



UiT The Arctic University of Norway

Fakultetet for biovitenskap, fiskeri og økonomi

Bærekraftig økonomisk vekst – Solow-modellen empirisk analyse

Mappeoppgave, utfordring 2

Kandidat nummer: 89

SOK-2011, Vår 2024

Innhold

Informasjon om utfordring 2	3
Utfordring 2.1	3
Utfordring 2.2	5
Oppgave A)	5
Oppgave B)	6
Oppgave C).....	7
Utfordring 2.3	8
Oppgave A)	8
Oppgave B)	9
Oppgave C).....	11
Litteraturliste	12

Informasjon om utfordring 2

I denne utfordringen skal det gjennomføres en empirisk analyse av Solow-modellen. Den empiriske analysen vil redegjøre for datamaterialet, illustrerer predikerte sammenhenger i grafer, teste prediksjoner statistisk og tolkes. Besvarelsen tar utgangspunkt i teorien beskrevet i mappeoppgave 1, så dette vil ikke bli gjentatt eller referert til, videre tar besvarelsen utgangspunkt i forelesningsnotater, videoer, pensumboken (primært kap. 1, 7 og 8) og er gjennomført uten bruk av kunstig intelligens. Se vedlagt dokument for kode til figurene.

Utfordring 2.1

Dataen til denne mappeoppgaven er hentet fra World Development Indicators (WDI), som er en database som er satt sammen av verdensbanken. WDI inneholder informasjon om variabler som kan benyttes for å gjennomføre en empirisk analyse av Solow-modellen. Variablene denne mappeoppgaven vil benytte er nivået på og vekstraten til real BNP per innbygger, spareraten (netto), befolkningsvekstraten, humankapital og forbruk av naturressurser.

- *BNP per innbygger* – basert på kjøpekraftsparitet (PPP). PPP BNP er bruttonasjonalprodukt omregnet til internasjonale dollar ved bruk av kjøpekraftsparitetssatser. En internasjonal dollar har samme kjøpekraft over BNP som den amerikanske dollaren har i USA. BNP til kjøpers priser er summen av brutto verdiskapning fra alle hjemmehørende produsenter i landet, pluss eventuelle produktavgifter og minus eventuelle subsidier som ikke inkluderer verdien av produktet. Det beregnes uten fradrag for avskrivning av fabrikkerte eiendeler eller for utarming og forringelse av naturressurser. Dataen er i konstante 2017 internasjonale dollar (The World Bank, i.d. -1).
- *Vekstraten til real BNP per innbygger* – er beregnet ved å ta logaritmen av BNP per innbygger og trekke fra logaritmen av BNP per innbygger året før, og deretter multiplisere med hundre og finner gjennomsnittet for alle årene.
- *Spareraten (netto)* – er lik brutto nasjonal sparing, minus verdien av forbruk av fast kapital (The World Bank, i.d. -2).
- *Befolkningsvekstraten* – er basert på de facto-definisjonen av befolkning, som teller alle innbyggere uavhengig av juridisk status eller statsborgerskap. Raten er beregnet ut fra en antagelse om at veksten er konstant mellom to tidspunktet.

Veksthastigheten beregnes ved bruk av eksponentiell vekstformel: $r = \frac{\ln\left(\frac{p_n}{p_0}\right)}{n}$, der p_n er sluttperiodepopulasjonen, p_0 er begynnelse periodepopulasjonen og n er antall år imellom (The World Bank, i.d. -3).

- *Humankapital* – beregner bidragene fra helse og utdanning til arbeidenes produktivitet. Den endelige indekspoengsummen varierer fra null til en og måler produktiviteten som en fremtidig arbeidstaker for barn født i dag i forhold til referanseindeksen for full helse og full utdanning (The World Bank, i.d. -4).

- *Forbruk av naturressurser* – er summen av netto forbruk av skog, energi og mineraler. Netto forbruk av skog er enhetsressursrente ganger overskuddet av forbruk av skog i forhold til naturlig vekst. Forbruk av energi er forholdet mellom verdien av beholdningen av energiressurser og gjenværende reservelevetid (avgrenset til 25 år). Det dekker kull, råolje og naturgass. Mineralforbruk er forholdet mellom verdien av beholdningen av mineralressurser og gjenværende reservelevetid (avgrenset til 25 år). Det dekker tinn, gull, bly, sink, jern, kobber, nikkel, sølv, bauxitt og fosfat (The World Bank, i.d. -5).

For å redusere risikoen for at konjunktursvingninger og andre midlertidig sjokk har stor innvirkning på konklusjonen, vil de gjennomsnittlige verdiene for en lengere periode benyttes. Nivået på og vekstraten til real BNP per innbygger, samt humankapitalen vil benytte den årlige gjennomsnittsverdien mellom 2015 til 2019. På grunn av at deres effekt på økonomien tar noe lengere tid å fange opp vil spareraten (netto), befolkningsvekstraten og forbruket av naturressurser bruke informasjon fra tidligere år, nærmere bestemt 2010 til 2015. Når konvergensteorien skal testes vil nivået på real BNP per innbygger i 1999 benyttes, og for land som mangler informasjon fra 1999, vil den tidligste observasjonen i tidsperioden 1999-2005 benyttes.

Fra den teoretiske analysen i mappeoppgave 1 vet man at vekst i BNP per innbygger i den grunnleggende Solow-modellen avhenger av spare- og befolkningsvekstraten. Man vet også at Solow-modellen med teknologi og naturressurser avhenger av kvaliteten på kapital, arbeidskraft og naturressurser (teknologi), og hvor stort forbruk av fossile naturressurser økonomien har. Disse variablene fra WDI kan dermed benyttes til å vise om Solow-modellens prediksjoner fungerer i den virkelige verden.

<i>Variabel</i>	<i>Gjennomsnitt</i>	<i>Standardavvik</i>	<i>Minimum</i>	<i>Maksimum</i>
<i>BNP per person (2015-2019)</i>	21 459.96	21 748.27	753.36	120 880.6
<i>BNP per person (1999-2015)</i>	15 805.94	18 369.06	631.83	95 684.29
<i>BNP vekstrate</i>	1.82	2.37	-10.34	7.77
<i>Sparerate</i>	9.15	10.09	-19.37	45.65
<i>Befolkningsvekstrate</i>	1.25	1.22	-2.39	4.23
<i>Humankapital</i>	0.49	0.23	0.00	0.88
<i>Forbruk av naturressurser</i>	4.16	6.46	0.00	38.47

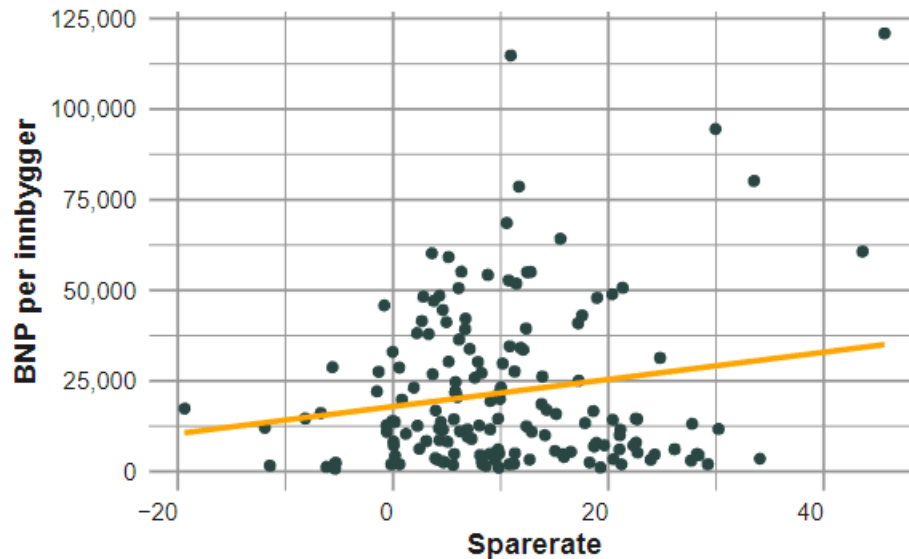
Tabell 1.1: Deskriptiv statistikk

Fra tabell 1.1 viser gjennomsnitt, standardavvik, minimum- og maksimumsverdien for alle de utvalgte variablene.

Utfordring 2.2

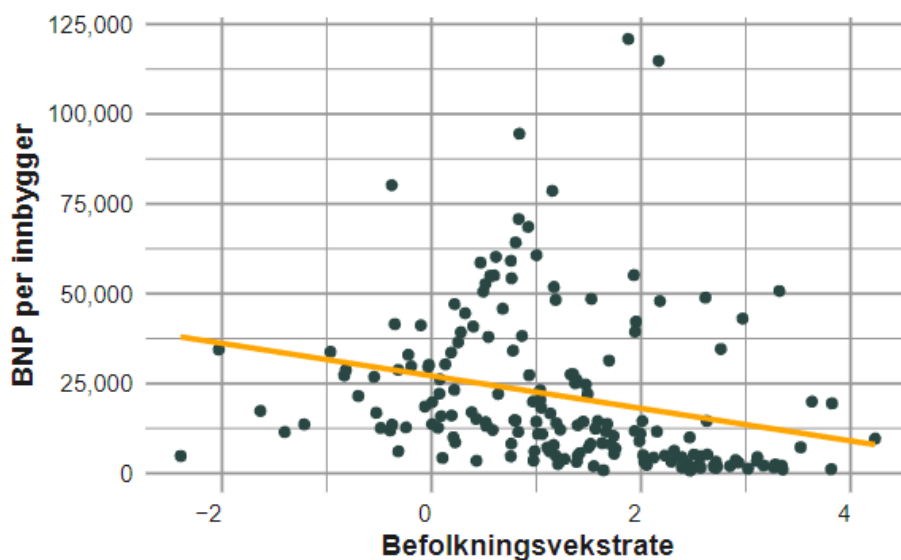
Empirisk analyse og test av prediksjonene fra den grunnleggende Solow-modellen.

Oppgave A)



Figur 2.1: Sammenhengen mellom spareraten og BNP per innbygger

Figur 2.1 viser sammenhengen mellom spareraten og BNP per innbygger i ulike land. På figuren kan man se at den lineære regresjonsmodellen har en positiv helning, noe som kan antyde at det er en positiv sammenheng mellom spareraten og BNP per innbygger, altså at når spareraten øker så vil også BNP per innbygger øke, slik som den grunnleggende Solow-modellen predikerer.



Figur 2.2: Sammenhengen mellom befolkningsvekstraten og BNP per innbygger

Figur 2.2 viser sammenhengen mellom befolkningsvekstraten og BNP per innbygger i ulike land. På figuren kan man se at den lineære regresjonsmodellen har en negativ helning, noe som kan antyde at det er en negativ sammenheng mellom befolkningsvekstraten og BNP per innbygger, altså at når befolkningsvekstraten øker så

vil BNP per innbygger reduseres, slik som den grunnleggende Solow-modellen predikerer.

Oppgave B)

For å teste om spare- og befolkningsvekstraten forklarer variasjonen i BNP per innbygger kan man benytte seg av regresjonsanalyse. En regresjonsanalyse består av en avhengig variabel (BNP per innbygger) og en eller flere uavhengige variabler (spare- og befolkningsvekstraten), som vil bli sammenlignet med bruk av minste kvadraters metode (OLS). Ligningen som vil benyttes i minste kvadrats metoder er gitt ved:

$$y_{i,2015-2019} = a_y + \beta_1 \times s_{i,2010-2015} + \beta_2 \times n_{i,2010-2015} + \epsilon_i$$

Hvor $y_{i,2015-2019}$ representerer gjennomsnittlig BNP per innbygger (avhengige variabel) mellom 2015 og 2019. a_y representer skjæringspunktet med y akse. β_n representerer helningen som viser endringen i den avhengige variabelen (y) for en enhets endring i den uavhengige variabelen (x). s_i og n_i representerer de uavhengige variablene, altså gjennomsnittlig spare- og befolkningsvekstrate mellom perioden 2010 og 2015.

For at man skal få noe konkret ut av regresjonsanalysen bør man sette opp et nullhypotese (H_0) og alternativ hypotese (H_1). For de gjeldende variablene kan disse se slik ut:

H_0 : Det er ingen sammenheng mellom veksten i BNP per innbygger og de uavhengige variablene, spare- og befolkningsvekstrate.

H_1 : Det er sammenheng mellom veksten i BNP per innbygger og de uavhengige variablene, spare- og befolkningsvekstrate.

Signifikantnivået på p -verdi er satt til 0.05, noe som betyr at dersom p -verdien er mindre enn 0.05, kan man si at forskjellen er statistisk signifikant, og null hypotesen kan forkastes.

	BNP per innbygger			
Predictors	Estimate	Std. Error	T-value	P-value
(Intercept)	23 395.8	2 755.0	8.492	< 0.001
Sparerate	514.9	168.1	3.063	0.0025
Befolkningsvekstrate	- 5 429.8	1408.0	-3.856	< 0.001
R^2 / R^2 adjusted	0.144 / 0.1026			
Observasjoner	159			

Tabell 2.1: Regresjonsmodell med BNP per innbygger, sparerate og befolkningsvekstrate

I tabell 2.1 kan man se resultatet fra regresjonsanalysen med BNP per innbygger som avhengig variabel, og sparerate og befolkningsvekstraten som uavhengig variabel.

Den første uavhengige variabelen er spareringen, som har en positiv påvirkning på BNP per innbygger, hvor en økning i spareringen med en enhet, vil øke BNP per innbygger med

514.9. Med en p-verdi på 0.0025 kan man forkaste null hypotesen, og man kan anta at det er en sammenheng mellom nivået på spareraten og BNP per innbygger.

Den andre uavhengige variabelen er befolkningsvekstraten, som har en negativ påvirkning på BNP per innbygger, hvor en økning i befolkningsvekstraten med en enhet, vil redusere BNP per innbygger med 5 429.8. Med en p-verdi på < 0.001 kan man anta at det er en sammenheng mellom nivået på befolkningsvekstraten og BNP per innbygger.

Fra tabell 2.1 kan man også se at R^2 og R^2 justert er svært lav, med verdier på henholdsvis 0.144 og 0.1026. Dette antyder at spareraten og befolkningsvekstraten kan forklare ca. 10% av utviklingen i BNP per innbygger. Det betyr at man mangler ca. 90% av forklaringsvariablene av veksten i BNP per innbygger, noe som betyr at i dette datasettet er det andre variabler som har stor påvirkning på utviklingen i BNP per innbygger.

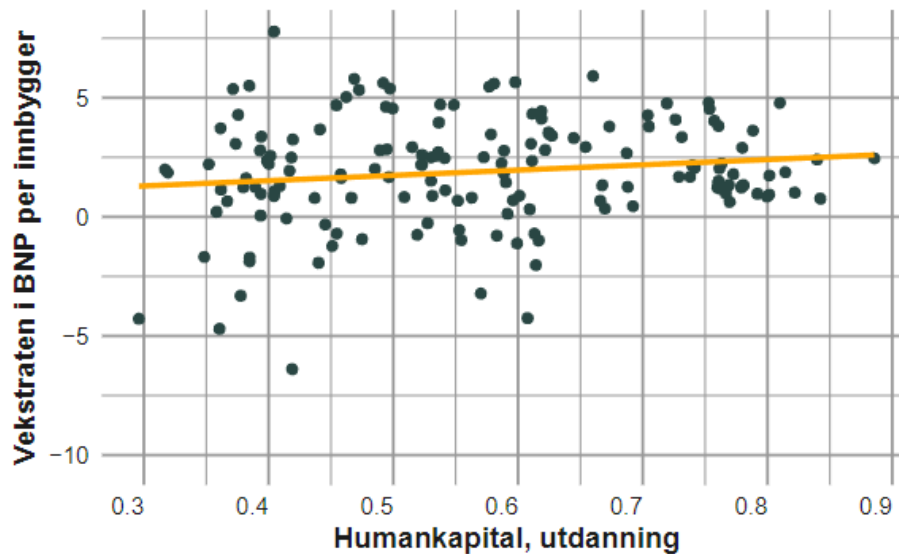
Oppgave C)

Den grunnleggende Solow-modellen predikerer at en økning i spareraten (s) vil føre til en økning i de faktiske investeringene (sy), som videre vil føre til en økning i BNP per innbygger dersom de nødvendige investeringene (nk) holdes konstant. Fra figur 2.1 og dens beskrivelse ser man at Solow-modellens prediksjon holder, og fra regresjonsanalysen kan man anta at BNP per innbygger avhenger av landets sparerate. Videre vet man fra mappeoppgave 1 at Solow-modellen predikerer at en økning i befolkningsvekstraten (u) vil føre til en økning i de nødvendige investeringene (nk), som videre vil føre til en reduksjon i BNP per innbygger, dersom de faktiske investeringene (sy) holdes konstant. Fra figur 2.2 og dens beskrivelse ser man også her at Solow-modellens prediksjoner holder, og fra regresjonsanalysen kan man videre anta at BNP per innbygger avhenger av befolkningsvekstraten. Fra regresjonsanalysen vet man også at R^2 justert er svært lav, så det er sannsynligvis andre faktorer som også påvirker nivået på BNP per innbygger.

Utfordring 2.3

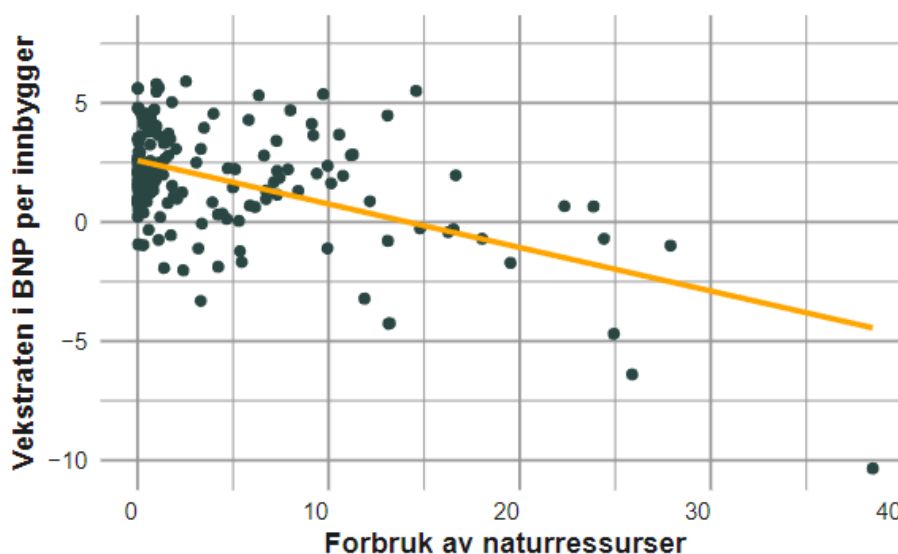
Empirisk analyse og test av konvergensteorien og av Solow-modellen med humankapital og naturressurser.

Oppgave A)



Figur 3.1: Sammenhengen mellom vekstraten i BNP per innbygger og humankapitalen

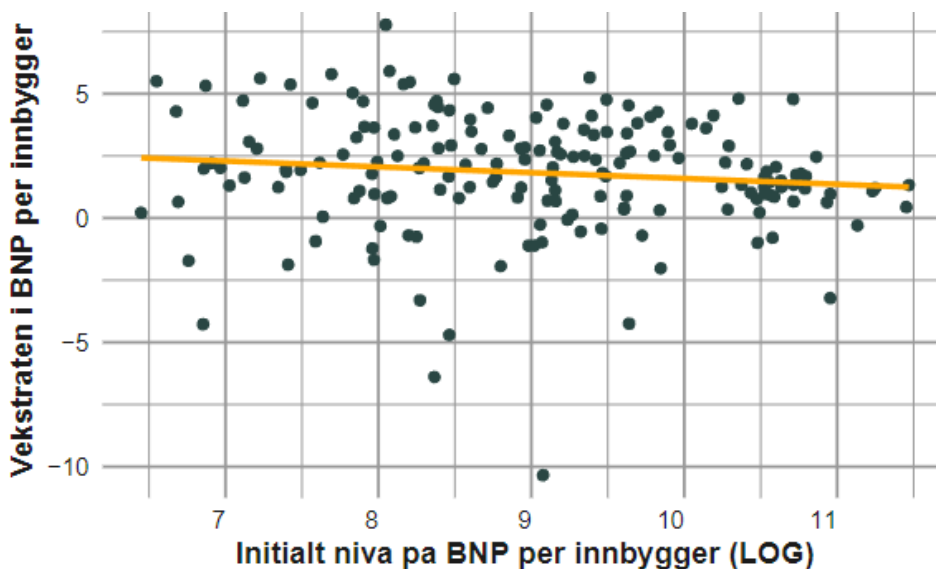
Figur 3.1 viser sammenhengen mellom vekstraten i humankapitalen (nivå på utdanning) og vekstraten i BNP per innbygger i ulike land. På figuren kan man se at den lineære regresjonsmodellen har en svak positiv helning, noe som kan antyde at det er en svak positiv sammenheng mellom humankapitalen og vekstraten i BNP per innbygger, altså at når humankapitalen øker så vil også vekstraten i BNP per innbygger øke, slik som Solow-modellen predikerer.



Figur 3.2: Sammenhengen mellom vekstraten i BNP per innbygger og forbruke av naturressurser

Figur 3.2 viser sammenhengen mellom forbruket av naturressurser og vekstraten i BNP per innbygger i ulike land. På figuren kan man se at den lineære regresjonsmodellen har en negativ helning, noe som kan antyde at det er en negativ sammenheng mellom

forbruket av naturressurser og vekstraten i BNP per innbygger, altså at når forbruke av naturressurser øker så vil vekstraten i BNP per innbygger reduseres, slik som Solow-modellen predikerer.



Figur 3.3: Sammenhengen mellom vekstraten i BNP per innbygger og initialt nivå på BNP per innbygger (log)

Figur 3.3 viser sammenhengen mellom det initiale nivået på BNP per innbygger (1999-2005) (log) og vekstraten i BNP per innbygger i ulike land. På figuren kan man se at den lineære regresjonsmodellen har en svak negativ helning, noe som kan antyde at det er en svak negativ sammenheng mellom initial nivået på BNP per innbygger og vekstraten i BNP per innbygger, altså at desto høyere initialt nivå på BNP per innbygger, desto lavere vil vekstraten i BNP per innbygger være, slik som konvergens teori predikerer.

Oppgave B)

For å teste om sparerate, befolkningsvekstrate, humankapitalen, forbruk av naturressurser og initialt nivå på BNP per innbygger (log) forklarer variasjonen i vekstraten i BNP per innbygger, kan man igjen benytte seg av regresjonsanalyse. Ligningen som vil benyttes i minste kvadrats metoder er gitt ved:

$$g_{y,i,2015-2019} = a_g + \delta_1 \times s_{i,2010-2015} + \delta_2 \times n_{i,2010-2015} + \delta_3 \times m_{i,2015.2019} + \delta_4 \times u_{i,2010-2015} + \delta_5 \times \ln(y_0) + \vartheta_i$$

Hvor $g_{y,i,2015-2019}$ representerer gjennomsnittlig vekstrate i BNP per innbygger (avhengige variabel) mellom 2015 og 2019. a_g representer skjæringspunktet med y aksen. δ_n representerer helningen som viser endringen i den avhengige variabelen (y) for en enhets endring i den uavhengige variabelen (x). s_i, n_i, m_i, u_i og $\ln(y_0)$ representerer de uavhengige variablene, altså spareraten, befolkningsvekstraten, humankapitalen, forbruk av naturressurser og initialnivået på BNP per innbygger (log). Nullhypotesen (H_0) og alternativ hypotese (H_1) vil se slikt ut:

H_0 : Det er ingen sammenheng mellom vekstraten i BNP per innbygger og de uavhengige variablene, sparrerate, befolkningsvekstrate, humankapitalen, forbruk av naturressurser og initialt nivå på BNP per innbygger (log).

H_1 : Det er en sammenheng mellom vekstraten i BNP per innbygger og de uavhengige variablene, sparrerate, befolkningsvekstrate, humankapitalen, forbruk av naturressurser og initialt nivå på BNP per innbygger (log).

Signifikantnivået på p-verdien er det samme som i utfordring 2.2, altså 0.05.

Vekstraten i BNP per innbygger				
Predictors	Estimate	Std. Error	T – value	P – value
(Intercept)	9.9823	1.3468	7.412	< 0.001
Sparerate	0.0306	0.0162	1.888	0.0612
Befolkningsvekstrate	-0.5415	0.1756	-3.082	0.0025
Humankapital	6.7876	2.1011	3.230	0.0015
Forbruk av naturressurser	-0.1062	0.0283	-3.749	< 0.001
Initialt nivå på BNP per innbygger (log)	-1.2413	0.2251	-5.514	< 0.001
R^2 / R^2 adjusted	0.4053 / 0.3826			
Observasjoner	137			

Tabell 3.1: Regresjonsmodell med vekstraten i BNP per innbygger, spareringen, befolkningsvekstrate, humankapital, forbruk av naturressurser og initial nivå på BNP per innbygger (log).

I tabell 3.1 kan man se resultatet fra regresjonsanalysen med vekstraten i BNP per innbygger som avhengig variabel, og spareringen, befolkningsvekstrate, humankapital, forbruk av naturressurser og initial nivå på BNP per innbygger (log) som uavhengige variabler.

Fra utfordring 2.2 vet man at spareringen har positiv påvirkning på BNP per innbygger, og befolkningsvekstraten har negativ påvirkning på BNP per innbygger. Fra tabell 3.1 kan man se at også her vil spare- og befolkningsvekstraten ha samme effekter, bare i mindre verdier siden det nå er vekstraten i BNP per innbygger som er avhengig variabel. Fra tabellen ser man at en enhets økning i spare- og befolkningsvekstrate vil påvirke vekstraten i BNP per innbygger med henholdsvis 0.0306 og -0.5415. Nullhypotesen for humankapital kan forkastes siden p-verdien er lik 0.0025, og man kan anta en sammenheng. P-verdien til spareringen er på ett høyere nivå enn signifikantnivået noe som betyr at man ikke kan forkaste nullhypotesen, og ikke anta en sammenheng.

Videre kan man se at en enhets økning i humankapitalen vil resultere i en økning på 6.787 i vekstraten i BNP per innbygger. Humankapitalen måles på en skala mellom 0 og 1, noe som betyr at en enhets økning i humankapitalen fyller hele skalaen og som man ser innebærer dette relativ stor økning i vekstraten i BNP per innbygger. Dette reflekteres

videre i en relativt høy standardfeil på 2.1011. Med en p-verdi på 0.0015 kan man forkaste nullhypotesen, og anta en sammenheng.

Den neste uavhengige variabelen er forbruket av naturressurser, som man kan se har en negativ påvirkning på vekstraten i BNP per innbygger, hvor en enhets økning i forbruket av naturressurser vil redusere vekstraten i BNP per innbygger med -0.106. Med en p-verdi på < 0.001 kan man forkaste null hypotesen, og anta en sammenheng.

Den siste uavhengige variabelen som er initial nivå på BNP per innbygger påvirker vekstraten i BNP per innbygger negativt, hvor en enhets økning i initialt nivå på BNP per innbygger (log) reduserer vekstraten med -1.241. Med en p-verdi på < 0.001 kan man forkaste null hypotesen, og anta en sammenheng.

Til slutt kan man se at R^2 og R^2 justert er høyere enn i utfordring 2.2, men fortsatt ikke på et høyt nivå, med henholdsvis 0.4053 og 0.3826. Dette antyder at de uavhengige variablene kan forklare ca. 38% av utviklingen i vekstraten til BNP per innbygger. Det betyr at det mangler ca. 62% av forklaringsvariablene av vekstraten i BNP per innbygger, noe som betyr at i dette datasettet er det andre variabler som har påvirkning på utviklingen i BNP per innbygger.

Oppgave C)

Solow-modellen med teknologi og naturressurser bygger videre på den grunnleggende modellen og predikerer at en økning i humankapitalen bidrar positivt til vekstraten i BNP per innbygger, og at en økning i forbruk av naturressurser bidrar negativt til vekstraten i BNP per innbygger. Humankapitalen (utdanning) inkluderer investeringer som forbereder arbeidskraftens produktivitet og som leder til økonomisk vekst. Dette støttes i figur 3.1 som viser en svak positiv sammenheng, som videre underbygges av p-verdien som sier det er en signifikant sammenheng. Naturressurser inkluderer fysiske ressurser som f.eks. olje og mineraler som kan utvinnes og selges. Solow-modellen predikerer at overdrevent forbruk av disse naturressursene kan skade den langsiktige økonomiske veksten, noe som støttes opp av figur 3.2, som man ser har en markant negativ helning, og av regresjonsanalysen som med en signifikant p-verdi.

Konvergens teori predikerer at fattigere økonomier vokser raskere enn rike økonomier på grunn av den avtagende grenseproduktiviteten av kapitalen. Fra figur 3.3 kan man se at det er en svak negativ sammenheng mellom det initiale nivået på BNP per innbygger og vekstraten, noe som støtter opp konvergens teori. Dette støttes videre opp av regresjonsmodellen.

Fra modellene og regresjonsanalysen blir alle de teoretiske prediksjonene fra Solow-modellen bekreftet, med unntak av spareraten. Men det kan være flere grunner til dette som blant annet at regresjonsmodellen avdekker korrelasjoner, og ikke nødvendigvis årsakssammenhenger, noe som kan føre til at man trekker feil konklusjon fordi det passer med teorien. Man vet heller ikke om gjensidige forhold som ikke er fanget opp av modellen, som for eksempel kan høyere vekstrate i BNP per innbygger føre til større

investeringer i humankapital, og ikke bare omvendt. Fra regresjonsanalysene har man også sett at R^2 justert kun forklarer ca. 38% av utviklingen i vekstraten til BNP per innbygger. Det vil si at det fortsatt mangler data, som potensielt kan påvirke i større grad enn variablene i Solow-modellen, og dermed vil ha større betydning for den økonomiske utviklingen på lang sikt. Til slutt vet man også at dataen er spesifikk for de avgrensede periodene (årstall), og kan dermed ikke generaliseres til andre perioder. For å kunne trekke noen konklusjoner om Solow-modellens prediksjoner fungerer i den virkelige verden kreves det større og mer omfattende analyser.

Litteraturliste

Hess, P. N. (2016). *Economic growth and sustainable development*. (2. utg.). Routledge.

The World Bank. (i.d. -1). *Metadata Glossary*. Hentet 28.03.2024 fra <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/NY.GDP.PCAP.PP.KD>

The World Bank. (i.d. -2). *Metadata Glossary*. Hentet 28.03.2024 fra <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/NY.ADJ.NNAT.GN.ZS>

The World Bank. (i.d. -3). *Metadata Glossary*. Hentet 28.03.2024 fra <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/SP.POP.GROW>

The World Bank. (i.d. -4). *Metadata Glossary*. Hentet 28.03.2024 fra <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/HD.HCI.OVRL>

The World Bank. (i.d. -5). *Metadata Glossary*. Hentet 28.03.2024 fra <https://databank.worldbank.org/metadataglossary/world-development-indicators/series/NY.ADJ.DRES.GN.ZS>