

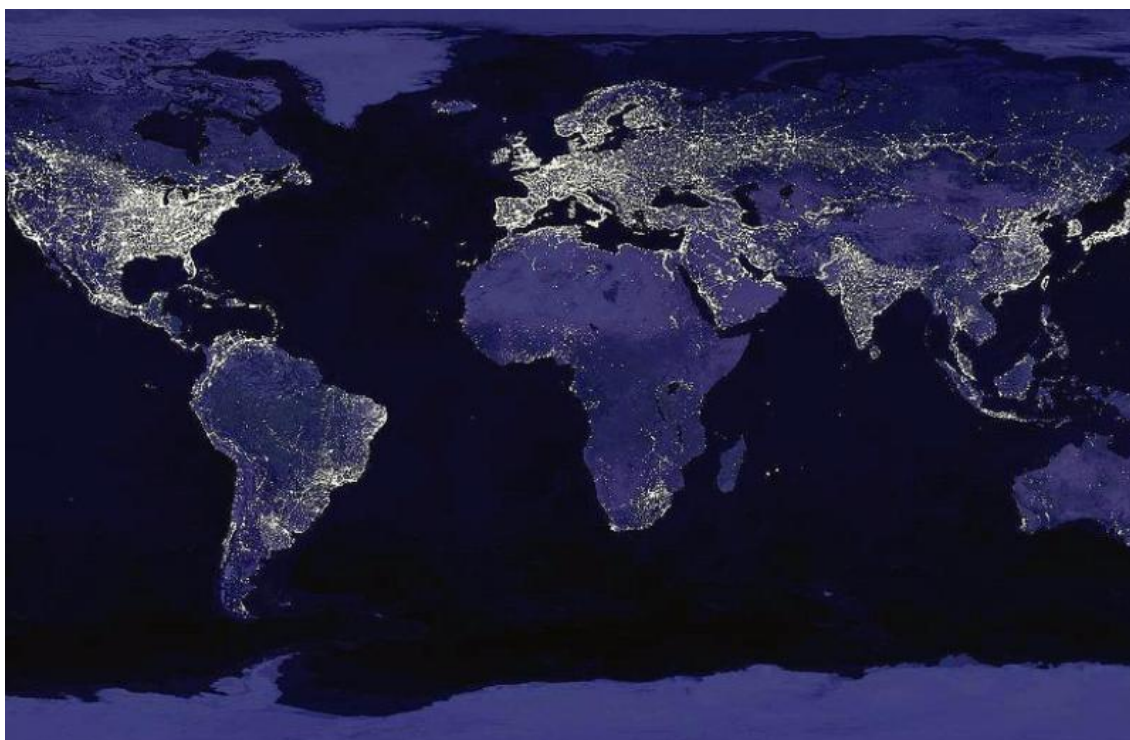


LUNDS UNIVERSITET
Ekonomihögskolan

Nationalekonomiska institutionen
Kandidatuppsats NEKH01
Handledare: Fredrik NG Andersson
Augusti 2013

Paradigmskifte i energiutbudet – från överflöd till knapphet

En analys av energianvändningens ekonomiska påverkan i 23
europeiska länder mellan 1975 och 2011



Petter Svärd

Abstract

Since the beginning of the industrial revolution, the western society has been transformed by, and dependant on, cheap and abundant energy. With respect to today's changing conditions, we might have reached the end on this long and prosperous journey. Today's global energy consumption consists of more than four fifths of fossil fuels. These fuels are not unlimited, and will consequently constrain the supply side of the price mechanism which in turn will result in price spikes. This thesis treats a regression model that concludes if, and how big, the impact of growth in energy consumption has on economical growth, measured in GDP. The energy consumption is divided in six different types of energy, to see how much a price increase in a specific energy resource will affect the GDP. The model measures 23 European countries between 1975 and 2011.

Key words: Energi, paradigmskifte, knapphet, kompleksitet, kollaps.

Innehållsförteckning

1. Introduktion	4
2. Bakgrund	7
2.1 Oljans mångfacetterade betydelse.....	8
2.2 Framtida utbud av olja	9
2.3 Energisektorns avtagande marginalavkastning	10
2.4 Icke-fossila energislags utbud och marginalavkastning	14
3. Empirisk analys	16
3.1 Regressionsmodellen.....	17
3.2 Data	17
3.3 Resultat.....	20
4. Framtida scenarion	25
4.1 Tillväxt är ingen <i>perpetuum mobile</i>	28
4.2 Komplexa samhällens kollaps	29
4.3 Paradigmskifte	31
4.4 Förslag på förhållning till det nya paradigmet.....	32
4.5 Post-materialistiska värderingar	34
5. Avslutande sammanfattning	37
6. Förslag till vidare forskning	39
7. Bilaga 1 – Fördjupningsdiagram av historisk energimix	45
8. Bilaga 2 – FN:s populationsprognos	47
9. Bilaga 3 – Fullständiga regressionsresultat	48
10. Bilaga 4 – Översatta originalcitater	52
11. Bilaga 5 – Urvalsländernas energimix 1965 - 2011	53

1. Introduktion

”[E]ftersom en stor andel av jordens yta fortfarande är fullständigt okultiverad, är det allmänt ansett, vilket inledningsvis är ett fullständigt intuitivt antagande, att för närvarande är all begränsning av produktion eller population från denna källa på ett ansevärt avstånd, där tidevarv måste förflyta innan någon praktisk nödvändighet uppstår där man måste överväga principen om hushållning. Jag befarar inte bara att detta är en felaktighet, utan den mest allvarliga sådana, som kan hittas i hela den nationalekonomiska disciplinen.” (John Stuart Mill, 1848, *Principles of Political Economy*, Bok I, Kap.12, Stycke 2-3, [författarens översättning]).

Sedan 1850 har den globala populationen ökat sexfaldigt från 1,2 miljarder till dagens 7,2 miljarder människor. Under samma period har energikonsumtionen ökat med 5 000 procentenheter, vilket är en genomsnittlig årlig tillväxt på 2,48 procent. Den genomsnittliga konsumtionen, per capita, av energi är nio gånger högre idag än den var 1850 (1965-2012: British Petroleum, 2012; 1850-1964: Grubler, 2003).

Energikonsumtionens tillväxttakt har inte stagnerat då konsumtionen har tredubblats de senaste 45 åren. År 2011 konsumerade vi lika mycket energi som man gjorde sammanlagt de 13 åren mellan 1930-1942 (1965-2012: British Petroleum, 2012; 1850-1964: Grubler, 2003). Om den materialistiska livsstilen vi gjort oss så familjära med ska fortgå, och industrialismen i sin helhet, så *krävs* ett aldrig sinande inflöde av energiresurser.

En niofaldig ökning av per capita konsumtion av energi, *samtidigt* som populationen har ökat sexfaldigt, tyder på en unik materialistisk välbefindighet historiskt sett. Tidigare sekler var den höga materialistiska standarden, som vi idag tar för givet i den västerländska civilisationen, endast några få förunnat. Den överväldigande majoriteten av befolkningen hade det avsevärt mycket sämre, där en stor del led av svält och misär (Malthus, 1798).

Denna framgångssaga kan tillskrivas industrialismen, då man för första gången kunde extrahera extern energi i industriell omfattning (Smil, 1994; Wrigley, 1988; Allen, 2009). Innan industrialismen var den primära energikällan solen. Då växter kemiskt binder solenergi genom fotosyntes kan människor och djur, genom födan, omvandla energi till arbete. Extraheringen¹ av fossila bränslen möjliggjorde paradigmskiftet av det mänskliga arbetets² successiva substitution till förmån för effektivare maskiner (Smil, 1994). Den billiga, lättåtkomliga energin hade en katalyserande effekt för fortsatt industrialisering (Smil, 2010). Den materialistiska civilisation vi nu

¹ Extrahering, inte produktion, då energi *inte* kan skapas (eller förgöras, utan bara omvandlas) enligt termodynamikens andra grundlag.

² Arbetet som kan extraheras ur energin från en liter olja motsvarar allt från 4 till 35 dagars hårt mänskligt arbete beroende på källa. Oavsett så är det överväldigande (FEASTA, 2007; OCEAN, 2005).

lever under är en direkt följd av dogmen om billiga och lättåtkomliga energiresurser (Smil, 1994). De fossila bränslena består dock, till skillnad från fotosyntesen, av ett lager och inte ett flöde. Lager i sin tur består som bekant av en bestämd kvantitet.

Idag består 83,4 procent av världens energikonsumtion av fossila, och därmed ändliga, energilag (British Petroleum, 2012). Det arbete de fossila bränslenas energi tillgodoser är förutsättande och tongivande för det paradig och den verklighet vi nu lever under. Detta ger upphov till en essentiell problematik; en konsumtion av en ändlig³ resurs är orimlig i det långa loppet. Resurserna kommer att gå från ett tillstånd av överflöd till ett av knapphet, där tids- och volymperspektivet är av substantiell karaktär. Energikonsumtionen sker, och har skett, i en exponentiell takt vilket innebär att knapphetsproblematiken tilltar med en accelererande hastighet.

Energins historiska betydelse är evident enorm, men för att konkretisera detta komplexa och svårångade problem så bryter jag ner det i olika delar. De vitala resurserna, i form av energitillgångar, tillgodoses av omgivningens begränsade bärkraft. Bärkraften konkretiseras av energiutbudet (Kapitel 2) som blir svårare och dyrare att extrahera, vilket per definition klassificeras som en avtagande marginalavkastning. Detta återspeglas i sin tur av successivt ökande energipriser, som marknadsmekanismen ger upphov till.

Dessa ökande energipriser bär med sig makroekonomiska konsekvenser på nationell nivå och det är där min modell tar vid. Regressionsmodellen (Kapitel 3) behandlar 23 europeiska länders energimix⁴ historiska samband på respektive lands BNP mellan 1975 - 2011. Modellen visar även varje energislags⁵ individuella påverkan på BNP, samt vilken signifikans respektive slag har. De resultat regressionsmodellen ger påvisar ett samband mellan energikonsumtion och BNP-tillväxt åren 1975 – 2011 i de 23 länderna. Olja och kol är de resurser som visar störst samband med BNP-tillväxten då de visar signifikans i elva respektive tolv länder. Detta samband är av positiv karaktär, där tilltagande energikonsumtion resulterar i en ökad BNP.

Detta kommer leda till problem då de fossila bränslenas knapphet medför högre energipriser. Då korrelationen mellan energipriser och BNP är betydande (Jones et. al., 2004), kommer även länder brottas med skenande utgifter för att upprätthålla status quo. Desto högre andel av BNP som spenderas på energiutgifter desto mer sannolikt hamnar landet i recession (Hall & Klitgaard, 2011). Således spelar länders energimix en vital roll för fortsatt ekonomiskt välstånd, vilket diskuteras i Kapitel 4.

Energins knapphetsproblematik kommer även ses ur ett mer abstrakt plan, då energin ger upphov till en samhällig komplexitet som präglar dagens civilisation. Bland annat kommer

³ Det vill säga en resurs som finns i form av ett lager och inte ett flöde, termodynamiskt talat.

⁴ En energimix visar varje energislags respektive andel av ett lands totala energikonsumtion.

⁵ I form av olja, kol, fossilgas, kärnkraft, vattenkraft och förnyelsebar energi.

Joseph Tainters respektive Ronalds Wrights ömsesidigt tangerande teorier om komplexitet samt tidigare civilisationers kollaps presenteras. Då energiutbudet baseras på sinande resurser kan det ge upphov till existentiella dilemman för det ekonomiska systemet – vilket samhället bygger på. I Kapitel 4 så diskuteras även de åtgärder som kan vidtas för att bäst hantera en sådan utbudsproblematik. Det avtagande utbudet kan mötas av en normförändring i individers konsumtionsmönster. Mänskligt välstånd behöver inte speglas i inkomst eller materialistisk standard, utan minskad konsumtion kan vara berikande (Wilkinson & Pickett, 2010, s. 21).

De konsekvenser som uppstår till följd av extraheringen av ändliga resurser har varit föremål för diskussion en längre tid. De diverse analyser som framkommit ur diskussionen har speglat de olika angreppsvinklarna, som angriper problemet på sina respektive nivåer. Problematiken har dominerats av två skolor: (1) den geologiska, som menar att det yttersta problemet är komplext och botten i den ekonomiska strukturen. De ser en omvärdering och omställning av energisystemet som en nödvändighet (Jackson, 2011; Meadows, et al., 1972; Tainter, 1988, Wright, 2004). Samt den (2) teknologiska, som menar att teknologin och den fria marknaden överkommer framtida knapphetsproblem. De anser problemet vara av sekundär karaktär, som kan lösas relativt enkelt genom kalkylativa förändringar i de befintliga ekonomiska ramarna och regelverken (Nordhaus & Radetzki, 1994; Nordhaus & Boyer, 2000; Hill, et al., 2008; Konjunkturinstitutet, 2012).

Uppsatsen kommer att undersöka dessa frågor:

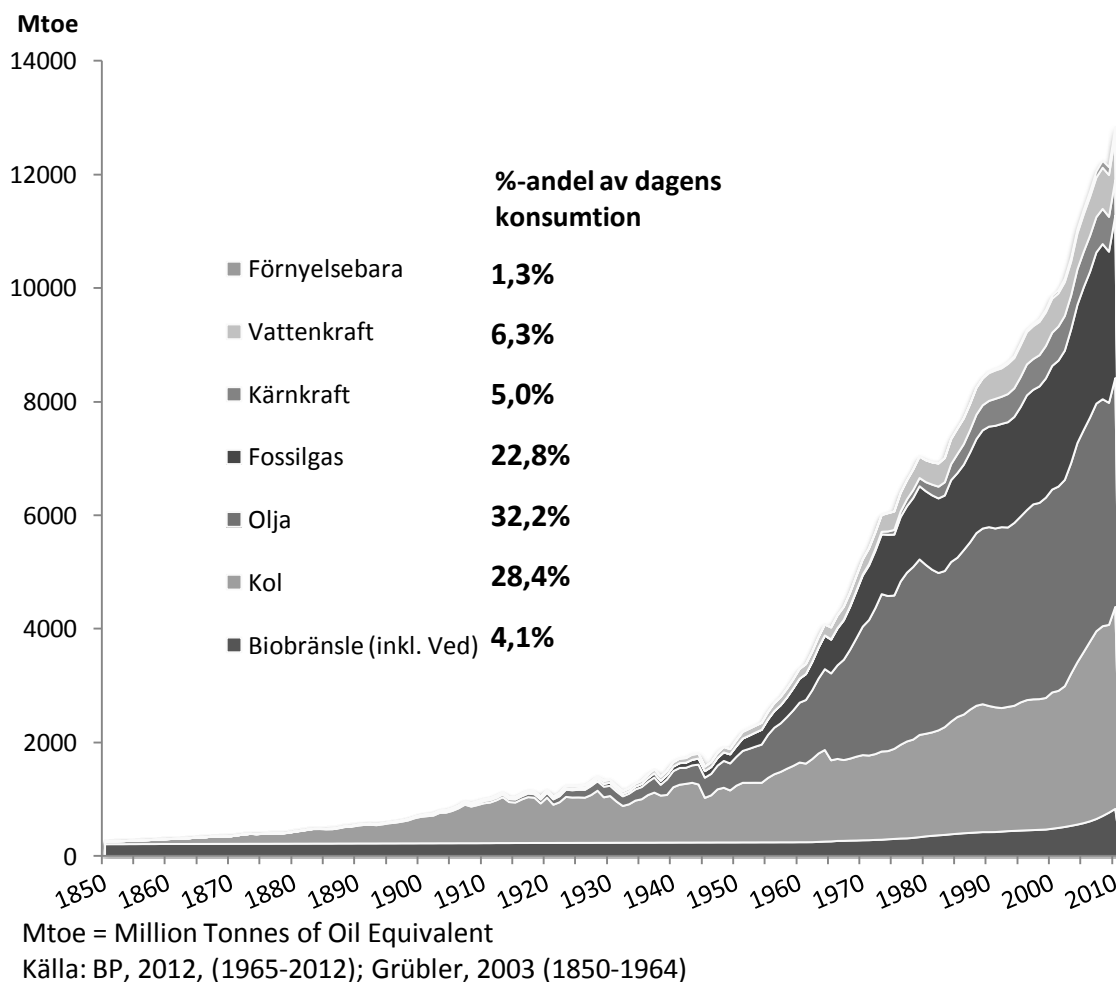
1. Hur kan nationer bäst hantera de konsekvenser som uppstår till följd av de fossila bränslenas knapphet?
2. Vilka ekonomiska och samhälleliga konsekvenser kommer den tilltagande knappheten av fossila bränslen att leda till?

Uppsatsen tar sin ansats ur en kritisk ståndpunkt gentemot den nuvarande ekonomiska strukturen. En nödvändig eklektisk, holistisk bild försöks förmedlas, då de olika disciplinerna är isolerade från den mångfacetterade helhetsbilden som uppsatsen ämnar eftersträva.

2. Bakgrund

De senaste århundradena har samhället präglats av en tillgång av billiga och lättåtkomliga energiresurser, vilket inneburit en åtminstone 160-årig exponentiell konsumtionsökning.⁶ Det materialistiska välståndssamhället kan starkt förankras i länders primära energikonsumtion. Samhällets välstånd och stabilitet kan ackrediteras extraheringen och konsumtionen av energi, där olja spelat den mest framstående rollen av alla energislag (Hall & Klitgaard, 2011). Korrelationen mellan energipriser och BNP är betydande, där BNP primärt kan ses som ett mått på konsumtion (Wolvén, 1990). I dagens materialistiska civilisation är konsumtion nödvändig för samhällets fort- och överlevnad; den primära energin är en förutsättning för denna konsumtion (Tainter, 1988).

Diagram 1 - Global energikonsumtion 1850 - 2010



⁶ Då den har växt med 2,48 procent i genomsnitt över tidsperioden 1850 – 2012.

Idag svarar kol för 28,4 procent, olja för 32,2 procent och fossilgas⁷ för 22,8 procent av världens energikonsumtion. Olja och gas är nära besläktade och svarar tillsammans för 55 procentenheter. De tre nämnda energislagen har den gemensamma beteckningen fossilbränslen⁸ och svarar för 83,4 procentenheter av dagens globala konsumtion (British Petroleum, 2012). Konsumtionen av de ändliga resurserna har ökat oavbrutet sedan industrialismen (Smil, 1994). Där de övriga energiresurserna har kompletterat, och inte substituerat, denna konsumtion.⁹ Extraktionen av en ändlig resurs, i synnerhet när det sker i exponentiell takt, kommer villkorslöst resultera i ett tillstånd av resursknapphet. Ur ett geologiskt perspektiv bör tidsepoker av ändliga energiresurser liknas vid en övergående fas (Hubbert, 1956).

2.1 Oljans mångfacetterade betydelse

Oljans innebörd för det globala ekonomiska systemet är ansenligt. Oljan är den enskilt största primära energikällan; den har möjliggjort en massiv transportsektor, av såväl människor som varor världen över på land, på hav och i luft. Den har revolutionerat jordbruks- och produktionsindustrierna och omlokiserat arbetets börda från människors ryggar till maskiner. Den gjorde leriga leder till asfalterade vägar världen över och möjliggör frakten av billiga varor över vidsträckta avstånd. Den har helt enkelt möjliggjort den globalisering¹⁰ som präglat, och fortfarande präglar, vår civilisation de senaste tre seklerna. (Hubbert, 1956; Campbell & Laherrère, 1998; Hughes, 2013).

Olja är ett energislag med både hög effektivitet och densitet, i det mest bekväma aggregationstillståndet. Denna vätska kan transporteras med enkelhet, samt lagras i en evighet, utan att dess kvalitet reduceras. Dess betydelse understryks inte bättre än av Youngquist och Duncan (2005):

Under hela mänsklighetens historia har ingen substans förändrat ekonomier, sociala strukturer, och livsstilar, så snabbt, så djuplodigt, och påverkat så många liv, som olja.

Oljan är tongan på vägen inom energimarknaden och dess pris fungerar som en proxy för övriga energipriser (Hall & Klitgaard, 2011). Energiefterfrågan har inte visat några tendenser att mattas av; ett eventuellt bortfall i oljeutbudet skulle bara diversifiera konsumenterna till andra energislag, och därmed höja deras respektive pris. Oljans kvantitativa utbud, och därmed i förlängningen dess pris, är således av substantiell karaktär för den globala ekonomiska sfären. (Hall & Klitgaard, 2011).

⁷ Benämns även naturgas, jordgas. Kommer härfter benämnas bara gas.

⁸ Från latinets *fossus*, ”uppgrävd”.

⁹ Se Bilaga 1

¹⁰ Globalisering i form av ett ökat världsomspännande komplext system av handel och kommunikation.

2.2 Framtida utbud av olja

Gällande det framtida utbudet av konventionell och okonventionell olja finns det två dominerande skolor: (1) Den geologiska infallsvinkeln, som används för att förutse oljetoppen¹¹ av forskare såsom Hubbert (1956), Youngquist (2005), Campbell & Laherrère (1998). De ser extraheringen som en kumulativ process utan nettoinflöde där den ändliga resursen lider av en successivt påtagligare knapphet. (2) Den ekonomiska/teknologiska infallsvinkeln, som ser den fossila utbudsstagneringen som ett relativt lätthanterligt problem, som kan lösas av marknadens vinstincitament (Nordhaus & Radetzki, 1994; Hill, et al., 2008; Konjunkturinstitutet, 2012). Avtar volymen så leder det till att kapital allokteras för att lösa problemet på ett eller ett annat sätt. Förhållningssättet används av institutioner som U.S. Energy Information Administration (EIA), International Energy Agency (IEA) och företag som British Petroleum (BP).

En samtida analys av International Monetary Fund (IMF) (2012) visar att ingendera av dessa två skolors modeller har speglat oljepriset korrekt senare decennium. Men, på senare år har den geologiska infallsvinkeln tenderat att producera bättre prognoser än den ekonomiska/teknologiska. IMF:s modell har tagit en medelväg av de två diametralt motsatta åskådningarna för att på bästa sätt modellera framtidens oljeutbud och pris: en modell som influerats både av den geologiska utarmningen av olja samt oljans prisnivåer.

Modellen påvisar en högre korrelation gällande de empiriska utfallen av produktionskvantiteter och pristrender än de traditionella modellerna inom respektive infallsvinkel. Utifrån goda empiriska resultat har man även prognostiserat en oroväckande framtid: (1) framtidens oljeutbud kommer inte öka i samma takt som den gjorde perioden innan 2005¹², och (2) de reala oljepriserna kommer sannolikt permanent dubbleras till år 2020 till priser runt US\$220. Detta skulle innebära ett högre oljepris än den tidigare toppen i september 2008 på US\$145 för ett fat olja¹³ (CNN, 2013). Den gången innebar det höga oljepriset massiva ökade kostnader för alla oljeimportörer vilket resulterade i en väsentlig finansiell nedgång världen över (Hall & Klitgaard, 2011).

United Kingdom Energy Research Center (UKERC) släppte 2009 en rapport om global oljekonsumtion där de sammanställde ett antal organisationers modeller av den framtida oljeextraheringen. Sammanställningen visade att produktionstoppen för global konventionell oljeextrahering ”mycket troligt” kommer att inträffa innan 2030, samt ”troligt” att den inträffar innan 2020. IEA (2012) indikerade att konventionell olja är förbi sin platåproduktion och kommer gradvis mattas av framöver. De tar även hänsyn till utvecklandet av ny

¹¹ Vilket är en direktöversättning från Hubberts (1956) uttryck ”peak oil”, där han försöker precisera oljetoppens inträffande.

¹² Vilket även reflekteras i det fasskifte i oljeextraheringen som uppstod 2005 då extraheringen inte längre kunde matcha efterfrågan. Oljemarknaden gick från att vara elastisk till att bli inelastisk och priset steg därefter. (Murray & King, 2012).

¹³ U.S. light sweet crude oil, vilket är en ofta använd referensolja i prisjämförelser.

produktionsteknologi samt nya potentiella fält i sin rapport. Ur ett botten-upp-perspektiv där man ser på de unika oljefälten och kollar på deras avkastning så finns stöd för hypotesen att tillgången på petroleum avtar långt innan den tar slut (Jakobsson, 2012).

Likväl finns det ett fåtal optimistiska rapporter om den framtida extraheringen. Maugeri (2012) visar att världens oljeextraheringskapacitet kan växa 20-25 procent mer än de uppskattningar EIA (Reference Case) och IEA (New Policies Scenario) prognostiserat fram till år 2020. Dock har den kritiserats av en rad prominenta forskare, då den underskattar avtagningstakten av existerande fält samt överskattar olika nationella extraheringskapaciteter (Nelder, 2012; Hamilton, 2012; Sorrell, 2012).

På en planet som redan finkammats efter oljeresurser måste vi de närmaste 25 åren upptäcka oljefält motsvarande fem Saudiarabien – världens största oljeproducent – för att hålla jämna steg med konsumtionen (IEA, 2010).

2.3 Energisektorns avtagande marginalavkastning

Campbell och Laherrère myntade uttrycket ”The End of Cheap Oil” i deras artikel från 1998 med samma namn, vilket blev början på en renässans kring resursens ändlighet.¹⁴ Denna diskussion har präglats av försök att precisera oljetoppens faktiska tidpunkt, vilket varit både onödigt och kontraproduktivt. Oljans successiva sinande är en process som sker kontinuerligt och inte tjänar till syfte att precisera någon tidsmässig produktionstopp för oljesektorn. Det viktiga är *att* den sker, inte när den tar sin kulmen. Viktigare är diskussionen av de konsekvenser denna process bär med sig och de åtaganden vi kan göra då problemet är korrekt identifierat. Oljetoppen är, och kommer förbli, ett obestridligt faktum (Telegraph, 2012).

Det är rent intuitivt att de fyndigheter som är mest lättåtkomliga, av bäst kvalité och mest vinstgivande är de som exploateras först. Denna exploateringsprocess fortsätter tills man når de minst lättåtkomliga och med sämst kvalité, ty de lämnas kvar. Teorin kallas ”bäst först-principen” och fanns formulerad redan 1819 av David Ricardo. Principen innebär att system extraherar de lättåtkomligaste resurserna först, att resurserna har varierande grader av extraktionssvårigheter, och att systemet fortsätter extrahera de successivt svåråtkomligare resurserna så länge det finns en marginalvinst. System som är beroende av lager tenderar att intensifieras, dvs. man konsumerar än mer av lagret per tidsenhet, vilket stämmer bra in på dagens tilltagande energikonsumtion.

De tidigaste oljefälten låg lättåtkomliga och oljan formligen sipprade ur sina källor. Idag borras det på djupare avstånd än någonsin tidigare, och prospekteringen har tagit fart vid de svåråtkomliga polerna,¹⁵ Arktis och Antarktis (U.S.G.S., 2008). Dessa åtaganden är bevis på en

¹⁴ Artikeln har citerats mer än 1100 gånger enligt Google Scholar.

¹⁵ Dessa poler är dessutom de mest svårtillgängliga terrängerna för petroleumprospektering på hela planeten.

avtagande marginalavkastning överlag då extraheringen blir svåråtkomligare¹⁶ och dyrare desto längre den fortlöper (Hubbert, 1956; Campbell och Laherrère, 1998; Hughes, 2013).

Hubbert (1956) liknade världens oljeprospektering vid en världskarta där man hela tiden utforskar det okända. Tids nog kommer kartan vara fullständigt utforskad. Oljan är en ändlig resurs och därmed är kvantiteten utpräglad. Jag vill likna exploateringen vid ett fruktträd där de lågt hängande frukterna är slut och där skördeprocessen blir dyrare desto närmre toppen man kommer. Detta leder gemene hen till frågorna: När är hela trädet konsumerat? Kommer den översta frukten kosta mer än den smakar?

De godaste frukterna hänger lägst och är även minst energikrävande att plocka. Klättringen till de översta frukterna på trädet symboliserar en tilltagande marginalkostnad samt en avtagande marginalavkastning inom extraheringsprocessen. Detta kan bäst visas i den konkreta och intuitiva ration som påvisar avkastningens relation till investeringen, EROI – Energy Returned On Invested.

$$\text{EROI} = \frac{\text{Energiavkastning till förfogande}}{\text{Energiinvestering}} \quad (1)$$

Konceptet inbegriper mängden energi man får tillbaka per enhet energi investerad.¹⁷ Om EROI-ration är 10:1 så är energiavkastningen tio gånger större än energiinvesteringen. Är ration under ett så är det inte längre värt att investera mer, då avkastningen är mindre än investeringen.

I 1930-talets USA var ration 100:1, för varje fat olja man investerade i fick man 100 tillbaka. På 1970-talet var motsvarande siffra 25:1 och dagens siffra verkar uppskatta vara mellan 10:1 – 17:1 (Hall, C.; Balogh, S.; Murphy, D, 2009; Lambert et al, 2012; Hall, 2013). Det råder således en avtagande marginalavkastning i oljeindustrin.

Idag kommer 80 procent av all olja från 400 olika fält som samtliga upptäcktes innan 1970 (Hall & Klitgaard, 2011, s. 398). International Energy Agency (IEA) gjorde 2008 en omfattande undersökning av minskningstakten av världens 800 största oljefält. Slutsatsen blev att produktionstoppen redan hade inträffat och den genomsnittliga avtagningstakten, viktad mot all tidigare extrahering, för alla storlekar av fält, var 5,1 procent per år. De supergigantiska fälten (eng. supergiant fields) hade den lägsta avtagningstakten med 3,4 procent, de gigantiska fälten avtog med 6,5 procent och de stora fälten avtog med 10,4 procent. IEA menade även att avtagningstakten fortsatt kommer öka då upptäckterna av större fält ligger bakom oss och vi måste förlita oss på mindre källor som utarmas snabbare (IEA, 2008). En skribent på The Economist summerar det bäst – ”Om världen vore ett gigantiskt företag, så skulle dess kapitalavkastning vara avtagande” (Economist, 2010).

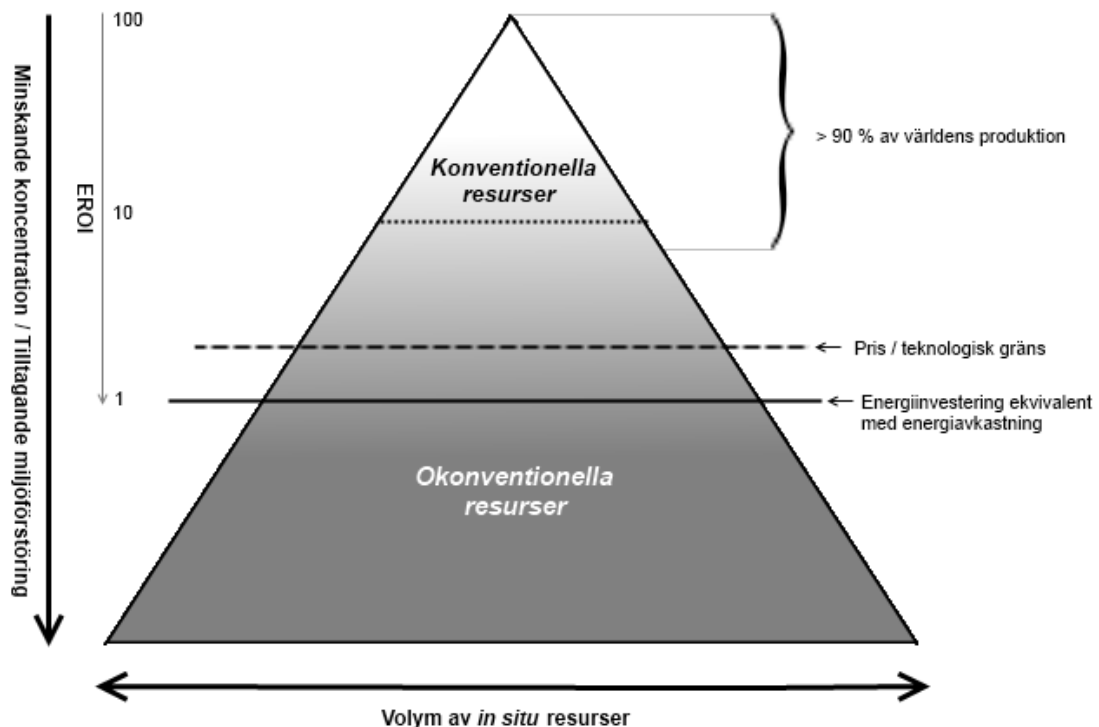
¹⁶ Där de katastrofala oljeutsläppen vid Deepwater Horizon (2010) och Exxon Valdez (1989) gör sig snabbt till minnes.

¹⁷ Alternativt den finansiella avkastningen för varje investerad krona i extraheringsprocessen.

Sedan industrialismen begynnning har den växelverkande process som driver utbud och efterfrågan accelererat energikonsumtionen, vilket resulterat i en accelererande knapphet samt gett upphov till en avtagande marginalavkastningen (Smil, 1994; Smil, 2010; British Petroleum, 2012). Jevons paradox är total.¹⁸

Då konventionell olja blivit dyrare och svåråtkomligare att extrahera har marknaden funnit incitament att extrahera även okonventionella oljeprodukter. Oljeresurserna klassificeras som okonventionella när extraheringen sker med annan teknik än de konventionella oljebrunnarna. Okonventionella metoder ger okonventionella resurser. Dessa produkter lider av en sämre energidensitet och större svåråtkomlighet, därtill innebär det mer åverkan på miljön att extrahera dem än konventionell olja (Hughes, 2013). Men då vinstincitamentet finns där, i samband med att energipriserna ökar, så ökar även exploateringen av okonventionella resurser som tidigare inte var åtråvärda eller lönsamma. Man talar om att dessa resurser stegvis ska substituera de konventionella petroleumprodukterna kommande decennier (EIA, 2012). Kvantiteten finns där, men majoriteten av resurserna är så svåråtkomliga, och av så dålig kvalitet, att extraheringen inte ger en nettoavkastning (Hughes, 2013). EROI avtar i samma takt som extraheringen fortlöper.

Diagram 2 – Petroleumprodukternas resurspyramid



(Baserad på Hughes, 2013)

¹⁸ Jevons paradox är konceptet när teknologiska framsteg förbättrar effektiviteten av en resurs men där resursens förbrukningstakt paradoxalt ökar (istället för minskar) (Alcott, 2005).

Resurspyramiden ovan visar de mest lukrativa och lättextraherade resurserna i toppen, det vill säga de högkvalitativa konventionella resurserna, vilket i praktiken är de källor som har tagit slut eller håller på att ta slut. I pyramidens botten visas de resurser som är svåråtkomligast att extrahera, har sämst kvalitet och innebär störst åverkan på miljön. De är således även de dyraste att extrahera. Den övre svarta, prickiga, linjen representerar skiljelinjen mellan konventionella resurser och okonventionella resurser.

Den svarta streckade linjen markerar var det inte längre är lönsamt att extrahera, givet teknologi och pris. Om priset på olja ökar så blir det *lite* lönsammare att extrahera olja av *lite* sämre kvalitet. Teknologiska framsteg skapar samma incitament som ökat pris men sänker istället extraktionskostnaderna. Båda dessa faktorer sänker följaktligen strecket.

Den pyramidliknande skepnaden illustrerar den successivt ökande kvantiteten, samt avtagande kvalitén, ju längre ner i pyramiderna man kommer. Pyramiderna speglar även EROI-ration som avtar i samma takt som nettoavkastningen minskar, vilket den gör kontinuerligt. Således finns det gott om resurser, men kvalitén avtar till den grad då energiavkastningen motsvarar energiinvesteringen, illustrerad av den svarta heldragna linjen. Linjen symboliserar den ultimata barriären, där allting som extraheras under den lider av nettoförluster. EROI-ration är under ett, vilket gör extraheringen poänglös.

I toppen finner man de supergigantiska och gigantiska oljefälten, samt de största gasfälten. Dessa upptäckts och exploateras primärt i en utforskningscykel. Av de 70 000 aktiva oljefälten i världen så svarar 374 fält för 60 procent av den globala extraheringen där de tio största fälten svarar för 20 procentenheter själva. Ett individuellt fält svarar för sju procentenheter allena, nämligen Ghawarfältet i Saudiarabien (UK Energy Research Center, 2009).

EROI-ration finns i en logaritmisk skala på figurens vänstra sida, som illustrerar den avtagande nettoavkastningen gentemot den ökande kvantiteten. Break-even är när ration är 1, d.v.s den heldragna svarta linjen. Överst är de första, mest lättåtkomliga resurserna som uppskattas ha en EROI på 100, dagens extrahering har en motsvarande siffra på ungefär 17 (Lambert et al, 2012; Hall, 2013).

Dagens konventionella reserver uppskattas av British Petroleum vara 1 263 miljarder fat, men 2012 adderades 389 miljarder okonventionella oljefat utöver den siffran. Reserverna steg således med 30 procent över en natt. Problemet är dock att faten är av okonventionellt slag; Kanadensisk oljesand och extrahering av olja från Venezuela (Hughes, 2013). Frågan är hur mycket av dessa som faktiskt är lönsamt att extrahera mätt i nettoenergi, samt till vilken miljömässig åverkan. Adderandet återspeglar den godtyckliga subjektiviteten som präglar estimaten i reservkvantifieringen.

Över 80 procent av världsreserverna återfinns inom OPEC-länderna¹⁹ (Woolsey, 2008). Reservvolymerna rapporteras själva av länderna, där fristående revidering av estimaten ej förekommer (Campbell, 2006). Exempelvis så reviderades OPEC:s reserver på 80-talet upp med 300 miljarder fat – trots att inga nya upptäckter hade gjorts (Hughes, 2013). Kuwait rapporterade 1985 även dubbelt så stora reservestimater än året innan. Kontexten var att de nya reglerna innebar att ökade reserver betydde att man fick extrahera mer – och därmed kunde länderna öka intäkterna genom ökad export (Campbell, 2006). Reserverestimaten har heller aldrig reviderats ner – trots att extraheringen aldrig mattats av samt att inga nya substantiella upptäckter gjorts (Campbell och Laherrère, 1998; British Petroleum, 2012).

År 2006 deklarerade Dr. Samsam Bakhtiari, energiexpert på National Iranian Oil Company, att OPEC:s oljereserver var ”runt hälften, eller till och med mindre, än vad respektive regering hävdar” och att ”för Iran, är den accepterade officiella siffran 132 miljarder fat, [vilket är] nästan 100 miljarder mer än en realistisk uppskattning” (Moneyweek, 2006, [författarens översättning]). Samma år läckte Petroleum Intelligence Weekly ett dokument från den Kuwaitiska regeringen som sade att de reella inofficiella siffrorna bara var hälften av de officiella, vilket väcker tvivel om deras reservestimatsfördubbling 10 år tidigare.

Reservestimaten i både konventionella och okonventionella resurser bör således betraktas med varsamhet, då de kan lida av nettoförluster i energiextraheringen samt att estimaten ofta baseras på spekulativa estimeringar från parter med eventuella dolda agendor. De siffror jag använder mig av i mina tabeller och diagram, samt i min modell, är tagna från företaget British Petroleums (BP). Men då är det uppgifter från empiriskt vedertagen konsumtion, inte osäkra reservestimater. BP är till och med själva noggranna att påpeka att deras definition av ”reserver” inte följer de accepterade definitionerna, vilket även uttrycks explicit i deras disclaimer (British Petroleum, 2012).

2.4 Icke-fossila energislags utbud och marginalavkastning

Vattenkraften är ett av de effektivaste och miljövänligaste energislagen som finns att tillgå. Dock kräver den höjdskillnader mellan vattenmassor för att vattenkraftverk ska kunna appliceras, ofta i form av forsar eller älvar. I Sverige och Norge finns en relativt stor vattenkraftssektor, men i många andra länder är en sådan utbyggnad omöjlig då de nödvändiga forsarna eller vattendragen inte finns att tillgå. Detta återspeglas även i den blyga vattenkraftsutveckling som rått i Europa sedan 1965 och framåt. Se Bilaga 5 för varje lands unika energikonsumtion 1965 – 2011. De lämpligaste forsarna är redan exploaterade, enligt Ricardos (1819) ”bästa först-princip”. De återstående forsarna är både dyrare och svåråtkomligare att exploatera, vilket innebär att

¹⁹ Organization of the Petroleum Exporting Countries, och innefattar: Algeriet, Angola, Ecuador, Iran, Irak, Kuwait, Libyen, Nigeria, Qatar, Saudiarabien, Förenade Arabemiraten och Venezuela.

marginalavkastningen avtar för framtida eventuell exploatering. Men kan ändå bli aktuellt då andra energislag blir dyrare och därmed öka incitamenten till utbyggnad inom vattenkraften.

Kärnkraften (fissionskraft) är den energikälla som substituerat de andra energislagen mest och effektivast sedan 1965. Förutom eventuella kärnkraftshaverier (som är osannolika på Europas kontinentalplatta, mänskliga faktorer exkluderade) och farliga restprodukter är kärnkraften ett utmärkt framtida substitut. Dock är insatsvaran uran en ändlig resurs och skulle vid dagens konsumtionsnivå räcka i ungefär 100 år till (IAEA, 2011). Uranextraheringen kan stöta på nya massiva fynd, men detta är dock osannolikt (IAEA, 2011). Vad nukleär fusion kommer att erbjuda kvantitativt och kvalitativt i framtiden är något man kan hoppas på, men inte räkna med.

Sol- och vindkraft har hög potential, men anläggningarna är kostsamma att både bygga och underhålla i form av insatsvarorna energi och resurser. De kommer inte att kvantitativt substituera det successiva bortfallet av fossila bränslen adekvat (Hall och Klitgaard, 2011), men är ändå en del av lösningen och kan fungera som komplement i morgondagens energiutbud.

Kol finns fortfarande i stora volymer, men att återgå till den relativt smutsigaste kolkonsumtionen är konstgjord andning då även den lider av ett sinande utbud och därmed en avtagande marginalavkastning. Den globala extraheringen kan inte heller längre möta dagens efterfrågan och produktionstoppen av existerande fält är förestående (Patzek och Croft, 2010). Den globala produktionstoppen har även preciserats till att inträffa mellan 2020 och 2050 (Höök, et al., 2010). Kolets kvalité avtar likväl och att EROI-ration avtar med den (Lambert, 2012). Det finns dock tendenser att åter fasa in kolet, i brist på lämpliga alternativ, vilket är konstgjord andning på det längre perspektivet.

3. Empirisk analys

Då utbudet av fossila bränslen stagnerar samtidigt som energisektorn i sin helhet lider av avtagande marginalavkastning kommer det resultera i energiprisökningar. Även om efterfrågan förblir konstant skulle knapphetsproblematiken på utbudssidan innebära en successiv prisstegring av, i synnerhet, de fossila energikällorna. Uppsatsens modell ämnar förklara hur stora dessa problem blir på nationell nivå då modellen påvisar hur stor del av bruttonationalprodukten som kan förklaras av de olika energislagen. Detta kan i sin tur fungera som en fingervisning inför de ekonomiska konsekvenserna som eventuella prisjusteringar i de olika energislagen bär med sig.

Kausaliteten mellan energikonsumtion och BNP är av betydande karaktär och har diskuterats flitigt genom årtiondena. Det finns två motstridiga åsiktsläger. Det ena lägret anser att energin är av fundamental karaktär då de två klassiska produktionsfaktorerna – sysselsättning och kapital – förutsätter energi. Energikonsumtion ses enligt argumentet som en begränsande faktor om den inte tillgodoses adekvat, för ekonomisk tillväxt. Den andra åsikten är att energin inte har någon inverkan på den ekonomiska tillväxten. Huvudargumentet är att energins kostnad är proportionerligt liten gentemot länders BNP, och bör därför ej heller signifikant inverka på den ekonomiska tillväxten. Även andra faktorer har hävdats, såsom ekonomiers strukturer och i vilket skede landets ekonomi befinner sig. När länders ekonomier växer brukar produktionsstrukturer skifta från produktion och tillverkning till mer servicebaserade yrken, vilka inte är lika energiintensiva. (Solow, 1978; Denison, 1985; Cheng 1995).

Tidigare forskning visar att energi behövs som komplement till kapital och arbete för att förklara tillväxt i BNP (Stern, 2011). Dock har majoriteten av dagens tillväxtmodeller inkluderat varken resurser eller energi endogen (Aghion och Howitt, 2009). Regressionsmodellen kommer skatta 23 europeiska länder under tidsperioden 1975 – 2011.²⁰ Min modell tar sin utgångspunkt 1975, och inte tidigare, då den första oljekrisen skedde 1973.²¹ Vid 1975 hade de flesta implementerat den energistrategi som kom att forma efterföljande decenniernas energistrukturinvesteringar, vilket kan skildras i Bilaga 5.

²⁰ Vilka är: Belgien, Bulgarien, Danmark, Finland, Frankrike, Grekland, Irland, Italien, Nederländerna, Norge, Polen, Portugal, Rumänien, Schweiz, Slovakien, Spanien, Storbritannien, Sverige, Tjeckien, Turkiet, Tyskland, Ungern och Österrike.

²¹ 1973 skedde den första så kallade oljekrisen, där OAPEC (de arabiska medlemmarna i OPEC) vägrade sälja olja till länder som stödde, antingen uttryckligen eller med militära medel, Israel under Yom Kippur-kriget. Oljepriset ökade, i dagens värde, från 10\$ till 40\$ per tunna olja nästan över en natt, vilket resulterade i ekonomiska recessioner och diverse kriser världen över (CBC, 2007). Importerande länder insåg sitt oljeberoende och strävade mot en diversifiering av sin egen energikonsumtion.

3.1 Regressionsmodellen

Modellen ämnar studera sambandet mellan energikonsumtion och BNP. Den teoretiska modellen är en neo-klassisk aggregerad Cobb-Douglas-funktion utökad med produktionsfaktorn energi (E), utöver de klassiska produktionsfaktorerna, teknologi (A), kapital (K) och sysselsättning (L), med hänseende till tidsperioden (t):

$$Y_t = f(A_t, K_t, L_t, E_t) \quad (2)$$

Y är landets BNP. Att utöka Cobb-Douglasfunktionen med energi är inget nytt utan har tillämpats under tidigare årtionden (Stern, 2000; Ghali och El-Sakka, 2004; Soytas och Sari, 2006; Lee, 2006; Narayan & Smyth, 2008). Skillnaden med min modell är att den diversifierar energifaktorn och bryter upp den i sex individuella energislag. Detta för att se sambandet mellan de individuella energislagen, istället för energin i sin helhet, och BNP:

$$\ln(Y_t) = \beta_0 + \beta_1 \ln(\text{Edu}_t) + \beta_2 \ln(K_t) + \beta_3 \ln(L_t) + \beta_4 \ln(\text{Oil}_t) + \beta_5 \ln(\text{Gas}_t) + \beta_6 \ln(\text{Co}_t) + \beta_7 \ln(\text{Kärn}_t) + \beta_8 \ln(\text{Hy}_t) + \beta_9 \ln(R_t) + \eta \quad (3)$$

Där Y betecknar bruttonationalprodukten (BNP), Edu antal utbildningsår (och approximerar teknologin), K är kapitalstocken, L är sysselsättning, Oil är oljekonsumtion, Gas är gaskonsumtion, Co är kolkonsumtion, $Kärn$ är kärnkraftkonsumtion, Hy är vattenkraftskonsumtion och R är konsumtion av övriga förnyelsebara energislag. Alla variabler är i sin naturliga logaritm för att få modellen linjär. Detta är en förutsättning för att åskådliggöra tillväxttakten för BNP och de andra variablerna. Samt en förutsättning för att få tidsserierna stationära om man även tar första differensen av (3):

$$\Delta \ln(Y_t) = \beta_0 + \Delta\beta_1 \ln(\text{Edu}_t) + \Delta\beta_2 \ln(K_t) + \Delta\beta_3 \ln(L_t) + \Delta\beta_4 \ln(\text{Oil}_t) + \Delta\beta_5 \ln(\text{Gas}_t) + \Delta\beta_6 \ln(\text{Co}_t) + \Delta\beta_7 \ln(\text{Kärn}_t) + \Delta\beta_8 \ln(\text{Hy}_t) + \Delta\beta_9 \ln(R_t) + \varepsilon \quad (4)$$

3.2 Data

Data för BNP (US-dollar i 1990 års priser) är hämtade från The Conference Board (2013). Data för utbildningsvariabeln (Edu) är hämtade från Barro-Lee (2013) och visar genomsnittligt antal skolår, interpolerade mellan femårsintervaller. Den aggregerade kapitalstocken (K) följer en modell som kallas lagerbokföringsmetoden (eng. perpetual inventory method). Om investeringarna (I) vid tidpunkten t och deprecieringstakten är δ så räknas den aggregerade kapitalstocken (K) fram genom $K_t = (1-\delta) K_{t-1} + I_t$ (Jacob, Sharma & Grabowski, 1997). Det initiala värdet, K_{t-1} , beräknas genom att ta den genomsnittliga geometriska tillväxttakten i investeringarna de inledande tio åren för att sedan ta investeringsnivån år 1 och dela det värdet med den genomsnittliga tillväxttakten i investeringarna samt deprecieringstakten (Hall & Jones, 1999). Deprecieringstakten har jag uppskattat till 5 procent, en siffra som är frekvent

förekommande bland annan forskning. Data för arbete (*L*) gestaltas av sysselsättningen i absoluta tal, och är hämtade från The Conference Board (2013).

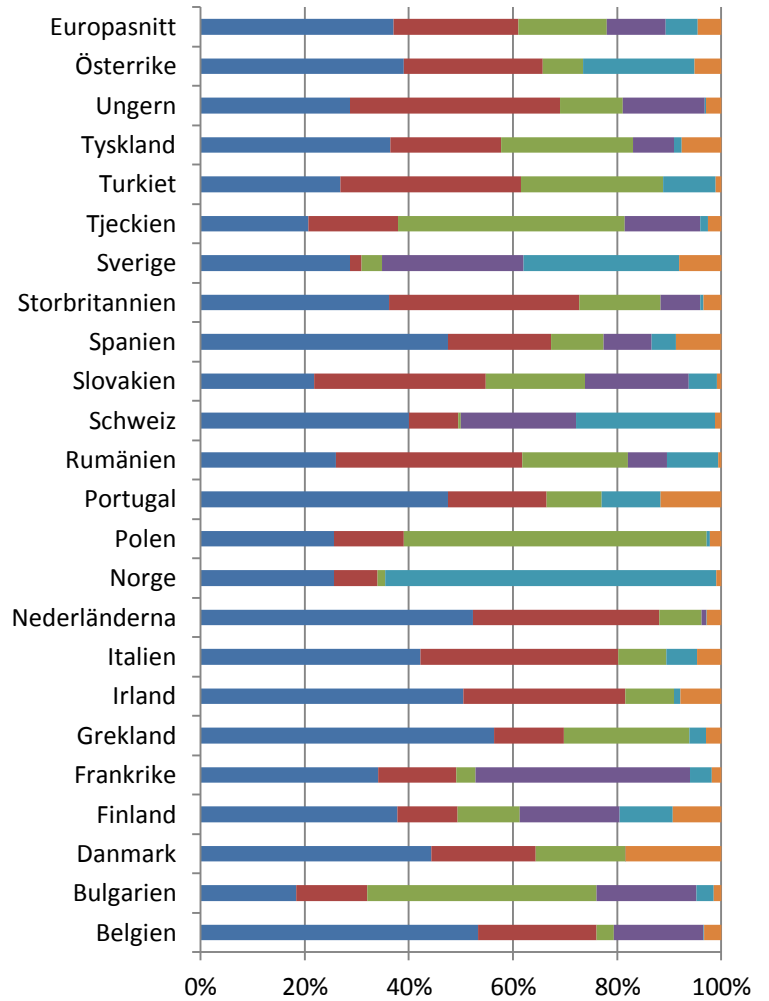
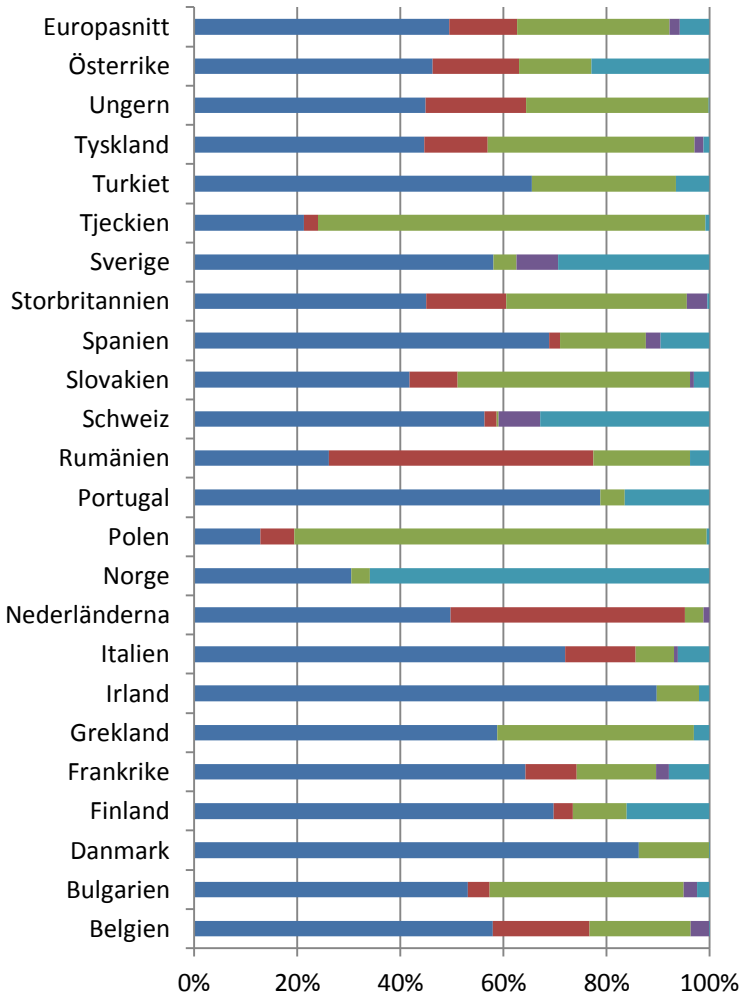
Modellen tar bara hänsyn till den primära energikonsumtionen. Modellens energidata är hämtade från företaget British Petroleum (2012) och är kvantifierad i samlingstermen MTOE – Million Tonnes of Oil Equivalent. MTOE är ett konverteringsmått som tar hänsyn till den energi som frisläpps vid förbränning och inte energiernas individuella karakteristika eller deras relativa för- och nackdelar. Denna generalisering är nödvändig för jämförelse av de olika resurserna. Alla variabler är på årlig basis och i den naturliga logaritmen så att första differensen approximerar deras respektive tillväxttakt.

Modellen inbegriper 23 länder, varav alla är europeiska och har liknande demokratiska styrelseskick, kulturer och befolkningar vilket gör dem relativt homogena. Deras respektive energimixar är dock mycket diversifierade, vilket skapar ett intressant urval. Ländernas energimixar år 2011 varierar kraftigt från tunga kärnkraftsländer såsom Sverige, Frankrike och Storbritannien till koldominerande länder såsom Bulgarien, Polen och Tjeckien, samt länder som har en hög oljeandel såsom Belgien, Grekland, Portugal och Spanien. Störst andel vattenkraft har Norge, Sverige, Schweiz och Österrike. Se Bilaga 5 för varje lands unika energikonsumtion 1965 – 2011.

Andelen fossila bränslen har minskat över tidsperioden. År 1975 låg det europeiska snittet på 92,2 procent medan dagens snitt ligger på 78,0 procent, vilket ligger under det globala snittet på 83,4 procent. Olja har minskat med 12,5 procentenheter (från 49,5 till 37,0 procentenheter) och kol har minskat med 12,6 procentenheter (från 29,6 till 17,0 procentenheter). De har till stor del ersatts av gas som ökat med 10,8 procentenheter (från 13,2 till 24,0 procentenheter) och kärnkraft som ökat med 9,1 procentenheter (från 2,0 till 11,3 procentenheter). De förnyelsebara energislagen har ökat och gått från 0 procentenheter till 4,8 procentenheter. Vattenkraftens andel av energimixen är ungefär densamma som år 1975; den har ökat med 0,4 procentenheter (5,8 till 6,2 procentenheter).

Den totala årliga energikonsumtionen har växt med 30,9 procent från 1975 till 2011, från 1473 MTOE till 1928 MTOE (British Petroleum, 2012). Under samma tidsperiod växte ländernas BNP med 188 procent (Conference Board, 2013).

Tabell 1 - Europas energimix år 1975 respektive år 2011.



■ Olja ■ Gas ■ Kol ■ Kärnkraft ■ Vattenkraft ■ Förnyelsebar energi

3.3 Resultat

Modellen behandlar tidsseriedata där varje land har testats individuellt. Vissa modeller lider av heteroskedasticitet och/eller autokorrelation och har korrigerats därefter. Fullständiga tabeller återfinns i Bilaga 3.

Tabell 2 – Regressionsresultat

	Belgien	Bulgarien	Danmark ^A	Finland	Frankrike	Grekland	Irland	Italien
$\Delta Olja$	0,041 (0,042)	0,184** (0,076)	0,114** (0,052)	0,038 (0,105)	0,031 (0,055)	0,326*** (0,077)	-0,043 (0,061)	0,289*** (0,076)
ΔGas	-0,017 (0,036)	-0,021 (0,063)	0,000 (0,009)	0,073* (0,040)	-0,030 (0,037)	0,014 (0,012)	0,021 (0,024)	0,047 (0,035)
ΔKol	0,083** (0,031)	-0,032 (0,132)	0,007 (0,015)	0,015 (0,018)	0,036* (0,020)	0,050* (0,029)	-0,024 (0,033)	0,101*** (0,023)
$\Delta Kärnkraft$	0,065*** (0,072)	-0,017 (0,057)		0,024 (0,021)	-0,002 (0,013)			
$\Delta Vattenkraft$	0,001 (0,009)	-0,004 (0,026)		0,044* (0,025)	0,015 (0,012)	0,011 (0,014)	-0,025 (0,018)	0,014 (0,015)
$\Delta Förnyelsebar$	-0,20 (0,033)		0,056* (0,030)	0,082 (0,053)	-0,061** (0,023)	-0,008 (0,008)	-0,000 (0,011)	-0,028 (0,032)
R^2	0,514	0,387	0,517	0,664	0,641	0,566	0,753	0,782
Jarque Berra	0,936	0,235	0,131	0,105	0,507	0,976	0,543	0,637
White	0,304	0,758	0,028	0,708	0,510	0,696	0,702	0,147
Breusch-Godfrey	0,397	0,972	0,638	0,169	0,648	0,868	0,845	0,166

Note: Testerna är angivna i p-värden.

^A Modellens residualer lider av heteroskedasticitet och har korrigerats med Whites robusta standardfel.

^B Modellens residualer lider av autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

	<i>Nederländerna</i>	<i>Norge</i>	<i>Polen^B</i>	<i>Portugal^D</i>	<i>Rumänien</i>	<i>Schweiz^B</i>	<i>Slovakien^B</i>
<i>ΔOlja</i>	0,094*	0,104*	0,197	0,104*	0,182***	0,015	0,118
	(0,050)	(0,055)	(0,118)	(0,077)	(0,061)	(0,049)	(0,084)
<i>ΔGas</i>	0,075	-0,013	0,092	0,004	0,256**	-0,008	-0,035
	(0,049)	(0,025)	(0,164)	(0,010)	(0,102)	(0,062)	(0,072)
<i>ΔKol</i>	0,036	0,052**	0,098	0,011	0,111*	0,025*	0,073
	(0,025)	(0,021)	(0,132)	(0,020)	(0,057)	(0,013)	(0,164)
<i>ΔKärnkraft</i>	0,008				0,034	0,024	-0,003
	(0,016)				(0,025)	(0,029)	(0,006)
<i>ΔVattenkraft</i>		-0,015	0,002	0,010	0,022	0,005	0,074**
		(0,028)	(0,050)	(0,013)	(0,045)	(0,022)	(0,037)
<i>ΔFörnyelsebar</i>	0,000	-0,052**	-0,008	0,017	0,049	0,060	
	(0,032)	(0,022)	(0,031)	(0,049)	(0,013)	(0,045)	
<i>R2</i>	0,487	0,404	0,444	0,322	0,631	0,390	0,508
<i>Jarque Berra</i>	0,004	0,419	0,785	0,714	0,752	0,505	0,956
<i>White</i>	0,804	0,847	0,295	0,078	0,247	0,174	0,100
<i>Breusch-Godfrey</i>	0,165	0,116	0,035	0,042	0,181	0,088	0,036

Note: Testerna är angivna i p-värden.

^A Modellens residualer lider av heteroskedasticitet och har korrigerats med Whites robusta standardfel.

^B Modellens residualer lider av autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

^D Modellens residualer lider av både heteroskedasticitet och autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

	<i>Spanien</i> ^A	<i>Storbritannien</i> ^B	<i>Sverige</i>	<i>Tjeckien</i> ^A	<i>Turkiet</i>	<i>Tyskland</i>	<i>Ungern</i>	<i>Österrike</i> ^A
<i>ΔOlja</i>	0,096*	0,127**	0,147***	0,108	0,159	0,188***	0,179	0,009
	(0,050)	(0,055)	(0,049)	(0,083)	(0,114)	(0,062)	(0,114)	(0,904)
<i>ΔGas</i>	0,005	0,088	0,012	0,012	0,008	-0,027	0,029	-0,036
	(0,023)	(0,059)	(0,014)	(0,053)	(0,026)	(0,058)	(0,092)	(0,065)
<i>ΔKol</i>	0,021	0,096***	0,043**	0,205**	0,227***	0,238***	-0,035	0,043
	(0,017)	(0,032)	(0,020)	(0,081)	(0,075)	(0,059)	(0,106)	(0,036)
<i>ΔKärnkraft</i>		-0,026	-0,035*	-0,006		0,016	-0,017	
		(0,028)	(0,019)	(0,019)		(0,029)	(0,048)	
<i>ΔVattenkraft</i>	0,004	0,026	0,032	0,016	0,065**	0,009		-0,016
	(0,007)	(0,016)	(0,021)	(0,019)	(0,028)	(0,024)		(0,044)
<i>ΔFörnyelsebar</i>	-0,033**	0,005	0,067***	-0,005	-0,008	-0,017	0,012	0,019
	(0,013)	(0,040)	(0,020)	(0,023)	(0,020)	(0,024)	(0,012)	(0,023)
<i>R2</i>	0,780	0,501	0,628	0,645	0,554	0,578	0,332	0,144
<i>Jarque Berra</i>	0,525	0,914	0,541	0,278	0,439	0,443	0,117	0,033
<i>White</i>	0,003	0,591	0,850	0,000	0,251	0,133	0,408	0,043
<i>Breusch-Godfrey</i>	0,218	0,014	0,841	0,294	0,184	0,123	0,928	0,850

Note: Testerna är angivna i p-värden.

^A Modellens residualer lider av heteroskedasticitet och har korrigerats med Whites robusta standardfel.

^B Modellens residualer lider av autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

Länderna har i regel ett till tre signifikanta energislag. Antalet energislag som påvisar signifikans och som därmed kan förklara BNP-tillväxten uppgår till 36 stycken. Många av dessa uppvisar även en hög signifikans (p-värde mindre än ett) och påvisar därmed en stark förklaringsgrad till BNP-tillväxten. Minst ett fossilt bränsle är signifikant för 18 av de 23 länderna. Icke-fossila bränslen är signifikanta i nio av länderna, där ett land har fler än ett signifikant icke-fossilt energislag – nämligen Sverige. Parameterestimatet för olja är positiva för alla länder, även om inte alla är signifikanta. Olja och kol är de energislag som uppvisar högst signifikans, samt även för flest länder. Förutom den höga signifikansen för flest länder så är även parameterestimatet högst för kol och olja, vilket påvisar att energislagen har störst påverkan på BNP-tillväxten.

Olja är signifikant för BNP-tillväxten i Bulgarien, Danmark, Grekland, Italien, Norge, Portugal, Rumänien, Spanien, Storbritannien, Sverige och Tyskland. Exempelvis så minskar Greklands BNP med 3,3 procent då oljekonsumtionen minskar med 10 procent. Motsvarande siffra är 2,9 procent för Italien, 1,9 procent för Tyskland, 1,8 procent för Rumänien samt Bulgarien, och 1,5 procent för Sverige. Alla siffror, förutom för Bulgarien, är signifikanta på enprocentsnivån. Oljeexportören Norge är det enda land som under tidsperioden ökat sin andel olja i energimixen.

Kol är signifikant för BNP-tillväxten i Belgien, Frankrike, Grekland, Italien, Norge, Rumänien, Schweiz, Storbritannien, Sverige, Tjeckien, Turkiet och Tyskland. Kol har ett högt parameterestimat för i synnerhet Tyskland, Turkiet och Tjeckien, som ökar sin BNP med 2,4, 2,3 respektive 2,1 procent då kolkonsumtionen ökar med 10 procent.

Gas står för 25 procent av den totala konsumtionen i länderna, men kan endast förklara BNP-tillväxten i två länder; i Finland, som har en relativt liten gaskonsumtion, samt i Rumänien där gaskonsumtionens andel är större än alla andra energislag tillsammans. Rumänien är även det enda landet där alla tre fossila bränslena är signifikanta.

Kärnkraft är det energislag som vuxit snabbast över tidsperioden, med en femfaldig ökning. Trots det är även den signifikant för endast två länder, vilka är Sverige och Belgien. Parametern är dock negativ för Sverige, vilket är lite underligt då vi har en stor kärnkraftskonsumtion. Även i Belgien är kärnkraften av betydande storlek men där är parametern positiv och signifikant på enprocentsnivån.

Vattenkraft är signifikant i Finland, Slovakien och Turkiet. Finland har en relativt stor konsumtion av vattenkraft, men i Slovakien och Turkiet ligger den under fem procent. Norge, Sverige och Schweiz är de länder som har de största andelarna vattenkraft, men ingen av dem påvisar någon signifikans.

Förnyelsebara energiresurser är signifikanta i Danmark, Frankrike, Norge, Spanien och Sverige. Danmark och Sverige är de enda länder som har positiva parameterestimat. Även Finland, Portugal och Tyskland ligger i topp gällande konsumtionen av förnyelsebara resurser, men påvisar ingen signifikans i modellen. Danmark, som konsumerar en relativt stor andel vindkraft, kan förklara sin BNP-tillväxt med hjälp av förnyelsebar energi genom modellen.

Tidigare forskning visar att energi, precis som uppsatsens resultat, är korrelerat med BNP (Stern, 2000; Jones et. al., 2004; Narayan & Smyth, 2008). Dock så skiljer sig produktionsfaktorn energi i uppsatsens modell då den tar hänsyn till energins olika beståndsdelar, i en tidsserieanalys, istället för att se energi som en enhetlig produktionsfaktor. Tidigare studier har ej heller använt de europeiska länderna som målgrupp utan har behandlat industrialiserade länder, oftast G-7 gruppen, eller ett spann av utvecklingsländer. Uppsatsens modell har fördelen att den har till högre grad preciserat *vilket*, eller *vilka*, energislag som har störst påverkan på BNP, samt *hur stor*

den påverkan har. På så sätt kan modellen användas som underlag till eventuella prisökningar av respektive energislag och se hur det kommer att påverka respektive lands utgifter gentemot dess BNP. Denna typ av modellering kan bli en viktig informationskälla i de nationella beslutstagarnas diversifiering av energimixen, då den konkret visar varje energislags inverkan på den ekonomiska tillväxten.

Att kol och olja blev de mest signifikanta energislagen stämmer överens med deras dominerande ställning i energimixarna. Energislagens historiska betydelse som primära energislag kan även till stor del förklara den ekonomiska tillväxten i Europa under 1900-talet (Smil, 2010), vilket cementerar uppsatsens resultat.

Sammanfattningsvis kan det konstateras att energikonsumtionen under perioden 1975 - 2011 påvisar en signifikant påverkan för tillväxten av BNP i de 23 länderna. Av energislagens totalt 36 signifikanta estimat så svarar de fossila bränslena för 26 av dem. De fossila bränslena förklarar således de flesta av BNP-tillväxten av alla energislag och kan därför anses vara av största vikt för framtida BNP-tillväxt.

4. Framtida scenarion

Modellen i Kapitel 3 har visat ett starkt samband mellan energikonsumtion och ekonomisk tillväxt. En sådan tillväxt förutsätter dock att resurserna de facto finns att tillgå samt att energipriserna inte eskalerar. Prissättningsmekanismen har den neoklassiska mikroekonomin reglerat där varan allokerats till högstbjudande i en jämviktsprocess mellan utbud och efterfrågan (Clark, 1998). Priset har speglat, och speglar, den jämviktsposition som parterna hamnar i efter prismässig konsensus. Senare decenniers ökande oljepris visar att jämvikten har förskjutits. Det inflationsjusterade oljepriset för ett fat olja²² har ökat med 300 procent de senaste 10 åren, 420 procent de senaste 20 åren, och 650 procent de senaste 30 åren (British Petroleum, 2012). Det är även rimligt att anta att energipriserna kommer fortsatt stiga då energiutbudet stagnerar (UKERC, 2009) samt att marginalavkastningen i energiextraheringen av fossila bränslen avtar (Hall, 2013), *ceteris paribus*²³.

Högre energipriser är problematiskt för nationer då energipriser i högsta grad påverkar den globala ekonomin, inklusive nationella ekonomier, både direkt och indirekt (IMF, 2012). Länder som har en hög andel olja i sin energimix är mer utsatta för eventuella oljeprishöjningar. Tidigare prishöjningar, i form av oljeprishocker, ”har varit ansvariga för recessioner, perioder av överflödlig inflation, reducerad produktivitet, och en lägre ekonomisk tillväxt” (Barsky et.al., 2004, s. 115). Norge, i egenskap av att vara den enda oljeexportören i modellen, gynnas initialt av ökade oljepriser. Men även de kommer successivt drabbas av knapphetsproblematik och de konsekvenser som uppstår i och med att landets största industri är oljeindustrin.

När en nation måste spendera mer pengar för samma mängd energi så tenderar detta att påfresta landets ekonomi. Hall och Klitgaard (2011) visar på en simpel ekvation:

$$\text{Energins ekonomiska kostnad} = \frac{\text{Kostnad av energin}}{\text{BNP}} \quad (5)$$

När en nation spenderar runt fem procent av sin BNP på energikostnader så tyder det oftast på en stark ekonomisk tillväxt. En starkare ökning skulle påfresta ekonomin till den grad att det tenderar att leda till ekonomisk kontraktion - recession. Starkast negativ inverkan har en snabb ökning av energikostnaden, där man lika snabbt måste spendera mer av sin budget för att behålla status quo. Även om andelen energi ofta understiger 10 procent av BNP, så är kostnaden en av de mest volatila och kan snabbt decimera de ekonomiska marginalerna. Det bör även nämnas att denna kostnad exkluderar energi som sekundär och tertiär insatsvara. Är marginalerna redan små finns ingen ekonomisk buffert att hantera snabba energiprisökningar; det blir en exponentiellt negativ effekt. Slutsatsen som Hall och Klitgaard drar är att desto mindre del av BNP som

²² Brent crude-olja, vilket är en typ av råolja som utvinns i Nordsjön. Den klassificeras som söt lättolja och används ofta som referensolja.

²³ Allt annat lika.

spenderas på energi, desto mer BNP-tillväxt kan skapas (Hall & Klitgaard, 2011). Spenderar man tio procent eller mer så tenderar ekonomin att först stagnera för att sedan kontrahera. Till exempel skulle en kraftig oljeprishöjning väsentligen försvåra situationen för Grekland, då mer än hälften av deras energimix består av olja. Vissa forskare menar att det höga oljepriset kan ses som en direkt förklaring till Greklands nuvarande depression (Terrones, 2009).

Desto mindre pengar nationer spenderar på energi desto bättre förutsättningar har ekonomin till fortsatt tillväxt (Hall och Klitgaard 2011). Det nuvarande historiskt höga oljepriset har i allra högsta grad påverkat oljeberoende länders ekonomier. Exempelvis så ökade energipriserna substantiellt gentemot BNP för USA under de två oljekriserna på 1970-talet samt under finanskrisen 2008, och samtliga åtföljdes av djupa recessioner (Lambert, 2012). Energiforskaren Hamilton (2011) menar att tio av de senaste elva recessionerna i USA kan direkt förklaras av en föregående oljeprischock. Det höga oljepris som kom i samband med USA:s kris 2008 spelade en stor roll i den efterföljande djupa globala recessionen (Hamilton, 2009). Följaktligen kan man hävda att energipriser spelar en nyckelroll på nationell nivå, vilket i förlängningen innebär att energipriserna är substantiella även på den globala skalan.

Det finns en modell framtagen av Jeffrey Brown, kallad *Export Land Model*, som visar på hur snabbt länders export faller när de närmar sig sin inhemska oljetopp samt en parallell ökande efterfrågan. Detta brukar snabbt decimera landets oljeexport och tidsenligt omvandla landet till en nettoimportör. Detta är fallet i tidigare exportörer såsom Storbritannien, Indonesien, Mexiko, Egypten, Kina, Indien och Malaysia (enligt siffror från EIA, 2012). Kina var så sent som 1993 en nettoexportör av olja, men importerar idag 16 procent av den totala globala importen, och har ”aggressivt” säkrat den framtida oljeleveransen i exempelvis Angola, Kanada och Venezuela (Hughes, 2013, s. 158). Brown menar fortsatt att när länder skiftar karaktär från export till import så ökar även de geopolitiska spänningarna (Brown, 2012).

Den utvecklande världen konsumerar 37 procent av den tillgängliga globala importen men då de utvecklas så ökar de sitt behov snabbt och därmed sin relativa andel av den globala importen (Hughes, 2013). Förenta Nationerna (2012) prognostiserar exempelvis att Afrikas befolkning kommer öka från dagens miljard till fyra miljarder år 2100, vilket kommer ge ytterligare anspänningar på efterfrågan och därmed även priset. Se Bilaga 2.

År 2012 extraherades olja globalt med en överskottsmarginal på 2,5 procent (Hughes, 2013). Denna marginal kan snabbt försvinna av ett spektrum av anledningar vilket kommer leda till snabbt accelererande priser, som de vi såg av oljekriserna -73 och -79 samt USA:s bostadsbubbla 2007. Där de finansiella tillgångarna snabbt letade sig från bostadsmarknaden och spekulerades i råvaror, olja i synnerhet (Hall & Klitgaard, 2011).

Den utlösande faktorn till ekonomiska kontraktioner är snabba prishöjningar och kraftig volatilitet som snabbt decimerar ekonomiska marginaler (Hamilton & Herrera 2003). Sådana snabba prishöjningar kan mycket väl bli föremål för framtiden då individuella nationers export krymper då de ändliga resurserna sinar samtidigt som den inhemska efterfrågan ökar. Nationer gör bäst i att förlita sig på de resurser som finns att tillgå inhemskt.

Brown (2012) menar att om Indiens och Kinas importberoende är mött så kommer tillgänglig nettoexport för resten av världen försvinna fram till år 2030. Detta kan leda till geopolitiska spänningar och aggressioner när oljeimporterande länder konkurrerar om den krympande exporten, vilket kan resultera i fysiska brister förutom högre priser (Hughes, 2013). Europa och USA konsumerar 49 procent av världens nettoimport, och är därför extra sårbara för störningar i oljeutbudet samt oljeprischocker (Hughes, 2013).

Tillväxten i BNP är högt korrelerad med tillväxten i energikonsumtionen (Hughes, 2013), vilket även modellens resultat i uppsatsen påvisar. Då den dominerande delen av energikonsumtionen baseras på ändliga resurserna kommer det leda till ekonomiska svårigheter när prisökningarna sker. De sker då det är en ändlig resurs som har nått, eller kommer nå, en plåtå av utbud. De resurser som finns kvar blir svåråtkomligare och dyrare, i form av energinvestering, att extrahera vilket innebär att hela sektorn är föremål för en avtagande marginalavkastning. Lägg därtill att den globala efterfrågan uppskattas öka med 56 procent mellan 2010 och 2040 (EIA, 2013), så inser man snabbt att den växelverkande marknadsmekanismen kommer finna allt högre prisjämvikter. ”Effekterna av höga och volatila energipriser på ekonomisk tillväxt är fullständigt klarlagda de senaste fem åren, liksom under tidigare recessioner” (Hughes, 2013, s. 157).

Slutsats 1: Det successivt minskande oljeutbudet skapar ett successivt högre energipris, vilket tenderar att resultera i ekonomiska kontraktioner för, i synnerhet, de länder som har en hög oljeandel i den inhemska energimixen.

Slutsats 2: Nationers optimala strategi inför de kommande energiprisökningarna är en utfasning av de fossila bränslena till förmån för inhemska energiresurser och/eller minska den inhemska efterfrågan för sagda resurser.

Ett skifte av energifaciliteterna är dock ett mycket kostsamt projekt som i regel tar decennier att genomföra (Smil, 2010). När kol ersatte ved som den primära resursen²⁴ i USA tog det 35 år (1850-1885), lika länge tog det när kol senare blev urfasad av olja (1910-1945) (Stephens, et al. 2004). Tidsåtgången stämmer bra överens med uppfattningen att den genomsnittliga livstiden av energifaciliteter, samt skiftet av fordonsparken, är 30 till 40 år (Stephens, et al. 2004). Dessa övergångar hände under perioder då man *redan hade* identifierat en effektivare resurs som fanns i adekvat kvantitet. Dagens prekära situation är unik; nu måste systemet byta ner sig från den mest effektiva och mångfacetterade energikällan – olja – till en annan underordnad resurs.

²⁴ Från att de hade penetrerat energimarknaden med en tiondel av marknaden till att bli den enskilt största primära energikällan.

Den tidigare kostnaden av energisystemsbyte har varit i mångmiljardbeloppet, men den ekonomiska kostnaden är av sekundär karaktär. Den primära kostnaden består av energi och resurser, inte i pengars symboliska värde. Då energipriserna successivt stiger blir de nödvändiga energiinsatserna dyrare för den nya energiinfrastrukturen desto längre reformen dröjer, i sann Moment 22 anda²⁵. Incitamenten kommer denna gång inte primärt vara av vinstintresse och effektivisering som de tidigare energiskiftena gav upphov till, utan av *nödvändighet*.

På kort sikt kommer omställningen vara kostsam, då den initiala kostnadströskeln är hög, men på ett längre tidsperspektiv är den likväl nödvändig. Den kritiska frågan är *när* smärtgränsen nås för dagens rådande energisystem, *ceteris paribus*. Skulle det ske en akut energi- eller bränslekris, så finns inget handlingsutrymme med dagens energiinfrastruktur. Det kommer inte finnas några snabba lösningar då själva problemet ligger i själva energistrukturen, som är oöverskådlig och komplex, och vilken tar årtionden att ersätta. Således bör makthavarna föregå problemen och börja lägga upp en plan för att fasa ut de fossila bränslena snarast, innan det blir både dyrare och svårare att genomföra ett sådant skifte.

Slutsats 3: Byten av energisystem är en långdragen och successivt dyrare process, i form av resursinsatser, och om det bör ske så bör processen påbörjas så snart som möjligt för att uppnå minimal kostnad.

4.1 Tillväxt är ingen *perpetuum mobile*

De problem som uppstår till följd av de fossila resursernas bortfall bottnar i något större än nationers diversifieringar av energimixen. Trots att vi har upplevt en exponentiell tillväxt i energikonsumtion samt BNP senare sekler är det intuitivt orimligt att den fortsatt ökar exponentiellt kommande sekler då dryga 88 procent av dagens energikonsumtion kommer från ändliga resurser.²⁶ Idag konsumeras resurserna i det globala systemet, alltså den globala ekonomin, i en snabbare hastighet än resursernas reproduktionstakt (Tainter, 1988; Wright, 2004), vilket är ohållbart i längden.

Förutom de otaliga ändliga resurserna; i synnerhet fossila bränslen, alla metaller och uran, kan även semi-ändliga resurser i form av till exempel färskvatten, skog, alla djur och natur, även de, rent krasst, räknas som ändliga om konsumtionen överstiger reproduktionen. En samhälllig, och ekonomisk, tillväxt innebär en ökad konsumtion av insatsvaror i form av ändliga, och oändliga, resurser. Om jorden hade varit ett företag så hade budgetbalansen över dess resurser visat på förödande siffror. Denna utvecklingsprocess är inte hållbar på lång sikt då produktionen (extraktionen) av alla resurser kommer nå sin topp (Heinberg, 2010). Empiriskt har resurserna allokerats där det störst vinstincitamentet finns, vilket kan ses som resursslöseri då resurserna inte

²⁵ En sorts cirkelproblematik – *för att hitta mina glasögon behöver jag mina glasögon.*

²⁶ Fossila bränslen samt uran för fissionskraften.

allokeras till den största samhällliga förtjänsten. Men hur skulle en sådan allokering se ut rent praktiskt? Harold Hotelling gjorde ett försök 1931 för att optimalt prissätta ändliga resurser.

Hotellings teori (1931) söker förklara ett samhällligt optimalt pris²⁷ för de fossila bränslena, men tar inte hänsyn till de konsekvenser extraheringen skapar – ett successivt ökande beroende som intensifieras parallellt med en successivt ökande resursknapphet. Den fria marknaden, som fungerar som prissättare, uppfattade oljeresurserna vara av så stor kvantitet att de behandlades som oändliga, så dess ändlighet återspeglades därmed inte i priset (Hamilton, 2012, s. 4). Marknaden allokerar resurser optimalt under vissa förutsättningar, en oöverskådlig tidshorisont är inte en sådan.

Konsumtionen av de fossila bränslena har under senare sekel inneburit en historiskt oöverträffad välståndökning (Smil, 1994; Smil, 2010). Konsumtionen är dock en övergående fas, där man idag kan urskilja både ett stagnerande energiutbud parallellt med energisektorns avtagande marginalavkastning, vilket markerar början på slutet av denna era. ”The End of Cheap Oil” som Campbell och Laherrère (1998) uttryckte det. För att sätta det i perspektiv kan man likna mänsklighetens ålder vid ett dygn. Under det dygnet har vi levt i 23 timmar och 54 minuter i form av jägar-samlar-samhällen. De senaste 6 minuterna har vi levt i jordbrukssamhällen. De senaste 8 sekunderna har vi levt under de fossila bränslenas paradigm. (Efter Diamond, 1987)

Problemen med ändliga tillgångar är egendomligt benägna att bli intrasslade med oändligheten. Inte bara är det oändligt med tid, men också tänkbarheten, att av en nödvändighet, att priset eventuellt stiger utan begränsning när utbudet försvinner (Hotelling, 1931, s. 139, [författarens översättning]).

Skiljestenen består av valet mellan konsumtion idag eller konsumtion imorgon. Den fundamentala problematiken bottenar således i *tidsperspektivet*. En resurs utan reproduktion kan bara konsumeras en gång. Konsumtionen blir således även ett moraliskt och etiskt, och inte bara ett ekonomiskt, dilemma.

Slutsats 4: Exploaterarna av fossila bränslen har inte tagit hänsyn till de konsekvenser som uppstår till följd av extraheringen – ett resursberoende samt en successiv knapphet. Tidsperspektivet är av kritiskt värde, där problematiken bottenar i en moralisk och etisk diskussion.

4.2 Komplexa samhällens kollaps

Senare seklers exponentiellt ökande energikonsumtion, samt den växelverkande effekten med ekonomin och samhället i helhet, kan liknas vid en ökande komplexitet inom samhället. Ett konkret mått på komplexitet ges av Whites lag (1959): om alla andra faktorer hålls konstanta, så utvecklas samhällen efter den ökande mängd energi extraherad per capita per år, alternativt som den ökade effektiviteten hos de instrumentella tillvägagångssätten att sätta energi i arbete.

²⁷ Där priset av den ändliga resursen, bestämd av marginalnettointäkten från försäljningen, ökar i takt med räntan.

Komplexitet kan således ses synonymt med energikonsumtion. Regressionsmodellen visar även att energikonsumtion och ekonomisk tillväxt korrelerar starkt, vilket innebär att ekonomisk tillväxt kan liknas med ökad samhälllig komplexitet.

Antropologen och energihistorikern Joseph Tainter menar i sitt verk *The Collapse of Complex Societies* (1988) att civilisationer ”vänjer sig” med en successivt högre samhälllig komplexitet. När samhället sedan stöter på existentiella problem, oftast i någon form av resursknapphet, så tenderar samhället att skapa nya ”lager” av byråkrati, infrastruktur eller samhällsklasser för att bemöta problemet. Rent konkret tar dessa nya lager av komplexitet form av fler, eller större, samhällsklasser som inte har någon produktiv roll utan fungerar mer som sociala och ekonomiska informationsförmedlare eller analytiker.

Dagens komplexitet kan liknas med det finansiella systemet som handlar derivat till ett värde av en biljard²⁸ amerikanska dollar per år, vilket är 10 gånger mer än det totala värdet av världsproduktionen de senaste 100 åren (Guardian, 2012).

Dagens industriella civilisation är världsomspännande och inkluderar alla nationer, vilket är historiskt unikt, då alla handlar och konsumerar extern energi – vilket kännetecknar det industriella paradigmet. Den industriella civilisationen är även det mest komplexa systemet som funnits, då den intrikata kedjan av utbud och efterfrågan är global.²⁹

Denna process – som kallas *framstegsfällan* (Wright, 2004) - fortgår kontinuerligt tills en vändpunkt nås där samhället inte längre kan uppbringa det ökande energitillskottet som den ökande komplexiteten kräver. Detta tar uttryck i en väsentlig ekonomisk och samhälllig kontraktion – en kollaps (Tainter, 1988; White, 1959; Wright, 2004). Det är den avtagande marginalavkastning i energiproduktionen som är den uppenbara orsaken till samhällets kollaps, men den *yttersta* orsaken ligger i ramarna för det ekonomiska systemet, funnen i samhällets komplexa struktur, snarare än de externa chocker som gör att bägaren rinner över (Tainter, 1988).

Dagens intrikata ekonomiska system har aldrig upplevt en längre tid *utan* tillväxt (Smil, 2010). Och den ekonomiska tillväxten har förutsatt motsvarande ökning i energikonsumtionen. De ekonomiska kontraktionerna, i form av recessioner och depressioner, som vårt samhälle upplevt har uppfattas som förödande och något som bör undvikas. Samhället och ekonomin måste således hela tiden växa för att upprätthålla status quo. Men en evig tillväxt är omöjlig då de fundamentala insatsvarorna i form av energi och andra resurser konsumeras i en snabbare takt än de reproduceras, vilket gör situationen ohållbar på lång sikt. Tainter ser att den globaliserade världen är föremål för många av de påfrestningar som begrävde tidigare civilisationer i ruiner (Tainter, 1988).

²⁸ Vilket är en miljon miljarder.

²⁹ Till och med Nordkorea, som får illustrera det land som är mest isolerad från omvärlden, använder extern energi och kan därför inbegripas i det industriella paradigmet.

För att på bästa sätt lösa denna problematik måste man korrekt identifiera problemet; vilket är överkonsumtion av resurser. Under senare sekler har konsumtionen och det materiella välståndet vuxit exponentiellt. Men däri ligger själva grundproblemet – inte lösningen. Vi kan inte konsumera oss ur ett problem av överkonsumtion, precis som framstegsfällan menar kommer ske. Resurserna är ändliga, varför efterfrågan rimligtvis också bör vara begränsad så den kan matcha den långsiktiga ekologiska bärkraften. Allt annat skulle leda till en kollaps³⁰ – det skulle bara vara en fråga om när den kontraktionen kommer inträffa.

Slutsats 5: Det nuvarande ekonomiska systemet kan inte fortgå på lång sikt, då det stagnerande utbudet inte kan matcha den ökande efterfrågan. Priserna kommer öka till den grad att systemet, i detta fall samhället, med dess ekonomi, slutligen kollapsar. En transformering av det ekonomiska systemet är således nödvändig för att undvika en framtida oordnad kollaps.

4.3 Paradigmskifte

Det samhällseliga och ekonomiska systemet som idag kännetecknar vår civilisation har präglats av billiga och lättåtkomliga energiresurser. Detta har resulterat i ett tillstånd av tillväxt som präglat och utformat de ekonomiska och monetära doktriner och teorier som utgör grundvalen i samhällets strukturer. Tillväxtfasen som baserats på ändliga resurser har dock börjat se sitt slut och övergår successivt till ett tillstånd av knapphet och kontraktion. Rimligtvis borde även de ekonomiska och politiska doktrinerna granskas då de förutsättningar som gav upphov till dem nu skiftar karaktär. Det finns en risk att de annars fungerar som gårdagens lösning på dagens problem, vilket kan få en kontraproduktiv effekt.

Geologen Hubbert jämförde 1983 knapphetsproblematiken med den stora depressionen (Hickerson, 1995):

We are not in the position we were in 1929–30 with regard to the future. Then the physical system was ready to roll. This time it's not. We are in a crisis in the evolution of human society. It's unique to both human and geologic history. It has never happened before and it can't possibly happen again. You can only use oil once. You can only use metals once. Soon all the oil is going to be burned and all the metals mined and scattered.

Wright (2004) och Tainter (1988), menar att de problemlösande institutionerna spelar den avgörande rollen för samhällets överlevnad. Institutionerna kan liknas vid stater och makthavare som har det politiska spelrummet samt tillgängliga resurser för att revidera den samhällseliga strukturen. De kan vara aktiva eller passiva i förhållandet till det kommande paradigmskiftet, men aldrig neutrala. Då omställningen av energisystem kommer att ta decennier att genomföra och kosta därefter så menar Wright (2004) att institutionerna inte kommer att bidra till en lösning då

³⁰ En kollaps kan dock i retrospectiv ses som en händelse som sker på ett tidsspänn från år till århundraden, och sker inte över en natt som den apokalyps som filmvärlden brukar förmedla.

den politiska viljan vill undvika kortsiktiga förluster i status, stabilitet eller levnadsstandard. Ett paradigmskifte är nödvändigt men komplext att genomföra då energins betydelse är så mångfacetterad och penetrerande på alla nivåer i samhället att det blir överväldigande att urskilja alla de konsekvenser som ett systemskifte skulle innebära. Likväl är det ett nödvändigt ont.

Att skifta paradigmen är inte enkelt. För många har investerats för mycket i fel modeller. Likt Ptolemaios försök att bevara jorden som världens geometriska mittpunkt, kommer det att göras heroiska försök att addera komplexitet och förfiningar av standardparadigmet. De resulterande modellerna kommer vara förbättringar och beslut baserade på dem kan prestera bättre, men även de kommer sannolikt att misslyckas. Inget mindre än ett paradigmskifte kommer duga. (Stiglitz, 2010, [författarens översättning])

4.4 Förslag på förhållning till det nya paradigmet

Tainter och Wright menar att det uppstår nya, större problem, när man försöker lösa de tidigare problemen. Dock kan *grundproblemet* anses vara identifierat: dagens civilisation har vare sig en samhällelig eller ekonomisk struktur som är långsiktigt ekologiskt bärkraftig. Detta problem har identifierats som den primära orsaken till tidigare civilisationers krascher (Diamond, 2005; Tainter, 1988; Wright, 2004; White, 1943).

I ett brev till Science Magazine 1982 ställer sig nobelpristagaren Wassily Leontief den retoriska frågan: "Hur länge kommer forskarna arbetandes i angränsande discipliner [...] avstå från att uttrycka allvarlig oro över hur den akademiska nationalekonomin befinner sig i en praktfull isolering?" Leontiefs fråga angriper problemets kärna när han menar att nationalekonomin bör, eller måste, inkorporera andra discipliner för att få till stånd eklektiska diskussioner för att nå långsiktigt optimala lösningar.

De senaste 140 åren har nationalekonomin behandlats som en naturvetenskap där ekonomier är modellerade som cirkulära flöden av inkomst mellan producenter och konsumenter (Hall & Klitgaard, 2011). Inom den neoklassiska nationalekonomin tas inget anspråk till den elementära nödvändigheten av energiflöden eller begränsningen av omgivningens resurser. Eklekticism och holism har lyst med sin frånvaro.

Idag mäter vi tillväxt och storleken på ekonomin genom BNP-måttet, som Nationalencyklopedin (2013) definierar som "det sammanlagda värdet av de varor och tjänster för slutlig användning som har producerats i ett land." BNP är även referensmåttet för välstånd, men anses vara förlegat, då det inte mäter den faktiska välfärden på ett tillfredsställande sätt (Wolvén, 1990; CMEPS, 2009), och har fått kritik därefter. Även SCB vidhåller kritiken av BNP som välfärdsåtgärd: "Välfärd kan inte reduceras till ett sammanfattande index analogt med den ekonomiska statistiken. Istället arbetar man med en uppsättning sociala indikatorer som gemensamt fångar ett brett undersökningsområde" (SCB, 1997 sid. 602).

Alla former av ekonomisk produktion involverar transformation av insatsresurser, som i sin tur kräver energi. Då vare sig insatsprodukterna eller energin finns i oändlig tillgång, och då BNP ökar, eller förväntas öka, så måste resurserna öka i samma takt. Pengar i sig kan inte producera något, men dess symboliska värde kan däremot *köpa* de insatsvaror som gör produktionen möjlig. Även om pengamängden ökar astronomiskt kan inte produktionen, eller BNP, stiga i all oändlighet då de fundamentala insatsvarorna som möjliggör produktionen är begränsade. Allt annat är en matematisk omöjlighet och intuitivt orimligt. Eller som ekonomen Kenneth Boulding uttryckte det i USA:s kongress 1973 angående energifrågan: “Anyone who believes exponential growth can go on forever in a finite world is either a madman or an economist.”

Ekonomin kan således inte vara överställd ekologin, utan ekonomin måste befinna sig inom ekologins ramar för att den ska vara långsiktigt bärkraftig. Detta innebär att konsumtionen måste ta sitt ursprung från ett *flöde* av insatsresurser, där resurserna reproduceras i minst samma takt som konsumtionen (Wright, 2004). Konsumtionen av fossila bränslen är en fas, där den resterande energin bör ha till primär uppgift att fasa ut sig själva för optimal användning.

Ordet ”ekonomi” används idag generellt i en väldigt bred bemärkelse. Dess egentliga innebörd är *läran om hushållande med resurser i ett tillstånd av knapphet* (Nationalencyklopedin, 2013). Denna inställning av hushållande lyser med sin frånvaro i dagens ekonomiska klimat där bolag har till primär uppgift att skapa vinst. Det är absurt att systemet värderar finansiella vinster högre än optimal hushållning och utnyttjning av resurserna. Den ekologiska bärkraften, i form av energins och andra resursers långsiktiga utbud, bör utgöra basen för samhällets konsumtion. Reproduktion bör vara ledstjärnan för framtida produktion, där en kontinuerlig återvinningscykel minimerar avfallet och maximerar nyttjandet. Professorn Herman Daly tangerar detta och menar att samhället snarast måste röra sig mot en *steady state*-ekonomi för att undvika kollaps (Turner, 2007).

Den nödvändiga reformen är inte anti-kapitalistisk, inte anti-amerikansk, eller ens miljöaktivistisk; den är helt enkelt övergången från kortsiktigt till långsiktigt tänkande. Från vårdslöshet och överflöd till moderation och försiktighetsprincipen. (Wright, 2004, s. 131, [författarens översättning])

Är resurserna systemviktiga, vilket de fossila bränslena odiskutabelt är, innebär en överkonsumtion gentemot reproduktionen av sagda resurser att systemet tids nog oundvikligen kollapsar (Tainter, 1988; Diamond 2005; Wright, 2004; White, 1959). Fortsätter vi på den bana vi är inne på nu, kommer även vår civilisation att kollapsa då dagens konsumtion av energi vida överstiger det långsiktiga energiutbudet (Jackson, 2011).

Dagens överkonsumtion av energi kommer leda till ett successivt tilltagande knapphetsproblem, vilket i sin tur kommer leda till ekonomiska kontraktioner. Detta då produktionen förutsätter ett aldrig sinande flöde av insatsvaror som inte kommer kunna levereras. Tar de ekonomiska kontraktionerna för stora proportioner så kan recessionerna övergå till depressioner, där termen

kollaps kan användas synonymt med en långvarig depression. Att föredra vore då att redan på förhand minska den ekonomiska komplexiteten i form av produktion och konsumtion för att på bästa sätt föregå morgondagens knapphetsproblematik. En ordnad ekonomisk kontraktion är bättre än en oordnad kollaps.

4.5 Post-materialistiska värderingar

En möjlig lösning vore att inventera vilka resurser som kan konsumeras kontinuerligt, d.v.s. där reproduktionstakten är större eller densamma som konsumtionen, för att se vilket utbud som kan erbjudas kontinuerligt på lång sikt. Man bör således inventera det nationella långsiktiga energi- och resursutbudet och därefter lägga den nationella efterfrågan på samma nivå. Sannolikt kommer den nya långsiktiga jämviktspunkten vida understiga dagens konsumtionsnivå.

Rent praktiskt innebär det att människor *måste* släppa de materiella normerna som präglar dagens samhälle och utveckla en post-materialistisk värdegrund (Jackson, 2011). Detta bör ändå inte ses som ett problem, jämlikhetsforskarna Richard Wilkinson och Kate Pickett förklarar varför:

I tusentals år har en ökning av den materialistiska levnadsstandarderna varit det bästa sättet att förbättra livskvaliteten. Så länge nöden stod för dörren var definitionen av goda tider helt enkelt att ha tillräckligt av det man behövde. Men för det stora flertalet i överflödssamhällen rör sig livets problem inte längre om att fylla magen, ha tillgång till rent vatten och hålla sig varm. De flesta av oss önskar att vi kunde äta mindre snarare än mer, och för första gången i historien är de fattiga i genomsnitt fetare än de rika. Ekonomisk tillväxt, som under så lång tid var framstegets starka drivkraft, har till största delen spelat ut sin roll i de rika länderna. Det är inte bara så att den ekonomiska tillväxten upphört att leda till större lycka och välstånd, utan i takt med att överflödssamhällena blivit rikare har den efter hand lett till oro, depressioner och en rad andra sociala problem har ökat. Befolkningen i de rika länderna har nått slutet på en lång historisk resa (Wilkinson & Pickett, 2010, s. 21).

Wright (2004) menar att västerländska civilisationer fortfarande har de tankar och värderingar som uppkom under upplysningen i form av en framstegstro, definierat av Pollard (1968) som: ”Antagandet att ett mönster av förändring existerar i hela människlighetens historia [...] att den består av irreversibla förändringar i endast en riktning, och den riktningen är förbättring”. Trots den problematiska naturen av detta ideal, är just detta ideal av framsteg fortfarande dominerande i hela den västerländska kulturella traditionen (Collingwood, 1946). Den nödvändiga reduktionen av materiell konsumtion behöver inte innebära en lägre välfärd, därför konsumtion kan ha en negativ nyttoinverkan. Nilsson, et al. (2013) menar att:

Här bör vi omedelbart slå hål på myter att all normförändring följer en mänsklig grundläggande drivkraft i riktning mot bekvämlighet, habegär eller annan hedonism, vilket skulle vara människors eller samhällets grundläggande mål och drivkraft (Nilsson, et al., 2013, s. 47).

En attitydförändring gentemot de produkter och tjänster som bör prioriteras måste uppstå för långsiktig hållbarhet, dock är detta en process som sker över generationer. ”Energianvändning

och resursförbrukning är inte bara ett resultat av människors individuella val, utan följer på ett samhälls kulturella värderingar och materiella villkor” (Naturvårdsverket, 2011, s. 31).

Även empiriskt har inkomstökningen som rått de senaste 30-50 åren i länder med generellt hög inkomstnivå inte gett en motsvarande ökning av landets genomsnittliga lyckonivå (Argyle, 1999). Denna avtagande marginalnytta av materiellt välstånd gentemot välbefinnandet kallas för ”Easterlin-paradoxen” (Easterlin, 1974), och är i synnerhet märkbar i samhällen där genomsnittslönen är över 100 000 kronor per år.

Inkomst är en viktig faktor i välbefinnandet, men dess viktighet består mycket mer av ett relativt värde gentemot det övriga samhället än dess absoluta värde (Argyle 1999; Layard 2005). Den absoluta inkomstnivån är viktig för att tillgodose de basala behoven, vilket för tankarna instinktivt till Maslows hierarkistege (1943). Utöver det är margineffekten högst avtagande gällande de subjektiva värderingarna av behov och tillfredsställelse (Easterlin, 2001). Det är således den relativa ekonomiska positionen som avgör hur pass subjektivt lycklig man är. Individer i mer ojämlika samhällen är i regel olyckligare än i mer jämlika samhällen, där den absoluta inkomstnivån spelar en marginell roll i sammanhanget (Wilkinson & Pickett, 2010, s. 21).

Den överdrivna materialistiska konsumtionen är således både onödig och i det långa loppet ohållbar. Högre inkomst ökar inte välbefinnandet, då människor använder pengar till sådant som inte ger dem tillfredsställelse, utan egentligen handlar det om att inte ha det sämre än grannen (Frank, 2004). Det är återigen den relativa rikedomen och den sociala statusen som skänker tillfredsställelse. Människor skulle få mer frihet och mer lycka om de lade mindre pengar på statushöjande konsumtion, men endast under förutsättningen att omgivningen gör samma val (Naturvårdsverket, 2011, s. 32). Status behöver inte vara synonymt med ekonomiska resurser.

Dock leder ekonomisk otrygghet och osäkerhet till att människor blir mer benägna att fokusera på materiella behov, vilket tar sin kulmen under ekonomiska recessioner. Dock påverkas lyckan för människor med materialistiska värderingar negativt då dessa ”saker” inte har något egenvärde (Kasser, 2002). Materialistiska värderingar korrelerar även med en starkare ovilja till samhälleliga förändringar, vilket ytterligare försvårar ett normskifte (Burroughs & Rindfleisch 2002; Schwartz & Boehnke 2004). Men skiftet måste ske, på ett eller annat sätt.

Dagens ekonomiska system ger upphov till ett påtagligt resursslöseri, illustrerat av dagens massivt ökande volymer av avfall och sopor (Economic Times, 2013; WMW, 2013). Man bör övergå till en ekonomi där resursernas värde prioriteras högst, där man effektiviserar hela produktions- och konsumtionskedjan för att minimera resurssvinnet. Den ekonomiska målsättningen är att utifrån resurserna kunna ge populationen ett optimalt välstånd som resurserna kan uppbringa på lång sikt, vilket är problematiskt då individers prioriteringar och värderingar är högst subjektiva.

Det marknadsekonomiska systemet har inte hushållit med resurserna utan har fungerat, och kommer fortsatt fungera, katalyserande för energikonsumtionen. Ett nytt system där resursernas optimala förbrukning prioriteras är oförenligt med vinstincitamentet. En demokratisering av beslutsprocessen i energiresursernas användning måste komma till upphov, där icke-materialistiska normer bör sätta agendan. Rent praktiskt kan det ta form genom en demokratisk hushållningsekonomi³¹ – där medborgarna själva får rösta om hur de vill att energiresurserna ska fördelas. Detta dock under förutsättningen att utvecklingen sker ”utan att äventyra kommande generationers möjligheter att tillfredsställa sina behov” som är definitionen på hållbar utveckling enligt *Brundtlandrapporten* (1987).

³¹ Inte att förväxlas med kommandoekonomi, som är toppstyrd och som ofta används synonymt med kommunism.

5. Avslutande sammanfattning

Uppsatsen behandlar en regressionsmodell över 23 europeiska länder mellan åren 1975 och 2011. Modellen baseras på en Cobb-Douglas-modell, men modellen tillför även energi som oberoende produktionsfaktor. Till skillnad från andra modeller (exempelvis Ghali & El-Sakka, 2004; Lee, 2006; Narayan & Smyth, 2008) som inkluderar energi så har uppsatsens modell brutit ner energin i beståndsdelarna olja, kol, gas, vattenkraft, kärnkraft samt samlingstermen förnyelsebara energislager. Modellens resultat påvisar ett starkt samband mellan tillväxten i energikonsumtionen och ekonomisk tillväxt, mätt som BNP, i de europeiska länderna. Konsumtionen av olja och kol visar på högst signifikans, samt störst parameterestimater, av energislagen. Till exempel så skulle Greklands och Italiens BNP minska med 3,3 procent respektive 2,9 procent om oljekonsumtionen avtog med tio procent.

Detta kan ge upphov till problem. Idag består över 80 procent av den globala konsumtionen av fossila bränslen (British Petroleum, 2012). Dessa resurser är ändliga och präglas av en successivt ökande knapphet. Denna knapphet kommer att nå en tröskelnivå där utbudet inte längre kan matcha efterfrågan och följaktligen resultera i prisökningar. Detta skedde för oljepriset 2005 då oljesektorn gick från att vara elastisk till inelastisk (Murray & King, 2005). Det stämmer bra med prognoserna som visar att produktionstoppen av olja, det vill säga att när man inte längre kan öka utbudet, är nära förestående eller redan har skett (UKERC, 2009; IEA, 2012).

Den återstående oljan är mer svåråtkomlig och av successivt sämre kvalitet (Hughes, 2013), vilket innebär att extraheringen blir gradvis dyrare, i form av lägre energiavkastning relativt energiinvesteringen (EROI) (Lambert, 2012; Hall, 2013). De okonventionella resurserna kommer inte att adekvat kunna fasa ut de konventionella resurserna (Hughes, 2013). Utbudet av fossila bränslen i sin helhet kommer stagnera kommande decennier. Efterfrågan ser dock inte ut att mattas av då den totala energiefterfrågan väntas öka med 56 procent mellan 2010 och 2040 (EIA, 2013). Priset reflekterar jämviktspunkten mellan utbud och efterfrågan, och kommer otvivelaktigt att stegvis finna högre jämviktspriser.

Under sådana omständigheter bör nationer försöka fasa ut de fossila bränslena, i synnerhet olja, ur sin energimix för att på bästa sätt hantera de kommande prishöjningarna. Som modellens resultat visar korrelerar energikonsumtionen med den ekonomiska tillväxten, och då energipriserna tenderar att öka påfrestar det nationella ekonomier (Hall & Klitgaard, 2011).

Att byta energifaciliteter tar runt 30 till 40 år att genomföra och är ett kostsamt projekt. De två tidigare skiftena av den primära energikällan, ved till kol respektive kol till olja, skedde med hjälp av marknadens allokeringsfunktion, där pengar söker sig till den lukrativaste investeringen – vilket dessa energiskiften innebar. Skiftet *från* olja måste dock ske av en nödvändighet när utbudet successivt decimeras. Om nationer ska fasa ut oljan så bör denna övergång hellre ske förr än

senare då de nödvändiga energiinsatserna som behövs för att byta energisystem kommer drabbas av ett successivt högre pris.

Problemet är dock att det inte finns något fullgott alternativ att skifta till. Vattenkraften har bara vuxit marginellt sedan 1965 i Europa (British Petroleum, 2012), då det inte finns några fler tillgängliga forsar eller älvar att exploatera. Kolet och gasen kan inledningsvis fasa ut oljan, men det är bara konstgjord andning. De kommer uppleva samma knapphetsproblematik som oljan står inför idag (Hall & Klitgaard, 2011). De förnyelsebara energikällorna, då primärt vind- och solkraft, kan inte leverera den kvantitet, och är inte heller lika applicerbar, för att kunna substituera oljans successiva bortfall (Hall & Klitgaard, 2011). Kärnkraften är ett sånär fullgott alternativ, men även där kommer knapphetsproblematiken att bli ett tilltagande problem. Det nödvändiga uranet är en ändlig resurs och kommer uppskattningsvis bara räcka i 100 år till i dagens konsumtionsnivå mätt (IAEA, 2011).

De inledande exploaterarna av de fossila bränslena tog inte hänsyn till de konsekvenser det successiva bortfallet medförde – ett resursberoende samt en tilltagande knapphet. Detta då volymen ansågs så stor att den behandlades som oändlig på marknaden (Hamilton, 2012, s. 4). Denna process har pågått kontinuerligt sedan industrialismens begynnelse (Smil, 1994).

Billiga och lättåtkomliga energiinsatser var en förutsättning för den massiva tillväxt som vår civilisation upplevt senare århundraden. Hela det ekonomiska systemet uppkom under denna period av ekonomisk tillväxt. Nu håller detta resursöverskott förbytt till ett tillstånd av knapphet. Produktionstoppen av olja är förestående, och då detta sker parallellt med en accelererande efterfrågan kommer det leda till högre energipriser. Dessa högre energipriser försvårar en ekonomisk tillväxt, och ett framtida scenario av ihållande ekonomisk kontraktion är möjligt.

Problematiken behandlas även ur andra aspekter och abstraktionsnivåer, där civilisationer och samhälls komplexitet är i blickfånget. Teorierna kan summeras till att den aggregerade konsumtionsnivån måste understiga den långsiktiga ekologiska bärkraften – annars kollapsar systemet.

En tänkbar lösning för både individer, nationer, och för den industriella civilisationen som helhet, är att reducera konsumtionen så att den kan matcha det långsiktiga utbudet. Detta utbud bör baseras på resurser där konsumtionstakten understiger reproduktionstakten. För att få till stånd en sådan omställning måste en förändring ske i de samhällsliga normerna som präglar individens konsumtionsmönster. En sådan förändring är möjlig, och förmodligen den bästa vägen ur den knapphetsproblematik det avtagande oljeutbudet bär med sig. En strävan efter ständig ekonomisk tillväxt, i form av tilltagande konsumtion, är varken önskvärd eller möjlig, då de underliggande energiresurserna är ändliga (Jackson, 2011).

6. Förslag till fortsatt forskning

1. Kopplingen mellan det finansiella och monetära systemet med hänsyn till en eventuell ekonomisk kontraktion är av betydande intresse för framtiden. Pengar skapas idag av att banker lånar ut pengar, i form av skuld, till individer och andra aktörer. Dessa pengar ska betalas tillbaka med ränta, vilket innebär att om man summerar alla monetära medel så understiger summan den totala skulden. Detta är i sig hanterligt så länge systemet växer, men skulle det ske en långvarig ekonomisk kontraktion så kan detta ta oanade konsekvenser.

Ett grundproblem är att det monetära systemet tar sig uttryck genom pengar, som fyller tre funktioner; som värderingssystem, betalningsmedel och värdelagrare. Då BNP, som är ett mått på ekonomins storlek, kräver insatsvaror för att produktion ska vara möjlig, så bör rimligtvis ekonomin som helhet förutsättas av resursbasen. Pengar skapar inte produktion, utan de underliggande resurserna pengar symboliserar gör det. Pengar har inget egenvärde. De underliggande tillgångarna kan liknas med jordens resursbas, där reproduktionen sker i en måttfull takt. Det är således orimligt att penningmängden ökar snabbare än de underliggande tillgångarnas reproduktionstakt, och kan liknas vid ett systemfel.

Då pengar skapas genom utlåning – skuld – som det inte finns nog med motsvarande pengar för att betala tillbaka, så kräver ekonomin en evigt expanderande ekonomi – och därmed skuld - för att betala tillbaka de underliggande skulderna. Detta cirkulära system kan ses som den framstegsfälla likt Wright (2004) och Tainter (1988) frammålar. Av resonemanget kan man påstå att hela det ekonomiska systemet är skulddrivet och kräver en aldrig avtagande tillväxt för att inte kollapsa under sin egen tyngd.

En aspekt som uppsatsen bara polerar på ytan är hur det finansiella och monetära systemet förhåller sig till ett tillstånd av ekonomisk kontraktion. Då ett paradigmskifte är förestående, från billiga lättåtkomliga energiresurser till dyra svåråtkomliga energiresurser, så bör även de ekonomiska ramarna revideras. De ekonomiska doktrinerna har formgivits under en period av konstant tillväxt. Skulle denna tillväxt kontrahera över längre tid så är man ute på okänt territorium.

7. Referenslista

- Aghion, P. & Howitt, P., 2009, *The Economics of Growth*. MIT Press. Cambridge, MA.
- Alcott, B., 2005, *Jevons paradox*, *Ecological Economics* Vol. 54, Issue 1, pp. 9-21
- Allen, R. C., 2009, *The British Industrial Revolution in Global Perspective*. Cambridge University Press. Cambridge
- Argyle, M., 1999, *Causes and correlates of happiness*, i Kahneman, D. et al., *Well-being: the foundations of hedonic psychology*. New York: Russell Sage Foundation. xii, 593 p.
- Barsky, R & Lutz, K, 2004, *Oil and the Macroeconomy since the 1970s*. *The Journal of Economic Perspectives*, Vol. 18, Issue 4, pp. 115-134
- Boulding, K. (ackrediterad till) : United States. Congress. House, 1973, *Energy reorganization act of 1973: Hearings, Ninety-third Congress, first session, on H.R. 11510*. p.248
- Brown, J, 2012, *An Update On Global Net Oil Exports: Is It Midnight On The Titanic?*. *Energy Bulletin*, April 24, 2012
- Brundtland, G. H., 1987, *Report of the World Commission on environment and development: our common future*. United Nations.
- Campbell, C. J., Laherrère, J. H., 1998, *The end of cheap oil*. *Scientific American* pp. 78–83.
- Campbell, C., 2006, *A Crude Awakening: The Oil Crash*, Lava Production.
- Cheng, B., 1995, *An investigation of cointegration and causality between energy consumption and economic growth*, *Journal of Energy and Development*, Issue 21, pp. 73–84.
- Clark, B., 1998, *Principles of political economy: A comparative approach*, Westport, Connecticut: Praeger.
- Collingwood; G., et al., 1946, *The idea of history*. Oxford: Clarendon Press.
- Denison, E., 1985, *Trends in American Economic Growth, 1929–1982*. Brookings Institution, Washington, DC.
- Diamond, J, 1987, *The Worst Mistake in the History of the Human Race*, *Discover Magazine*, pp. 64-66.
- Diamond, J., 2005, *Collapse: How societies choose to succeed or fail*. London: Allen Lane.
- Duncan, R.C., Youngquist, W., 2005, *Encircling the Peak of World Oil Production*, *The Social Contract* Vol. 15, Issue 3.
- Easterlin, R., 2001, *Income and Happiness: Towards a Unified Theory*, *The Economic Journal*, 111 (473), 465–84.
- Frank, R., 2004, *How Not to Buy Happiness*, *Daedalus*, 133 (2), 69–79.
- Ghali, K.H., El-Sakka, M.I.T., 2004, *Energy use and output growth in Canada: a multivariate cointegration analysis*, *Energy Econ*, Issue 26, pp. 225–238.
- Grübler, A., 2003, *Technology and Global Change*. Cambridge University Press: Cambridge, Storbritannien. Appendix:
<http://user.iiasa.ac.at/~gruebler/Data/TechnologyAndGlobalChange/>
- Hall, C., Klitgaard, K., 2011, *Energy and the Wealth of Nations: Understanding the Biophysical Economy*; Springer Publishing Company: New York, USA.
- Hall, C.; Balogh, S.; Murphy, D., 2009, *What is the Minimum EROI that a Sustainable Society Must Have?*, *Energies* Issue 2, pp. 25-47.
- Hall, R., Jones, C, 1999, *Why do some countries produce so much more output per worker than others?*, *The quarterly journal of economics* 114.1 pp. 83-116.
- Hamilton, J, 2011, *Historical Oil Shocks*, National Bureau of Economic Research, Working Paper No. 16790.
- Hamilton, J., Herrera, A., 2003, *Oil shocks and aggregate macroeconomic behavior: the role of monetary policy*, *Journal of Money, Credit, and Banking*.
- Hamilton, J., 2009, *Causes and Consequences of the Oil Shock of 2007-08*, *Brookings Papers on Economic Activity*, pp. 215-261.

- Hamilton, J., 2012, *Oil Prices, exhaustible resources, and economic growth*, National Bureau of Economic Research.
- Heinberg, R., 2010, *Peak everything: waking up to the century of declines*. New Society Publishers.
- Hickerson, R.L., 1995, *Hubbert's Prescription for Survival, A Steady State Economy*.
- Hill, M., Löf, P., Pettersson, T., 2008, *Sveriges ekonomi. Scenarier på lång sikt*.
- Höök, M., et al., 2010, *Global coal production outlooks based on a logistic model*, *Fuel* 89.11: 3546-3558.
- Hotelling, H., 1931, *The Economics of Exhaustible Resources*, *Journal of Political Economy*, Vol. 39, No. 2, pp. 137-175.
- Hubbert, M. K., 1956, *Nuclear Energy and the Fossil Fuels*, Houston, TX, Shell Development Company, Publication No. 95, pp. 1–40.
- Hughes, D., 2013, *Drill, Baby, Drill: Can Unconventional Fuels Usher in a New Era of Energy Abundance?* Post Carbon Institute.
- Jackson, T., 2011, *Prosperity without growth: Economics for a finite planet*. Routledge.
- Jacob, V., Sharma, S. C., & Grabowski, R., 1997, *Capital stock estimates for major sectors and disaggregated manufacturing in selected OECD countries*, *Applied Economics*, Issue 29, pp. 563–579
- Jakobsson, K. 2012, *Petroleum Production and Exploration: Approaching the End of Cheap Oil with Bottom-Up Modeling*, Acta Universitatis Upsaliensis. Uppsala, Sverige
- Jones, D., Leiby, P., Paik, I., 2004, *Oil Price Shocks and the Macroeconomy: What Has Been Learned Since 1996?*, *The Energy Journal*, Vol. 25, Issue 2, pp. 1-32
- Kasser, T., 2002, *The high price of materialism*, The MIT Press.
- Lambert, J., Hall, C., et. al., 2012, [EROI of Global Energy Resources Preliminary Status and Trends](#). State University of New York, College of Environmental Science and Forestry.
- Layard, R., 2005, *Happiness: lessons from a new science*. New York: Penguin Press.
- Lee, C.C., 2006, *The causality relationship between energy consumption and GDP in G-11 countries revisited*, *Energy Policy*, Issue 34, pp. 1086–1093.
- Malthus, T. P., 1798, *An Essay on the Principle of Population*, Reprint (1998). Amherst, NY: Prometheus Books.
- Maslow, A.H., 1943, *A theory of human motivation*, *Psychological Review*, 50(4), pp. 370-96.
- Meadows, D. H., et al., 1972, *The Limits to Growth: A Report to The Club of Rome*. Universe Books, New York.
- Mill, J. S., 1848, *Principles of Political Economy with Some of Their Applications, Social Philosophy*.
- Murray, J., King, D., 2012, *Climate policy: Oil's tipping point has passed*. *Nature* 481.7382 pp. 433-435.
- Narayan, P., Smyth, R., 2008, *Energy consumption and real GDP in G7 countries: New evidence from panel cointegration with structural breaks*, *Energy Economics*, Volume 30, Issue 5, September 2008, pp. 2331–2341.
- Naturvårdsverket, 2011, *Klimatomställningen och det goda livet*. Stockholm: SNV, Rapport 6458.
- Nilsson, L.J., Khan, J. (red), et al., 2013, *I ljuset av framtiden: Styrning mot nollutsläpp år 2050*, LETS2050, Lunds universitet
- Nordhaus, W. D., Boyer, J., 2000, *Warning the World: Economic Models of Global Warming*. MIT Press
- Nordhaus, W. D., Radetzki, M., 1994, *Managing the global commons: the economics of climate change*. Vol. 31. Cambridge, MA: MIT press.
- Pagel, M., 2012, *Wired for Culture: Origins of the Human Social Mind*. W. W. Norton & Company
- Patzek, T. W., Croft, G. D., 2010, *A global coal production forecast with multi-Hubbert cycle analysis*, *Energy* 35.8: 3109-3122.
- Petroleum Intelligence Weekly, 2006, *Oil Reserves Accounting: The Case of Kuwait*, Energy Intelligence.
- Pollard, S., 1968, *The idea of progress: history and society*. Watts, London.
- Ricardo, D., Li, Q., 1819, *The principles of political economy and taxation*. Ed. Edward Carter; Kersey Gonner; J. Milligan.
- SCB, 1997, *Välfärd och ojämlikhet i 20-årsperspektiv 1975–1995*, Rapport 91 i serien Levnadsförhållanden, Stockholm.

- Smil, V, 1994, *Energy In World History*. Westview Press: Boulder
- Smil, V., 2010, *Energy Transitions - History, Requirements, Prospects*. Praeger
- Solow, R., 1978, *Resources and economic growth*, American Economics. Issue 22, pp. 5–11.
- Soytas. U., Sari. R, 2006, *Energy consumption and income in G7 countries*. Journal of Policy Modeling, Issue 28, pp. 739–750.
- Stephens, H., Stephens, V., Cochran, J, 2004, *Running on empty revisited: lessons of the past for fuels of the future*, Preperation Paper for American Chemistry Society, Division Fuel Chemistry Vol.49, Issue 2.
- Stern, D. I., 1993, *Energy use and economic growth in the USA: a multivariate approach*. Energy Economics Issue 15, pp. 137–150.
- Stern, D. I., 2000, *A multivariate cointegration analysis of the role of energy in the U.S. macroeconomy*. Energy Economics Issue 22, pp. 267–283.
- Stern, D.I., 2011, *The role of energy in economic growth*. Annals of the New York Academy of Sciences 1219.1 (2011): 26-51.
- Stern, N., 2007, *The economics of climate change: the Stern review*. Cambridge University Press.
- Tainter, J.A., 1988, *The collapse of complex societies*. Cambridge University Press: Cambridge, Cambridgeshire; New York.
- Terrones, M., et al., 2009, *From recession to recovery: how soon and how strong*. IMF World Economic Outlook: 103-138.
- Turner, G., 2007, *A Comparison of the Limits to Growth with Thirty Years of Reality*. CSIRO Sustainable Ecosystems.
- White, L., 1959, *The Evolution of Culture: The Development of Civilization to the Fall of Rome*. New York, Mac Graw Hill
- Whitmarsh, L., 2009, *Behavioural responses to climate change: Asymmetry of intentions and impacts*, Journal of Environmental Psychology 29(1), 13–23.
- Wilkinson, R. G., Pickett, K., 2010, *Jämlikhetsanden: Därför är mer jämlika samhällen nästan alltid bättre samhällen*. Karneval.
- Wolvén, L.E., 1990, *Jakten på det goda livet: om konsten att fånga välfärd och livskvalitet*. Tema nova. Stockholm: Rabén & Sjögren.
- Wright, R., 2004, *Short History of Progress*. House of Anansi
- Wrigley, E. A., 1988, *Continuity, Chance, and Change: The Character of the Industrial Revolution in England*. Cambridge University Press, Cambridge

Elektroniska källor

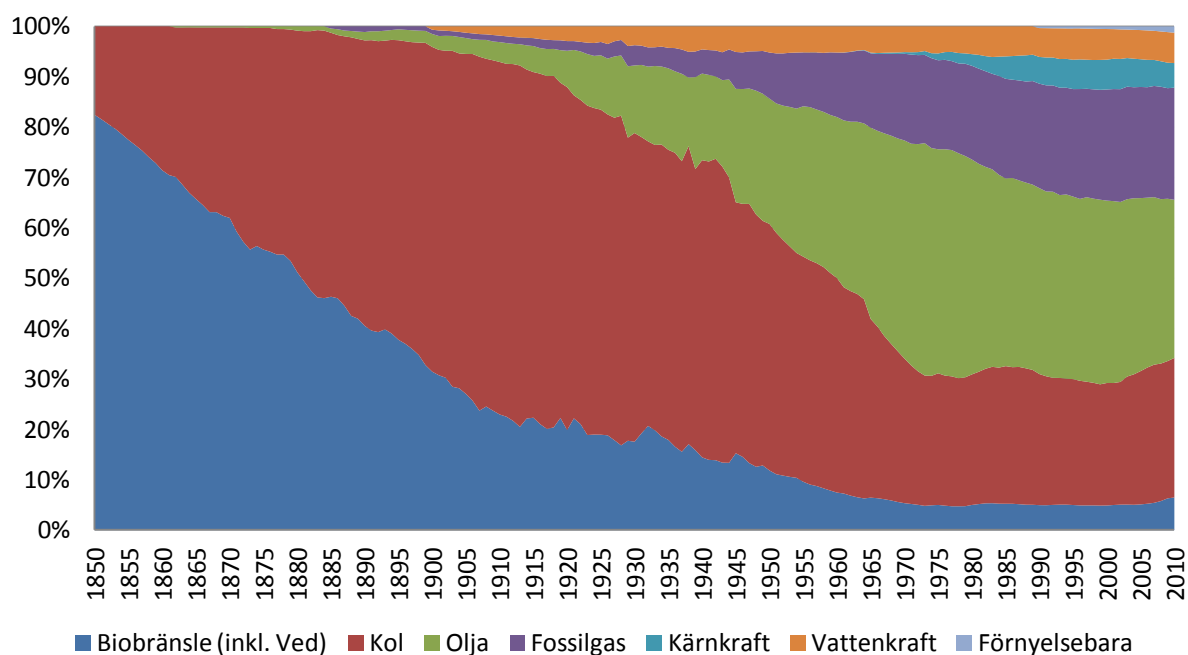
- Barro-Lee, 2013, *A New Data Set of Educational Attainment in the World, 1950-2010*
www.barrolee.com [Hämtad 13-03-29]
- BP (British Petroleum), 2012, *BP Statistical Review of World Energy 2012*, www.bp.com. [Hämtad 13-02-25]
- CBC, 2007, *The price of oil*, <http://www.cbc.ca/news/background/oil/> [Hämtad 13-05-16]
- CMEPS (Commission on the Measurement of Economic Performance and Social Progress), 2009, *The Measurement of Economic Performance and Social Progress Revisited - Reflections and Overview*, (not: kommissionens ledare är Joseph Stiglitz, Amartya Sen and Jean-Paul Fitoussi)
<http://www.stiglitz-sen-fitoussi.fr/en/documents.htm> [Hämtad 13-06-22]
- CNN, 2013, *Oil and Gasoline Fast Facts*, <http://edition.cnn.com/2013/07/30/world/oil-and-gasoline-fast-facts/index.html> [Hämtad 13-08-09]
- Conference board, The, 2013, *Total Economy Database*, <http://www.conference-board.org/data/economydatabase/> [Hämtad 13-03-10]
- Economic Times, The, 2013, *Cities facing garbage disposal problem: Government*,
- Economist, The, 2010, *Engine trouble*, <http://www.economist.com/node/17314626> [Hämtad 13-05-10]

- EIA (U.S. Energy Information Administration), 2012, *International Energy Outlook 2012*, <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm> [Hämtad 13-04-25]
- EIA (U.S. Energy Information Administration), 2013, *International Energy Outlook 2013*, <http://www.eia.gov/forecasts/ieo/index.cfm> [Hämtad 13-08-10]
- FEASTA (The foundation of Economics of Sustainability), 2011, The Great Emissions Rights Give Away, <http://www.feasta.org/documents/energy/emissions2007.htm> [Hämtad 13-06-22]
- Förenta Nationerna, Population Division, 2012, *World Population Prospects: The 2012 Revision*, <http://esa.un.org/wpp/> [Hämtad 13-07-06]
- Guardian, The, 2012, The mathematical equation that caused the banks to crash,
- Hall, C., 2013, "[EROI: definition, history and future implications](http://www.esf.edu/efb/hall/talks/EROI6a.ppt)" (PowerPoint). <http://www.esf.edu/efb/hall/talks/EROI6a.ppt> [Hämtad 13-04-13]
- Hamilton, J., 2012, *Maugeri on Peak Oil*, <http://www.resilience.org/stories/2012-07-19/maugeri-peak-oil>. [Hämtad 13-04-27]
- Economic Times, The, 2013, *Cities facing garbage disposal problem: Government*, http://articles.economictimes.indiatimes.com/2013-05-02/news/38983750_1_garbage-disposal-sanitary-landfill-municipal-solid-waste-management [Hämtad 13-06-06]
- Guardian, The, 2012, The mathematical equation that caused the banks to crash, <http://www.guardian.co.uk/science/2012/feb/12/black-scholes-equation-credit-crunch> [Hämtad 13-05-08]
- IMF (International Monetary Fund), 2012, *The Future of Oil: Geology versus Technology*, <http://www.imf.org/external/pubs/cat/longres.aspx?sk=25884> [Hämtad 13-06-20]
- WMW (Waste Management World), 2013, Waste Management 2030+, <http://www.waste-management-world.com/articles/print/volume-11/issue-2/features/waste-management-2030.html> [Hämtad 13-07-06]
- IAEA (International Atomic Energy Agency), 2011 http://www.iaea.org/OurWork/ST/NE/NEFW/Technical_Areas/NFC/uranium-production-cycle-redbook.html#RedBook [Hämtad 13-07-21]
- IEA (International Energy Agency), 2008, World energy outlook <http://www.worldenergyoutlook.org/media/weowebbsite/2008-1994/WEO2008.pdf> [Hämtad 13-05-25]
- IEA (International Energy Agency), 2010, World energy outlook <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2010/> [Hämtad 13-05-25]
- IEA (International Energy Agency), 2012, World energy outlook 2012, <http://www.worldenergyoutlook.org/publications/weo-2012/> [Hämtad 13-05-25]
- IMF (International Monetary Fund), 2012, *The Future of Oil: Geology versus Technology*, Konjunkturinstitutet, 2012, *Sveriges ekonomi – Ett långsiktsscenario fram till år 2035*, http://www.konj.se/download/18.768d17ac139d0d0248f1d42/Specialstudie+nr+30_webb.pdf [Hämtad 13-04-25]
- Maugeri, L., 2012, *Oil: The Next Revolution*, <http://belfercenter.ksg.harvard.edu/publication/22144/oil.html>. [Hämtad 13-06-02]
- MoneyWeek, 2006, *Why we must take Peak Oil seriously*, <http://moneyweek.com/why-we-must-take-peak-oil-seriously/> [Hämtad 13-06-02]
- Nationalencyklopedin, 2013, www.ne.se [Hämtad 13-05-05]
- Nelder, C., 2012, *Is Peak Oil Dead?*, <http://ftalphaville.ft.com/blog/2012/07/24/1094111/is-peak-oil-dead/>. [Hämtad 13-05-28]
- OCEAN (University of Washington), 2005, *Energy in natural processes and human consumption -some numbers*, <http://www.ocean.washington.edu/courses/envir215/energynumbers.pdf> [Hämtad 13-05-19]
- Sorrell, S., 2012, *Response to Leonardo Maugeri's Decline Rate Assumptions in Oil: The Next Revolution*,

- <http://www.theoil Drum.com/node/9327>. [Hämtad 13-05-05]
- Stiglitz, J., 2010, *Needed: a new economic paradigm*, Financial Times.
<http://www.ft.com/intl/cms/s/0/d5108f90-abc2-11df-9f0200144feabdc0.html#axzz2Z1b7JEJg>
[Hämtad 13-04-25]
- Telegraph, The, 2012, Peak cheap oil is an incontrovertible fact,
http://www.telegraph.co.uk/finance/comment/ambroseevans_pritchard/9500667/Peak-cheap-oil-is-an-incontrovertible-fact.html [Hämtad 13-04-25]
- U.S. Geological Survey, 2008, *90 Billion Barrels of Oil and 1,670 Trillion Cubic Feet of Natural Gas Assessed in the Arctic*, <http://www.usgs.gov/newsroom/article.asp?ID=1980> [Hämtad 13-06-05]
- UKERC (United Kingdom Energy Research Centre), 2009, *Global Oil Depletion*,
http://www.ukerc.ac.uk/support/tiki-download_file.php?fileId=283. [Hämtad 13-04-25]
- WMW (Waste Management World), 2013, Waste Management 2030+,
- Woolsey, 2008, *Destroying Oil's Monopoly and OPEC's Cartel*,
<http://www.usesc.org/JRWGeopoliticsofEnergy0312.pdf> [Hämtad 13-04-27]
- Världsbanken, 2013, *World Development Indicators*, <http://data.worldbank.org/data-catalog/world-development-indicators> [Hämtad 13-05-26]

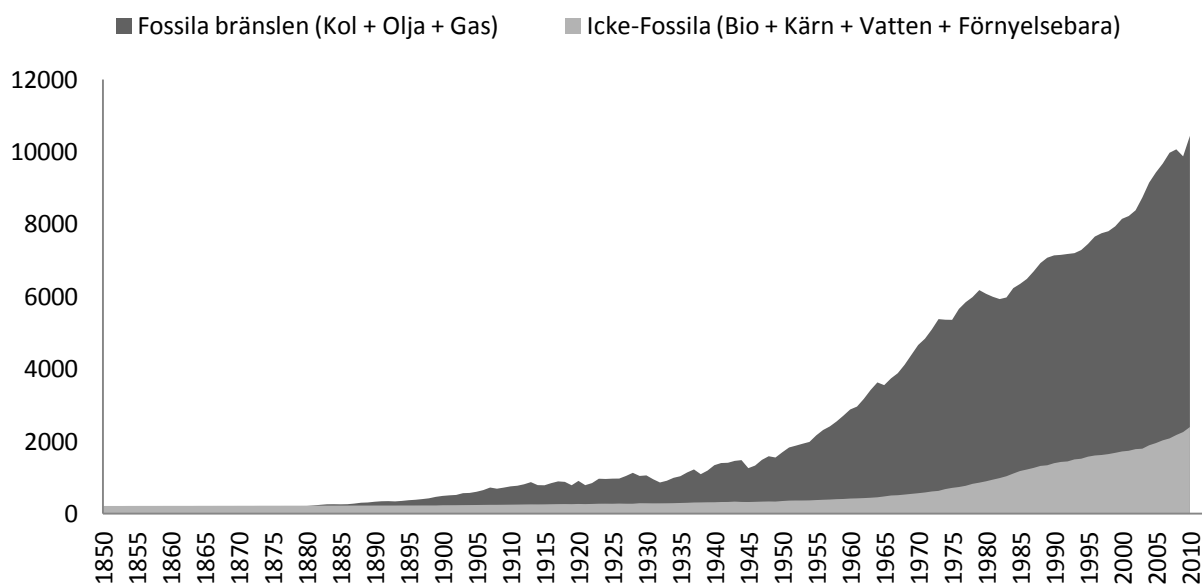
Bilaga 1 – Fördjupningsdiagram av historisk energimix

Figur 4 - Global energimix 1850 - 2010



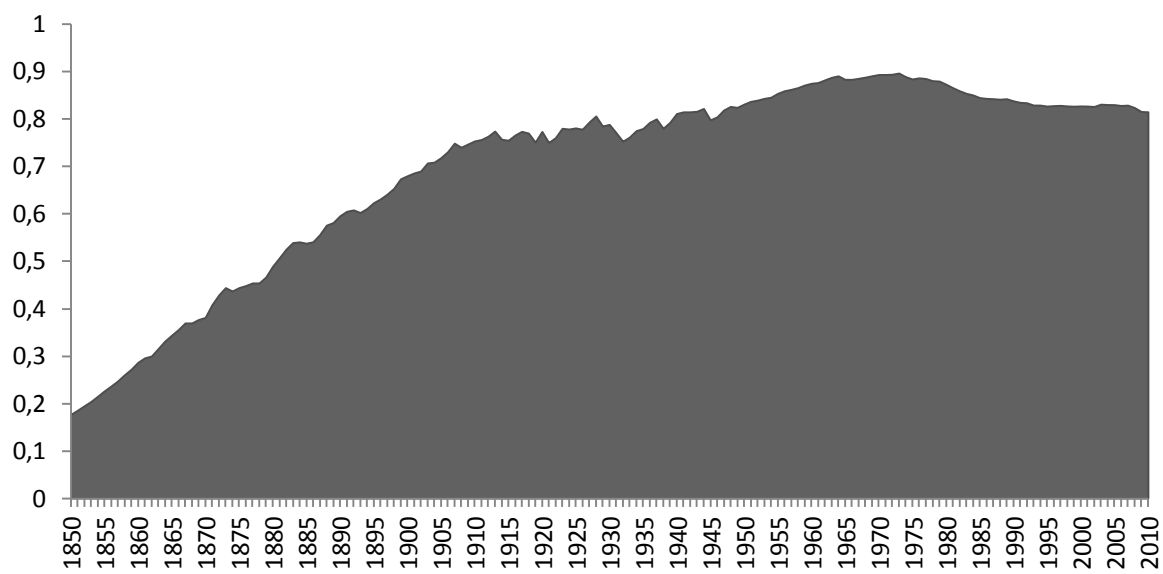
Källa: 1965-2012: BP, 2012; 1850-1964: Grubler, 2003.

Figur 5 – Volym av fossila respektive icke-fossila bränslen 1850 – 2010



Källa: 1965-2012: BP, 2012; 1850-1964: Grubler, 2003.

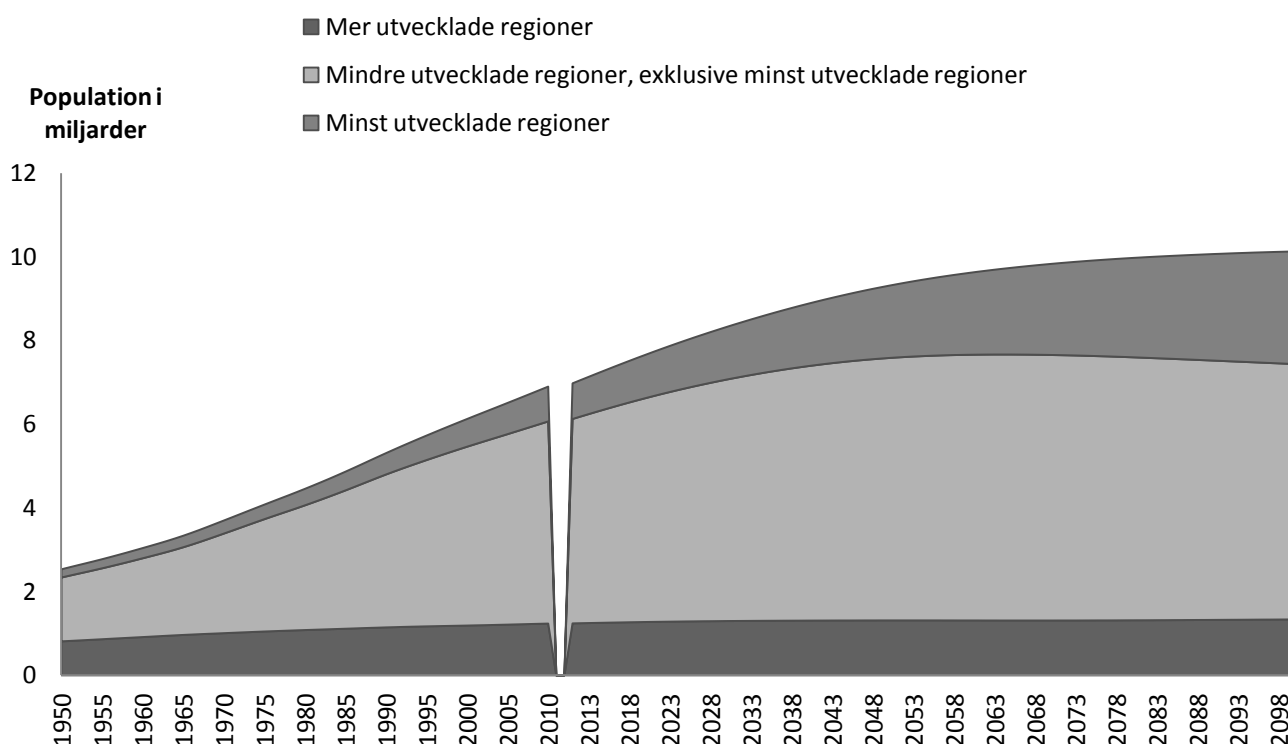
Figur 6 - Andelen fossila bränslen av total energikonsumtion 1850-2010



Källa: 1965-2012: BP, 2012; 1850-1964: Grubler, 2003.

Bilaga 2 – FN:s populationsprognos

Figur 7 - FN:s prognos på världspopulationen 1950-2100 (medium fertility rate)



Källa: Förenta Nationerna, Population Division; World Population Prospects: The 2012 Revision.

Mer utvecklade: Europa, Nordamerika, Australien/Nya Zeeland och Japan.

Mindre utvecklade: Afrika, Asien (förutom Japan), Latinamerika och de Karibiska öarna, Mikronesien och Polynesien, exklusive de minst utvecklade länderna.

Minst utvecklade: 34 i Afrika, 9 i Asien, 5 i Oceanien och ett i Latinamerika och Karibien. Gruppen inkluderar 49 länder – Afghanistan, Angola, Bangladesh, Benin, Bhutan, Burkina Faso, Burundi, Kambodja, Centralafrikanska republiken, Chad, Comoros, Demokratiska republiken Kongo, Djibouti, Ekvatorialguinea, Eritrea, Etiopien, Gambia, Guinea, Guinea-Bissau, Haiti, Kiribati, Laos, Lesotho, Liberia, Madagaskar, Malawi, Mali, Mauretanien, Moçambique, Myanmar, Nepal, Niger, Rwanda, Samoa, São Tomé och Príncipe, Senegal, Sierra Leone, Salomonöarna, Somalia, Sydsudan, Sudan, Östtimor, Togo, Tuvalu, Uganda, Tanzania, Vanuatu, Yemen och Zambia.

Bilaga 3 – Fullständiga regressionsresultat

Tabell 3 – Fullständiga resultat

	Belgien	Bulgarien	Danmark ^A	Finland	Frankrike	Grekland	Irland
Δ Utbildning	-0,447 (1,125)	1,421 (2,160)	-0,279 (0,500)	0,419 (0,613)	0,065 (0,240)	-0,300 (0,511)	-1,315 (1,363)
Δ Kapitalstock	0,771** (0,332)	0,403 (0,314)	-1,077* (0,550)	-0,140 (0,512)	0,497 (0,360)	0,938*** (0,232)	-0,290 (0,270)
Δ Sysse l sättning	0,930*** (0,283)	0,360 (0,282)	1,401*** (0,339)	1,113*** (0,170)	1,037*** (0,214)	0,138 (0,247)	1,158*** (0,198)
Δ Olja	0,041 (0,042)	0,184** (0,076)	0,114** (0,052)	0,038 (0,105)	0,031 (0,055)	0,326*** (0,077)	-0,043 (0,061)
Δ Gas	-0,017 (0,036)	-0,021 (0,063)	0,000 (0,009)	0,073* (0,040)	-0,030 (0,037)	0,014 (0,012)	0,021 (0,024)
Δ Kol	0,083** (0,031)	-0,032 (0,132)	0,007 (0,015)	0,015 (0,018)	0,036* (0,020)	0,050* (0,029)	-0,024 (0,033)
Δ Kärnkraft	0,065*** (0,072)			0,024 (0,021)	-0,002 (0,013)		
Δ Vattenkraft	0,001 (0,009)	-0,004 (0,026)		0,044* (0,025)	0,015 (0,012)	0,011 (0,014)	-0,025 (0,018)
Δ Förnyelsebar	-0,20 (0,033)		0,056* (0,030)	0,082 (0,053)	-0,061** (0,023)	-0,008 (0,008)	-0,000 (0,011)
R ²	0,514	0,387	0,517	0,664	0,641	0,566	0,753
Jarque Berra	0,936	0,235	0,131	0,105	0,507	0,976	0,543
White	0,304	0,758	0,028	0,708	0,510	0,696	0,702
Breusch-Godfrey	0,397	0,972	0,638	0,169	0,648	0,868	0,845

Note: Testerna är angivna i p-värden.

^A Modellens residualer lider av heteroskedasticitet och har korrigerats med Whites robusta standardfel.

^B Modellens residualer lider av autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

	<i>Italien</i>	<i>Nederländerna</i>	<i>Norge</i>	<i>Polen^B</i>	<i>Portugal^D</i>	<i>Rumänien</i>	<i>Schweiz^B</i>
<i>ΔUtbildning</i>	1,753 (1,044)	1,561 (1,303)	1,264*** (0,438)	-1,405 (1,700)	0,788 (0,482)	-7,023*** (2,153)	0,468 (0,368)
<i>ΔKapitalstock</i>	0,043 (0,487)	0,889 (0,594)	-0,232 (0,226)	0,934* (0,517)	0,325 (0,428)	0,850** (0,391)	1,317 (0,929)
<i>ΔSyssestättning</i>	0,376 (0,244)	0,433 (0,333)	0,660*** (0,203)	0,664*** (0,299)	0,532** (0,222)	0,032 (0,305)	0,329 (0,329)
<i>ΔOlja</i>	0,289*** (0,076)	0,094* (0,050)	0,104* (0,055)	0,197 (0,118)	0,104* (0,077)	0,182*** (0,061)	0,015 (0,049)
<i>ΔGas</i>	0,047 (0,035)	0,075 (0,049)	-0,013 (0,025)	0,092 (0,164)	0,004 (0,010)	0,256** (0,102)	-0,008 (0,062)
<i>ΔKol</i>	0,101*** (0,023)	0,036 (0,025)	0,052** (0,021)	0,098 (0,132)	0,011 (0,020)	0,111* (0,057)	0,025* (0,013)
<i>ΔKärnkraft</i>		0,008 (0,016)				0,034 (0,025)	0,024 (0,029)
<i>ΔVattenkraft</i>	0,014 (0,015)		-0,015 (0,028)	0,002 (0,050)	0,010 (0,013)	0,022 (0,045)	0,005 (0,022)
<i>ΔFörnyelsebar</i>	-0,028 (0,032)	0,000 (0,032)	-0,052** (0,022)	-0,008 (0,031)	0,017 (0,049)	0,049 (0,013)	0,060 (0,045)
<i>R2</i>	0,782	0,487	0,404	0,444	0,322	0,631	0,390
<i>Jarque Berra</i>	0,637	0,004	0,419	0,785	0,714	0,752	0,505
<i>White</i>	0,147	0,804	0,847	0,295	0,078	0,247	0,174
<i>Breusch-Godfrey</i>	0,166	0,165	0,116	0,035	0,042	0,181	0,088

Note: Testerna är angivna i p-värden.

^A Modellens residualer lider av heteroskedasticitet och har korrigerats med Whites robusta standardfel.

^B Modellens residualer lider av autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

	<i>Slovakien</i> ^B	<i>Spanien</i> ^A	<i>Storbritannien</i> ^B	<i>Sverige</i>	<i>Tjeckien</i> ^A	<i>Turkiet</i>	<i>Tyskland</i>
Δ Utbildning	-1,249 (2,335)	0,111 (0,169)	2,767 (3,736)	-0,380 (0,724)	0,719 (0,637)	-0,600 (0,454)	0,161 (0,133)
Δ Kapitalstock	0,637 (1,024)	0,079 (0,227)	-0,709 (0,559)	- 1,546*** (0,499)	1,474** (0,619)	1,079** (0,450)	1,665 (0,539)
Δ Sysse l sättning	0,880*** (0,230)	0,560*** (0,105)	0,867*** (0,243)	1,126*** (0,185)	0,714** (0,286)	-0,345 (0,208)	0,687*** (0,224)
Δ Olja	0,118 (0,084)	0,096* (0,050)	0,127** (0,055)	0,147*** (0,049)	0,108 (0,083)	0,159 (0,114)	0,188*** (0,062)
Δ Gas	-0,035 (0,072)	0,005 (0,023)	0,088 (0,059)	0,012 (0,014)	0,012 (0,053)	0,008 (0,026)	-0,027 (0,058)
Δ Kol	0,073 (0,164)	0,021 (0,017)	0,096*** (0,032)	0,043** (0,020)	0,205** (0,081)	0,227*** (0,075)	0,238*** (0,059)
Δ Kärnkraft	-0,003 (0,006)		-0,026 (0,028)	-0,035* (0,019)	-0,006 (0,019)		0,016 (0,029)
Δ Vattenkraft	0,074** (0,037)	0,004 (0,007)	0,026 (0,016)	0,032 (0,021)	0,016 (0,019)	0,065** (0,028)	0,009 (0,024)
Δ Förnyelsebar		-0,033** (0,013)	0,005 (0,040)	0,067*** (0,020)	-0,005 (0,023)	-0,008 (0,020)	-0,017 (0,024)
<i>R</i> ²	0,508	0,780	0,501	0,628	0,645	0,554	0,578
<i>Jarque Berra</i>	0,956	0,525	0,914	0,541	0,278	0,439	0,443
<i>White</i>	0,100	0,003	0,591	0,850	0,000	0,251	0,133
<i>Breusch-Godfrey</i>	0,036	0,218	0,014	0,841	0,294	0,184	0,123

Note: Testerna är angivna i p-värden.

^A Modellens residualer lider av heteroskedasticitet och har korrigerats med Whites robusta standardfel.

^B Modellens residualer lider av autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

	<i>Ungern</i>	<i>Österrike^A</i>
<i>ΔUtbildning</i>	0,731 (0,643)	-0,563 (1,650)
<i>ΔKapitalstock</i>	0,079 (0,386)	1,171** (0,553)
<i>ΔSysselsättning</i>	0,999*** (0,339)	0,411 (0,332)
<i>ΔOlja</i>	0,179 (0,114)	0,009 (0,904)
<i>ΔGas</i>	0,029 (0,092)	-0,036 (0,065)
<i>ΔKol</i>	-0,035 (0,106)	0,043 (0,036)
<i>ΔKärnkraft</i>	-0,017 (0,048)	
<i>ΔVattenkraft</i>		-0,016 (0,044)
<i>ΔFörnyelsebar</i>	0,012 (0,012)	0,019 (0,023)
<i>R2</i>	0,332	0,144
<i>Jarque Berra</i>	0,117	0,033
<i>White</i>	0,408	0,043
<i>Breusch- Godfrey</i>	0,928	0,850

Note: Testerna är angivna i p-värden.

^A Modellens residualer lider av heteroskedasticitet och har korrigerats med Whites robusta standardfel.

^B Modellens residualer lider av autokorrelation och har korrigerats med Newey-Wests robusta standardfel.

Bilaga 4 – Översatta originalcitat

“[S]ince a large portion of the earth’s surface still remains entirely uncultivated; it is commonly thought, and is very natural at first to suppose, that for the present all limitation of production or population from this source is at an indefinite distance, and that ages must elapse before any practical necessity arises for taking the limiting principle into serious consideration. I apprehend this to be not only an error, but the most serious one, to be found in the whole field of political economy.” (John Stuart Mill, 1848, *Principles of Political Economy*, Book I, Ch. XII, Pt. 2-3) Återfinns på sida 3.

“Problems of exhaustible assets are peculiarly liable to become entangled with the infinite. Not only is there infinite time to consider, but also the possibility that for a necessity the price might increase without limit as the supply vanishes.” (Hotelling, 1931, s. 139). Återfinns på sida 29.

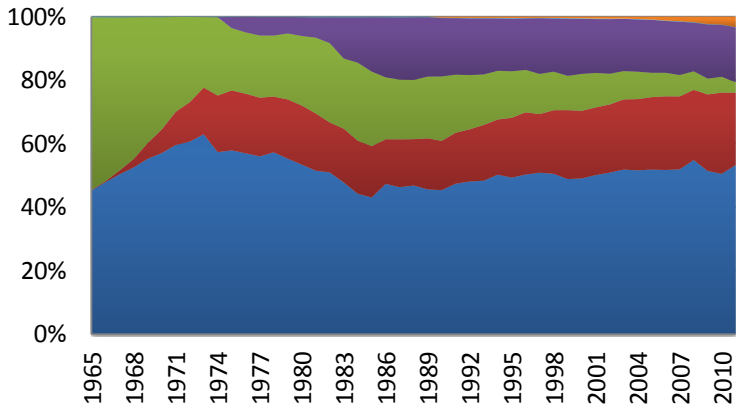
“Changing paradigms is not easy. Too many have invested too much in the wrong models. Like the Ptolemaic attempts to preserve earth-centric views of the universe, there will be heroic efforts to add complexities and refinements to the standard paradigm. The resulting models will be an improvement and policies based on them may do better, but they too are likely to fail. Nothing less than a paradigm shift will do.” (Stiglitz, 2010) Återfinns på sida 32.

“The reform that is needed is not anti-capitalist, anti-American, or even deep environmentalist; it is simply the transition from short-term to long-term thinking. From recklessness and excess to moderation and the precautionary principle.” (Wright, 2004, s. 131) Återfinns på sida 33.

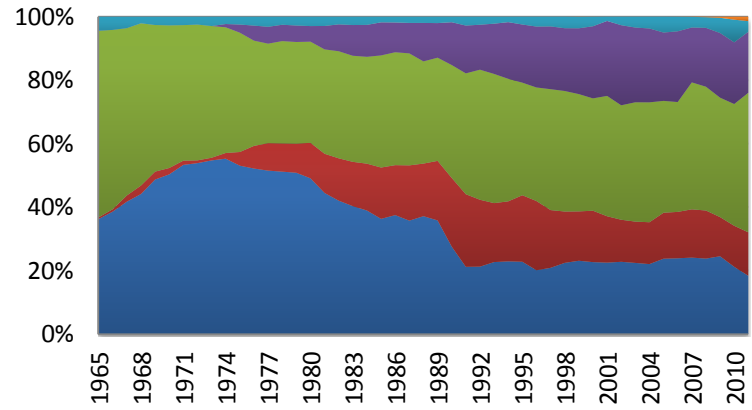
Bilaga 5 – Urvalsländernas energimix 1965 - 2011.

Olja Gas Kol Kärnkraft Vattenkraft Förnyelsebart

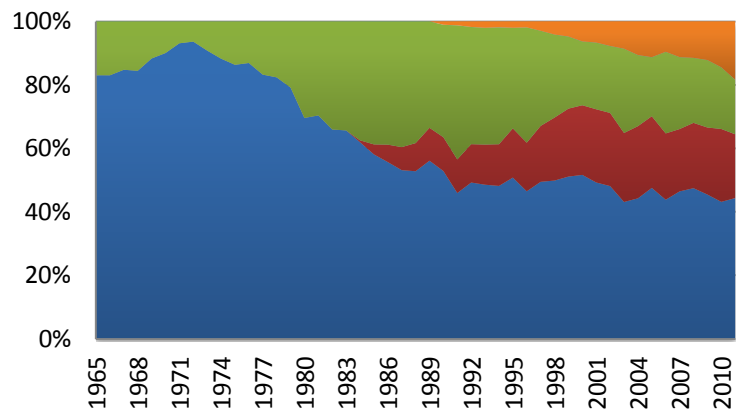
Belgien



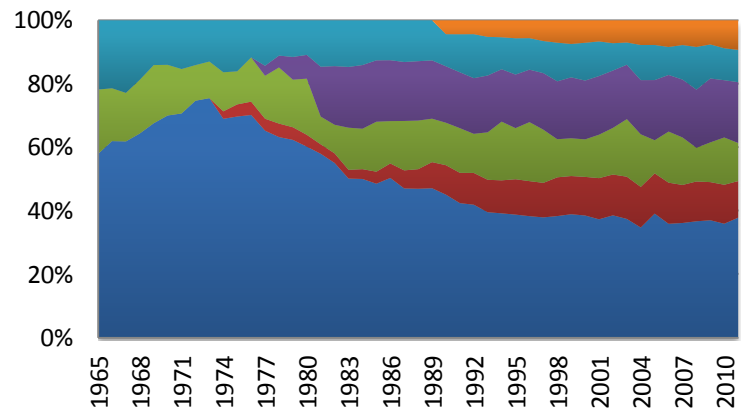
Bulgarien



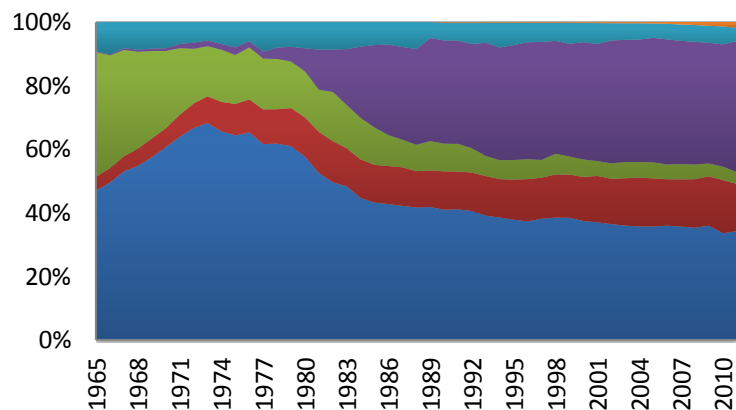
Danmark



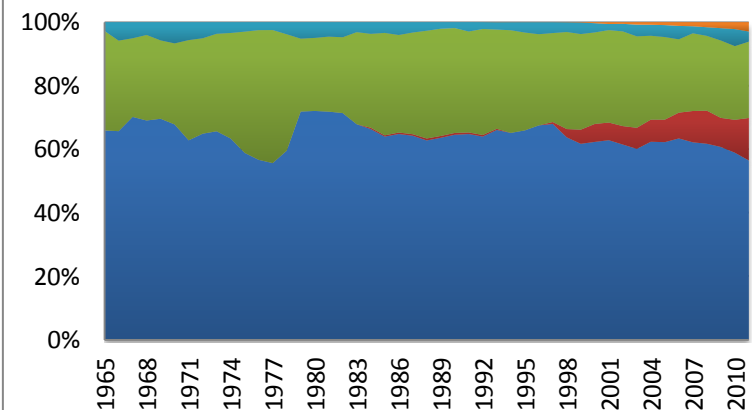
Finland



Frankrike

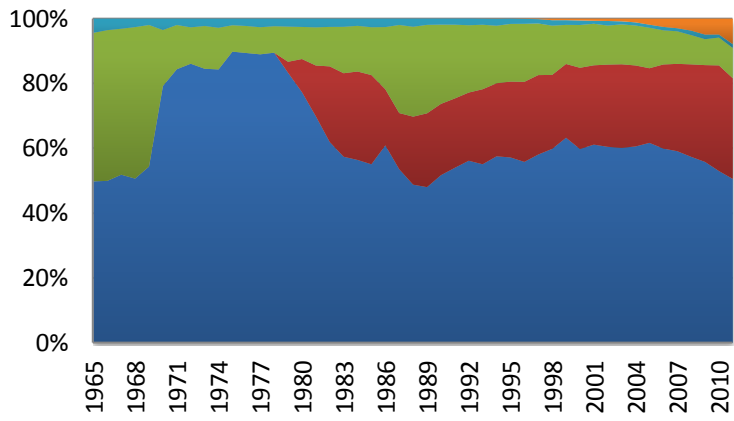


Grekland

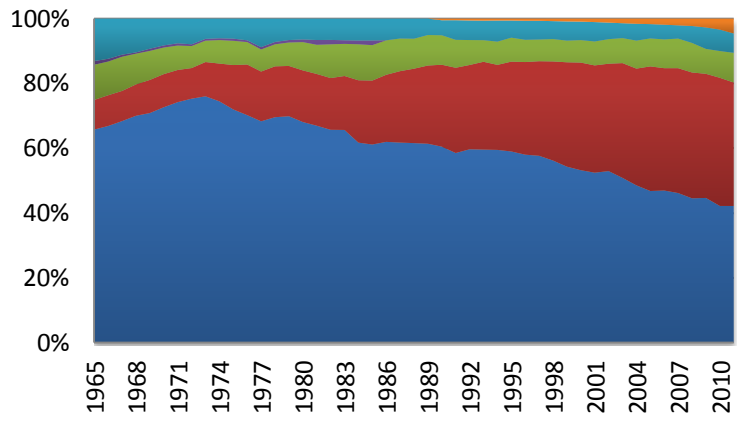


Olja Gas Kol Kärnkraft Vattenkraft Förnyelsebart

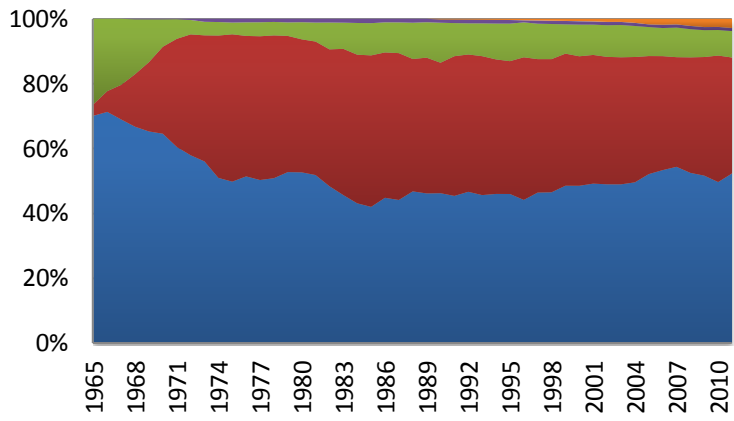
Irland



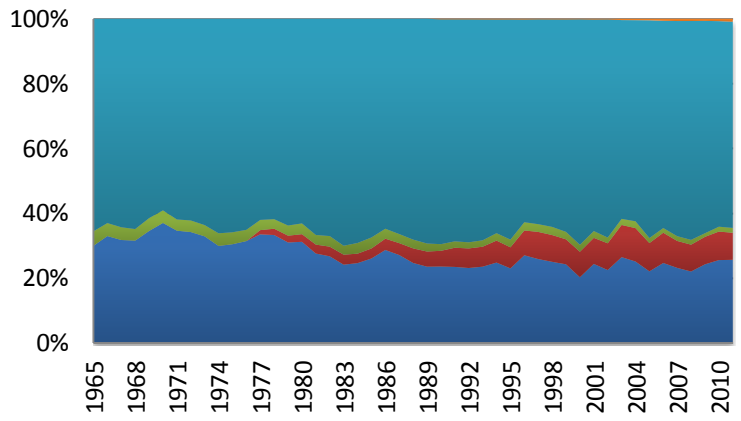
Italien



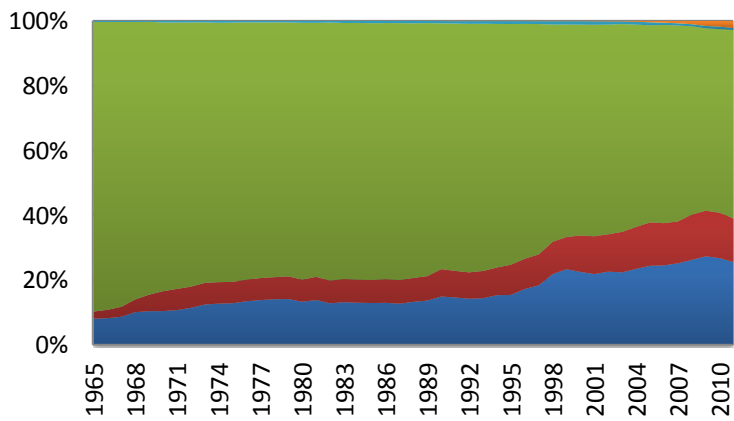
Nederländerna



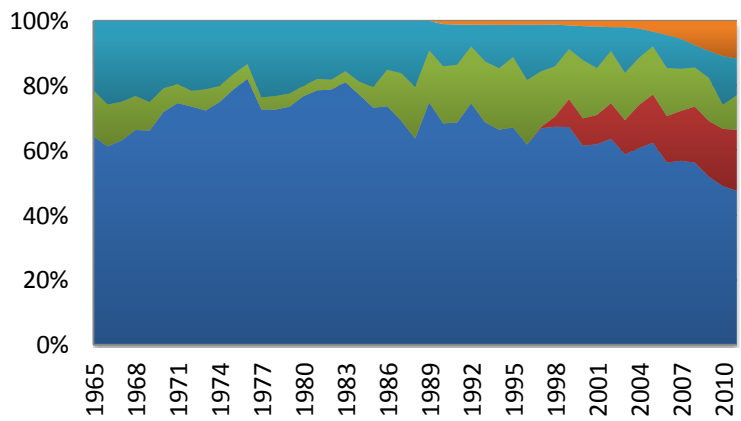
Norge



Polen

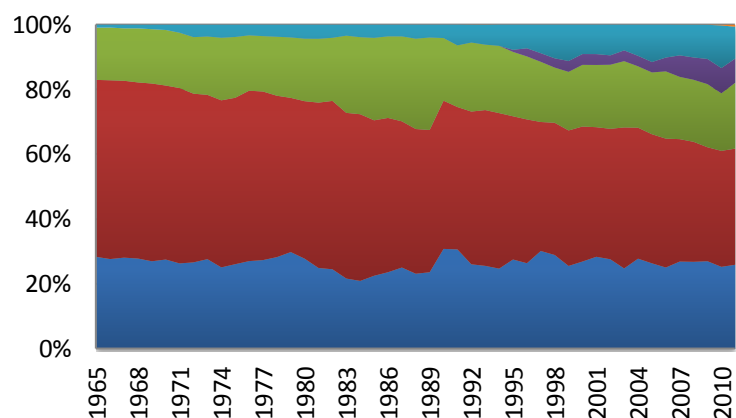


Portugal

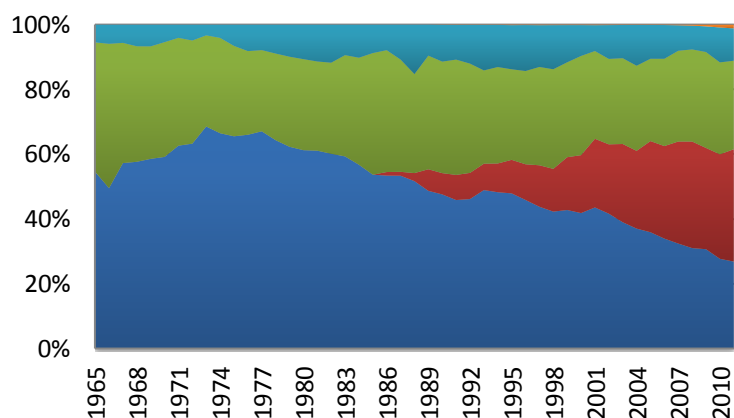


■ Olja ■ Gas ■ Kol ■ Kärnkraft ■ Vattenkraft ■ Förnyelsebart

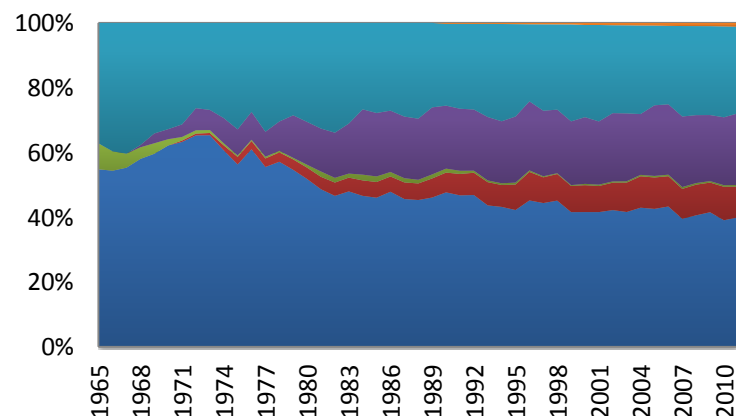
Rumänien



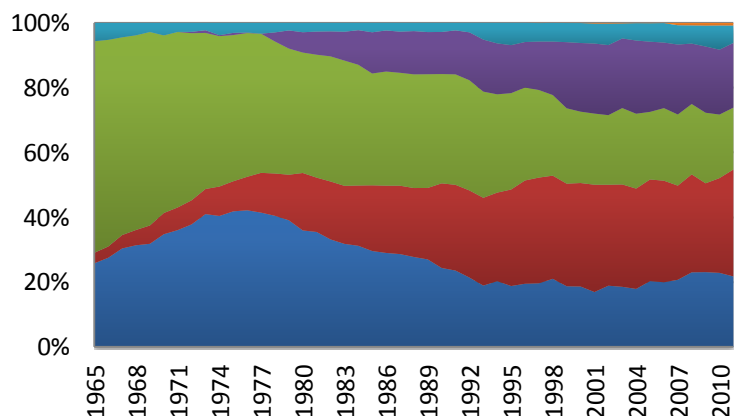
Turkiet



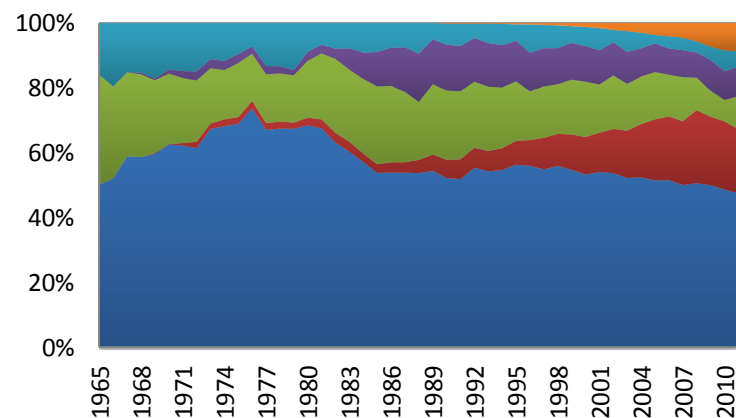
Schweiz



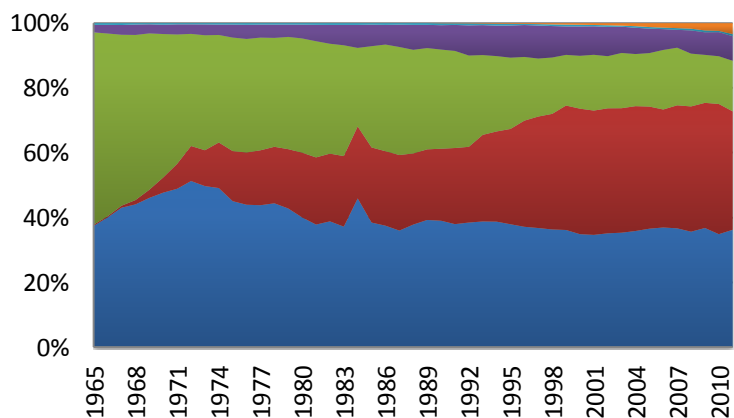
Slovakien



Spanien

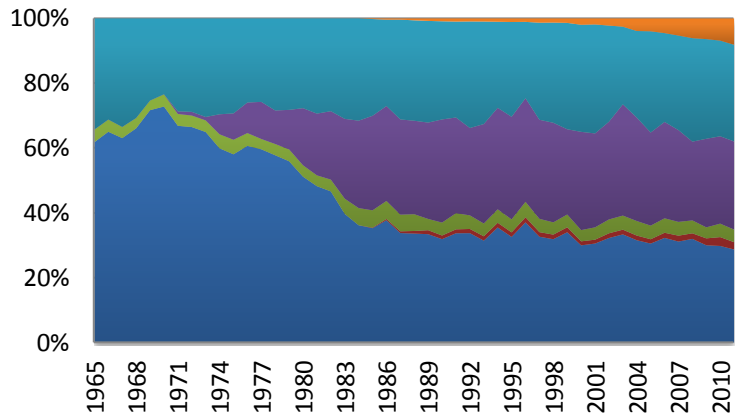


Storbritannien

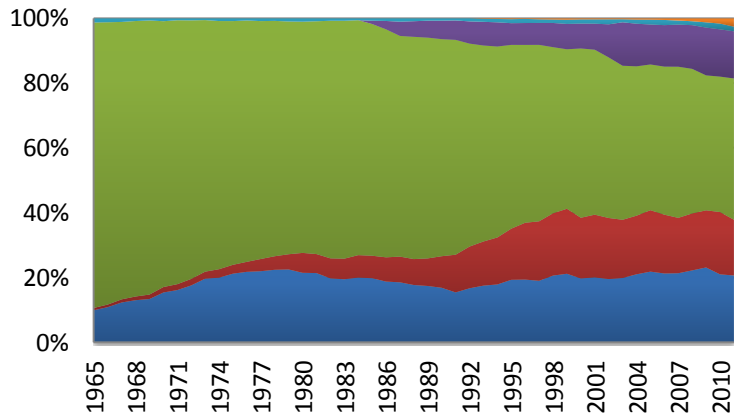


■ Olja ■ Gas ■ Kol ■ Kärnkraft ■ Vattenkraft ■ Förnyelsebart

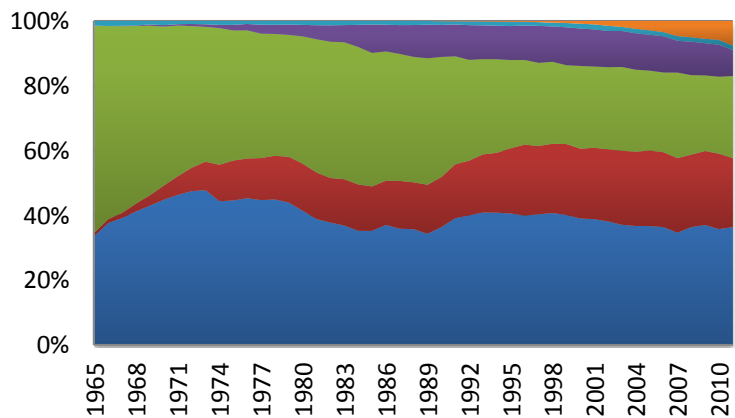
Sverige



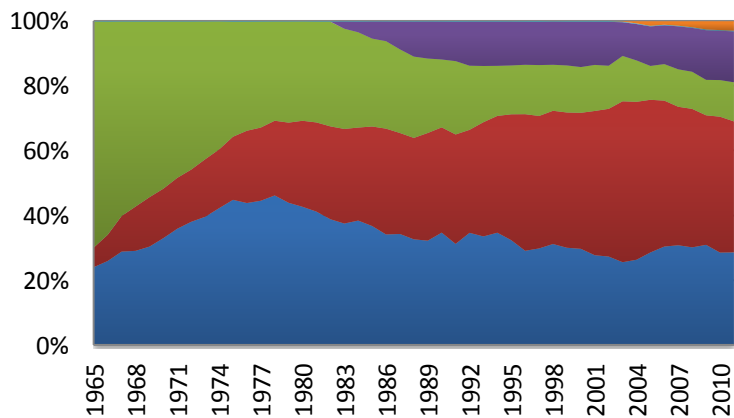
Tjeckien



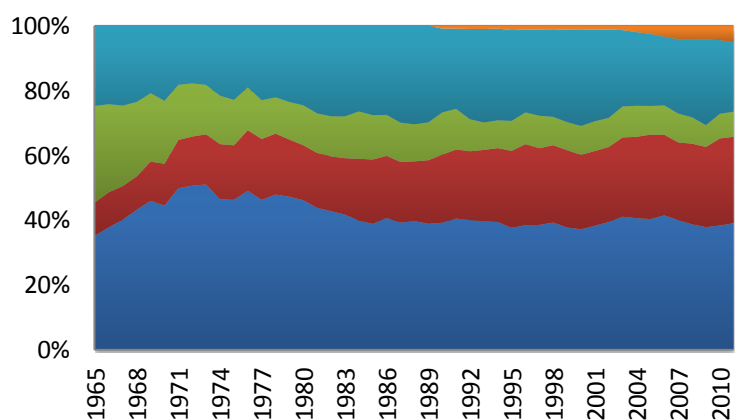
Tyskland



Ungern



Österrike



(Källa för samtliga: British Petroleum, 2012)