



**STATSVETENSKAPLIGA INSTITUTIONEN
CENTRUM FÖR EUROPASTUDIER (CES)**

EUROPAS KLIMAT

Vad har reducerat koldioxidutsläppen?

Författare: Miguel Madureira Palm

Kandidatuppsats:	15 credits
Program:	Europaprogrammet
Nivå:	Grundnivå
Termin/år:	Hösten 2019
Handledare:	Staffan Granér

Abstract

Scientists, politicians and media are increasingly discussing the topic of climate change. Measures such as the Paris Agreement have been taken to reduce global greenhouse gas emissions, specially CO₂-emissions, in order to prevent the devastating effects of climate change. Globally, emissions have continually been rising altogether with economic growth. However, between 1990 and 2018, Europe decreased their greenhouse gas emissions by 23 %. Research have been focusing on the main factors to explain the development of CO₂-emissions, attempting to mitigate climate change. The main factors could be described as energy intensity, carbon intensity, GDP and population. By analysing energy intensity and carbon factor through a decomposed model, the aim of this study was to determine which of the factors that had the biggest impact on the decreasing trend of CO₂-emissions within the EU between 1995-2014. The results from my linear regression indicate that energy intensity had a bigger role in reducing Europe's carbon emissions than the carbon factor. Meaning that the reduction depended, to a greater extent, on energy efficiency and technology than on a change to sustainable energy carriers.

Keywords

Climate change; decomposition; Kaya-identity; energy intensity; carbon factor; Europe.

Nyckelord

Klimatförändringar; dekomponering; Kaya-identiteten; energiintensitet; koldioxidfaktor; Europa.

Kandidatexamen:	15 högskolepoäng
Program:	Europaprogrammet
Nivå:	Grundnivå
Termin/år:	Hösten 2020
Handledare:	Staffan Granér

Antal ord: 9407

Innehållsförteckning

Inledning	1
Syfte	2
Forskningsfråga och hypoteser	3
Teori och tidigare forskning.....	4
Historiskt samband mellan klimat, energi och miljö	4
Klimatförändringar och växthusgaser	6
Växthusgaser och klimatmål	7
Begrepp	8
Huvudsakliga förklaringsfaktorer för koldioxidutsläpp.....	10
Ytterligare faktorer till koldioxidutsläpp	12
Metod och material	14
Val av Metod.....	14
Beroende och oberoende variabel	17
Kontrollvariabel	19
Urval av länder.....	19
Kritisk granskning av datakällan.....	19
Kritisk granskning av metoden	20
Resultat.....	22
Beskrivande statistik	22
Regression	23
Energiintensitet eller avkolning?.....	28
Diskussion	29
Referenslista.....	33
Appendix	39
Bilaga 1	39

Tabell- och figurförteckning

Tabell 1: Förändring i procentenheter för huvudsakliga faktorer, 1995-2014.....	15
Figur 1: Orsakssamband.....	18
Tabell 2: Beskrivande statistik	22
Tabell 3: Linjär regressionsanalys med energiintensitet, koldioxidfaktor och kontrollvariabel.....	23
Tabell 4: Linjär regressionsanalys med sammanslagning av oberoende variabler	26

Inledning

Sedan 1750 har de globala utsläppen av växthusgaser till följd av mänskliga aktiviteter ökat markant. Resultatet har blivit att klimatet förändrats genom uppvärmning i luft och hav (IPCC, 2007). För att motverka förändringarna infördes, i december 2015, Parisavtalet med målet att minska globala utsläpp och hålla temperaturökningar under två grader (Rogelj et al. 2016).

Den europeiska unionen (EU) står för en stor del av världens energikonsumtion och utsläpp av världens växthusgaser. Energi och klimat är därför viktiga politikområden inom EU. Delarna omfattas av Europas 2020-strategi¹ för att nå hållbar utveckling och tillväxt inom ramen för parisavtalets långsiktiga mål. Till skillnad från ökningen i de globala utsläppen av växthusgaser har Europa minskat sina utsläpp med 23% mellan 1990 och 2018 samtidigt som den ekonomiska tillväxten ökat med 61% (Kommissionen, u.åa). I stort sett alla EU-länder väntas därmed nå sina uppsatta mål för 2020 (Liobikenè & Butkus 2017).

Corecon (2017) menar att forskare är överens om att antropogena klimatförändringar existerar och att de, till stor del, är förenade med ekonomisk aktivitet och koldioxidutsläpp, som i sin tur hör ihop med förbränningen av fossila bränslen till energi- och industrianvändning. För att förklara långsiktiga förändringar i koldioxidutsläpp undersöks ofta fyra huvudsakliga faktorer. De huvudsakliga faktorerna ställs upp enligt Kaya-identiteten med förändring i koldioxidutsläpp som förklaras av; koldioxidfaktor (utsläpp per enhet energi), energiintensitet (energi per enhet BNP), inkomst per capita (BNP per capita) och befolkning. Kaya-identiteten dekomponeras² ofta för att tyda olika mönster och trender genom att isolera effekten av vissa faktorer (Andreoni & Galmarini 2016; Fragkos et al. 2017; Henriques & Borowiecki 2017; IPCC 2014; Kander, Malanima & Warde 2013, s 279; Steckel, Edenhofer & Jakob 2015).

Att förstå storleken och mönster i de faktorer som påverkar globala utsläpp är en förutsättning för att kunna hantera och förutspå framtida klimat och ekosystem (Raupach et al. 2007). Forskningsområdets syfte är att tydliggöra och visa på tillgängliga åtgärder för att undvika

¹ EU 2020 strategin innehåller tre grundläggande mål: 20% minskning av växthusgaser, 20% energi från hållbara källor och 20% förbättrad energieffektivitet; se Kommissionen, u.åa.

² Dekomponering innebär att totala historiska förändringar delas upp i mindre beståndsdelar för att förklara utvecklingen; se IPCC 2014

klimatförändringar samt förstå dess underliggande tekniska, ekonomiska och institutionella krav (IPCC, 2014). Steiner beskriver i UNEP (2015) att trots Parisavtalets viktiga roll i hanterandet av klimatförändringarna är det minst lika väsentligt att aktuell forskning på området existerar och uppmärksammas.

Jag har valt att undersöka vilken av faktorerna koldioxidfaktor och energiintensitet som bidragit mest till de senaste minskningarna av utsläpp som observerats i Europa. Modellen är något begränsad och kan inte förklara alla förändringar i utsläpp. Trots det berörs en viktig fråga som ger en viss förklaring till vad som minskat Europas utsläpp. Modellen har använts tidigare men aldrig applicerats på de 28 EU-länderna eller perioden 1995 till 2014 (Paul & Bhattacharyas 2003; Ang 1999; Sun 1998). Eurostat (2018) och Silva, Soares & Pinho (2011) visar på att teknologi och energisammansättning förändrats i förhållande till tidigare undersökta perioder. Därigenom kan de två huvudsakliga faktorernas förklaringsstyrka ha förändrats kraftigt. Förhoppningsvis kan därmed den existerande forskningsluckan fyllas med intressant information som beaktar det geografiska området Europa, de senaste tillgängliga åren tillsammans med förändringar i energi och teknologi. Intresset är alltså att se om det är energiintensitet med mindre energianvändning per enhet BNP eller koldioxidfaktor med förändring i energisammansättning som påverkat minskningen av Europas koldioxidutsläpp (Kander, Malanima & Warde 2013, s 279).

Syfte

Mot bakgrund av att energisystemet genomgått förändringar vill jag undersöka hur mina utvalda faktorer förhåller sig till varandra och till koldioxidutsläpp. Det övergripande syftet med studien är att undersöka i vilken utsträckning faktorerna energiintensitet och koldioxidfaktor bidragit till de senaste minskningarna av koldioxidutsläpp i Europa. Tidigare forskning som undersökt koldioxidutsläpp och dess drivande faktorer är något daterad, vilket kan betyda att deras förklaringskraft förändrats. Dessutom bortser forskningen från de senaste koldioxidminskningarna i Europa. Jag tillhandahåller därmed en kvantitativ studie i syfte att bidra och uppmuntra till att empirin inom området uppdateras. Jag hoppas att studien således kan utveckla förståelsen för de huvudsakliga faktorerna och delvis fylla den rådande forskningsluckan.

Forskningsfråga och hypoteser

Med hänvisning till tidigare forskning har historiska förändringar i koldioxidfaktor och energiintensitet varit de huvudsakliga orsakerna till minskningar av koldioxidutsläpp. Man visar på att energiintensitet haft en starkare förklaringskraft än koldioxidfaktorn. På senare år har dock energisammansättningen förändrats vilket förväntas modifiera koldioxidfaktorns inverkan på koldioxidutsläpp. Jag har därför valt att undersöka faktorerna energiintensitet och koldioxidfaktor för att avgöra vilken som har varit viktigast och se om koldioxidfaktorns betydelse har förändrats.

Min forskningsfråga är: Vilken av faktorerna energiintensitet och koldioxidfaktor hade störst påverkan på minskningarna av koldioxidutsläpp i Europa åren 1995-2014?

Baserat på tidigare resonemang formas tre hypoteser med förväntningen att jag skall kunna förkasta hypotes 2 och 3.

Hypotes 1: Energiintensitet påverkade minskningen av koldioxidintensitet mer än koldioxidfaktor.

Hypotes 2: Koldioxidfaktor påverkade minskningen av koldioxidintensitet mer än energiintensitet.

Hypotes 3: Energiintensitet och koldioxidfaktor påverkade minskningen av koldioxidintensitet lika mycket.

Hypoteserna är utformade för att definiera faktorernas relativa betydelse till varandra. Därför diskuteras även i vilken grad som variablerna skiljer sig innan en hypotes förkastas. Om exempelvis resultatet visar att faktorerna skiljer 0.05 enheter kan det innebära att hypotes 1 och 2 förkastas.

Teori och tidigare forskning

Förhöjda nivåer av växthusgaser, som till största del består av koldioxidutsläpp, leder till allvarliga konsekvenser för jordens klimat (Archer 2012). Forskning på området förklarar att de huvudsakliga faktorer som driver koldioxidutsläpp utgörs av fyra delar; koldioxidfaktor, energiintensitet, BNP per capita och befolkning. Denna uppsättning kallas för Kaya-identiteten och är en vanligt förekommande modell som används för att förklara förändringar i koldioxidutsläpp (Kander, Malanima & Warde 2013, s 279). Inledningen av kapitlet förklarar klimatförändringar och introducerar vissa begrepp. Därefter följer en sammanfattning av klimatmål som är relevanta eftersom beforskningen av faktorerna som driver koldioxidutsläpp ofta ämnar stå till grund för policy-beslut inom området (IPCC 2014; UNEP 2015). Kapitlet avslutas med en presentation av huvudsakliga- och ytterligare faktorer.

Historiskt samband mellan klimat, energi och miljö

Kander, Malanima och Warde (2013, s 72; 73) menar att under de senaste 200 åren har priset på energi varit relativt lågt vilket har haft en stark inverkan på miljön. Innan perioden befann sig mänskligheten i ett organiskt jordbrukarsamhälle med låg produktivitet, vars energi kom från jord och grödor. Denna metod utvecklades ca 3000 - 5000 år före Kristus. Klimatet har alltid varit kopplat till energiutbud och efterfrågan vilket visat sig genom att varmare perioder gav förbättrad skörd med befolkningsökning och kallare perioder ledde till motsatsen.

Kander, Malanima och Warde (2013, s 73) beskriver att det tidigare jordbrukssystemets utbud av energi var statistiskt utan särskild anpassning till efterfrågan. Ett sådant system med förbränning av ved användes fram till några århundraden sedan och påverkade i princip inte klimatet. Koldioxidutsläpp från sådan typ av förbränning är inte särskilt annorlunda från andra energibärare såsom kol och olja. Ackumuleringen av koldioxid i skogen har pågått i miljontals år genom att mineraliseras, men när växter dör släpps den koldioxid som blivit absorberad ut igen. Henriques och Borowiecki (2017) samt Kander, Malanima och Warde (2013, s 73) fortsätter att förklara att CO₂-balansen i atmosfären är oförändrad när eld och trä förbränns även om det sker fortare. Om skogen tillåts växa tillbaka blir nettoeffekten av utsläpp 0. Stora effekter sker bara när stor mängd skog tas bort och inte återväxer vilket skett under en relativt kort period. Under de senaste 200 åren har avskogning och användandet av fossila bränslen

resultat i kraftiga öknings av koldioxidhalten i atmosfären. Le Quéré et al. (2016) tillägger att den tidigaste ökningen av koldioxid över de förindustriella nivåerna berodde på ökad skogsavverkning och förändringar i markanvändning.

I Europa ökade nivåerna markant kring 1800-talet beroende på användandet av fossilt kol som startade i England och vid andra världskriget bestod energiproduktionen till 4/5 av kol. Metoden spreds till övriga länder i Europa och energi skapades i överflöd vilket gav allvarliga följder på luftkvalité och stadsinvånarens hälsa (Kander, Malanima & Warde 2013, s. 73, 143, 286). Henriques och Borowiecki (2017) förtydligar att i samband med Englands kolkonsumtion stod landet vid 1800-talets början för 87% av Europas koldioxidutsläpp. Innehållet av koldioxid i luften har alltså förändrats kraftigt av mänsklig intervention och konsekvensen har blivit global uppvärmning.

1900-talets Europa slapp energibegränsningar och tillväxten ökade som aldrig förr tillsammans med energikonsumtionen som kan ses som en naturlig funktion av tillväxt. Tillväxten kan bero på många olika orsaker men när människor konsumerade mer slutprodukter konsumerade de även mer energi. Energikonsumtionen och tillgängligheten på kol hjälpte alltså att främja ekonomisk tillväxt (Kander, Malanima & Warde 2013, s 131, 209). Kolkonsumtion var central för den industriella revolutionen men under 1900-talet började den ersättas av andra energibärare såsom olja, elektricitet och gas vilket förändrade Europas ledande ställning (Kander, Malanima & Warde, s 251, 252; Steckel, Edenhofer & Jakob 2015).

Kander, Malanima och Warde (2013 s 132, 135, 269) förklarar att det beräknas ha tagit ett sekel innan energin började effektiviseras och resulterade i modern ekonomisk tillväxt kring 1970-talet. Redan 1896 hypotiserades att förbränning av kol och koldioxidutsläpp skulle värma jordens atmosfär. Det var alltså länge erkänt att fossila bränslen var ändliga och skadliga för miljön. Därför intresserade sig flera länder för en ny primärkälla - kärnkraft. Källan introducerades som prototyp 1940 och den första större kärnkraftsreaktorn presenterades 1954. Vid 1998 fanns det 437 kärnreaktorer i världen. Trots att de inte producerar några koldioxidutsläpp, riskerar samhället ändå stora kostnader i samband med de skador som exempelvis kan uppkomma vid en reaktors kollaps. Flera länder har börjat avveckla sin

kärnkraftsverksamhet efter de två senaste olyckorna. Tyskland är ett exempel där total avveckling skett sedan olyckan i japanska Fukushima 2011.

Kander, Malanima och Warde (2013, s 272) förklarar att efter 1990 har fokus lagts på förnybar energi som exempelvis vindkraft. Författarna menar dock att försöket till att förändra energibärare har varit en stor besvikelse. Däremot visar Liobikenè och Butkus (2017) att man kan observera en större omställning till hållbar energi som reducerat koldioxidutsläpp och i samverkan med minskad energikonsumtion möjliggjort att EU:s 2020 mål kommer att nås. Eurostat (2018) bekräftar att andelen hållbar energi ökat sedan 2008, vilket var det sista året som beräknades i Kander, Malanima och Wardes (2013, s 280) undersökning. Därmed kan resultatet att energiintensitet varit viktigare än koldioxidfaktor, med avseende på utsläppsminskningar, ha förändrats. Silva, Soares och Pinho (2011) tillägger att de europeiska länderna Danmark, Portugal och Spanien mött en större andel hållbara energibärare mellan åren 1960 och 2004 vilket också talar emot Kander, Malanima och Wardes (2013) resonemang.

Klimatförändringar och växthusgaser

Det finns ingen tvekan om att klimatet förändras med exempelvis bergsglaciärer som smälter och försvinner. Den globala genomsnittstemperaturen mäts årligen till att ständigt slå nya värmer rekord. Den grundläggande processen av klimatförändringar är balansen mellan inflöde av strålningsenergi från solen och utflödet av energi som försvinner ut i rymden. Jorden balanserar energi genom uppvärmning eller nerkyllning. Växthuseffekten får planetens temperatur att stiga. Den drivs främst av gasen koldioxid (CO₂), men även av andra gaser såsom vattenånga och metan. Gasens koncentration avgör vilken påverkan den har på klimatet. Det har hävdats att klimatförändringar orsakade av fossila bränslen är det största miljöproblemet som mänskligheten mött eftersom koldioxidutsläpp är grunden till produktionen av energi och energi är grunden till den moderna livsstilen (Archer 2012). Konsekvenserna av klimatförändringarna har inneburit en förändring i nederbörds mängd, av havens salthalt, den arktiska temperaturen och isen samt extremt väder såsom torka, kraftig nederbörd och värmevågor. Framöver kommer konsekvenserna förmodligen bli större och klimatsystemet kommer att förändras även om växthusgaserna stabiliseras (IPCC, 2007).

Växthusgaser och klimatmål

Globalt sett har växthusgaser haft en konstant ökning sedan 1750. Fossila bränslen blev vid 1920 den dominerande källan för antropogena koldioxidutsläpp och dess andel har konstant växt fram till idag (Le Quéré et al 2016). Steckel, Edenhofer och Jakob (2015) samt Raupach et al. (2007) pekar på att ökningarna i globala koldioxidutsläpp sedan 1990 bottnar i en expanderad kolkonsumtion som resulterat i en ökad koldioxidfaktor. Denna utveckling har främst kunnat tydas i utvecklings- och låginkomstländer. Vid 2004 stod dessa länder för cirka 80 % av befolkningen, 73 % av världens utsläppsökningar samt 41 % av de totala utsläppen. Bland annat har Asienområdet upplevt höga nivåer av ekonomisk tillväxt. Därigenom har den relativt billiga energibäraren kol använts för att tillfredsställa den snabbt växande efterfrågan på energi. För att stoppa de globala utsläppen av växthusgaser har därför flera klimatmål och avtal bildats.

I december 2015 infördes ett globalt avtal för att bekämpa klimatförändringar. Avtalet kallas för Parisavtalet och de inblandade länderna har presenterat nationella planer för att hantera klimatets utmaningar som träder i kraft 2020. Målet är att temperaturökningarna ska vara under två grader - gärna under en och en halv grad. Utvärderingen av de nationella planerna belyser att trots ländernas förbättring av nuvarande resultat krävs det ytterligare lyft och åtgärder i planerna för att målet ska nås (Rogelj et al. 2016).

Den europeiska unionen (EU) är en betydande energikonsument och utsläppare av växthusgaser i världen. Därmed är energi och klimat viktiga delar i EU:s politik. Delarna inbegrips i Europas 2020-strategi för att nå hållbar utveckling och tillväxt som inte kolliderar med parisavtalets långsiktiga mål. De tre grundläggande målen med 2020-strategin är: 20% minskade utsläpp av växthusgaser, 20% energi från hållbara källor och 20% förbättrad energieffektivitet - i förhållande till 1990. I Europa har utsläppen av växthusgaser minskat med 23% mellan 1990 och 2018 samtidigt som den ekonomiska tillväxten ökat med 61% (Kommissionen u.å.a; Kommissionen u.å.b).

Liobikenè och Butkus (2017) menar att förhöjda utsläpp av växthusgaser beror på primär energikonsumtion och reduceringen av dessa beror på en omställning till hållbar energi. Till följd av en lyckad förstärkning av hållbara energikällor väntas EU, i sin helhet, klara de mål

som presenterats ovan. Dock pekar vissa tendenser på att Estland, Malta och Nederländerna inte kommer klara målen för växthusgaser; Belgien, Estland, Nederländerna, Polen och Sverige inte kommer klara målen för primär energikonsumtion och Belgien, Frankrike, Irland, Luxemburg, Malta, Nederländerna och Storbritannien inte når sin tänkta andel av hållbara energibärare. UNEP (2015) bekräftar att målen kommer nås tillsammans med Eurostat (2018) som konstaterar att utsläppsmålet av växthusgaser redan har nåtts och att andelen av hållbara energikällor har ökat. Däremot förväntas det bli svårare att nå målen för utsläpp av växthusgaser till 2030, även om ytterligare åtgärder skulle genomföras. Fortsättningsvis poängteras även att energieffektiviteten måste förbättras.

I Europa minskade samtliga sektorer sina utsläpp mellan åren 1990 och 2018 förutom transportsektorn som istället ökade något. Energiindustrin stod för kraftigast minskningar med 483 miljoner ton CO₂ ekvivalenter (29%). Trots det står sektorn fortfarande för den största andelen av utsläpp som uppgick till 26% av alla utsläpp 2016. Energi från hållbara energikällor stod för 17% av energikonsumtionen 2016 och har ökat med 9% sedan 2005. Inom transportsektorn, stod hållbar energi för 7% och steg med 1.8 % jämfört med 2005. Inom elindustrin stod istället hållbar energi för 29% av elkonsumtionen. Det indikerar att avkolning kan ha haft en större påverkan på utsläppen eftersom sektorn med högre andel hållbar energi minskat sina utsläpp markant. Här är dock inte kärnkraft och vattenkraft inräknade, primärkällor som inte släpper ut några direkta koldioxidutsläpp (Eurostat, 2018).

Begrepp

Avkolning är processen där länder eller andra myndigheter siktar på att nå en ekonomi som drivs av låga koldioxidutsläpp. Begreppet kan även syfta till individers benägenhet att minska sin koldioxidkonsumtion.

BNP är ett vanligt mått som används för att mäta ekonomiers storlek genom dess sammanlagda efterfrågan och produktion. BNP kan refereras till som länders inkomst och inkluderar konsumtion, investeringar, statliga utgifter, import och export.

Energibärare är ett sekundärt medium för att förmedla energi mellan den primära energikällan och användningen.

Energiintensitet är mängden energi som används för produktionen av en produktionsenhet. Förklarar vad en viss mängd energi kan producera. Måttet används ofta av historiker och ekonomer som undersöker energi. En ekonomi med hög energiintensitet har en låg energiproduktivitet och vice versa. Energiintensiteten mäter därmed energins effektivitet genom att ta total energi dividerat med BNP.

Koldioxidintensitet är mängden koldioxidutsläpp per andel av någon annan enhet såsom BNP, transport och energi. Oftast ställs koldioxidintensitet upp som koldioxidutsläpp per BNP.

Koldioxidfaktor är mängden koldioxidutsläpp per enhet energi. Energin brukar mätas som andel oljeekvivalenter i energianvändningen. Vissa studier använder dock koldioxidfaktor för att benämna koldioxid per enhet BNP. För att undvika förvirring benämns koldioxidintensitet som koldioxid per enhet BNP och koldioxidfaktor som koldioxidutsläpp per energianvändning.

Primär energi är den energi som inte genomgått någon mänsklig intervention som exempelvis kol, råolja och naturgas.

Sekundär energi är den energi som genom mänsklig intervention transformerats från primär energi. Några exempel på sådana processer är rengöring av naturgas, raffinering av olja eller konvertering till elektricitet.

Källor: Coreecon 2017; IPCC 2014; Kander, Malanima & Warde 2013; Paul & Bhattacharya 2003; Steckel, Edenhofer & Jakob 2015; UNEP 2015.

Huvudsakliga förklaringsfaktorer för koldioxidutsläpp

Kander, Malanima och Warde (2013, 276) förklarar att det rådande energisystemet avgör den mängd växthusgaser som släpps ut, vilket är beroende av den energityp och energibärare som används. I Europa har koldioxidutsläppen växt som en naturlig följd av den explosionsartade konsumtionen av fossila bränslen. Således skapades två perioder med kraftiga utsläppsökningar; 1870 - 1910 och 1950 - 1975. Sedan 1975 har dock utsläppen stabiliserats och minskat något. IPCC (2014) förklarar att de viktigaste faktorerna till ökningarna i koldioxidutsläpp varit en större befolkning och högre ekonomisk tillväxt. De huvudsakliga faktorerna som bidragit till att minska utsläpp är energiintensitet och koldioxidfaktor. Förklaringen av de huvudsakliga faktorerna används ofta i litteratur med hjälp av Kaya – identiteten som lyder:

$$C = \frac{C}{E} \cdot \frac{E}{Y} \cdot \frac{Y}{P} \cdot P$$

C= koldioxidutsläpp, C/E= koldioxidfaktor för energi, E/Y= energiintensitet, Y/P= BNP per capita, P= befolkning (Kander, Malanima & Warde 2013, s 279)

Funktionen visar vilka huvudsakliga faktorer som påverkar koldioxidutsläpp: med koldioxidfaktor som tar utsläpp delat på energikonsumtion multiplicerat med energiintensitet, bestående av energikonsumtion delat på BNP multiplicerat med inkomst per capita, BNP dividerat med befolkningen multiplicerat med befolkningen (Henriques & Borowiecki 2017; IPCC 2014; Kander, Malanima & Warde 2013; Steckel, Edenhofer & Jakob 2015). Värdena från olika årtal matas sedan in i funktionen med exempelvis Kander, Malanima och Wardes (2013) data över 8 europeiska länder från år 1870 till 2008.

Pielke (2009) föreslår att det är teorin om avkolning som starkast förklarar utsläppsreduceringar eftersom förändringen av energibärare kan leda till att det inte blir några nettoutsläpp av koldioxid, även om en stor mängd energi produceras. Alltså är koldioxidfaktor viktigast av de huvudsakliga faktorerna när det gäller reduceringar av koldioxidutsläpp. IPCC (2014) och Kander, Malanima och Warde (2013, s 280) pekar istället på att minskningen av koldioxidutsläpp huvudsakligen berott på minskningar i energiintensitet. Kander, Malanima

och Warde (2013, s 277) fortsätter förklara att koldioxidfaktorn varit nästintill oviktig, i deras historiska mätning av koldioxidutsläpp. Å andra sidan kommer en varierad mängd utsläpp med olika energibärare. Därför har koldioxidfaktorn haft en viss påverkan på utsläppsminskningar men inte i närheten av samma utsträckning som energiintensitet. Grübler och Nakicenovic (1996) samt Mielnik och Goldemberg (1999) fortsätter att förklara att koldioxidfaktor varit viktigare än energiintensitet genom avkolning som innebär förändringar till energibärare som släpper ut mindre koldioxidutsläpp. Hur som helst tycks forskningen överlag visa på att energiintensiteten har haft en viktigare roll i reduceringar av koldioxidutsläpp både inom Europa (Andreoni & Galmarini 2016; Ang 1999; Kander, Malanima & Warde 2013 s 280; Raupach et al. 2007) och globalt (IPCC 2014; Paul & Bhattacharya 2003).

Andersson och Karpestam (2013) beskriver energiintensitet som mängden energi som används för att producera en produktionsenhet och koldioxidfaktor som mängden koldioxidutsläpp som släpps ut per enhet energi. Energiintensiteten förändras tillsammans med kapitalstocken och minskar om produktiviteten ökar. Förändringen av energibärare som exempelvis användandet av kärnkraft istället för kol påverkar koldioxidfaktorn. Lagar och förändringar i exempelvis det reala oljepriset påverkar båda faktorerna. Med en ökning i oljepriset tvingas företag att förändra produktionen i syfte att minska avfall och byta till mindre utsläppande energibärare vilket visar på hur lagar som höjer oljepriset kan påverka energiintensiteten och koldioxidfaktorn. Henriques & Borowiecki (2017) visar att ökad produktivitet skett genom förändrad teknologi som drivit minskningarna i energiintensitet men förklarar att utvecklade länders möjligheter att förbättra effektiviteten försvåras och därför bör mer åtgärder riktas mot förändring till hållbara energibärare.

Kahn (1979) och Castells (1996) menar att minskningen i energiintensitet, sedan 1970, beror på den stora transformationen till en tjänste-ekonomi. Med en ökad tjänstesektor effektiviseras produktionen vilket i jämförelse med industrisektorn, innebär att produktionen är mindre energikrävande. IPCC (2014) bekräftar att minskningen i energiintensitet, på lång sikt är beroende av ekonomiers utveckling som blir mer effektiva när tjänstesektorn förändras. Kander, Malanima och Warde (2013, s 356, 357) menar dock att denna förklaring inte är lika stark som tidigare antagits eftersom tjänstesektorns tillväxt är betydligt mindre när den räknas om till reala termer. Därmed kan den generella trenden i Europa mellan 1870 och 2008 förklaras med hjälp

av förändring i energiintensitet som inte nödvändigtvis berott på en förändrad tjänstesektor. Dock kan bilden se annorlunda ut i olika länder där exempelvis förändringen av energibärare, alltså avkolning, har spelat en större roll i ett land som Sverige.

Corecon (2017) pekar på att ekonomisk aktivitet varit en viktig orsak till klimatförändringar. Kander, Malanima och Warde (2013, s 135) beskriver att länders inkomster (BNP) är en huvudsaklig faktor som avgör vilken nivå av energi som konsumeras och att ökad inkomst bidragit till högre energikonsumtion. Energikonsumtionen är en viktig faktor som bidrar till tillväxt i BNP och ökade koldioxidutsläpp. Å andra sidan kan länder med högre BNP vara mer flexibla i val av bränslen, istället för att välja den billigaste energikällan utan att ta hänsyn till de miljömässiga skador som då kan uppkomma. Lane (2011) menar på att det finns tendenser att länder med högre BNP minskar sina utsläpp per capita. Samtidigt kräver en hög BNP stor efterfrågan på energi vilket idag kommer från fossila bränslen. Ett sådant förhållande mellan BNP och koldioxidutsläpp där högre BNP minskar utsläpp kan beskrivas följa Kuznetskurvan³. Jaunky (2011) och Sterner (2003) visar på att sådana samband inte existerar. Det förtydligas ytterligare av Böluk och Mert (2018) som undersökt 16 EU-länder under perioden 1990 – 2008, utan att finna några bevis för att kuznetskurvan existerat. Kim och Kim (2012) visar också att förändring i ekonomisk aktivitet har varit den huvudsakliga orsaken till ökade utsläpp av växthusgaser. Återigen konstateras alltså att ekonomisk utveckling inte bidragit till en minskning av växthusgaserna inom Europa.

Befolkning som räknas som en huvudsaklig faktor i att förklara koldioxidutsläpp visar på att en ökad befolkningsmängd leder till ökade utsläpp. Befolkning och BNP väntas fortsättningsvis skapa ökade utsläpp i framtiden (Dietz & Rosa 1996). UNEP (2015) och IPCC (2014) bekräftar att det generellt sett finns ett positivt samband mellan befolkning och utsläpp.

Ytterligare faktorer till koldioxidutsläpp

Kommissionen pekar på att de sektorer där utsläpp minskat mest täcktes av EU:s lag kring handel av utsläppsrätter. Något som implicerar att lagstiftning varit en potentiell faktor som reducerat utsläpp (Kommissionen u.å.b). Hur som helst är det problematiskt att mäta deras effektivitet och påverkan med hjälp av kvantitativa data då lagar är ett komplext fenomen som

³ Kuznetskurvan visar på initial nedsmutsning som åtgärdas när BNP stiger.

omringas av ständig debatt och ideologi. Lagar kan även beskrivas som en underliggande faktor som påverkar energiintensitet och koldioxifaktor (Andersson & Karpestam 2013; Ang, 1999; IPCC 2014; UNEP 2015).

Eurostat förklarar att under perioden 1990 - 2018 skedde den största minskningen (7.2%) av växthusgaser mellan 2008 och 2009. Vid tidpunkten befann sig stora delar av världen i ekonomisk kris vilket saktade ner industriell produktion, minskade transportvolymen samt efterfrågan på energi. Händelserna visar att ekonomiska fluktuationer, tillväxt och miljö kan samverka. IPCC (2014) förklarar att minskningen endast var tillfällig. Andersson och Karpestam (2013) tydliggör att konjunkturer endast påverkar koldioxidutsläpp på kort sikt med $\pm 4\%$. En allvarlig kris kan skapa större minskningar vars verkan enbart är tillfällig. Minskningar i koldioxidutsläpp från ett år till ett annat indikerar alltså inte om klimatmål möts. Dessutom används Kaya-identiteten oftast på lång sikt vilket betyder att dessa förändringar inte beaktas (Henriques & Borowiecki 2017; IPCC 2014; Kander, Malanima & Warde 2013;).

Kander, Malanima och Warde (2013) förklarar att outsourcing är ett omdebatterat ämnesområde där vissa pekar på att globalisering leder till att utsläpp förflyttas och att Europas klimat egentligen inte förbättrats. Författarna menar dock att outsourcing inte påverkat Europas utsläppförändringar i någon större utsträckning. Resonemanget utgår från kalkyler av utsläpp relaterade till ett lands konsumtionsmönster vilket visar varierade mönster där europeiska länder är både nettoimportörer eller exportörer av koldioxid. Malik och Lans (2016) studie tillägger att det kan finnas ett svagt samband mellan internationell handel och koldioxidutsläpp. Å andra sidan är förhållandet mellan outsourcing och koldioxidutsläpp okänt. Därför räknas globalisering inte in som en huvudsaklig faktor till förändringar i koldioxidutsläpp.

Metod och material

Val av Metod

Jag har valt att använda kvantitativ metod genom en statistisk analys av paneldata från World Bank (2019). Den genomförs med den linjära regressionsanalysen Ordinary Least Squares (OLS), vilket lämpas eftersom samtliga variabler befinner sig på intervallskalenivå (de Vaus, 2014). Då syftet är att determinera två konkurrerande förklaringar till minskningar i Europas koldioxidutsläpp används två oberoende variabler; koldioxidfaktor och energiintensitet.

Analysen sker på Europa, närmare bestämt EU med dess 28 medlemsstater. Anledningen till att analysen sker på området är att det upplevt en intressant utveckling av växthusgaser med en minskning på 23 procent sedan 1990 (Kommissionen, u.åb). Däremot har flera andra områden i världen haft ökade utsläpp under samma period, vilket resulterat i att de globala utsläppen ökat (La Quère et al 2016; UNEP 2015). Förhoppningsvis ger resultatet en tydligare bild kring i vilken mån som koldioxidfaktor och energiintensitet påverkat redueringen av koldioxidutsläpp. Därmed kan man även dra vissa slutsatser kring om det är en förändring i energibärare eller teknologi som bidragit till redueringen. Således undersöks i vilken mån de oberoende variablerna påverkar den beroende variabeln. Dessa undersöks med en kontrollvariabel för respektive förklarande variabel för att säkerställa att den procentuella förändringen inte enbart berott på att exempelvis energiintensiteten från början var väldigt hög.

Inom forskningsområdet som berör energi och miljö används ofta olika tekniker för att dekomponera förändringen i en sammansatt indikator. Följaktligen blir det möjligt att mäta förändringar som skett i vissa fördefinierade faktorer såsom energiintensitet och koldioxidfaktor (González, Landajo & Presno 2013). Nedan beskrivs den dekomponering jag genomför i syfte att ta fram den funktion som ligger till grund för undersökningen.

Funktionen tar sin grund i Kaya-identiteten och ser ut som följande:

$$C = \frac{C}{E} \cdot \frac{E}{Y} \cdot \frac{Y}{P} \cdot P$$

Första steget i dekomponeringen är att förenkla BNP per capita och population till BNP:

$$C = \frac{C}{E} \cdot \frac{E}{Y} \cdot Y$$

Därefter räknas BNP:s direkta inverkan bort genom att förklara koldioxidutsläppen med koldioxidintensitet vilket ger den slutgiltiga formeln:

$$\frac{C}{Y} = \frac{C}{E} \cdot \frac{E}{Y}$$

Dekomponeringen av modellen sker inom ramen för att vara genomförbar i en kandidatuppsats och med hänvisning till tabell nr 1, Andreoni och Galmarini (2016), IPCC (2014), UNEP (2015) samt Henriques och Borowiecki (2017), där populationen och BNP per capita antas ha ökat kontinuerligt. Vilket innebär att variablerna snarare bidragit till en ökning av koldioxidutsläppen, istället för en minskning.

Tabell 1. Förändring i procentenheter för huvudsakliga faktorer, 1995-2014.

	År	BNP/C	Befolkning	Energiintensitet	Koldioxidfaktor	Koldioxidintensitet
EU	1995-2014	81.0	4.9	-31.5	-13.5	-41.0

Källa: World Bank

Tabellen visar på hur BNP, befolkning, energiintensitet, koldioxidfaktor och koldioxidintensitet förändrats i procentuella enheter mellan åren 1995 och 2014. BNP per capita har då ökat med 81 % tillsammans med en befolkningsökning på 4.9%. Energiintensitet, koldioxidfaktor och koldioxidintensitet har istället minskat med 31.5, 13.5 respektive 41 procentenheter. Minskningen i koldioxidintensitet väntas alltså bero på minskningar i energiintensitet och koldioxidfaktor. Inte på BNP och befolkning vars samband tycks innebära att ökad inkomst och befolkning ger ökade utsläpp (Andreoni & Galmarini 2016; IPCC 2014; Henriques & Borowiecki 2017; UNEP 2015). Därför är en dekomponering rimlig.

Designen av studien efterliknar tre vetenskapliga artiklar om energiintensitet och koldioxidfaktor av Ang (1999), Paul & Bhattacharya (2003) och Sun (1998). Med syfte att undersöka vilken av faktorerna energiintensitet och koldioxidfaktor som påverkat koldioxidintensitetens minskningar. Detta sker med två oberoende variabler (energiintensitet

och koldioxidfaktor) och en beroende (koldioxidintensitet), på samma sätt som de tre studier som nämns ovan.

Jag har valt en kvantitativ metod för att bland annat kunna generalisera resultatet. Med avseende på syftet är det även irrelevant att se kontextuella sammanhang. Istället undersöks kausala samband för att fastställa variablernas påverkan på varandra. Andra metodval som exempelvis intervjuer hade krävt ett urval av kunniga personer då energiintensitet och koldioxidfaktors påverkan på koldioxidutsläpp inte är något som alla besitter kunskap kring. Det skulle också bli svårt och tidskrävande att finna, intervjua och få tillgång till sådana studieobjekt. När det dessutom finns mätinstrument och indikatorer för variablerna bör de användas.

Paul & Bhattacharyas (2003) studie om energiintensitet och koldioxidfaktor undersöker fyra olika typer av länder i områdena; OECD, icke OECD, Latinamerika och Asien. Författarna använder en bivariat regressionsteknik med en egen dekomponerad modell som tar sitt ursprung i Sun (1998) och menar att förändringen av koldioxidintensitet är beroende av faktorerna energiintensitet och koldioxidfaktor. Jag utgår från denna design av studien när den dekomponerade modellen av Kaya-identiteten används för att undersöka minskningen av koldioxidutsläpp i Europa mellan åren 1995 och 2014. I likhet med Paul & Bhattacharyas (2003) studie testar jag inte de oberoende variablerna tillsammans eftersom Kaya-identiteten är en statisk modell. Därmed genomför jag separata regressioner för respektive oberoende variabel som testas på den beroende. Därefter tillförs även kontrollvariabeln för varje oberoende variabel. För att bestämma variablernas relativa betydelse observeras koefficienterna och R²-värdet för respektive regression. De oberoende variablerna testas alltså inte för varandra.

Det är viktigt att identifiera vilka faktorer som påverkat de senaste årens utsläppsminskningar för att ge någon form av förklaring samt peka på vidare forskningsbehov. Vidare forskning kan i sin tur ge en ökad förståelse av de huvudsakliga faktorerna vilket Henriques och Borowiecki (2017) menar är nödvändigt för att en effektiv klimatpolicy ska implementeras. Därigenom kan Europa fortsätta närma sig sina klimatmål.

Kander, Malanima & Warde (2013) samt Paul och Bhattacharyas (2003) undersökningar visar att energiintensitet haft den viktigaste rollen i olika områdets förändringar. Å andra sidan presenterar Liobikienè och Butkus (2017) undersökning data fram till 2016 där andelen av hållbara energikällor och kärnkraft ökat. Hur som helst undersöks data med utgångspunkt i den

dekomponerade kaya-identiteten som tagit inspiration från Paul & Bhattacharyas (2003) forskningsdesign.

Anledningen till att dessa faktorer valts ut är att de ses som viktigast med avseende på att minska koldioxidutsläpp inom tidigare forskning. Min förhoppning är att resultatet skall tydliggöra sambandet mellan energi och utsläpp för att förklara minskningarna av Europas koldioxidutsläpp mellan åren 1995 och 2014.

Beroende och oberoende variabel

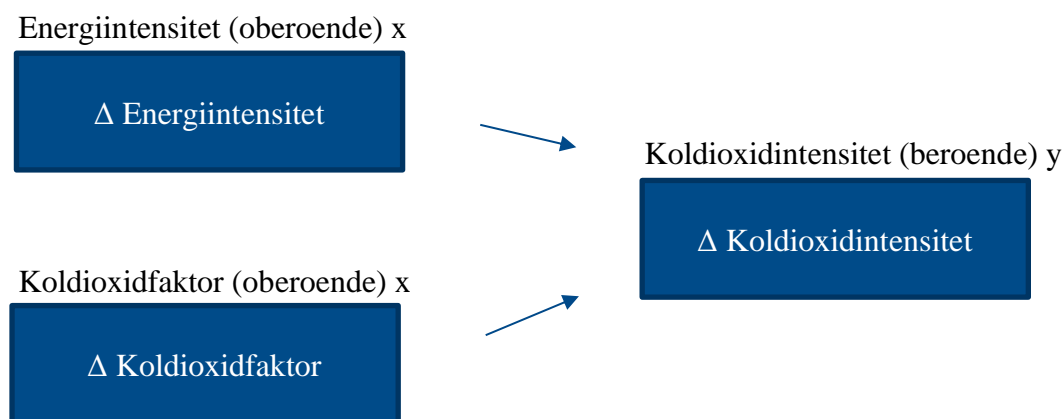
Operationaliseringen av variabeln energiintensitet är ”energiintensitet av primära energikällor” och står för energikonsumtion i kilojoule per köpkraftsjusterad (PPP) BNP. Den andra variabeln koldioxidfaktor är operationaliserad som ”koldioxidintensitet” med kg koldioxidutsläpp per energi av kg oljeekvivalenter per energi. World Bank (2019) har döpt koldioxidfaktor till koldioxidintensitet eftersom koldioxidintensitet betyder att utsläpp divideras med något annat. Litteraturen hänvisar dock ofta till koldioxidintensitet som koldioxidutsläpp/BNP vilket jag också väljer att göra. Den tredje variabeln koldioxidintensitet är operationaliserad som ”koldioxidutsläpp” och står för kg koldioxidutsläpp per köpkraftsjusterad BNP.

World Bank (2019) beskriver alltså variablerna på samma sätt som bland annat Steckel, Edenhofer och Jakob (2015). Båda variablerna koldioxidintensitet (utsläpp/BNP) och koldioxidfaktor, som ibland benämns koldioxidintensitet (utsläpp/energi) inkluderas i min studie. För att inte skapa förvirring väljer jag att benämna koldioxidutsläpp per enhet energi för koldioxidfaktor och utsläpp per enhet BNP för koldioxidintensitet, vilket ligger i linje med Paul och Bhattacharyas (2003) samt Kander, Malanima och Wardes (2013) beskrivningar av begreppen. Matematiskt är alla variabler beskrivna enligt Kaya-identitetens huvudsakliga faktorer. Funktionen är en betrodd modell som bland annat uppmärksammas av IPCC. Organisationen IPCC har involverat tusentals människor i skapandet av flera rapporter som analyserar forskningen som ofta ligger till grund för internationella förhandlingar kring klimatfrågan (IPCC u.å).

Materialet behandlades med hjälp av World Banks (2019) förhandsgransknings-verktyg där jag valde ut de 28 EU-länderna, relevanta variabler utifrån hur de beskrivits av tidigare forskning tillsammans med de senaste tillgängliga åren. Vidare laddades datan ner i excelformat där

paneldatan logaritmerades genom att ta respektive variabels nya värde år 2014 minus det gamla värdet år 1995, dividerat med det gamla värdet. De logaritmerade värdena presenteras i appendix (se bilaga 1). Att logaritmera data är en vanligt förekommande metod vid användandet av paneldata. Det finns alternativa sätt att mäta datan på men eftersom jag inte har tillräckliga kunskaper för att göra en tidsserieanalys är detta en metod som ofta används för att mäta mina utvalda variabler. Datan fördes sedan in i det statistiska programmet STATA och användes för att utföra de regressionsanalyser som står till grund för resultatet. Den linjära regressionen baseras på dessa siffror vilket betyder att koefficienterna representerar den procentuella förändringen istället för förändringen i enheter. Orsakssambandet beskriver alltså den procentuella förändringen i procent mellan åren 1995-2014 i energiintensitet, koldioxidfaktor och koldioxidintensitet där de två första är oberoende och den tredje beroende (se figur 1).

Figur 1. Orsakssamband.



Just dessa två variabler har valts ut eftersom de är två av de fyra huvudsakliga faktorerna som beskriver koldioxidutsläpp. Forskningsläget visar även på att det historiskt sett varit de som minskat koldioxidutsläpp medan BNP och befolkning väntas öka koldioxidutsläpp (Henriques & Borowiecki 2017; IPCC 2014; UNEP 2015). Dessutom innebär tidsbristen att det inte finns utrymme för att undersöka alla relevanta variabler. För att illustrera den nödvändiga begränsningen kan man betrakta tidigare uppsatser som endast beskriver förhållandet mellan BNP och koldioxidutsläpp (Envall 2014; Eriksson & Nilsson 2014; Wall 2011). Inga tidigare kandidatuppsatser har heller undersökt energiintensitet eller koldioxidfaktor, vilket betonar forskningsluckans existens.

Kontrollvariabel

Jag har valt att använda koldioxidfaktor och energiintensitet initiala värde vid undersökningens inledande år 1995 som kontrollvariabel. Det kan förtydliga länders initiala förutsättningar för att förändra sin energiintensitet eller koldioxidfaktor. Om exempelvis ett land, som Sverige, redan vid 1995 hade en stor andel kärnkraft eller vattenkraft - minskar möjligheterna till att under resterande period förändra landets koldioxidfaktor. Således spelar energiintensiteten, med större sannolikhet, en viktigare roll i landets minskningar av koldioxidutsläpp. Kontrollvariabeln förklarar därmed regionala förutsättningar för minskningar av utsläpp. Energiintensitet och koldioxidfaktor initiala värde undersöks alltså för att uppenbara om ländernas förutsättningar påverkar faktorernas betydelse i reduceringen av koldioxidutsläpp. Utan kontroll för detta riskerar man att få felaktiga uppgifter som fokuserar på fenomenets resultat istället för att besvara om förändrad energisammansättning eller ökad energieffektivitet minskat koldioxidutsläpp.

Urval av länder

Med relevanta avgränsningar som innebär att jag inte tar hänsyn till BNP:s direkta påverkan finns det utrymme att ta med de 28 EU-länderna. Möjligheterna finns även att inkludera fler länder i Europa såsom EEA-länderna. Jag väljer dock att utgå från EU-28 eftersom de haft en procentuell minskning av växthusgaser på 23 % (Kommisionen u.å.b). Området har även gemensamma strategier, mål och policyageranden för miljön. Dessutom avgränsas tydligt definitionen av Europa.

Kritisk granskning av datakällan

Den utvalda datamängden World Development Indicators, från World Bank (2019) baseras på insamlade officiella dokument eller rapporter genom källans avdelning för landhantering. Datan ger tillgång till omkring 16 000 olika indikatorer presenterade i tidsserier. Problemet med denna form av datainsamling är att information hämtas från olika källor. Därmed kan trovärdigheten ifrågasättas om olika metoder används vid mätning av tid eller vid rapportering. Hur som helst är World Bank en välkänd källa med erfarenhet inom området och har vissa generella riktlinjer för att minska inverkan av problemen som presenterats ovan. Dessutom befinner sig de utvalda variablerna inom samma område vilket leder till att rapportering utförs på ett liknande sätt över samma världsdel, Europa, som följer samma kalenderår. World Banks (2019) syfte är att ge

hög kvalitet med internationell jämförbar statistik kring global utveckling och fattigdomsbekämpning. De anser att de presenterar den senaste och mest pricksäkra tillgängliga datan om global utveckling.

Oberoende forskare och institutioner utvärderar regelbundet World Banks trovärdighet som källa. Banerjee et. al. (2006) utvärderade World Banks forskning mellan åren 1998 - 2005 och pekar på problem som att deras forskning ibland används för att främja Bankens policy utan att väga in en skeptisk syn av bevisen. Dessutom anser Banerjee et. al. (2006) att datainsamlingen sker slumpmässigt där gruppen för utvecklingsekonomier inte är tillräckligt inblandad. Å andra sidan visar rapporten att World Bank har en ledande position i förhållande till övriga institutioner inom utveckling. Forskarna på World Bank producerade under perioden 4000 böcker, rapporter och artiklar som regelbundet publicerats i de ledande akademiska tidningarna. Banerjee et al. (2006) fortsätter förklara att World Bank producerat viktiga arbeten gällande miljön och databasen som jag använder, World Development Indicators, betraktas som den i särklass viktigaste databasen för forskning på utveckling.

En senare utvärdering av IEG (2018) visar också på World Banks goda rykte inom utvecklingsdata. World Bank har även tagit en ledande roll för globalt samarbete genom att fylla luckorna i det statistiska systemet. De satsar årligen 90 miljoner dollar på produktion av data och engagerar sig djupgående för att utveckla nationers statistiska kapacitet, vilket pekar på att åtgärder skett sedan kritiken från Banerjee et al. (2006) presenterades. För övrigt påverkar den kritiken inte direkt kvalitén av datan World Development Indicators, som jag använder. IEG (2018) presenterar inte någon konkret kritik som skulle tänkas påverka trovärdigheten. Källan ses därmed som trovärdig och validitet finns. Den alternativa källa som skulle kunna ge minst lika pålitliga data är IEA (2020). Källan är dock inte lika tillgänglig för allmänheten och det kostar tusentals kronor att använda den kompletta databasen. Det innebär att World Bank är den bästa tänkbara källan att använda för min studie.

Kritisk granskning av metoden

Denna uppsats har fokuserat på att beskriva den vanligt förekommande metoden av dekomponering som har dominerat forskningsfältet kring koldioxidutsläpp. Dock existerar alternativ som exempelvis den ekonometriska metoden:

$$y_t = a + \beta x_{1t} + \gamma x_{2t} + \varepsilon_t$$

Där $a + \beta x_{1t} + \gamma x_{2t}$ beskriver den genomsnittliga reaktionen i y_t då x_1 och x_2 tillhandahålls. Fördelen med denna modell är att relationen mellan x och y även kan testas dynamiskt. Dessutom kan det vara möjligt att genomföra en kortsiktig förutsägelse. Metodens nackdelar är att den innehåller ett residualfel som representeras i förhållandet mellan x och y . Dekomponeringsmetodens fördel är istället att residualfelet inte inkluderas eftersom metoden bygger på en identitet. Å andra sidan bryter den ner de årliga utsläppen vilket leder till att dynamiska processer inte beaktas (Kommissionen 2013). Det är även orsaken till varför jag genomför två separata regressionsanalyser med respektive oberoende variabel.

Jag har valt att använda metoden av dekomponering eftersom jag inte har tillräckliga ekonometriska kunskaper för att genomföra den ekonometriska metoden. Vidare har även tidigare forskning ofta vänt sig till dekomponeringsteknikerna. Det kan ses som ett argument för att tidigare forskare ser att metodens fördelar överväger dess nackdelar samt den ekonometriska metodens fördelar. Därigenom värderas metoden med dekomponering som lämpligast.

Utifrån min modell har jag valt ut variabler som funnits tillgängliga i datasetet. Jag är medveten om att modellen är begränsad vilket också begränsar dess förklaringsstyrka. Detta beror på att ytterligare faktorer som BNP, outsourcing, befolkning med flera kan tänkas påverka utfallet och därför inkluderas ibland variablerna i andra studier som använt metoden av dekomponering. Med mer tid hade man kunnat utvidga funktionen till att exempelvis inkludera lagar, outsourcing och konkreta förändringar i respektive energibärares mängd utsläpp (González, Landajo & Presno 2013; Kander, Malanima & Warde 2013; Raupach et al. 2007). Då skulle modellen få en starkare förklaringskraft. Trots dessa brister ger modellen en viktig grund för att förklara Europas utsläppsminskningar mellan 1995 och 2014, vilket aldrig tidigare gjorts på detta sätt. Modellen tillhandahåller två intressanta faktorer med resultat som visar på om det är teknologi eller förändring av energibärare som orsakat Europas minskningar i koldioxidutsläpp.

Resultat

Jag använder mig av paneldata från World Bank (2019). Deras insamling av data sker genom officiella dokument eller rapporter. Källan är en välkänd databas med syfte att undersöka länders utveckling och skapa utvecklingsstatistik för att bekämpa fattigdom. Inledningsvis kodas datamängden om för att omfatta EU-28 med de tre variablerna koldioxidintensitet, koldioxidfaktor och energiintensitet. Därefter logaritmeras observationerna för att få fram den procentuella förändringen mellan 1995 och 2014. Slutligen genomför jag en linjär regression genom minsta kvadratmetoden (ordinary least squares, OLS) med resultat som redovisas i tabell 3. R^2 -värdet kan variera mellan 0 och 1. Värdet 0 innebär att observationerna x inte förklarar någon variation i y och 1 betyder att all variation i y förklaras med x (Berglund & Björk 2012).

Beskrivande statistik

Tabell 2. Beskrivande statistik för logaritmerna av beroende och oberoende variabel.

	Koldioxidintensitet	Energiintensitet	Koldioxidfaktor
N	28	28	28
Medelvärde	-0.45	-0.36	-0.13
Median	-0.43	-0.33	-0.15
Standardavvikelse	0.12	0.15	0.07
Skevhet	0.23	0.21	0.10
Varians	0.01	0.02	0.00
Minimum	-0.66	-0.65	-0.29
Maximum	-0.25	-0.10	-0.02

I tabell 2 redovisas beskrivande statistik kring det logaritmerade värdet på den data som används i regressionen. Urvalet består av 28 observationer och är balanserad vilket innebär att det finns giltiga data till samtliga observationer. Medelvärdet för variablerna står för genomsnittet av den procentuella förändringen från 1995–2014 i de observerade länderna. Medianen beskriver det mittersta av dessa värden. Standardavvikelsen beskriver hur observationerna avviker från medelvärdet. Måttet skevhet visar på hur asymmetrisk fördelningen av urvalspunkterna är, i detta fall en positiv snedfördelning med en ”svans” till höger. Variansen visar på den kvadratiska spridningen från medelvärdet. Minimum och maximum visar det minsta och största värdet i urvalet. Genom den beskrivande statistiken kan man tyda att samtliga länder haft negativa värden i respektive variabel samt att energiintensitet haft större negativa värden än koldioxidfaktor.

Regression

Multivariat regressionsanalys

Tabell 3. Linjär regressionsanalys med energiintensitet, koldioxidfaktor och kontrollvariabel.

Oberoende Variabler	Modell 1: Energiintensitet	Modell 2: Energiintensitet och initiala värdet energiintensitet	Modell 3: Koldioxidfaktor	Modell 4: Koldioxidfaktor och initiala värdet koldioxidfaktor
Energiintensitet	0.762*** (0.067)	0.722*** (0.097)		
Koldioxidfaktor			0.303 (0.315)	0.294 (0.325)
Initiala värdet energiintensitet		0.002		
Initiala värdet koldioxidfaktor				-0.007
Intercept	0.176	0.170	0.410	0.431
R₂	0.833	0.835	0.034	0.035
R_{2adj}		0.822		-0.041
N	28	28	28	28

Kommentar: p < 0,1, *: p < 0,05, **: p < 0,01, ***: p < 0,001, standardfel inom parenteserna. Källa: The World Bank 2019, World Development Indicators.

Modell 1

I modell 1 beskrivs resultatet för hur variabeln energiintensitet påverkar koldioxidintensitet. R₂-värdet är på 0.833 vilket betyder att omkring 83 procent av den oberoende faktorn förklarar minskningarna i koldioxidintensitet. Antalet N var 28 utan något bortfall eftersom World Bank (2019) presenterade balanserad paneldata för de utvalda länderna och åren 1995 och 2014. Däremot fanns det ingen balanserad data för länderna under tidigare eller senare perioder.

Variabeln energiintensitet är signifikant och går i en förväntad riktning vilket innebär att faktorn bidragit till en minskning av koldioxidintensitet. Koefficienten visar att en procents förändring i energiintensitet innebär 0.762 procents förändring i koldioxidintensitet. Anledningen till att

koefficienterna tolkas som den procentuella förändringen är att datan har logaritmerats och därför beskrivs elasticiteten. Sambandsmättet som används för att kontrollera att koefficienterna stämmer kallas B-koefficienter, vars värde för energiintensitet är 0.912, vilket bekräftar att koefficienternas värden är riktiga. Modellen tydliggör alltså att det finns ett positivt samband mellan energiintensitet och koldioxidintensitet.

Modell 2

I modell 2 används samma variabel som i förgående modell och dessutom inkluderas kontrollvariabeln som visar på det initiala värdet för energiintensitet. R^2 -värdet i princip oförändrat, men eftersom modellen inkluderar mer än en oberoende variabel avläses R^2_{adj} som är 0.822. Variabeln energiintensitet förklarar alltså omkring 82% av minskningarna i koldioxidintensitet. Antalet N är 28 utan några bortfall, av samma anledning som presenterades i modell 1.

Koefficienten är på 0.722 och innebär att en procents förändring i energiintensitet ger 0.722 procent förändring i koldioxidintensitet. Det innebär att införandet av kontrollvariabeln har minskat energiintensitetens påverkan med 0.04 enheter. B-koefficienten är 0.836 vilket visar att måttet minskat med 0.076 enheter.

Vidare noteras en ökning i standardfel med 0.03 enheter i förhållande till modell 1. Högre standardfel kan betyda att modellen inte förklarar variationen i lika stor utsträckning. Men eftersom ökningen är så pass liten innebär det att kontrollvariabeln väntas ha en obetydlig påverkan. Det bekräftas av att den också är insignifikant med koefficienten 0.002. De minimala förändringarna pekar alltså på att energiintensitet inte hade ett högt värde vid 1995 - undersökningens initiala mätår.

Modell 3

Modell 3 beskriver hur variabeln koldioxidfaktor påverkar koldioxidintensitet. R^2 -värdet är 0.034 vilket innebär att omkring 3 procent av variationen i koldioxidintensitet kan förklaras med koldioxidfaktor. Den oberoende variabeln är dock insignifikant med koefficienten 0.303. Det insignifikanta resultatet innebär att koldioxidfaktor inte kan förklara förändringen i

koldioxidintensitet. Standardfelen uppgår till 0.315 och förtydligar det insignifikanta resultatet. Sambandsmättet för B-koefficienten är 0.185.

Modell 4

Modell 4 utgår från modell 3 och inkluderar kontrollvariabeln med det initiala värdet på koldioxidintensitet. R_{2adj} varierar normalt sett mellan 0 och 1, men i denna modell är värdet på -0.041. Det beror på att RSS (residual sum of squares) är nära TSS (total sum of squares) vilket innebär att de oberoende variablerna har en låg eller obetydlig påverkan. Det tyder även på att koldioxidfaktor och det initiala värdet på koldioxidfaktor är insignifikant. Det förtydligas även med höga P-värden på 0.376 för koldioxidfaktor och 0.862 för det initiala värdet på koldioxidfaktor. Antalet N är 28 utan något bortfall. Koefficienten är 0.09 enheter lägre i förhållande till vad den var i modell 3.

Det konstateras att den oberoende variabeln och kontrollvariabeln inte har någon avsevärd påverkan på koldioxidintensitet samt att det inledande året i undersökningen inte var högt. Standardfelen noteras öka med 0.01 enheter vilket är något mindre än den ökning som sker mellan modell 1 och 2. Det skulle kunna peka på att energiintensitet hade ett något högre inledande värde än koldioxidintensitet. Dock är skillnaden endast på 0.02 enheter vilket gör det svårt att dra den slutsatsen.

Kontrollvariabeln visar sig alltså ha en obetydlig betydelse för koldioxidfaktor och är insignifikant med koefficienten -0.007. Det pekar på att koldioxidfaktor inte hade ett högt värde vid det inledande mätåret.

Tabell 4. Linjär regressionsanalys med sammanslagning av oberoende variabler.

Variabler	Modell 5: Energiintensitet och koldioxidfaktor	Modell 6: Energiintensitet och koldioxidfaktor inklusive komplett kontrollvariabel
Energiintensitet	0.836*** (0.020)	0.823*** (0.029)
Koldioxidfaktor	0.656*** (0.039)	0.654*** (0.041)
Initiala värdet energiintensitet		0.0009
Initiala värdet koldioxidfaktor		0.0007
Intercept	0.061	0.058
R_{2adj}	0.984	0.983
N	28	28

Kommentar: p< 0,1, *: p< 0,05, **: p<0,01, ***: p<0,001, standardfel inom parenteserna. Källa: The World Bank 2019, World Development Indicators.

Tabell 4 beskriver en sammanslagning av tidigare modeller. Här tillämpas inte metoden på ett korrekt sätt eftersom de oberoende variablerna är beroende av varandra. Därmed går det inte att bestämma vilken faktor som varit viktigast eftersom regressionskoefficienterna inte kan tolkas på ett riktigt sätt. Dock ger tabellen en indikation på vad som skulle hända om regressionen tillämpas på detta felaktiga sätt. Den inkluderas av intresse för att se vad som skulle hända om variablerna testas gemensamt. Nedan presenteras en tolkning av siffrorna från tabellen, men slutsatserna kan alltså inte användas för att förklara de oberoende variablernas roll eftersom metoden testas på fel sätt.

Modell 5

I modell 5 beskrivs resultatet för hur variablerna energiintensitet och koldioxidfaktor förklarar koldioxidintensitet. R_{2adj} är i modell 1 0.984 vilket betyder att ca 98 procent av de oberoende faktorerna förklarar minskningarna i koldioxidintensitet.

Båda faktorerna energiintensitet och koldioxidfaktor är signifikanta och går i en förväntad riktning vilket innebär att båda faktorerna bidragit till en minskning i koldioxidintensitet. Signifikansen är på högsta nivån. Koefficienterna visar att en procents förändring i energiintensitet förklaras med 0.836 procents förändring i koldioxidintensitet. En procents förändring i koldioxidfaktor innebär 0.656 procents förändring i koldioxidintensiteten. Vilket

betyder att koldioxidintensiteten minskar med 0.18 procent mer av energiintensitet än koldioxidfaktor. B-koefficienterna har värdet 0.999 för energiintensitet och 0.40 för koldioxidfaktor. Med hjälp av regressionstabellen tydliggörs det att en modell som inkluderar båda variablerna gör koldioxidfaktor signifikant, men eftersom den ensam inte kan förklara någon förändring i koldioxidintensitet, kan den inte heller göra det i denna modell.

Modell 6

I modell 2 inkluderas kontrollvariabeln med det initiala värdet på variablerna energiintensitet och koldioxidfaktor. R_{2adj} är i princip oförändrat med 0.983 vilket betyder att ca 98 procent av de oberoende faktorerna fortfarande förklarar minskningarna i koldioxidintensitet med en minskning på 0.01 procent i förhållande till modell 5. Antalet N var 28 utan några bortfall. Koefficienterna förändras något jämfört med i modell 5 där en procents förändring i energiintensitet förklaras med 0.823 procent förändring i koldioxidintensitet. En procents förändring i koldioxidfaktor ger 0.654 procent förändring i koldioxidfaktor. Det innebär att införandet av kontrollvariabler har minskat energiintensitet och koldioxidfaktorns påverkan med 0.013, respektive 0.002 procent. Vilket återigen betyder att koldioxidintensiteten minskas med 0.17 procent mer av energiintensitet än koldioxidfaktor. B-koefficienterna i modellen för energiintensitet är 0.984 och för koldioxidfaktor 0.399. Värdena på B-koefficienterna har alltså minskat med 0.015 och 0.001 enheter.

Värt att notera är att i modell 6 ökar standardfelen för energiintensitet med 0.09 enheter i förhållande till 0.02 i koldioxidfaktor. Det kan vara ett tecken på att energiintensiteten i Europa hade ett högre inledande värde 1995 vilket kan ha ökat möjligheterna för variabeln att ge större reduceringar i koldioxidintensitet. Hur som helst är standardfelen fortfarande relativt låga, variabeln är signifikant och kontrollvariabeln är insignifikant.

Modell 6 visar att minskningen av variablerna och koefficienterna i princip är obefintlig och kontrollvariabeln är insignifikant vilket betyder att det inte finns några undertryckta samband mellan variablerna, trots att standardfelen för energiintensitet ökat något.

Energiintensitet eller avkolning?

Syftet med min uppsats har varit att besvara om det är energiintensitet eller koldioxidfaktor som i störst utsträckning reducerat koldioxidutsläppen i Europa mellan 1995 och 2014. Min första hypotes pekade på att energiintensitet var den starkaste förklaringsfaktorn medan min andra hypotes menade att koldioxidfaktor hade starkast förklaringskraft. Den tredje hypotesen lyfte att koldioxidfaktor och energiintensitet skulle ha samma förklaringsstyrka för reducerade nivåer av koldioxidintensitet. Resultatet från min linjära regressionsanalys visar att energiintensitet varit viktigare i reduceringarna av koldioxidutsläpp i förhållande till koldioxidfaktor. Detta ligger i linje med vad majoriteten av tidigare forskning påpekat (Andreoni & Galmarini 2016; Ang 1999; IPCC 2014; Kander, Malanima & Warde 2013 s 280; Paul & Bhattacharya 2003; Raupach et al 2007).

Resultatet illustrerar faktorernas relativa betydelse i reduceringen av koldioxidintensitet. Regressionsanalyserna illustrerar att energiintensitet har nästan 0.46 % större inverkan på koldioxidintensitet än koldioxidfaktor. Den sistnämnda variabeln är dessutom insignifikant vilket innebär att den själv inte kan förklara variationen i koldioxidintensitet. Detta är en tillräckligt stor skillnad för att kunna dra slutsatsen att energiintensitet påverkade minskningen av koldioxidintensitet mer än koldioxidfaktor. Om den relativa skillnaden istället visat på mindre än 0.05% och båda variablerna var signifikanta, skulle deras inverkan ses som likgiltig.

Eurostat (2018), Liobikenè och Butkus (2017) samt Silva, Soares och Pinho (2011) pekar på att hållbara energibärare, i Europa, använts i allt större utsträckning vilket skapade en viss förväntning att koldioxidfaktorns betydelse förändrats. Min studie visar dock på att koldioxidfaktor haft en obetydlig roll i reduceringar av koldioxidutsläpp, vilket ligger i linje med vad Kander, Malanima och Warde (2013) kommit fram till. Resultatet betyder att jag kan förkasta hypotes två och tre. Detta betyder att minskningarna i Europas koldioxidintensitet mellan 1995 och 2014 huvudsakligen berott på en ökad effektivitet och förbättrad teknologi snarare än en förändring av energibärare.

Diskussion

Genom min begränsade modell har jag lyckats bestämma vilken av faktorerna energiintensitet och koldioxidfaktor som förklarat Europas minskning av koldioxidutsläpp - energiintensitet. Det betyder att energins effektivitet och teknologi varit viktigare i Europas minskningar av koldioxidutsläpp än förändringarna i energibärare under perioden 1995 till 2014. Modellen med energiintensitet förklarar en stor del av variationen av dessa koldioxidutsläpp, till skillnad från modellen med koldioxidfaktor som ger ett insignifikant resultat.

Av intresse genomfördes en sammanslagning av de oberoende variablerna som kan observeras i tabell 4. Jag kan dock inte dra några slutsatser från det resultatet eftersom modellen inte tillämpas utifrån de premisser som ligger till grund för Kaya-identiteten som är en statisk modell. Däremot är det intressant att se hur koldioxidfaktor istället får ett signifikant värde och en kraftigare koefficient, samtidigt som modellens förklaringsstyrka ökar med flera enheter. Det beror förmodligen på att det finns en viss korrelation mellan variablerna. Jag kan alltså inte dra någon slutsats att koldioxidfaktor har en påverkan på koldioxidutsläpp eftersom tabell 3 visat att koldioxidfaktor själv inte kan förklara koldioxidutsläpp.

Merparten av teori och tidigare forskning har visat att energiintensitet spelat större roll genom historien för förändringar av koldioxidintensitet än koldioxidfaktor som haft en liten eller obetydande roll i reduceringen (Andreoni & Galmarini 2016; Ang 1999; Kander, Malanima & Warde 2013 s 280; Raupach et al. 2007; IPCC 2014; Paul & Bhattacharya 2003). Min undersökning bekräftar resultatet som majoriteten av tidigare forskare beskriver. Det motsätter sig dock Grubler och Nakicenovic (1996), Mielnik och Goldemberg (1999) samt Pielkes (2009) perspektiv som menar att koldioxidfaktorn haft en viktigare roll än energiintensitet.

Kontrasterna mellan dessa perspektiv visar på hur viktigt det är att forskning bedrivs på området. Forskningens slutsatser ger därefter implikationer på vilken policy som länder bör föra i syfte att effektivt nå sina klimatmål (González, Landajo & Presno 2014). Samtliga studier som jag observerat har dock visat på att energiintensitet haft en signifikant påverkan, vilket inte är fallet för koldioxidfaktor. Därför bör samtliga av Europas länder fokusera på att förbättra de teknologiska förutsättningarna. Henriques och Boroweicki (2017) instämmer, men lyfter även

att det huvudsakligen är utvecklingsländer, med energiintensitet på nivåer över genomsnittet, som i störst utsträckning bör fokusera på teknologi och effektivitet. Det beror på att de enkelt kan förbättra sin effektivitet till en relativt låg kostnad eftersom teknologin redan finns tillgänglig i utvecklade länder. Författarna fortsätter att visa på att utvecklade ekonomier kan nå en punkt där det är svårt att effektivisera energin och utveckla teknologin. Utvecklade ekonomier kan därmed behöva lägga mer resurser på koldioxidfaktor med energisammansättning, för att reducera sina koldioxidutsläpp. Därför är det intressant att se hur koldioxidfaktorns roll förändrats historiskt då det kan innebära att dess roll kommer att förändras för utvecklade länder i framtiden. Mitt resultat finner dock inte några tecken på att utvecklade länder har det svårare att minska energiintensitet, då resultatet fortsatt visar på ett starkt samband. Fokus bör därför fortsatt ligga på innovation och teknologi, även hos utvecklade länder.

Europas ökning av hållbar energi förväntades ge koldioxidfaktor en större betydelse än vad som tidigare antagits (Eurostat 2018; Liobikenè & Butkus 2017; Silva, Soares & Pinho 2011). Utfallet visade istället att koldioxidfaktor själv inte kunde förklara förändringarna i koldioxidutsläpp. Därmed kan Kander, Malanima & Wardes (2013) resonemang ge en rimlig förklaring när de beskriver att utvecklingen till hållbara energibärare kan ses som ett misslyckande. Det kan även peka på att det krävs en större omställning för att minskningar i koldioxidutsläpp ska kunna observeras. Ytterligare kan utbyggnaden av hållbara energibärare ha mötts med en ökning i användandet av exempelvis kol vilket gör att effekten är mindre än vad den kunnat vara. Eurostat (2018) visar även på att hållbara energibärare ökat från 16 till 17 procent i Europa mellan undersökningens sista år och 2016. Koldioxidfaktor kan alltså påverka om man beaktar senare år där större utvidgning av hållbar energi kan ha skett. Å andra sidan är det mindre sannolikt att en procentenhets förändring i andel hållbar energi mellan dessa år påverkar utfallet, eftersom det ökat betydligt mer (5%) mellan 2008 och 2014 vilket inte gav koldioxidfaktor någon ökad betydelse. Men för att djupare förstå anledningarna bakom koldioxidfaktorns påverkan bör vidare forskning betrakta energisammansättning, hållbara energibärare och koldioxidutsläpp i detalj för att visa hur hållbar energi påverkar koldioxidutsläpp.

Europas minskning av koldioxidutsläpp mellan 1995 och 2014 hade möjligtvis kunnat vara ännu större om mer resurser fokuserat på teknologi och utveckling, istället för de förändringar som skett i energisammansättning. Slutsatsen grundar sig i att den största förändringen av koldioxidutsläpp har berott på energiintensiteten tillsammans med en förbättrad teknologi och effektivitet. Att se samband som dessa är en av de delar som visar på att forskningsområdet är så viktigt som Henriques och Borowiecki (2017), Raupach et al. (2007) och UNEP (2015) förklarar.

IPCC (2014), Henriques och Borowiecki (2017) och UNEP förklarar att de huvudsakliga faktorer som inte undersökts; BNP och befolkning, generellt sett bidrar till positiva utsläpp. Det ter sig logiskt då fler människor resulterar i mer konsumtion, högre sysselsättning och mer utsläpp. Vid antagandet att BNP och befolkning hålls konstant eller bidrar till positiva utsläpp kan man med hjälp av min modell dra slutsatsen att energiintensitet är viktigast av alla de huvudsakliga faktorerna för att minska koldioxidutsläpp och därefter koldioxidfaktorn.

Silva, Soares & Pinho (2011) föreslår att utvidgningen av hållbara energibärare inledningsvis kan skada BNP vilket därmed skulle kunna minska utsläpp ytterligare enligt Eurostat (2018) och Karpestam och Andersson (2013) som visat på att lågkonjunkturer och finansiella kriser tillfälligt minskar utsläpp. En rejäl bromsning och omstrukturering av ekonomin skulle alltså kunna göra BNP till den ledande faktorn i minskningar av koldioxidutsläpp. Vilket exempelvis har kunnat tydas i samband med den nuvarande Coronakrisen. Om å andra sidan, tillväxten skulle vara otroligt mycket större, visas inte den konkreta förändringen i koldioxidutsläpp med min begränsade modell. Däremot med inkluderandet av BNP som en förklarande faktor kan man förslagsvis se om energikonsumtionen går upp tillsammans med ökningen eller inte samt hur energiintensiteten skulle påverkas av en kraftig förändring i BNP. Det är några av orsakerna till varför jag anser att ytterligare forskning på området krävs och uppmanar till att alla tänkbara faktorer inkluderas.

Trots att kontrollvariabeln gav variabeln energiintensitet ett något högre standardfel i båda tabellerna, väntas den inte förändra det signifikanta sambandet att energiintensitet bättre förklarar minskningen i Europas koldioxidintensitet mellan 1995 och 2014 än koldioxidfaktor. Kontrollvariabeln har alltså inte kunnat visa att området mött höga inledande värden. Men om

fler år skulle inkluderas i liknande undersökningar skulle det kunna tydliggöra variablernas utveckling. Jag hade dock inte den möjligheten eftersom den använda datan var begränsad. För den som har bättre resurser tillgängliga rekommenderar jag att använda IEA (2020) som kan presentera fler år. Precis som Henriques och Borowiecki (2017) uppmuntrar och betonar jag återigen vikten av att forskningen och datan inom området aktualiseras. Författarna förklarar att klimatpolicy är det centrala instrument som används för att hantera klimatet. En effektiv klimatpolicy är i sin tur beroende av att aktuell och uppdaterad forskning finns tillgänglig.

Raupach et al. (2007) förklarar att förståelsen för storleken och de mönster i faktorer, presenterade i denna studie, krävs för att hantera och förutspå framtidens klimat och ekosystem. I reduceringarna av Europas koldioxidutsläpp 1995–2014 visade min studie att förändringar i teknologi och effektivitet spelade en större roll än de i energibärare. Vidare forskning är viktig och kan inkludera fler variabler, både huvudsakliga och ytterligare som kan utforskas ur ett generellt perspektiv eller undersökas i detalj. Det kan leda till att mina resultat förändras eller ogiltigförklaras. Om så är fallet har ändå ett steg tagits för att täppa forskningsluckan i kampen mot klimatförändringar.

Referenslista

Andersson N. G. Fredrik, Karpestam, Peter. (2013). "CO₂ emissions and economic activity: Short- and long-run economic determinants of scale, energy intensity and carbon intensity". *Energy Policy*, 61, 1285-1294. doi:10.1016/j.enpol.2013.06.004

Andreoni, Valeria, Galmarini, Stefano. (2016) "Drivers in CO₂ emissions variation: A decomposition analysis for 33 world countries". *Energy*, 103, 27-37. doi: 10.1016/j.energy.2016.02.096

Ang, W. Beng. (1999). "Is the energy intensity a less useful indicator than the carbon factor in the study of climate change?". *Energy Policy*, 27, 943-946. doi:10.1016/S0301-4215(99)00084-1

Archer, David. (2012). *Global warming: understanding the forecast*. 2 uppl. Hoboken: Wiley.

Banerjee, Abhijit, Deaton, Angus, Lustig, Nora, Rogoff, Ken (2006). *An evaluation of World Bank Research, 1998-2005*. Washington: World Bank. Hämtad från Harvard: <https://scholar.harvard.edu/rogoff/publications/evaluation-world-bank-research-1998-2005>

Böyük, Gülden, Mert, Mehmet. (2014). "Fossil & renewable energy consumption, GHGs (greenhouse gases) and economic growth: Evidence from a panel of EU (European Union) countries". *Energy*, 74, 439-446. doi:10.1016/j.energy.2014.07.008

Castells, Manuel. (2000). *The information age: economy society and culture. Vol 3. End of millennium*. 2 uppl. Oxford: Blackwell.

Corecon. (2017). *The economy*. Hämtad från coreecon: <https://core-econ.org/the-economy/index.html>

de Vaus, David. (2014). *Surveys in Social Research*. 6 uppl. London: Routledge. s 316-332.

Dietz, Thomas, Rosa A. Eugene. (1997). "Effects of population and affluence on CO₂ emissions". *PNAS*, 94, 175-179. doi: 10.1073/pnas.94.1.175

Envall, Nicklas. (2014). *Ekonomisk tillväxt och miljön – En undersökning av miljökuznetskurvan*. (Examensarbete i Nationalekonomi). Stockholm: Institutionen för samhällsvetenskaper. Södertörns högskola. Hämtad från DiVA: <http://www.diva-portal.se/smash/get/diva2:790689/FULLTEXT01.pdf>

Eriksson, Rebecca, Nilsson, Jenny. (2014). *En undersökning om sambandet mellan koldioxidutsläpp och BNP i Sverige – enligt teorin om miljö Kuznets kurvan*. (Examensarbete i Civilekonomi). Luleå: Institutionen för ekonomi, teknik och samhälle. Luleås tekniska universitet. Hämtad från DiVA: <http://www.diva-portal.org/smash/get/diva2:1030285/FULLTEXT02>

Eurostat. (2018). *Smarter, greener & more inclusive*. Luxemburg: Publications Office of the European Union. Hämtad från Eurostat: <https://ec.europa.eu/eurostat/documents/3217494/9087772/KS-02-18-728-EN-N.pdf/3f01e3c4-1c01-4036-bd6a-814dec66c58c>

Fragkos, Panagiotis, Tasios, Nikos, Paroussos, Leonidas, Capros, Pantelis, Tsani, Stella. (2017). "Energy system impacts and policy implications of the European Intended Nationally Determined Contribution and low-carbon pathway to 2050". *Energy Policy*, 100, 216-226. doi:10.1016/j.enpol.2016.10.023

González, F. Paula, Landajo, Manuel, Presno, J. Maria. (2013). "Tracking European Union CO₂ emissions through LMDI (logarithmic-mean Divisia index) decomposition. The activity revaluation approach". *Energy*, 73, 741-750. doi:10.1060/j.energy.2014.06.078.

Grübler, Arnulf, Nakicenovic, Nebojsa. (1996). "Decarbonizing the global energy system". *Technological Forecasting and Social Change*, Volume 53 (1), 97-110. doi:10.1016/0040-1625(96)00049-2

Heil, T. Mark, Wodon T. Quentin. (1997). "Inequality in CO₂-Emissions Between Poor and Rich countries." SAGE journals, 6 (4), 426-452. doi:10.1177/107049659700600404

Henriques, T. Sofia, Borowiecki J. Karol. (2017). "The drivers of long-run CO₂ emissions in Europe, North America and Japan since 1800". *Energy Policy*, 101, 537-549. doi: 10.1016/j.enpol.2016.11.005

IPCC. (2007). *Climate Change 2007: The Physical Science Basis*. Cambridge och New York: Cambridge University Press. Hämtad från IPCC: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/05/ar4_wg1_full_report-1.pdf

IPCC. (2014). *Climate Change 2014: Mitigation of Climate Change*. Cambridge och New York: Cambridge University Press. Hämtad från IPCC: https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ipcc_wg3_ar5_full.pdf

IPCC. (u.å.). *About the IPCC*. Hämtad från IPCC: <https://www.ipcc.ch/about/>

Jaunky, C. Vishal. (2011). "The CO₂ emissions-income nexus: Evidence from rich countries". *Energy Policy*, 39 (3), 1228-1240. doi: 10.1016/j.enpol.2010.11.050

Kahn, Herman. (1979). *World economic development: 1979 and beyond*. Boulder: Westview Press.

Kander, Astrid, Malanima, Paolo, Warde, Paul. (2013). *Power to the People: Energy in Europe over the Last Five Centuries*. Woodstock: Princeton University Press.

Kim, Kyunam, Kim, Yeonbae. (2012). "International Comparison of industrial CO₂ emission trends and the energy efficiency paradox utilizing production-based decomposition". *Energy Economics*, 34 (5), 1724-1741. doi:10.1016/j.eneco.2012.02.009

IEA. (2020). *Data and Statistics*. Hämtad från IEA: [https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=Total%20primary%20energy%20supply%20\(TPES\)%20by%20source](https://www.iea.org/data-and-statistics?country=WORLD&fuel=Energy%20supply&indicator=Total%20primary%20energy%20supply%20(TPES)%20by%20source)

Kommissionen. (2013). *Analysis of Greenhouse Gas Emission Trends and Drivers*. Hämtad från Kommissionen: <https://ec.europa.eu/jrc/sites/jrcsh/files/lb-na-25814-en-n.pdf>

Kommissionen. (u.å.a). *2020 climate & energy package*. Hämtad från Kommissionen: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020_en

Kommissionen. (u.å.b). *Progress made in cutting emissions*. Hämtad från Kommissionen: https://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/progress_en

Lane, J. (2011) "CO₂-emissions and GDP". *International Journal of Social Economics*, 38 (11), 911-918. doi:10.1080/09535314.2016.1172475

Le Quéré et al. (2016). "Global Carbon Budget 2016". *Earth System Science Data*, 8 (2), 605-649. doi: doi.org/10.5194/essd-8-605-2016

Liobikenè, Genovaité, Butkus, Mindaugas. (2017). "The European Union possibilities to achieve targets of Europe 2020 and Paris Agreement climate policy". *Renewable Energy*, 106, 298-309. doi:10.1016/j.renene.2017.01.036

Malik, Arunima, Lan, Jun. (2016). "The role of outsourcing in driving global carbon emissions". *Economic Systems Research*, 28 (2), 168-182. doi:10.1080/09535314.2016.1172475

Mielnik, O., Goldemberg, J., 1999. "The evolution of the carbonization index in developing countries". *Energy Policy* 27 (5), 307-308. doi: Hämtad från ScienceDirect: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S030142159900018X>

Paul, Shyamal, Bhattacharya, N. Rabindra. (2003). "Energy intensity and carbon factor in CO₂ emissions intensity". *Environmental Systems*, 29 (4), 269-278. Hämtad från: http://triggered.edina.clockss.org/ServeContent?url=http://baywood.stanford.clockss.org/BWES/BAWOOD_BWES_29_4/PRNR5587EH7DH878.pdf

Pielke, A. Jr. Roger. (2009) "Decarbonization figures for India and China unconvincing". *Nature*, 462, 158-159. doi:10.1038/462158d

Raupach, R. Michael. Marland, Gregg. Ciais, Philippe. Le Quéré, Corinne. Canadell, G. Josep, Klepper, Gernot. Field, B. Christopher. (2007). "Global and regional drivers of accelerating CO₂ emissions". *PNAS*, 104 (24), 10288-10293. doi:10.1073/pnas.0700609104

Rogelj, Joeri, Elzen, Michel, Höhne, Niklas, Fransen, Taryn, Fekete, Hanna, Winkler, Harald, Schaeffer, Roberto, Sha, Fu, Riahi, Keywan, Meinshausen, Malte. (2016). "Paris Agreement climate proposals need a boost to keep warming well below 2°C". *Nature*, 534, 631-639. doi:10.1038/nature18307

Silva, Susana, Soares, Isabel, Pinho, Carlos. (2011). "The impact of renewable energy sources on growth and CO₂ emissions – a SVAR approach. *FEP*. Hämtad från FEP: <http://wps.fep.up.pt/wps/wp407.pdf>

Steckel, C. Jan, Edenhofer, Ottomar, Jakob, Mikael. (2015). "Drivers for the Renaissance of Coal". *PNAS*, 112 (29), E3775-E3778. doi:10.1073/PNAS.1422722112

Sun, Jiwu, Malaska, Pentti. (1998). "CO₂ emission intensities in developed countries 1980-1994". *Energy*, 23 (2), 741-750. doi:10.1016/S0360-5442(97)00063-7

UNEP. (2015) *The Emissions Gap Report: Advance copy*. (2015). Nairobi: United Nations Environment Programme (UNEP). Hämtad från UN environment: <https://www.unenvironment.org/resources/emissions-gap-report-2015>

Wall, Rikard. (2011). *Environmental Kuznets curve: En empirisk studie av CO₂-utsläpp och inkomstnivå*. (Examensarbete i Nationalekonomi). Lund: Nationalekonomiska institutionen. Lunds Universitet. Hämtad från Lund University Publications: <http://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordOid=2154642&fileOid=2154646>

World Bank. (u.å.) *Methodologies*. Hämtad från World Bank: <https://datahelpdesk.worldbank.org/knowledgebase/articles/906531-methodologies>

World Bank. (2018). *An Evaluation of World Bank Support for Data and Statistical Capacity*. Independent Evaluation Group. Washington: World Bank. Hämtad från World Bank: <https://ieg.worldbankgroup.org/sites/default/files/Data/Evaluation/files/datafordevelopment.pdf>

World Bank. (2019). *World Development Indicators*. Hämtad från World Bank: <https://databank.worldbank.org/source/world-development-indicators/Type/TABLE/preview/on>

Appendix

Bilaga 1. Förändring i koldioxidintensitet, energiintensitet och koldioxidfaktor, 1995-2014, för EU-28 (%).

Länder	Δ Koldioxidintensitet	Δ Energiintensitet	Δ Koldioxidfaktor
Belgien	-42	-30	-16
Bulgarien	-56	-53	-06
Cypern	-26	-21	-03
Danmark	-55	-30	-30
Estland	-49	-48	-04
Finland	-41	-23	-24
Frankrike	-36	-25	-15
Grekland	-27	-11	-16
Irland	-55	-50	-14
Italien	-32	-17	-19
Kroatien	-32	-29	-04
Lettland	-66	-57	-22
Litauen	-65	-65	-1
Luxemburg	-40	-39	-4
Malta	-41	-39	-3
Nederländerna	-35	-31	-5
Polen	-61	-56	-12
Portugal	-30	-15	-17
Rumänien	-67	-58	-18
Slovakien	-65	-58	-19
Slovenien	-44	-32	-19
Spanien	-33	-21	-15
Storbritannien	-48	-44	-06
Sverige	-50	-39	-18
Tjeckien	-49	-35	-22
Tyskland	-35	-29	-08
Ungern	-54	-39	-21
Österrike	-30	-16	-18