtyessä vihreään teknologiaan saavuttaa se siten heti Stackelberg-tasapainoon tarvittavan markkinajohtajan paikan.

Aiheellisena kysymyksenä voidaankin tämän pohdinnan perusteella esittää kestävän kehityksen valintoihin liittyvässä hinta ja hyöty -vastakkainasettelussa esiin nousevat ilmiöt, kuten kuluttajien valmius investoida enemmän vihreisiin tuotteisiin ja halukkuus pahimmillaan boikotoida ympäristön huomiotta jättäviä yrityksiä. Esimerkiksi vuonna 2021 vaateliikeketju Hennes&Mauritz kohtasi laajamittaisia boikotteja jouduttuaan epäeettisten valmistusmetodien käytöstä syytetyksi, mikä johti epävirallisten arvioiden mukaan ketjun liikevoiton pienenemiseen väliaikaisesti lähes 50 prosentilla. Samalla tapaa boikotin kohteeksi joutuivat noin kymmenen vuotta aikaisemmin useat Australialaiset merinovillan tuottajat, kun eläinten hyvinvoinnista nousi epäilyksiä.

Vastakohtana puolestaan kyseenalaistetuille toimintamalleille voidaan esittää esimerkiksi sähköautojen markkinat, joilla hintataso on perinteisiin polttomoottoreihin nähden hieman korkeampi, mutta useat kuluttajat priorisoivat ymäpäristöystävällisyyttä ja ovat sen myötä valmiita maksamaan preemion ekologisemmasta vaihtoehdosta.

Pohtien näitä markkinatasapainon kysymyksiä ja esiteltyä Vihreää Solowin mallia, päästään tutkimuksen toiseen hypoteesiin:

H2: Talouspoliittiset päätökset vaikuttavat suoraan vihreän kasvun investointeihin.

2.5 Porterin hypoteesi ja poliittisten päätösten vaikutus

Esitetyn toisen hypoteesin kautta päästään teoriaosion viimeiseen oleelliseen kohtaan, jossa keskustellaan talouspoliittisista päätöksistä ja yleisen tason liikestrategioista hieman enemmän kirjallisuuteen tukeutuen, johtuen aiheen matemaattisesti abstraktimmasta luonteesta. Tälle viimeiselle teoriaosiolle olennainen teema on niin kutsuttu Porterin hypoteesi, joka ehdottaa tiukkojen ympäristöllisten säädösten johtavan ajan myötä tehokkaampaan tuotantoon ja innovatiivisuuden nousun tuomaan markkinatilanteen paranemiseen.

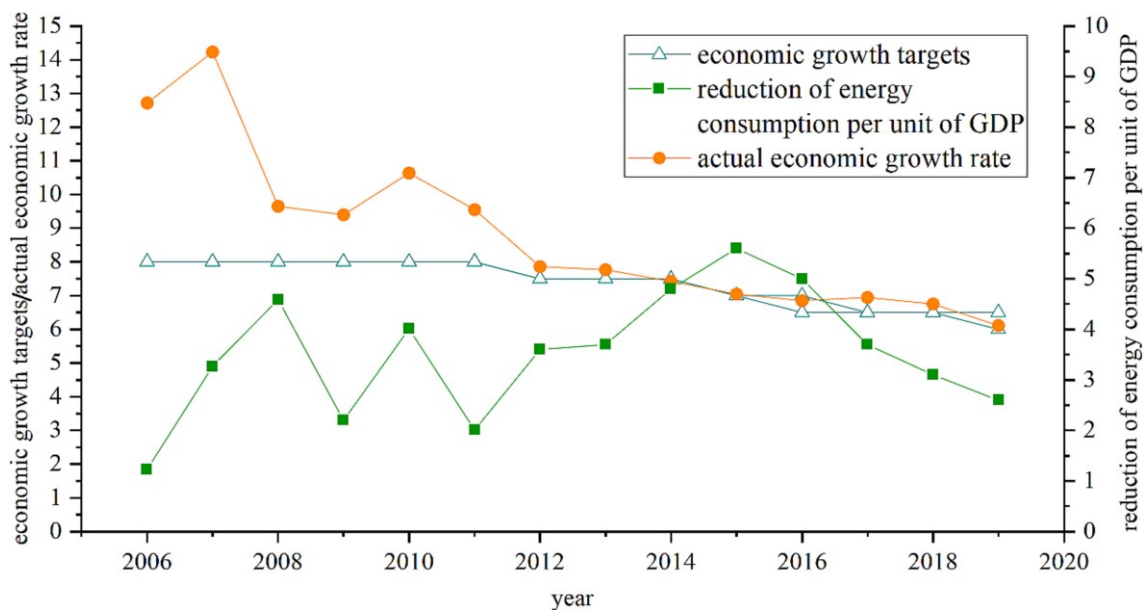
Kuten usean aiemmankin kappaleen tutkimuksissa on havaittu, myös Wu, Yi ja Zhang (2024) toteavat vihreän kasvun olevan riippuvaista sekä kaupunkien pitkäkestoisesta taloudellisesta kasvusta, että jatkuvasta ympäristöllisestä kehityksestä. Aiemmista tutkimuksista poiketen Wu ja ym. (2024) kuitenkin keskittyvät tutkimuksessaan talouskasvulle asetettuihin tavoitteisiin ja ympäristökehityksellisiin säädöksiin, niiden välisen yhteyden olemassaolon tai sen voimakkuuden etsimisen sijaan. Tätä kautta on tarkoituksena esittää mahdollisia syitä esimerkiksi kappaleessa 2.4. esiteltyihin epäsuoraviin markkinatasapainoihin päätymiselle.

Tutkimuksessaan Wu ja ym. (2024) perehtyvät Kiinan talouteen, tarkastellen sen eri kaupunkien ja sektorien asettamia tavoitteita talouskasvulle, sekä verraten niitä samaan aikaan tehtyihin ympäristöpoliittisiin päätöksiin. Tutkimuksesta havaitaan, että mikäli talouspoliittisia päätöksiä tehtäessä keskitytään liiallisesti vain kasvuun ja tulostavoitteisiin, vaikuttavat ne suoraan myös vihreään kasvuun, johtuen resurssien allokoititavoista priorisoitujen tavoitteiden saavuttamiseksi muiden kustannuksella. Jatkohavaintona voidaan myös todeta, että nykyisellä hallintomallilla keskityttäessä paineen alla epärealististen tavoitteiden täyttöön, joudutaan useassa tapauksessa tekemään kompromisseja

ympäristöteknologisen kehityksen suhteen. Tätä kautta kestävä kehitys hidastuu ja ympäristölakeja saatetaan jopa keventää niiden vaikuttaessa todellista vaikeammin saavutettavilta. Kestävän kehityksen talouspoliittiselta näkökulmalta Wu ja ym. (2024) ehdottavatkin sen puoleen, että kaupunkien olisi mahdollista saavuttaa ympäristöteknologisesti kestävä asema asettamalla realistisempia taloudellisia tavoitteita ja mahdollisesti toimimalla esimerkiksi valtion valvonnan alaisuudessa. Tätä kautta vihreä kasvu kyettäisiin mahdollistamaan allokoiden resursseja tasaisemmin myös ekologisille projekteille ja yleisen tason ympäristöpoliittisia säädöksiä tarkemmin noudattaen ja asettaen.

Aiempaan kirjallisuuteen viitaten Wu ja ym. (2024) myös toteavat, ettei taloudellisten tavoitteiden priorisointi ekologisten tavoitteiden kustannuksella tarkoita välttämättä pelkästään ympäristöteknisen kehityksen hidastumista tai pysähtymistä, vaan se saattaa joissain skenaarioissa tarkoittaa jopa negatiivista kehitystä energian kulutuksen, luonnonvarojen käytön ja saasteiden määrän muuttumisen suhteen. Esimerkiksi BP:n vuosittain tuottaman tilastotutkimuksen (2019) mukaan osa Wun ja ym. (2024) tutkimuksen alaisuudessa olleista kiinalaisista kaupungeista ovat muutaman vuoden sisällä nousseet maailman suurimmiksi energian kuluttajiksi ja hiilipäästöjen tuottajiksi. Vaikka itse BP:n (2019) tutkimus ei suoraan syihin paneudukaan, ehdottavat Wu ja ym. (2024) tälle taustaksi nimenomaan epärealistisia taloudellisia kasvutavoitteita.

Analysoidessaan kohdedataansa Wu ja ym. (2024) havaitsevat kuitenkin myös trendin, jonka mukaan taloudellisen kasvun tavoitteet olisivat aina olleet saavutettavissa epärealistisuudesta huolimatta, viitaten tavoitteiden väärään keskittymiskohteeseen ja sen myötä päätösten haittavaikutuksiin. Mikäli esimerkiksi taloudellisiin tavoitteisiin yhdistettäisiin heti alussa myös ympäristöteknologiset ja kestävä kehityksen tavoitteet, olisi teoreettisesti mahdollista, että talous jatkaa kasvuaan hieman aiempaa stabiilimmin, kuitenkin samalla EKC:n teoreemaa seuraten ensin energian kulutusta ja päästöjen määrää lisäten, ennen kääntopisteessä tapahtuvaa huomattavaa laskua. Tähän trendiin perustuen Wu ja ym. (2024) ehdottavat, että vaikka ympäristö- ja talouspoliittiset päätökset ja tavoitteet saattavat usein olla vastakkaisilla puolilla jaettujen resurssien vuoksi, on myös mahdollista löytää tasapainopiste vihreän kasvun saavuttamiseksi.



Kuva 4, Talouskasvun tavoitteet ja energian kulutus, Wu ja ym. (2024).

Kuvasta 2. (yllä) kyetään havaitsemaan Wun ja ym. (2024) tutkimuksessa löytämät epäkohdat realististen taloudellisten kasvuodotusten asettamisen ja todellisen kehityksen välillä. Vaikka talous (oranssi linja) on vähenevien rajahyötyjen vuoksi kasvamassa suhteellisen tasaisesti finanssikriisin jälkeisellä ajalla, on sen trendi kuitenkin laskeva. Luonnollisesti kasvuun vaikuttavia tekijöitä on tavoitteiden ja säädösten ohella huomattavasti enemmänkin, mutta tutkimukselle relevantteihin tietoihin on tätä tapausta varten huomioitu vain todellisen kasvun määrä, alustuksessa esitellyistä matemaattisista syistä. Kasvun laskevan trendin ohella voidaan kuitenkin nähdä taloudellisen kasvun tavoitteiden (sininen linja) pysyneen lähes samalla tasolla koko otanta-ajan pituudelta, viitaten todellisuuden suhteuttamattomiin ja epärealistisiin kasvuodotuksiin. Viimeisenä huomion kiinnittää energian kulutuksen määrä (vihreä linja), jolle on tarkastelukaudella vaikea löytää varsinaista trendiä, sillä verrattuna todelliseen talouskasvuun voidaan havaita sekä korreloivia laskuja, että myös huomattavan ei korreloivia suuntia.

Viitaten Porterin hypoteesiin, Wu ja ym. (2024) huomauttavat aiemman kirjallisuuden olevan tuloksellisesti osittain vajaata, eikä laajemmalla skaalalla olla päädytty vielä yhteisymmärrykseen aiheen osalta, vaikka ympäristösäädösten vaikutus vihreään kasvuun vaikuttaakin alustavasti itseisarvoiselta. Porterin hypoteesia voidaan yleisellä tasolla pitää yhtenä perustavista tekijöistä ympäristöteknisille tavoitteille ja -sääöksille, sen ennustaman vihreän kasvun innovaatiokasvun ja saastemäärien laskun perusteella. Yksi aiemman kirjallisuuden vajavaisuuksista on kuitenkin esimerkiksi Porterin hypoteesin käytännön testaaminen ja relevantin mittauskeinoon löytäminen. Wu ja ym. (2024) myös mainitsevat

aiempien yritysten tulosten olevan keskenään erilaisia, mutta yhteisymmärryksen löytyneen ympäristöpoliittisten päätösten vaikutuksista, alueen teknologisesta kehitystasosta, sekä infrastruktuurin alkutasosta. Nämä löydökset myötäilevät osaltaan myös EKC:n alkuolettamia.

Päätäntätoimia analysoitaessa esiin nousee myös niin kutsuttu saasteparatiisihypoteesi, jonka mukaan liikestrategioitaan muovatessa yritykset ja tuottajat, jotka saastuttavat enemmän siirtävät liiketoimensa herkemmin alueille, joiden ympäristölainsäädäntö ja rajoitteet ovat kevyempiä (Eskeland & Harrison, 2003). Tämän tuotannon siirtämisen perusteella voidaan myös tukea väittämää taloudellisen kasvun ja asetettujen tavoitteiden saavuttamisesta ympäristön ja kestävän kehityksen kustannuksella, kun voittomarginaalia pyritään ylläpitämään tai mahdollisesti jopa kasvattamaan valitsemalla ympäristöllisesti kestävä tuotantotapa. Huomiona siirtymään liittyen voidaan mainita aluehallinnollisten päättäjien haluttomuus toimia asian eteen, sillä päätäntävallassa olevat toimijat olisivat kykeneviä estämään tai ainakin huomattavasti vähentämään tällasiten saasteparatiisien syntyä, mikäli prioriteettinä olisi kestävä kehitys korkeamman taseen sijasta.

Wu ja ym. (2024) myös havaitsivat tutkimuksessaan tilastollisen merkittävyyden ympäristölainsäädännön vaikutuksista vihreään kasvuun, mikä osaltaan tukee Porterin hypoteesiä. Huomioitavaa on kuitenkin myös, että Porterin hypoteesi on saanut kritiikkiä osakseen johtuen ympäristöpoliittisten päätösten valinnasta nousevista kuluista taloudelle, mikä johtaisi osaltaan vihreän kasvun heikkenemiseen ja siten käänteiseen tilanteeseen hypoteesin pohjaennusteesta. Wun ja ym. (2024) tulokset kuitenkin vahvistavat hypoteesin pohjaa ja toteavat EKC:n tapaan ympäristöpoliittisten rajoitteiden vahvistavan pitkällä aikavälillä sekä taloutta, että sen yhteydessä vihreää kasvua innovointineen ja vähentyneine päästöineen.

Tutkimuksen tulosten perusteella luotuihin ehdotuksiinsa Wu ja ym. (2024) sisällyttävät talouden kasvuodotusten kohtuullistamisen, mikä mahdollistaisi järkevämmän resurssien allokoinnin myös ympäristöpoliittiset tekijät huomioiden. Toisena ehdotuksena valtion valvontaa kaupunkitasolla tulisi lisätä ympäristösäännösten asettamisen ja niiden seurannan laadun varmistamiseksi. Viimeisenä ja osin tulevien tutkimusten osalle jätettävänä, tulisi löytää keino Porterin hypoteesin oikeellisuuden varmistamiseksi ja ympäristöpoliittisten päätösten vaikutusten todentamiseksi.

Wun ja ym. (2024) tutkimuksen ohella voidaan mainita myös lyhyemmin Jiangin, Sharifin, Anwarin, Congin, Lechumananin, Yenin ja Vinhin (2023) tutkimus saastuttamiseen ja energian kulutukseen vaikuttaviin päätöksiin liittyen. E-7 maita tutkiessaan Jiang ja ym. (2023) havaitsivat, että viimeisten muutaman vuosikymmenen aikana kaikki osalliset maat (Intia, Brasilia, Venäjä, Kiina,

Indonesia, Turkki ja Meksiko) ovat osoittaneet merkkejä huomattavasta taloudellisesta kasvusta, kuitenkin samalla lisäten kaikkien maiden energian kulutusta ja ympäristön hyvinvoinnin negatiivista kehitystä lähes samassa suhteessa. BP:n tilastotutkimuksen mukaan kyseisten E-7 maiden osuus maailmanlaajuisesta energian kulutuksesta on jopa lähes 42% ja vastaavasti niiden hiilipäästöjen määrä on noin 46% koko maailman määrästä.

Mallintaakseen Wun ja ym. (2024) tavoin taloudellisten päätösten vaikutuksia vihreään kasvuun, Jiang ja ym. (2023) hyödynsivät perinteistä Cobb-Douglas funktiota muokattuna sisältämään ympäristötekniisiä tekijöitä, näin luoden vihreälle kasvulle alustavan arviointimetodin. Itse tutkimuksessa vaikuttavina tekijöinä tutkittiin esimerkiksi hintaa, talouden rajoitteita, ja valtion avustuksia vihreään kasvuun tarvittavien markkinoiden synnyttämiseksi. Alustavina tuloksina Jiang ja ym. (2023) havaitsivat aineistostaan Wun ja ym. (2024) tavoin talouspoliittisten päätösten vaikuttavan vihreään kasvuun, mutta kasvun olevan saavuttamattomissa pelkästään päätösten avulla. Yhteisenä havaintona molemmille tutkimuksille oli ehdotus vihreän kasvun saavuttamiselle huomioimalla sekä markkinat, teknologinen kehitys, että ympäristön kestävyys.

Cobb-Douglasille tyypilliseen tyyliin Jiang ja ym. (2023) kiinnittävät huomiota myös aiemman kirjallisuuden esittämään teoriaan tuotannontekijöiden osuudesta tärkeimpänä faktorina, jonka kautta ympäristön tarpeet olisi helpointa ottaa huomioon ja siten kehittää markkinatilannetta vihreän kasvun vaatiman tasapainopisteen suuntaan. On myös molempiin tutkimuksiin viitaten mahdollista tai jopa todennäköistä, että vihreän kasvun suuntaan siirryttäessä luova tuho saa laajemmin alaa ja resurssien uuden allokoinnin myötä tuotannontekijöiden priorisointi saa aikaan muutoksia myös työmarkkinoilla. Vastauksena kuitenkin tähän mahdollisuuteen Jiang ja ym. (2023) toteavat aiempien tutkimusten osoittaneen vihreän kasvun priorisoinnin hidastaneen talouskasvua, mutta samanaikaisesti aiheuttaneet laadullisia parannuksia ja innovatiivisuuden lisääntymistä teknologia-aloilla. Tämän myötä myös työmarkkinoilla on tapahtunut muutoksia, ja työvoima on pääasiassa vain siirtynyt sektorien välillä, työttömyyden lisääntymisen sijaan.

Loppuhuomiona Jiangin ja ym. (2023) tutkimuksesta voidaan mainita tilastolliset merkit talouspoliittisen epävakauden haitallisuudesta vihreälle kasvulle, josta päädytään jälleen johtopäätökseen hallinnollisten tekijöiden ympäristöpoliittisesta vastuusta ja vaikutuskyvystä pitkän aikavälin kasvuun ja kestävään kehitykseen.

2.6 Yhteenveto teoriasta

Kooten yhteen tutkimuksen kannalta olennaisimmat osat teoriasta, voidaan aloittaa kestävän kehityksen tavoitteiden jaottelusta ja niiden indikaattorien valinnan vaikutuksesta. Kuten kappaleessa 2.1. ja 2.2. todettiin, ovat YK:n kestävän kehityksen tavoitteiden niin monipuolisia ja osittain liian laaja-alaisia, että kaikkia niitä ei ole käytännöllistä hyödyntää tutkimuksissa. Sen sijaan on tulosten ja ymmärrettävyyden vuoksi hyödyllisempää keskittyä vain osaan tavoitteista, jotka myös antavat selkeämmän kuvan maiden ja yhteisöjen toimien konkreettista vaikutuksista ympäristöön ja taloudelliseen kasvuun. Näihin tärkeimpiin indikaattoreihin kuuluvat esimerkiksi hiilipäästöjen määrä ja teknologisten innovaatioiden määrä.

Toisena olennaisena kohtana keskusteltiin kappaleessa 2.3. Kuznetsin ekologisen käyrän implikaatioista, joihin sisältyivät yhteiskuntien taloudellisen alkusaman vaikutus päästöjen määrään, sekä kehityskaaren alaspäin aukeavan paraabelin muoto riippuen teknologisesta kehityksestä ja vähenevistä rajahyödyistä. Tässä muodostimme myös ensimmäisen hypoteesin tutkimukselle, jonka mukaan taloudellisen kasvun ja kestävän kehityksen tavoitteiden välillä tulisi kyetä havaitsemaan erilainen vaikutus riippuen maan sosioekonomisesta asemasta ja teknologisen kehityksen tasosta. Tämän teoriaosion suhteen oli kuitenkin myös tärkeää huomioida mallin kohtaama kritiikki sen ekonometristen ominaisuuksien ja matemaattisten haasteiden heikentämän selityskyvyn vuoksi.

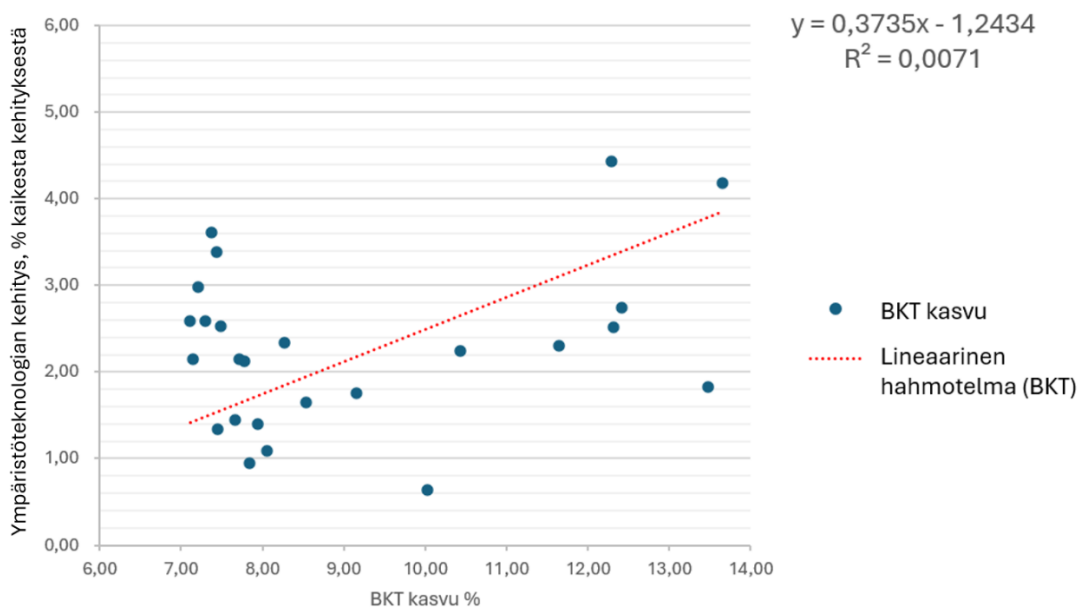
Kolmantena kappaleessa 2.4. käsiteltiin niin kutsuttua Vihreää Solowin mallia, jossa otettiin vähenevien rajahyötyjen ohella huomioon nimenomaan ympäristöteknologiaan keskittynyt kehitys. Tätä kautta päästiin myös huomioimaan tulojoustojen ja markkinatasapainojen vaikutusta peliteorian näkökulmasta, kun investointistrategioita päätetään pohtien sekä taloudellista kehitystä, että ympäristövaikutuksiin suuntautuvia preferenssejä ajatellen. Kappaleesta 2.4. saatiin myös tutkimuksen toinen hypoteesi, jonka mukaan talouspoliittiset päätökset vaikuttavat ympäristöteknologisten investointien määrään.

Viimeisessä teoriaosiossa näiden päätösten vaikutuksia pohdittiin aieman kirjallisuuden ja kappaleen 2.5. Porterin hypoteesin kautta tarkemmin, keskittyen vihreän kasvun vaatimukseen resurssien allokaation puolesta, sekä nykyisellään mahdollisesti epärealistisiin olettamuksiin talouskasvun kehityksen suuruudesta muiden tarpeiden hinnalla.

2.7 Yleistä keskustelua ja odotuksia

Ennen aineistoon ja metodologiaan siirtymistä esitetään vielä yleisiä käsityksiä ja odotuksia dataan ja tuloksiin liittyen edellä keskusteltujen teorioiden pohjalta. Esimerkiksi hypoteesin H1 todistamista varten haetut tulokset vaativat tälle tutkimukselle muutenkin tyypillistä soveltavaa analyysiä, sillä osa mitattavista tekijöistä saattaa olla abstrakteja tai ainoastaan suhteutettavissa muihin vertailukohteisiin ilman varsinaisia numeerisia arvoja. Esimerkiksi maan taloudellinen asema voidaan esittää monella tapaa, mutta niistä vain osaa voidaan relevantilla tavalla käyttää tutkimuksen lähtökohtana aineistosta johdettuna.

Tutkimuksen muiden odotusarvojen puoleen voidaan alla olevasta kuvaajasta (kuva 5) hakea jonkinlaista suuntaa, huomioiden kuitenkin sen olevan muodostettu ensimmäisestä datasetistä ennen muuttujien minkäänlaista käsittelyä ja jaottelua, johtaen oletettavasti luotettavuudeltaan erittäin heikkoon tulokseen. Pääasiallisena tavoitteena tätä kuvaajaa luotaessa on ollut arvioida, tullaanko tutkimuksessa havaitsemaan minkäänlaisia relevantteja tuloksia.



Kuva 5, suuntaa antava korrelaatiokuvaaja

Ensimmäinen vajaalla datalla haettu estimaatti tuleeko suuremmalla datasetillä olemaan olennaisia tuloksia, esimerkiksi ympäristöteknologisen tuotannon kannalta, antaa nopean käsityksen korrelaatiosta. Kuvaajaa tarkemmin tutkittaessa voidaan kuitenkin heti vajaan datan vuoksi todeta esimerkiksi R^2 myötä selityskyvyn olevan liian alhainen varsinaisten johtopäätösten

tekemiseksi, sekä hajonnan olevan visuaalisesti liian satunnainen luotettavien havaintojen tekemiseksi. Tämän perusteella voitaisiin luoda odotus mahdollisen yhteyden löytymisestä suuremmalla ja käsitellyllä datasetillä, sekä useampia muuttujia hyödyntäen.

3 AINEISTO JA MENETELMÄ

Data on kerätty OECD:n, Eurostatin ja World Data Bankin tilastoista, joista saatavista luvuista on sitten muodostettu tasapainottamaton paneelidata muuttujien välillä vaihdellen noin 720:sta yli tuhannelle havainnolle. Dataa on hyödynnetty regressiossa aggregoituna ja logaritmisessa muodossa varianssin hallitsemiseksi ja tulosten arvioinnin helpottamiseksi.

Ben Amaran ja Qiaon (2023) tutkimukseen pohjautuen, sekä käytännön syistä, talouskasvua on tutkimuksessa mitattu reaalisen bruttokansantuotteen kasvun kautta. Samoista syistä kestävä kehityksen tavoitteiden vaikutuksia on mitattu esimerkiksi vihreän kasvun indikaattorien avulla. Muina muuttujina tutkimuksessa on hyödynnetty kestävä kehityksen kannalta olennaisia tekijöitä, kuten hiilipäästöjä, ympäristöteknologista kehitystä, sekä mahdollisuuksien mukaan myös sosioekonomisia tekijöitä, mikäli ne relevantilla tavalla on saatu materiaaliin sisällytettyä.

3.1 Aineisto ja muuttujat

Koska tutkimuksessa on tarkoituksena selvittää kestävä kehityksen tavoitteiden vaikutusta talouskasvuun, on luonnollisesti riippuvaksi muuttujaksi valittu jo aiemmin mainittu reaalin bruttokansantuote. Muuttujalle on kerätty paneelidata vuosilta 1990–2022. Yhteensä havaintoja on 37 maasta, keskittyen Euro- ja OECD-maihin ja luoden siten hieman alle 1200 havainnon (1184) paneelin

muutaman rekisteröimättömän tiedon vuoksi. Data on aggregoitu käsittelyn helpottamiseksi ja yleisen käsitystason parantamiseksi.

Riippumattomina muuttujina tutkimuksessa on käytetty yleisimpänä ilmastoindikaattorina hiilidioksidipäästöjen määrää, kohdemaiden ympäristöpoliittisten päätösten seurannan tasoa (ecological policy stringency), sekä ympäristöteknologisen kehityksen määrää. Näistä muuttujista on luotu vastaavanlaiset paneelit, joskin huomattavana erona on syytä mainita osan datasta olleen jo valmiiksi aggregoitua, joten havaintojen todellisesta määrästä ei voida olla täysin varmoja. Tämä havaintomäärän epävarmuus on kuitenkin tutkimusta varten hyväksytty, sillä lähde on ollut virallinen taho, joka aiemmin rakennettujen paneelien tavoin on kerännyt tiedot kaikilta jäsenmailtaan. Kontrollimuuttujina tutkimuksessa on käytetty väestön määrää ja koulutuksen tasoa, jälleen vastaaviin paneelisiin järjestettynä.

Heti muutaman ensimmäisen regression aikana kuitenkin ilmeni aineistoon liittyvänä ongelma-kohtana huomattava monikollinearisuus, johtuen hiilidioksidipäästöjen ja ympäristöpolitiikan seurantatason välillä vallitsevasta erittäin vahvasta korrelaatiosta. Tästä syystä seuraavia regressioita varten jouduttiin hyödyntämään näiden kahden muuttujan interaktiotermin tulosten harhaisuuden vähentämiseksi.

3.2 Menetelmät

Kvantitatiivisen tutkimuksen menetelmänä on käytetty lineaarista regressiota edellä esiteltyjen muuttujien paneelidatoja hyödyntäen. Tutkimuksen kannalta olennaisin regressiolauseke on ollut muotoa:

$$GDP = \beta_0 + \beta_1 x TD + \beta_2 x (CO_2 x EPS) + \varepsilon,$$

Jossa GDP on bruttokansantuote, β_x on muuttujien regressiokerroin, TD on teknologinen kehitys, CO_2 on hiilidioksidipäästöjen määrä, EPS on ympäristöpoliittisten päätösten seuranta-aste ja ε on regression virhetermi.

Muihin tutkimuksen aikana käytettyihin regressioihin ovat kuuluneet esimerkiksi:

$$GDP = \beta_0 + \beta_1 x CO_2 + \beta_2 x TD + \varepsilon,$$

$$GDP = \beta_0 + \beta_1 x TD + \beta_2 x (CO_2 x EPS) + \beta_3 x LOGPOP + \beta_4 x EDU + \varepsilon,$$

Jossa uusina kontrollimuuttujina LOGPOP on logaritimuodossa huomioitu väestön määrä ja EDU on väestön koulutustaso. Laajennetut regressiot ovat toimineet pääasiassa tukevinä ja selventävinä tekijöinä hypoteeseille tulosten poissa- jaamisen kautta.

Muita tutkimuksia myötäillen olennaisiin toimituksiin kuuluvat myös Cobb-Douglasin tuotantofunktio ja Solow-Swanin kasvumalli, molemmat muokattuna huomioimaan vihreän kasvun vaatimukset ja tarkoituksenaan selventää mahdollisten tekijöiden osallisuutta ympäristöpoliittisia päätöksiä tehtäessä. Molempia valintoja voidaan perustella teoriaosion alussa mainitulla kestävän kehityksen tavoitteiden määrästä ja laadusta johtuvalla valinta- ja seurantaongelmalla.

Yleisessä muodossaan Cobb-Douglasin tuotantofunktio (alla) huomioisi kokonaistuotannon (Y) olevan pääoman (K) ja työvoiman (L) tulo, muodostaen seuraavanlaisen lausekkeen:

$$Y = f(K, L)$$

Tämän tutkimuksen tarkoituksia varten Cobb-Douglasin funktiota on muokattu huomioimaan kokonaistuotanto vihreänä kasvuna (GG) ja tuotantotekijöihin on sisällytetty myös uusiutuvan energian käyttö (UE), poliittiset rajoitteet (PR), sekä kaupan määrä (KM). Näillä muokkauksilla funktio saadaan muotoon:

$$GG = f(UE, PR, KM, K, L)$$

Valittujen muuttujien käyttöä voidaan perustella aiemman kirjallisuuden luomilla odotuksilla yksittäisten tekijöiden vaikutuksen määrästä, sekä niiden mitattavuuden käytännöllisyydestä.

Cobb-Douglasin ohella teoriassa mainitun Solow-Swanin mallin normaali-versio seuraa samaa tuotantofunktiota [$Y = f(K, L)$] muokattuna sisältämään ajan vaikutuksen kasvun mittaamisen mahdollistamiseksi [$Y(t) = K(t)^a (A(t)L(t))^{1-a}$]. Edellä esitettyä vihreän kasvun funktiota vastaavasti teorian aiemman kirjallisuuden tutkimuksissa käytetty Vihreä Solowin malli on muokattu huomioimaan myös ympäristötekniisiä tekijöitä, kuten resurssien hupeneminen ja luonnonvarojen heikkeneminen. Tätä tutkimusta varten ei olla erikseen suoritettu laskutoimituksia Vihreää Solowin mallia hyödyntäen, mutta se on aiheellista

mainita selventävänä tekijänä aiempien tutkimuksien sillä saamia tuloksia hyödynnettäessä.

Tutkimuksen tarkentamista varten ja laajempaa ymmärrystä haettaessa on hyödynnetty myös kvartaalianalyysiä muuttujien normaalijakaumaa tutkittaessa, sekä alaryhmäanalyysiä tutkittaessa kategorisesti mahdollisesti laajemmin vaikuttavia tekijöitä. Kvartaalianalyysin kuvaajataulukot analyyseineen oleellisimmille muuttujille on käsitelty kappaleen 4 alaisuudessa tutkimuksen muiden tulosten yhteydessä yleisen koheesion perusteella.

4 TUTKIMUKSEN TULOKSET

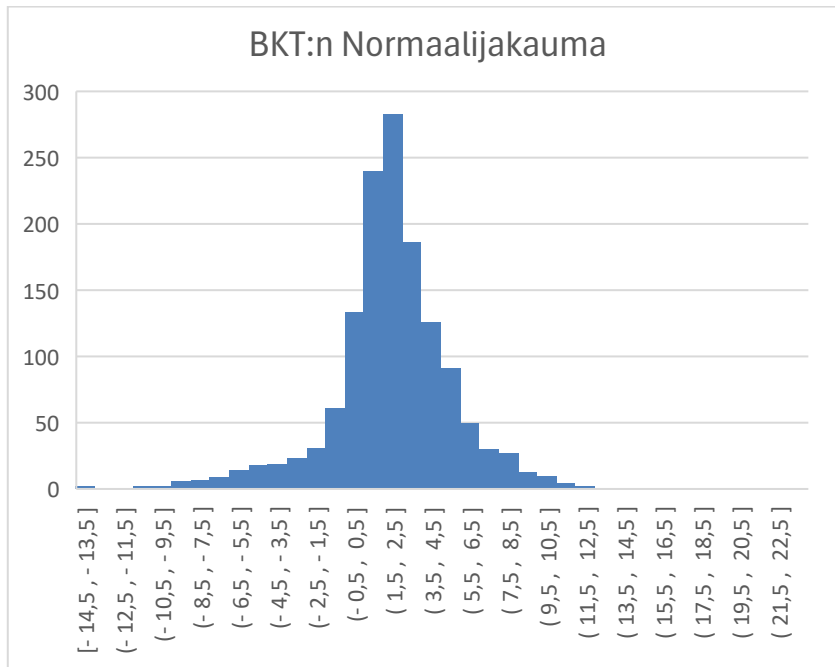
4.1 Yleistä

Seuraavissa alakappaleissa on eritelty ja analysoitu mallien ominaisuuksia ja ajettujen regressioiden tulokset, sekä koetettu niiden avulla löytää tutkimuksen hypoteeseille tilastoanalyttisiä vastauksia aiemmasta kirjallisuudesta saatavien vapaampien olettamusten ja johtopäätelmien tueksi. Tärkeimpiin analysoitaviin aiheisiin kuuluvat tutkimuksen tulosten osalta otantajoukosta tehtävät oletukset, regressiotulosten selityskyky suhteessa tutkimusaiheeseen, sekä aiempiin tutkimuksiin tukeutuen triviaaleihin lukeutuvien funktioiden tulokset.

4.2 Jakaumat ja kvartaalianalyysi

Ensimmäisenä oleellisena muuttujana tutkimukselle on analysoitu bruttokansantuotteen normaalijakaumaa ja sen kvartaalikaaviota, johtuen sen roolista tutkimuksen riippuvana muuttujana. Alla kuvasta 6 kyetään havaitsemaan otannan

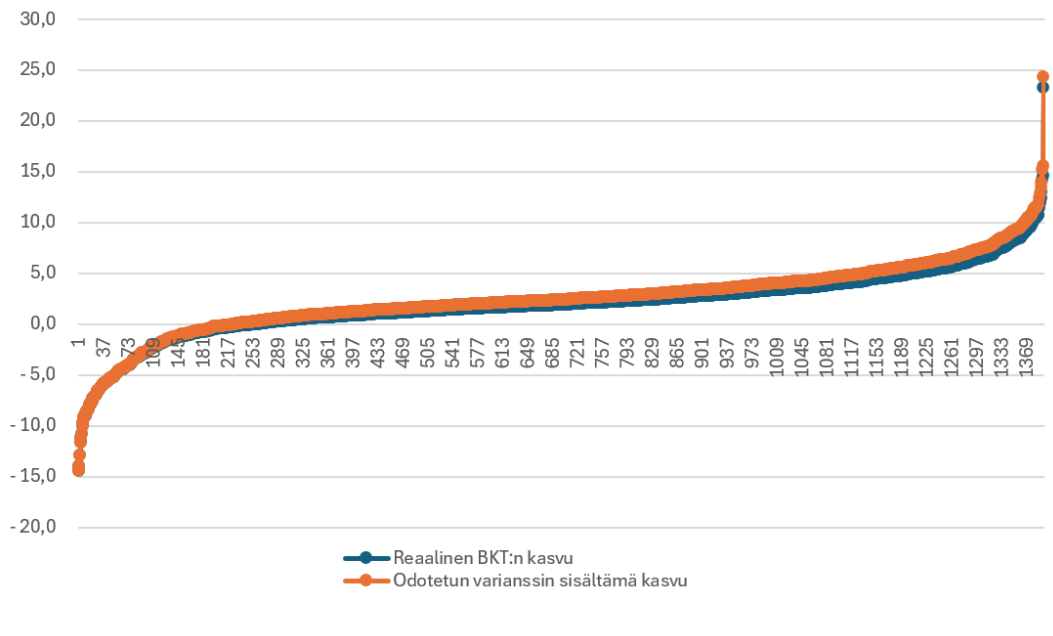
maiden bruttokansantuotteen kasvutahdin jakaumasta hienoista painotusta al-
kupään matalampiin lukuihin muuten suhteellisen normaalin jakauman ohella.
Tälle voidaan kuitenkin tarjota selitykseksi otannan joukossa olevan vuoden
2008 ja sen aikana alkaneen finanssikriisin vaikutuksia.



Kuva 6, Bruttokansantuotteen normaalijakauma

Normaalijakauman ohella kvartaalianalyysin avulla (alla, kuva 7) on pyritty sel-
ventämään muuttujan varianssia odotusarvoineen. Kvartaalikaavion linjoista
kyetään havaitsemaan Sarjan 1 (todellinen BKT:n kasvu) ja Sarjan 2 (odotetun
varienssin sisältämä kasvu) olevan lähes päällekkäisiä, indikoiden tätä kautta
otannan sisältävän hyvin vähäisesti mahdollisesti jakaumasta poikkeavia ja sitä
kautta matemaattisesti ongelmallisia arvoja, jotka saattaisivat vääristää mallien
tuloksia. Kuvaajasta kyetään kuitenkin myös tunnistamaan selkeästi myös ja-
kauman molempien kärkien epäkarakteristisen jyrkät muutokset.

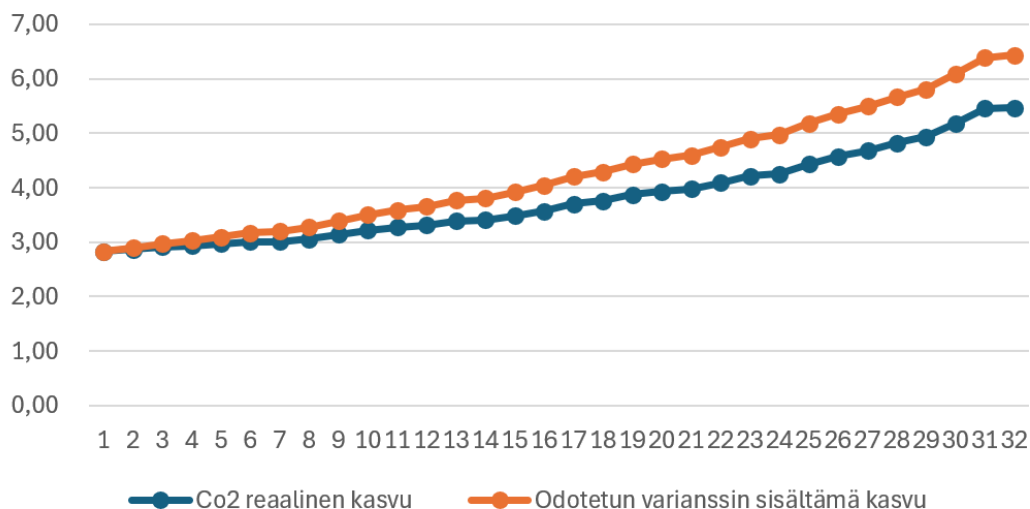
BKT:n kvartaalianalyysi



Kuva 7, Bruttokansantuotteen kvartaalianalyysi

Riippuvana muuttujana reaalisen bruttokansantuotteen kasvun kuvaajat ovat tutkimuksen kannalta olennaisimmat, mutta tutkimuksen koheesion ja visuaalisen selkeyden vuoksi alla on esitetty myös riippumattomista muuttujista kahden tärkeimmän, eli Hiilidioksidipäästöjen (Kuva 8) ja Teknologisen Kehityksen (Kuva 9) vastaavat kvartaalianalyysit. Perusteluna näiden kahden muuttujan erittelylle on toiminut niiden itseisarvoinen rooli sekä useassa aiemman kirjallisuuden mallissa, että tämän tutkimuksen pohjaolettamuksessa vihreän kasvun tärkeimpinä tekijöinä.

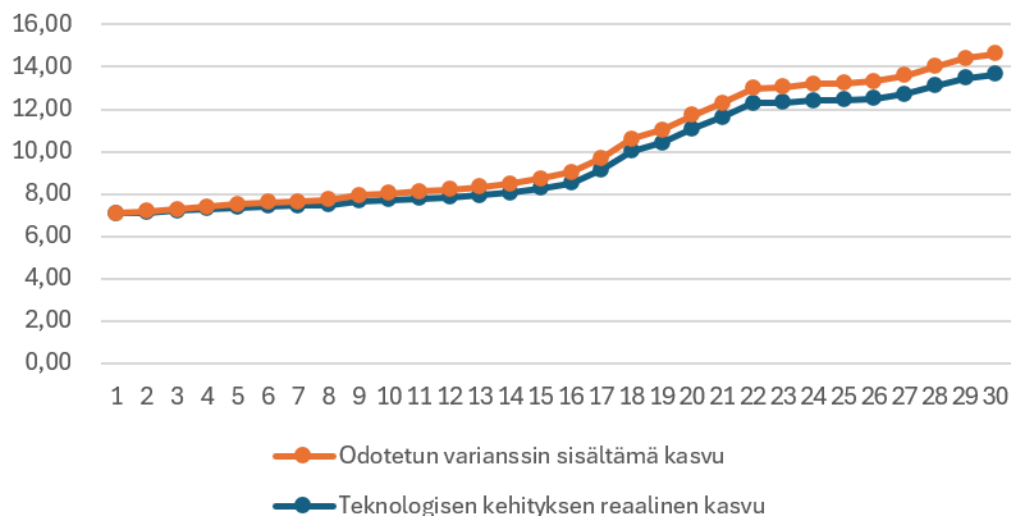
Hiilidioksidipäästöjen kvartaalianalyysi



Kuva 8, Hiilidioksidipäästöjen kvartaalianalyysi

Hiilidioksidipäästöjen kuvaajia tutkittaessa voidaan havaita kevyesti bruttokansantuotteen odotusarvoja suurempi poikkeama, jolle voidaan kuitenkin tarjota syyksi varianssin lisäksi myös otannan alkuperältään valmiiksi aggregoitua dataa ja otoskokoa, joiden myötä kuvaaja on muodostettu pienemmästä havaintomäärästä. Vaikka eroa normaalijakauman ja varianssin odotusarvojen välillä onkin, on se kuitenkin kooltaan vähäinen, eikä sen myötä vaikuta olennaisesti mallien tuloksiin.

Teknologisen kehityksen kvartaalianalyysi



Kuva 9, Teknologisen kehityksen kvartaalianalyysi

Viimeisenä kuvaajana teknologisen kehityksen kvartaalianalyysistä kyetään hiilidioksidipäästöjen tapaan havaitsemaan pitkällä aikavälillä kevyttä eroavaisuutta, mutta edeltävän kuvaajan tavoin odotusarvojen poiketessa näin vähäisesti normaalijakaumasta, voidaan eroavaisuus jättää huomiotta mallien selityskyvyn tekijöitä pohdittaessa.

4.3 Regressiotaulukot

Regressiotuloksiin siirryttäessä voidaan tutkimuksen kannalta olennaisimpana käsitellä ensimmäisenä taulukko 2 (alla), josta kyetään havaitsemaan ensimmäisenä esitellyn regression (Bkt, teknologinen kehitys, hiilidioksidipäästöjen ja ympäristöpoliittisten päätösten seuranta-aste) osalta huomattavina seikkoina regression P-arvot (0,000618; 9,78E-05; 3,67E-06), jotka ovat selkeästi tilastollisesti merkitseviä. Vaikka itse R-kerroin (0,663738) ja sen neliö (0,440548) jäävätkin hieman toivottua alemmas ja sen myötä mallin todellinen selityskyky on kevyesti vajaa, ovat tulokset omalta osaltaan alkuperäisiä uskomuksia tukevia ja todistavia, sillä muuttujien vaikutus tutkimuskohteeseen on olemassa. Toisena huomiota voidaan kiinnittää mallin T-arvoihin, joista teknologista kehitystä lukuun ottamatta kyetään havaitsemaan kohtuulliset vahvistukset mallin odotuksille. Kysymyksiä mallissa herättävät kuitenkin teknologisen kehityksen negatiivinen vaikutus, sekä mahdolliset puuttuvat muuttujat, jotka nostaisivat selityskykyä hieman voimakkaammalle tasolle. Toisaalta puuttuvat desimaalit luovat uskomusta olemassa oleville tekijöille, mutta kun tutkitaan seuraavaksi toisen regression taulukkoa ja verrataan kontrollimuuttujien vaikutusta tulokseen, voidaan luoda erilaisiakin päätelmiä.

Yhteenveto Regressio 1

Regressiotunnusluvut:

- R: 0,664
 - Selityskerroin (R^2): 0,441
 - Tarkistettu selityskerroin (Adjusted R^2): 0,399
 - Keskivirhe: 1,417
 - Havainnot (n): 30
-

ANOVA-taulukko:

Lähde	vapausasteet (va)	Summa (SS)	Keskihajonta (MS)	F-arvo	P-arvo
Regressio	2	42,711	21,356	10,631	0,000393
Jäännös	27	54,239	2,009		
Yhteensä	29	96,950			

Regressiokertoimet:

Muuttuja	Kerroin	Keskivirhe	t-arvo	P-arvo	95% luottamusväli: alin	95% luottamusväli: ylin
Leikkauspiste (Intercept)	9,564	1,651	5,792	3,67E-06	6,176	12,952
Tech dev	-1,205	0,264	-4,566	9,78E-05	-1,747	-0,664
CO2/Polistrin interaktio	0,495	0,128	3,874	0,000618	0,233	0,756

Taulukko 2, Regressio 1

Vaikka esimerkiksi R-kerroin nousee toisessa regressiossa (taulukko 3, alla) hieman ensimmäiseen verrattuna (0,671408), voidaan samalla huomata P-arvojen muuttuvan täysin ensimmäiseen regressioon verrattuna. Verrattuna ensimmäiseen regressioon (taulukko 2), voidaan kontrollimuuttujien lisäämisen myötä huomata teknologisen kehityksen P-arvon muuttuneen toivotulle tasolle (0,011202), kun taas aikaisemmin monikollinearisuuden vuoksi ongelmia aiheuttanut hiilidioksidipäästöjen ja ympäristöpoliittisten päätösten seuranta-asteen interaktiotermin on noussut huomattavasti. Nousun myötä interaktiotermin ei kuitenkaan ole enää tilastollisesti merkitsevä (0,807489).

Yhteenveto Regressio 2

Regressiotunnusluvut:

- R: 0,671
- Selityskerroin (R^2): 0,451
- Tarkistettu selityskerroin (Adjusted R^2): 0,363
- Keskivirhe: 1,459
- Havainnot (n): 30

ANOVA-taulukko:

Lähde	Vapausasteet (va)	Summa (SS)	Keskihajonta (MS)	F-arvo	P-arvo
Regressio	4	43,704	10,926	5,130	0,003703
Jäännös	25	53,246	2,130		
Yhteensä	29	96,950			

Regressiokertoimet:

Muuttuja	Kerroin	Keskivirhe	t-arvo	P-arvo	95% luottamusväli: alin	95% luottamusväli: ylin
Leikkauspiste (Intercept)	-91,994	158,736	-0,580	0,567408	-418,917	234,928
Tech dev	-1,038	0,379	-2,739	0,011202	-1,818	-0,257
CO2/PoliStrin interaktio	0,135	0,548	0,246	0,807489	-0,993	1,263
POP LOG	56,622	83,170	0,681	0,502257	-114,670	227,914
Education	6,508	14,647	0,444	0,660646	-23,659	36,674

Taulukko 3, regressio 2

Alla olevasta kolmannelle regressiotaulukosta (taulukko 4, alla) voidaan havaita kahden edeltävän tavoin toivottua matalampi R (0,634099), vaikka pelkkiä hiilidioksidipäästöjä ja teknologista kehitystä tutkimalla onkin jälleen päästy muuttujien P-arvoissa tavoiteltujen arvojen alle (0,001603 ja 0,000221).

Yhteenveto Regressio 3

Regressiotunnusluvut:

- R: 0,634
- Selityskerroin (R^2): 0,402
- Tarkistettu selityskerroin (Adjusted R^2): 0,358
- Keskivirhe: 1,465
- Havainnot (n): 30

ANOVA-taulukko:

Lähde	Vapausasteet (va)	Summa (SS)	Keskihajonta (MS)	F-arvo	P-arvo
Regressio	2	38,982	19,491	9,078	0,000965
Jäännös	27	57,968	2,147		
Yhteensä	29	96,950			

Regressiokertoimet:

Muuttuja	Kerroin	Keskivirhe	t-arvo	P-arvo	95% luottamusväli: alin	95% luottamusväli: ylin
Leikkauspiste (Intercept)	1,408	1,492	0,944	0,353719	-1,653	4,468
CO2	2,476	0,706	3,507	0,001603	1,028	3,925
Tech dev	-0,873	0,205	-4,261	0,000221	-1,294	-0,453

Taulukko 4, regressio 3

Huomioiden näiden kolmen taulukon tulokset voidaan ensimmäisinä johtopäätöksinä jo esittää hypoteeseihin liittyen nollahypoteesi vääräksi todistetuksi, sillä matemaattisellakin tasolla on löydetty yhteys aiemmissa tutkimuksissakin käytettyjen yleisimpien ilmastollisten indikaattorien ja reaalisen bruttokansantuotteen kasvun välillä.

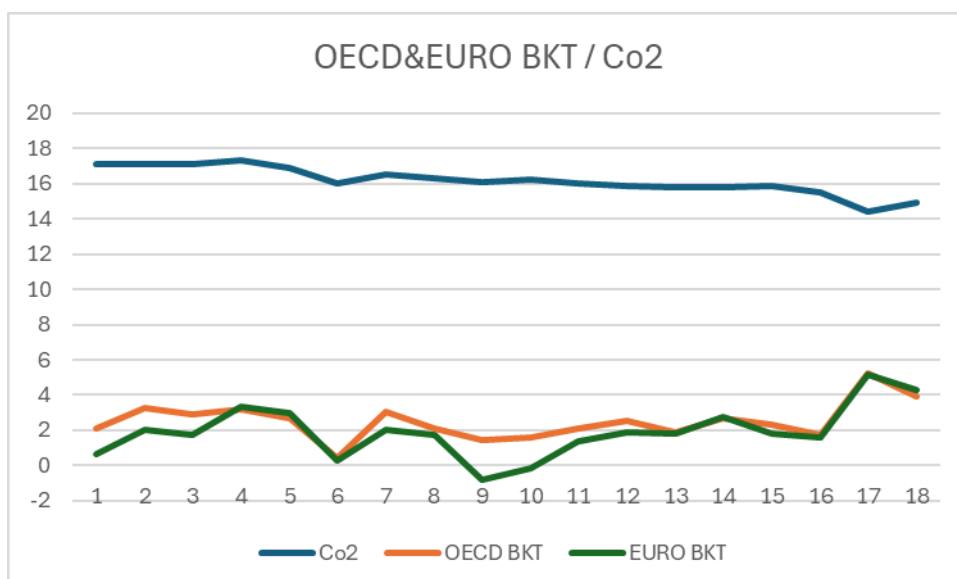
4.4 Alaryhmäanalyysi ja aikaisemmat mallit

Jotta voitaisiin luotettavasti vastata hypoteeseihin H1 ja H2, tulee aineistoa ensin analysoida myös ryhmiteltynä maittain ja taloustilanteiden mukaan. Alaryhmäanalyysiä varten alkuperäisen datasetin maat on jaettu sekä maantieteellisesti, että talousryhmittäin, mikäli ne toimivat osana suurempaa yhtenäisyyttä.

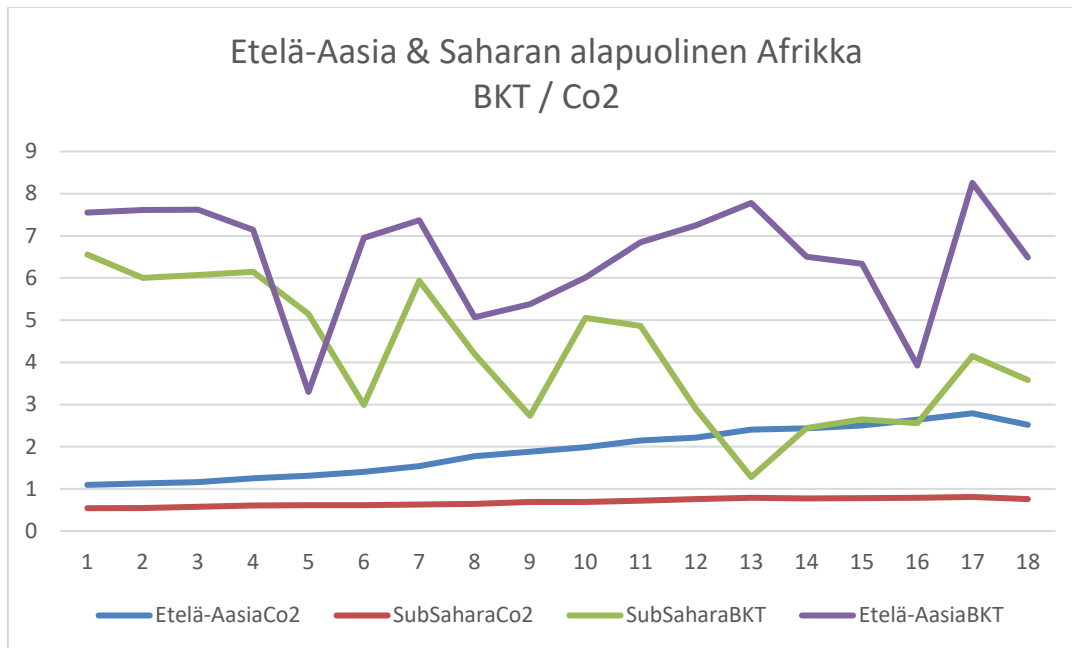
Ensimmäisenä on tutkittu Euroalueen maita, sekä OECD:n jäsenmaita, jotta näiden keskeisestä osasta aiempien tutkimusten aineistona, sekä tämän tutkimuksen kannalta olennaisimpien indikaattorien käytön mahdollistavina alueina. Viitaten olennaisimpaan rajoitteeseen sekä tämän tutkimuksen, että aieman kirjallisuuden tulosten kannalta, ei kaikille maille ole mahdollista tai järkevää soveltaa kaikkia indikaattoreita. Itse tulosten puolesta Euroalueen ja OECD:n luvuista kyettiin havaitsemaan suhteessa esimerkiksi hiilidioksidipäästöihin tai ympäristöpoliittisten päätösten seuranta-asteeseen kohtuullisella tasolla

korreloiva trendi. Poikkeamia tuloksiin kuitenkin aiheuttivat reaalian bruttokansantuotteen ajoittain erittäin volatiilit vaihtelut. Näille kahdelle datasta löytyvälle piikille voidaan kuitenkin heti löytää helpot selitykset, johtuen vuoden 2008 finanssikriisin ja vuoden 2020 CoVid-19 pandemian aiheuttamista taloudellisista epävarmuuksista. Kun nämä kaksi maailmanlaajuista poikkeamaa jätettiin yhtenäistämisen varjolla pois lähdeaineistosta, tasoittuivat trendit myös huomattavasti enemmän yhteiselle alalle. Kuvaaja tutkittaessa huomion kiinnittää kuitenkin hiilidioksidipäästöjen suhteellisen suora kuvaaja, sillä mikäli EKC:n pohjateoria olisi oikeassa, pitäisi jatkuvan bruttokansantuotteen kasvun myös vähentää ympäristöpäästöjä samassa suhteessa. Mahdollinen syy pienelle vähennykselle saattaisi teorian pohjalta olla esimerkiksi teknologisen kehityksen puutteesta johtuva vähenevä rajahyöty, tai taloudellinen tila käyrän huippupisteen lähistöllä.

Hypoteesia vahvistaviin tekijöihin lukeutuvat alueet Etelä-Aasia ja Saharan alapuolinen Afrikka tuottivat sekä tämän tutkimuksen datalla, että aiemman kirjallisuuden tutkimuksissa samankaltaiset tulokset, viitaten EKC:n hypoteesin mukaan matalammasta tulotasosta ja ekonomisesta asemasta aloittavien maiden nopeampaan ilmastopäästöjen nousuun. Näiden tulosten suhteen on kuitenkin oleellista muistaa ero lähtötasoissa, joka mahdollistaa hypoteesin ehtojen täyttymisen vaatimat oletukset. Alla kuvat 10 ja 11, joissa on havainnollistettu Euro- ja OECD alueiden, sekä Aasian ja Afrikan alueiden suhteellisia linjauksia. Kuvassa 11 huomiota herättää myös kohdemaista havaittavissa oleva bruttokansantuotteen volatiilisuus, joka saattaisi viitata teoriaosiossa käsiteltyyn Jiangin ja ym. (2023) ennustamaan taloudellisen epävarmuuden vaikutukseen kehityskäyrällä.



Kuva 10, OECD ja Euroalueen BKT suhteessa hiilidioksidiin



Kuva 11, Etelä-Aasia ja Sub-Saharan Afrikka BKT suhteessa hiilidioksidiin

Aiemmin mainitun volatiilin bruttokansantuotteen kasvun ohella kuvassa 11 voidaan kiinnittää huomiota huomattavasti OECD- ja Euromaita alhaisempaan hiilidioksidipäästöjen tasoon. Vaikka kuvaaja omalta osaltaan herättääkin ajatuksen Etelä-Aasian matalatuloisten kehitysmaiden lähes olemattomista päästöistä, tulee huomioon ottaa esimerkiksi Kiinan ja Intian tietojen puuttuminen lähdeaineistosta, sekä tästä seuraava huomattava vääristymä todellisesta kuvasta.

Afrikan osalta päästöjen vähäisyys taas saattaa viitata EKC:n implikaatioita pohdittaessa esitettyyn teoriaan teknologiaa omaamattomien maiden päästökkehityksestä. Koska teollista kehitystä ei ole vielä korkeatuloisten maiden tavalla tapahtunut, ei hiilidioksidia tuottavia kulkuneuvoja tai tehtaitakaan ole yhtä laajalla tavalla yleisessä käytössä.

Molempien kuvien (10 ja 11) osalta on myös aiheellista huomata hiilidioksidipäästöjen tason olevan reagoimaton bruttokansantuotteen kohtaamiin shokkeihin. Vaikka suurimmat eksogeeniset shokit (2008 finanssikriisi ja 2020 CoVid-19 -pandemia) onkin jätetty datasta pois trendin havainnoimiseksi paremmin, on etenkin Aasian ja Afrikan osalta havaittavissa usean prosenttiyksikön vaihteluita ilman suunnan muutosta ilmastopäästöjen määrässä.

5 JOHTOPÄÄTÖKSET JA KESKUSTELUA

5.1 Huomioita rajoitteista

Vielä viimeisenä ennen varsinaisten johtopäätösten esittelemistä on syytä kiinnittää uudelleen lyhyesti huomiota tämän tutkimuksen rajoitteisiin ja niiden vaikutuksiin taustasyineen. Ymmärrettävästi tutkittaessa aihetta, joka liittyy taloudellisten ilmiöiden ohella voimakkaasti myös ilmastotekijöihin ja etenkin jo itse tutkimusasetelman kautta kansainväliseen yhteistyöhön, on ymmärrettävää, että osa datasta koskettaa vain tiettyä kohderyhmää eikä välttämättä ole millään tavoin relevantti toiselle ryhmälle, kuten jo teorian aiemmissa tutkimuksissa ja tämän tutkimuksen alaryhmäanalyysissä kyettiin havaitsemaan. Kuten teoriaosiossa myös mainittiin, on osa tutkimukselle olennaisista teorioista ja mallinuksista saanut osakseen kritiikkiä niiden ekonometrisen pohjan heikkouden, tai lukuisia mahdollisesti epärealistisia olettamuksia sisältävästä luonteesta johtuen.

Matemaattisten rajoitteiden puolesta taas tulee ottaa huomioon mallien selityskyvyn laajuuden riippuvuus tekijöistä. Koska tekijät on valittu tutkimusasetelman ohjaamalla tavalla, ei kaikkien eksogeenisten tekijöiden vaikutuksia olla ymmärrettävästi kyetty edes alkamaan havainnoida koeasetelmassa.

5.2 Johtopäätökset

Johtopäätösten puolesta tutkimuksesta voidaan vetää aihekohdittain erinäisiä päätelmiä. Aloittaen nolla hypoteesista, jonka mukaan kestävä kehityksen tavoitteiden ja taloudellisen kasvun välillä ei ole yhteyttä, kykenimme

toteamaan hypoteesin vääräksi jo pelkästään matemaattisen yhteyden olemassaolon kautta, riippumatta yhteyden voimakkuudesta. Näin on myös todistettu sivussa aiheen oleellisuus nykypäivän tutkimuksille, sekä mahdollistettu kehotus sen laajemmasta tutkimuksesta tulevaisuudessa.

Toisena siirtyen teoriaan ja sen myötä myöhempiin hypoteeseihin, voimme todeta Ben Amaran ja Qiaon (2023) tutkimukseen ja tässä tutkimuksessa itse saattuihin tuloksiin viitaten talouskasvun vaikutusten koostuvan realistisesti mittamattomissa olevasta määrästä tekijöitä, täten hankaloittaen vain yksittäisten tekijöiden valintaa. Samalla kuitenkin mahdollistuu sen käyttö vihreää kasvua arvioitaessa ja muiden ilmastoindikaattorien vaikutuksia analysoitaessa.

Kuznetsin ekologisen käyrän osalta taas voitiin tehdä havainnot käyrän muodosta ja huippupisteen arvioinnin kriittisyydestä yhteiskunnan kehityksen suuntaa arvioitaessa. Sekä aiempi kirjallisuus, että tämän tutkimuksen omat tulokset tukivat käyrän pohjateoriaa alempituloisten yhteiskuntien voimakkaammasta kasvusta ja huippupisteen saavutuksen jälkeen teknologista kärkeä lähes työssä hidastumisesta, vaikka ekologinen suoriutuminen paranisikin edelleen. Huomattavaa EKC:n teoreeman suhteen oli kuitenkin sen aiemmin saama kritiikki, jonka perusteisiin myös tässä tutkimuksessa törmättiin, sillä vaikka huippupisteen arviointi on tärkeä osa EKC:n teoriaa, saattaa sen suuruus olla täysin satunnaista. Osa tuloksista ja kirjallisuudesta myös viittasi huippupisteen saavuttamisen jälkeisen kasvun olevan lähes täysin riippuvaista teknologisesta kehityksestä, jättäen aukkoja malliin. Lopputuloksena siis olisi mahdollista todeta mallin pohjateorian olevan hyvä, mutta sitä ei välttämättä tulisi tiettyjen puutteidensa vuoksi käyttää itseisarvoisena. Tämän takia myös hypoteesiin 1, jonka mukaan kestävän kehityksen tavoitteiden ja talouskasvun välinen yhteys on riippuvainen maan taloudellisesta lähtöasemasta ei kyetty saamaan täysin selvää vastausta. Osa köyhempien maiden alaryhmäanalyysistä saaduista tuloksista viittasi nopeampaan kasvuun, mutta samalla saatiin tuloksia, joiden perusteella kasvun tahti olisi suunnilleen sama kehittyneiden maiden keskuudessakin.

Siirtyen markkinatasapainoihin ja vihreään Solowin malliin, voitiin havaita Osóron (2023) ja Wun ja ym. (2024) tutkimusten myötä peliteoreettisten tasapainopisteiden olemassaolo ja riippuvaisuus ympäristöpoliittisesta lainsäädännöstä, joka vaikuttaa optimaalisiin tuotantofunktioihin huomattavasti muuttuneiden tuotannontekijöiden hintojen kautta. Tätäkin kautta olisi mahdollista todeta nollahypoteesi kumotuksi, sillä Kestävän Kehityksen Tavoitteet ovat pohjimmiltaan ympäristöpoliittisia säädäntöjä, joilla on täten todistettu olevan vaikutus talouskasvuun. Samalla tutkimukset todistivat hypoteesin 2, jonka mukaan esitettiin poliittisella säädännällä olevan vaikutusta vihreään kasvuun tehtäviin investointeihin. Tämä on tutkimuksen löydöksistä mahdollisesti kaikista olennaisin.

Viimeisenä vielä siirtyen tutkimuksen yleiseen matemaattiseen analyysiin, kyettiin taulukoista ja kuvaajista havaitsemaan hieman toivottua heikommät selityskyvyt omaavat tulokset, jotka kuitenkin viittasivat tutkimuskysymykseen vastaten yhteyden olemassaoloon kestäväen kehityksen tavoitteiden ja talouskasvun välillä. Kenties suurimmat ongelmakohdat näiden tulosten suhteen olivat keskenään paikoittain korreloivat riippumattomat muuttujat, sekä tekijän käsityskyvyn laajuuden rajoittuneisuus metodologian suhteen.

5.3 Keskustelua ja implikaatiot

Ottaen huomioon edellä esitellyt aiemman kirjallisuuden teoreemat ja mallinnukset, sekä tästä tutkimuksesta itse vedetyt johtopäätökset, voidaan keskustelun vuoksi ensin pohtia mahdollisia käytännön vaikutuksia, joita saaduilla tuloksilla saattaa olla. Luonnollisesti yksinkertaisimmin käsiteltävissä olevat vaikutukset lienevät ympäristöpoliittisilla päätöksillä, joiden todettiin vaikuttavan vihreään kasvuun lähes suoraan tehtävien investointien perusteella. Perustuen sekä aiemman kirjallisuuden (Osório, 2023, Wu ja ym., 2024) että tämän tutkimuksen tuloksiin, voitaisiin pitää asiallisena ehdotuksena ottaa lainsäädäntöä tehtäessä huomioon realististen ekonomisten tavoitteiden asettaminen ekologisten tavoitteiden saavuttamiseksi. Koska aiemmin on jo todettu vihreän kasvun olevan mahdollista ilman talouskasvun kokemaa suurta häviötä (Ben Amara ja Qiao, 2023), mutta samalla havaittu vähenevästä rajahyödystä johtuva teknologisen kehityksen tarve ainoana etenemismahdollisuutena EKC:n huippupisteen jälkeen, tulisi maakohtaisesti säädäntöjä luotaessa arvioida myös kyseisen maan hetkinen sijainti kehityskäyrällä. Toissijaisena mahdollisuutena voitaisiin tavoitteita asettaessa huomioida myös ulkopoliittiset vaikutteet, vedoten maiden välisen yhteistyön merkitykseen globalisoituneen kaupan alaisuudessa.

Toisena tutkimustulosten pohjalta havaittavana implikaationa voidaan pitää luovan tuhon tärkeyttä sekä vihreän kasvun, että reaalisien bruttokansantuotteen kasvun suhteen, viitaten markkinatasapainojen muutoksiin ja Stackelberg-tasapainon johtopaikan saaviin vihreään teknologiaan investoiviin yrityksiin. Mikäli teoriaosion ”likaisen” Cournot-markkinan annetaan vallita, tulevat pitkällä aikavälillä sekä ilmastolliset, että taloudelliset ongelmat lisääntymään halvempien ja ekologisesti kestävämmien tuotannon tekijöiden käytön myötä. Tästä syystä vihreään kasvuun investointia voidaan pitää tulevaisuuden kannalta järkevimpänä vaihtoehtona niin EKC:n vaatiman teknologian kehityksen,

Stackelbergin vaatiman massasta erottumisen, kuin kestävän kehityksen tavoitteiden saavuttamisenkin suhteen.

Yhteenvedona tutkimuksesta voidaan siis todeta kestävän kehityksen tavoitteiden ja talouskasvun välillä vallitsevan yhteyden, joka voidaan esittää vihreän kasvun kautta ilmastoindikaattoreita ja teknologista kehitystä hyödyntäen. Muina havaintoina esitettäköön ympäristötekijöiden huomioinnin tärkeys talouspoliittisia päätöksiä ja -tavoitteita asettaessa, johtuen nykyisten tavoitteiden epärealistisesta tasosta suhteutettuna todelliseen- ja rajahyödyn vähenemisestä kärsivään kasvuun. Näiden epärealististen tavoitteiden ohella vihreän kasvun merkitys korostuu EKC:n pohjateorian myötä ainoana mahdollisuutena jatkaa talouskasvua tietyn pisteen jälkeen, kun sovellettua Cobb-Douglasia hyödyntäen voidaan esittää väite teknologiasta ainoana vaikuttavana tekijänä. Samalla kiinnitettäköön huomiota Kuznetsin ekologisen käyrän pohjateorian käytännöllisyyteen arvioitaessa maiden päästökehityksiä ja taloudellisen aseman virkaa, mutta kuitenkin todeten sen olevan itsessään ainoana mittarina epäkäytännöllinen puutteellisten ominaisuuksien takia.

Tulevien tutkimusten osalta voidaan ehdotuksena esittää tarkemman arvon luomista matemaattisen yhteyden voimakkuudesta, jota ei tämän tutkimuksen rajoittein ja datalla kyetty vahvistamaan toivotulle tasolle asti. Samalla tapaa saattaisi olla tuleville tutkimuksille hyödyllistä muodostaa tarkempi EKC:hen perustuva ennustemalli, tai vaihtoehtoisesti etsiä EKC:n täydentävät mallin osat, joiden avulla esimerkiksi käyrän käännöspisteen-, tai maan kehityksen voimakkuuden arviointi mahdollistuisi nykyistä tasoa tarkemmin.

Mielenkiintoisia aiheita saattaisi mahdollisesti löytyä myös peliteoreettisen viitekehityksen alta, kun pohditaan eri tasapainopisteisiin päätymiseen vaadittavia toimia ja tekijöitä. Aihetta tarkemmin tutkittaessa saattaisi olla esimerkiksi mahdollista löytää entuudestaan havaitsemattomia taloudellisia mekanismeja, joiden myötä myös talous- ja ympäristöpoliittisten päätösten teko saisi ohjaavaa suuntaa ja ymmärrys markkinoiden kokemien eksogeenisten shokkien vaikutuksista syvenisi. Tällaista tutkimusta tuotettaessa ja etenkin sen tuloksiin perustuen voitaisiin myös saada selkeämpi käsitys ilmastokehityksen turvaamiseen vaadituista toimista niin yritysten-, valtion-, kuin taloudellisten liittojenkin tasolla.

LÄHTEET

- Acemoglu, D., Aghion, P., Bursztyn, L. & Hemous, D. (2012). The Environment and Directed Technical Change. *American Economic Review*, 102, 131-166. DOI: 10.1257/aer.102.1.131
- Azam, M., Khan, A., Abdullah, H.B., Muhammad, E. (2016). The impact of CO₂ emissions on economic growth: evidence from selected higher CO₂ emissions economies. *Environmental Science and Pollution Research*, 23, 6376–6389. <https://doi.org/10.1007/s11356-015-5817-4>
- Baumol, W. (1986). Productivity Growth, Convergence, and Welfare: What the Long-Run Data Show., *The American Economic Review*. 76(5), 1072–1085. [JSTOR 1816469](https://www.jstor.org/stable/1816469)
- Bekhet, H. & Abdul Latif, N. (2018). The impact of technological innovation and governance institution quality on Malaysia's sustainable growth: Evidence from a dynamic relationship. *Technology in Society*, 54, 27-40. <https://doi.org/10.1016/j.techsoc.2018.01.014>
- Ben Amara, D., & Qiao, J. (2023). From economic growth to inclusive green growth: How do carbon emissions, eco-innovation and international collaboration develop economic growth and tackle climate change? *Journal of Cleaner Production*, 425, 138986. <https://doi.org/10.1016/J.JCLEPRO.2023.138986>
- BP (2019). *BP Statistical Review of World Energy*. <https://www.bp.com/content/dam/bp/business-sites/en/global/corporate/pdfs/energy-economics/statistical-review/bp-stats-review-2019-full-report.pdf>
- Corrocher, N. & Mancusi, M. (2021). International collaborations in green energy technologies: what is the role of distance in environmental policy stringency? *Energy Policy*, 156. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2021.112470>
- Eskeland, G. & Harrison, A. (2003). Moving to Greener Pastures? Multinationals and the Pollution Haven Hypothesis. *Journal of Development Economics*, 70, 1-23. [http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3878\(02\)00084-6](http://dx.doi.org/10.1016/S0304-3878(02)00084-6)

- Ferrara, M., (2009). Green economy, sustainable growth theory and demographic dynamics: a modern theoretical approach, *ASMCCS'09: Proceedings of the 3rd International Conference on Applied Mathematics, Simulation, Modelling, Circuits, Systems and Signals*, 11-12.
- Garrett, D. E. (1987). The Effectiveness of Marketing Policy Boycotts: Environmental Opposition to Marketing. *Journal of Marketing*, 51(2), 46-57.
<https://doi.org/10.1177/002224298705100204>
- Hao, LN., Umar, M., Khan, Z. & Ali, W. (2021). Green growth and carbon emission in G7 countries: How critical the network of environmental taxes, renewable energy and human capital is? *Science of the Total Environment*, 752.
<https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2020.141853>
- Hickel, J. & Kallis, G. (2020). Is Green Growth Possible?, *New Political Economy*, 25(4), 469-486, DOI: [10.1080/13563467.2019.1598964](https://doi.org/10.1080/13563467.2019.1598964)
- Jiang, Y., Sharif, A., Anwar, A., Cong, P., Lelchumanan, B., Yen, V. & Vinh, N. (2023). Does green growth in E-7 countries depend on economic policy uncertainty, institutional quality, and renewable energy? Evidence from quantile-based regression. *Geoscience Frontiers*, 14, 6, 101652.
<https://doi.org/10.1016/j.gsf.2023.101652>
- Kuznets, S. (1973). Modern Economic Growth: Findings and Reflections. *The American Economic Review*, 63(3), 247-258.
<http://www.jstor.org/stable/1914358>
- Liu, Y., Lei, P. & He, D.Y. (2024), Endogenous green technology progress, green transition and carbon emissions, *International Review of Economics & Finance*, 91, 69-82, <https://doi.org/10.1016/j.iref.2023.12.007>
- Liu, Z., Anderson, T. & Cruz, J. (2012). Consumer environmental awareness and competition in two-stage supply chains. *European Journal of Operational Research*, 218(3), 602-613, <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2011.11.027>
- Mitic, P., Kresoja, M., & Minovic, J. (2019). A Literature Survey of the Environmental Kuznets Curve. *Economic Analysis*, 52(1), 109-127. DOI:[10.28934/ea.19.52.12.pp109-127](https://doi.org/10.28934/ea.19.52.12.pp109-127)

- Narayan, P. & Narayan, S. (2010). Carbon dioxide emissions and economic growth: Panel data evidence from developing countries. *Energy Policy*, 38(1), 661-666. <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2009.09.005>
- Narayan, P., Saboori, B. & Soleymani, A. (2016). Economic growth and carbon emissions. *Economic Modelling*, 53, 388-397. <https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.027>
- Osório, A. (2023). Not everything is green in the green transition: Theoretical considerations on market structure, prices, and competition. *Journal of Cleaner Production*, 427, 139300 <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2023.139300>
- Ressin, M. (2022). Start-ups as drivers of economic growth. *Research in Economics*, 76(4) 345-354
- Romer, D. (2006). *Advanced Macroeconomics*, 31–35. [ISBN 9780072877304](https://doi.org/10.1016/j.econmod.2015.10.027).
- Stern, D. (2004). The Rise and Fall of the Environmental Kuznets Curve. *World Development*, 32(8), 1419-1439. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2004.03.004>
- Taylor, M., & Brock, W. (2004). *The green Solow model*. National bureau of economic research.
- Tu, YT ., Lin, CY., Ehsanullah, S., Anh, N., Duong, K. & Huy, P. (2023). Role of energy consumption and sustainability-oriented eco-innovation on economic growth: evidence from Middle Eastern economy. *Environmental Science and Pollution Research*, 30, 3197-3212
- Wagner, C. (2006). International collaboration in science and technology: promises and pitfalls. *Science and technology policy for development, dialogues at the interface*, 165-176.
- Wang, L., Chang, H., Rizvi, S. & Sari, A. (2020). Are eco-innovation and export diversification mutually exclusive to control carbon emissions in G-7 countries? *Journal of Environmental Management*, 270 <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2020.110829>

Wu, T., Yi, M. & Zhang, Y. (2024). Towards cities' green growth: The combined influence of economic growth targets and environmental regulations. *Cities*, 146, 104759. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2023.104759>

Yhdistyneet Kansakunnat. (ei pvm.). *The 17 Goals*. <https://sdgs.un.org/goals>

Ympäristöministeriö, (ei pvm.). *Green Transition* <https://ym.fi/en/what-is-the-green-transition>