

Rettevejledning:

Eksamen på Økonomistudiet vinter 2019-20

Makroøkonomi I

(3-timers skriftlig prøve uden hjælpemidler)

9. januar 2020

Dette eksamenssæt består af 6 sider incl. denne forside.

Syg under eksamen: Bliver du syg under selve eksamen på Peter Bangs Vej, skal du kontakte en eksamensvagt for at få hjælp til registreringen i systemet som syg og til at aflevere blankt. Derefter forlader du eksamen. Når du kommer hjem, skal du kontakte din læge og indsende lægeerklæring til Det Samfundsvidenskabelige Fakultet senest en uge efter eksamensdagen.

Pas på, du ikke begår eksamenssnyd! Det er eksamenssnyd, hvis du under prøven:

- Bruger hjælpemidler, der ikke er tilladt
- Kommunikerer med andre eller på anden måde modtager hjælp fra andre
- Kopierer andres tekster uden at sætte citationstegn eller kildehenvise, så det ser ud som om det er din egen tekst
- Bruger andres idéer eller tanker uden at kildehenvise, så det ser ud som om det er din egen idé eller dine egne tanker
- Eller hvis du på anden måde overtræder de regler, der gælder for prøven

Du kan læse mere om reglerne for eksamenssnyd på Din Uddannelsesside og i Rammestudieordningens afs. 4.12.

Opgave 1: Befolkning og økonomisk vækst

1.1

Forklar med ord hvordan et fald i befolkningsvækstraten (n) påvirker vækst i BNP pr. arbejder på kort og længere sigt i den generelle Solowmodel (pensumbogens kapitel 5). Beskriv herefter forskelle/ligheder til, hvis vi betragtede en lignende ændring, men i Solowmodellen med humankapital (pensumbogens kapitel 6) i stedet.

Svar:

Antag vi er i SS ($t = 0$), hvorefter $n \downarrow$ sker i $t = 1$. Dette vil øge kapital pr. effektiv arbejder i $t + 1$ pga. mindre udtynding (opsparingen skal smørres ud over færre hoveder). Kapital pr. effektiv arbejder begynder at akkumulere indtil opsparingen er lig med udtynding og nedslidning ($sk^\alpha = (n + g + \delta + ng)k_t$). BNP pr. (effektiv) arbejder følger samme mønster, hvilket vil sige at vækstraten i BNP pr. arbejder øges til over g på kort sigt, hvorefter den aftager og bliver lig med g på lang sigt (dvs. i den nye SS). Mønsteret vil være det samme i humankapital-modellen, men størrelsen af effekterne er forstærket pga. krydseffekter mellem humankapital og fysisk kapital.

1.2

Betragt den basale Solowmodel (pensumbogens kapitel 3) uden konstant befolkningsvækst ($n = 0$). Vis ved hjælp af relevante diagrammer, hvordan økonomien udvikler sig over tid, hvis der sker et engangsfald i befolkningsstørrelsen (L). Forklar den økonomisk intuition bag dine resultater.

Svar:

Her kan den studerende fx vise transitionsligningen i kapital pr. arbejder i et fasediagram. Det er vigtigt den studerende indser, at transitionsligningen ikke ændrer beliggenhed ved et engangsfald i L . Derfor hvis vi oprindeligt var i en SS og L falder, så vil k stige til et højere niveau, hvorefter den vil konvergere tilbage til den gamle SS. Dvs. BNP pr. arbejder stiger kun midlertidigt. Grunden til dette resultat fremkommer er, at produktionsfunktionen udviser CRS, så hvis L falder med $x\%$ så falder K med $x\%$ og k (og y) er dermed uændret.

1.3

Figur 1 viser total fertilitetsrater for udvalgte lande (USA, Indien, og Kina) og udvalgte områder (verden og højindkomstlande) over tidsperioden 1950-2015. Total fertilitetsrater angiver det forventede antal børn én kvinde vil få i hendes reproduktive år (15-49). For at kompensere for dødelighed skal total fertilitetsrater være lidt større end to for at holde befolkningsstørrelsen konstant. Det ses at USA, Kina og højindkomstlande allerede i dag har fertilitetsrater under to, og hvis udviklingen fortsætter som hidtil vil det også gælde for Indien og verden som helhed i fremtiden. Diskuter, med udgangspunkt i modellerne fra pensumbogens kapitel 7, 8 og 9, hvilke implikationer udviklingen i fertilitet (som dokumenteret i Figur 1) kan have haft for økonomisk vækst over tidsperioden 1950-2015, og hvad den fremtidige udviklingen i fertilitet kan have for fremtidig økonomisk vækst. I din diskussion kan du komme ind på hvilke modeller, der passer bedst til de forskellige lande/områder angivet i Figur 1.

Svar:

Her skal du studerende først finde ud, hvordan de skal tolke mønsteret i Figur 1 ift. modellerne. En oplagt måde at tænke det på er som om n falder. For USA og højindkomstlande ser det endda ud til at $n < 0$, hvilket har en særlig betydning for den måde vi har løst de (semi-)endogene vækstmodeller (kapitlerne 8 og 9), hvor vi antog enten en konstant befolkningsstørrelse ($n = 0$) eller positiv befolkningsvækst ($n > 0$).

Modellerne i kap 7: Her vil det have både positive niveau og langsigtede væksteffekter på BNP pr. arbejder. Det skyldes mindre "pres" på det konstante input (som fx land) og niveaueffekten kommer fra en stigning i kapital pr. effektiv arbejder.

Modellerne i kap 8 og 9: Generelt vil de endogene og semi-endogen vækstmodeller sige, at reduktioner i befolkningsstørrelse er forbundet med langsigtede fald i vækstrater for økonomien (udover de sædvanlige niveaueffekter fra kapitalakkumulering). Dette resultat kommer fra de indlagte skalaeffekter i modellen. Vi løste de endogene modeller med en konstant befolkningsstørrelse. Ellers ville vi (med $n > 0$) finde en stigende vækstrate. Det betyder alternativt, at hvis L falder konstant over tid (hvis $n < 0$ for nogle lande), at vækstraten i BNP pr. arbejder vil gå mod nul, mens befolkningen "forsvinder". I de semi-endogene modeller krævede vi $n > 0$ for at få positiv langsigtede vækstrater. Hvis $n \leq 0$ vil det også betyde ingen økonomisk vækst.

De studerende må også gerne komme ind på hvilke modeller de anser mere sandsynlig for

de forskellige land/områder (som der lægges op til i opgaveteksten). Fx kan man sige, at det er mere sandsynligt, at et land som Indien falder inden for kap 7. Man kan også diskutere om skalaeffekterne (i de endogene vækstmodeller) er rimelig for de enkelte lande, men måske en bedre antagelse for verden som helhed. Dette vil betyde, at mønsteret i Figur 1 vil give anledning til lavere vækstrater for verden som helhed i fremtiden, men ikke forskelle i vækstrater mellem landene.

Opgave 2: Klimaforandringer og økonomisk vækst

Ligningerne (1)-(5) nedenfor udgør en variant af den generelle Solowmodel med økonomiske skader fra klimaforandringer:

$$Y_t = [1 - D] K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha}, \quad 0 < \alpha < 1, \quad (1)$$

$$D = 1 - \frac{1}{1 + \sigma (\Delta T)^2}, \quad \sigma > 0, \quad (2)$$

$$K_{t+1} = sY_t + (1 - \delta)K_t, \quad 0 < s < 1, \quad 0 < \delta < 1, \quad K_0 > 0 \text{ givet}, \quad (3)$$

$$A_{t+1} = (1 + g)A_t, \quad A_0 > 0 \text{ givet}, \quad (4)$$

$$L_{t+1} = (1 + n)L_t, \quad L_0 > 0 \text{ givet}. \quad (5)$$

Ligning (1) angiver en Cobb-Douglas produktionsfunktion, der beskriver den samlede produktion (Y_t) som funktion af fysisk kapital (K_t), befolkningsstørrelsen (L_t) og teknologiniveauet (A_t). Vi antager, at klimaforandringer reducerer produktionen med én andel D ; dvs. en skadet del af produktionen (DY_t) mistes og andelen $1 - D$ af produktionen "overlever" til forbrug og investeringer. Skaderne ved klimaforandringer er givet ved ligning (2), hvor ΔT måler temperatureændringer. Fysisk kapital udvikler som beskrevet ved ligning (3), hvor s er opsparingsraten og δ er nedslidningsraten. Ligningerne (4) og (5) angiver, hvordan teknologiniveauet (A_t) og befolkningen (L_t) udvikler sig over tid.

Udover at inkludere økonomiske skader fra klimaforandringer fungerer modellen ligesom i pensumbogens kapitel 5 hvilket vil sige, at den repræsentative virksomhed maksimerer profitten, og der eksisterer faktormarkeder for fysisk kapital og arbejdskraft. Vi anvender bl.a. følgende definitioner:

$$\tilde{y}_t \equiv \frac{Y_t}{A_t L_t} = \frac{y_t}{A_t}; \quad \tilde{k}_t \equiv \frac{K_t}{A_t L_t} = \frac{k_t}{A_t}. \quad (6)$$

2.1

Opstil den repræsentative virksomheds profitmaksimeringsproblem. Find herefter reallønnen (w_t) og reallejesatsen (r_t). Hvordan påvirker klimaforandringer faktorpriserne?

Svar:

Først opstilles virksomhedens profitmaksimeringsproblem:

$$\max_{K_t, L_t} \pi = [1 - D] K_t^\alpha (A_t L_t)^{1-\alpha} - r_t K_t - w_t L_t$$

Faktorpriserne findes ved at løse dette problem:

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial K_t} &= \alpha [1 - D] K_t^{\alpha-1} (A_t L_t)^{1-\alpha} - r_t = 0 \Rightarrow \\ r_t &= \alpha [1 - D] \tilde{k}_t^{\alpha-1} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial \pi}{\partial L_t} &= (1 - \alpha) [1 - D] K_t^\alpha (A_t L_t)^{-\alpha} - w_t = 0 \Rightarrow \\ w_t &= (1 - \alpha) [1 - D] \tilde{k}_t^\alpha \end{aligned}$$

Det ses at både r_t og w_t er påvirket negativt af klimaforandringer, da det reducerer marginal produktet af kapital og arbejdskraft. Det kan dog bemærkes at på lang sigt (dvs. efter tilpasningen i kapital har fundet sted) er det kun reallønnen, der er påvirket negativt, eftersom \tilde{k}_t falder over tid, hvilket i sig selv øger reallejesatsen.

2.2

Vis at transitionsligningen for kapital pr. effektiv arbejder kan skrives som:

$$\tilde{k}_{t+1} = \frac{1}{(1+n)(1+g)} \left(s [1 - D] \tilde{k}_t^\alpha + (1 - \delta) \tilde{k}_t \right). \quad (7)$$

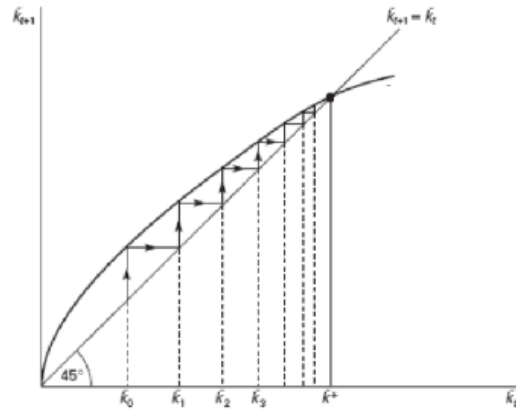
Vis grafisk, at modellen konvergerer mod steady-state værdien \tilde{k}^* og forklar den bagvedliggende økonomiske intuition.

Svar:

Først udledes transitionsligningen for kapital pr. effektiv arbejder:

$$\begin{aligned}\frac{K_{t+1}}{A_{t+1}L_{t+1}} &= \frac{sY_t + (1 - \delta)K_t}{(1 + g)(1 + n)A_tL_t} \Leftrightarrow \\ \tilde{k}_{t+1} &= \frac{1}{(1 + n)(1 + g)} \left(s\tilde{y}_t + (1 - \delta)\tilde{k}_t \right) \Leftrightarrow \\ \tilde{k}_{t+1} &= \frac{1}{(1 + n)(1 + g)} \left(s[1 - D]\tilde{k}_t^\alpha + (1 - \delta)\tilde{k}_t \right)\end{aligned}$$

Herefter skal det vises i et fasediagram, at modellen konvergerer mod \tilde{k}^* uanset værdien af k_0 :



Den kan bemærke, at konvergens kræver $n + g + \delta + ng > 0$. Intuitionen bag konvergensresultatet er aftagende marginal produkt på kapital og konstant udtydning/nedslidning, hvilket vil sige at i SS er opsparingen lige præcis så store, at de dækker for nedslidning og udtydning.

Figur 2 angiver forskellige modeller for fremtidige temperaturændringer. Den blå nederste kurve viser fx, at den globale gennemsnitstemperatur øges med ca. $1^\circ C$ over de næste 100 år i et scenarie med "lidt CO2-udledning", og den røde kurve viser en global temperaturstigning på omkring $4^\circ C$ over de næste 100 år i et scenarie med "meget CO2-udledning". Et nyere metastudie af Nordhaus og Moffat (2017) viser, at de mest pessimistiske estimater i litteraturen tyder på, at temperaturstigninger på $4^\circ C$ er forbundet med ca. 17,5% tab af produktionen (dvs. $D = 0,175$).

2.3

Antag at økonomien oprindeligt er på en balanceret vækststi (dvs. i steady state) uden klimaforandringer ($\Delta T = 0$). Herefter udfolder det værste tænkelige klimascenarie sig med temperaturstigninger på 4°C og tilhørende skader på 17,5%. Under antagelsen at $\alpha = 1/3$, hvor meget reduceres BNP pr. effektiv arbejder med på den nye balanceret vækststi med klimaforandringer ift. udgangspunktet? Forklar den økonomiske intuition bag dit resultat.

Svar:

For at kunne svare på dette spørgsmål skal man finde \tilde{k}^* (og dermed \tilde{y}^*) udfra ligning (7):

$$\begin{aligned}\tilde{k}^* &= \left(\frac{s[1-D]}{n+g+\delta+ng} \right)^{\frac{1}{1-\alpha}} \Rightarrow \\ \tilde{y}^* &= [1-D]^{\frac{1}{1-\alpha}} \left(\frac{s}{n+g+\delta+ng} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}\end{aligned}$$

BNP pr. effektiv arbejder uden klimaforandringer ($D = 0$) er:

$$\tilde{y}^{*'} = \left(\frac{s}{n+g+\delta+ng} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

BNP pr. effektiv arbejder med klimaforandringer ($D = 0,175$) er:

$$\tilde{y}^{*''} = [1 - 0,175]^{\frac{1}{1-\alpha}} \left(\frac{s}{n+g+\delta+ng} \right)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}}$$

Dermed har vi:

$$\frac{\tilde{y}^{*''}}{\tilde{y}^{*'}} = [1 - 0,175]^{\frac{1}{1-1/3}} = 0,75.$$

Hvilket vil sige, at BNP pr. effektiv arbejder falder med ca. 25%. Denne effekt er større end det oprindelige fald på 17,5%. Grunden til denne forskel er pga. negative effekter via kapitalakkumulation.

2.4

Find transitionsligningen for kapital-output forholdet ($z_t = k_t/y_t$) og forklar hvordan klimaforandringer påvirker dette mål for økonomisk ulighed mellem kapitalejere og arbejdere.

Hint: evt. start med at $z_{t+1} = K_{t+1}/Y_{t+1}$ og indsæt i dette udtryk bl.a. ligningerne (1) og (3).

Svar:

Først udledes transitionsligning i kapital-output forholdet:

$$\begin{aligned}
 z_{t+1} &= \frac{K_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{K_{t+1}^{1-\alpha}}{[1-D] K_{t+1}^\alpha (A_{t+1} L_{t+1})^{1-\alpha}} \Leftrightarrow \\
 z_{t+1} &= \frac{(sY_t + (1-\delta)K_t)^{1-\alpha}}{[1-D] ((1+n)(1+g))^{1-\alpha} (A_t L_t)^{1-\alpha}} \Leftrightarrow \\
 z_{t+1} &= \frac{(s + (1-\delta)z_t)^{1-\alpha} Y_t^{1-\alpha}}{((1+n)(1+g))^{1-\alpha} [1-D] (A_t L_t)^{1-\alpha}} \frac{K_t^\alpha}{K_t^\alpha} \Leftrightarrow \\
 z_{t+1} &= \frac{(s + (1-\delta)z_t)^{1-\alpha} Y_t^{1-\alpha} K_t^\alpha}{((1+n)(1+g))^{1-\alpha} Y_t} \Leftrightarrow \\
 z_{t+1} &= \frac{1}{((1+n)(1+g))^{1-\alpha}} (s + (1-\delta)z_t)^{1-\alpha} z_t^\alpha
 \end{aligned}$$

Ved at kigge på transitionsligningen ser det umiddelbart ud som om, at kapital-output forholdet er upåvirket af klimaforandringer. Dette er også tilfældet på den balanceret vækststi (i SS). Hvis vi udleder z^* får vi:

$$z^* = \left(\frac{s}{n + g + \delta + ng} \right)^{-1}.$$

Men der vil være transitoriske effekter af klimaforandringer på kapital-output forholdet: Hvis D stiger som følge af klimaforandringer vil z starte med at stige (uden at påvirke beliggenheden transitionsligningen for z) for så herefter at konvergere tilbage mod den gamle steady-state værdi. Det kan bemærkes at indkomstandelen til kapitalejerne og arbejderne hele tiden er konstante (α og $1 - \alpha$).

I de sidste delspørgsmål skal du bl.a. simulere modellen vha. Excel. Til dette formål skal

du bruge følgende parameterverdier:

$$\begin{aligned}\alpha &= 0,33; \quad s = 0,30; \quad \delta = 0,05; \\ g &= 0,02; \quad n = 0,01; \\ A_0 &= L_0 = 1; \quad K_0 = 7,235.\end{aligned}\tag{8}$$

Bemærk at K_0 er sat således at $K_0 = \tilde{k}^* = k_0$ (eftersom $A_0 = L_0 = 1$) under antagelsen $D = 0$.

Du skal vedlægge relevante figurer fra Excel som dokumentation for, at du har løst opgaverne. Hvis du ikke er i stand til at konstruere disse figurer, kan du vedlægge screenshots fra Excel, så jeg kan få indblik i, hvor langt du er kommet med simuleringerne.

2.5

I dette delspørgsmål skal du vise, hvordan BNP pr. arbejder udvikler sig over tid uden klimaforandringer ($D = 0$), givet parameterverdierne i (8). Antag at økonomien er på den balanceret vækststi i år $t = 0$ (dvs. $\tilde{k}_0 = \tilde{k}^*$). Ved hjælp af simulering i Excel, vis hvordan BNP pr. arbejder udvikler sig over tid fra år $t = 0$ til år $t = 100$ relativt til BNP pr. arbejder i basisåret $t = 0$ (dvs. vis udviklingen i y_t/y_0). Hvad er den årlige vækstrate i BNP pr. arbejder over denne tidsperiode?

Bemærk: Du behøver ikke simulering til at løse denne delopgave, men det er brugbart at løse den som simulering for at sammenligne med svarene til de næste to delspørgsmål.

Svar:

Simuleringen er vist som den røde kurve i Figur: 2.5-2.7. Som nævnt i opgaveteksten behøver man ikke simulering til at vise denne udvikling, eftersom vi er på den balanceret vækststi, hvor vi ved at BNP pr. arbejder vokser med 2%, dvs:

$$y_{t+1} = (1 + g)y_t.$$

Løsningen til denne er:

$$\begin{aligned}y_t &= y_0(1+g)^t \Leftrightarrow \\ \frac{y_t}{y_0} &= (1+g)^t = (1,02)^t,\end{aligned}$$

den gennemsnitlige årlige vækstrate i BNP pr. arbejder er derfor 2%. Dette kan også bekræftes ved brug af tal fra simuleringen, hvor vi finder at $\frac{y_{100}}{y_0} = 7.24$

$$g = \left(\frac{y_t}{y_0}\right)^{\frac{1}{t}} - 1 = (7.24)^{\frac{1}{100}} - 1 = 0,02$$

2.6

På samme fremgangsmåde som i forrige delspørgsmål skal du nu vise, hvordan BNP pr. arbejder udvikler sig relativt til BNP pr. arbejder i år $t = 0$ (dvs. y_t/y_0), men nu med klimaforandringer. Du skal bruge det værste tænkelige klimascenarie som beskrevet i delspørgsmål 2.3 (dvs. $D = 0,175$) og - lidt urealistisk - antage at alle klimaforandringer sker på én gang i år $t = 1$. Beregn den gennemsnitlige årlige vækstrate i BNP pr. arbejder over perioden. Kommenter på dine resultater i relation til hvad "worst-case klimascenariet" betyder for fremtidige forbrugsmuligheder.

Bemærk: *Du kan med fordel vise udviklingen i relativ BNP pr. arbejder med klimaforandringer i samme figur som relativ BNP pr. arbejder uden klimaforandringer fra delspørgsmål 2.5. Det samme gør sig gældende for delspørgsmål 2.7.*

Svar:

Simuleringen er vist som den grå kurve i Figur: 2.5-2.7. Den viser, at i år $t = 1$ reduceres BNP pr. arbejder med de 17,5% dette gap vokser over tid til 25% pga. negative effekter på kapitalakkumulering (som beskrevet i delspørgsmål 2.3). Ved simulering findes det at $\frac{y_{100}}{y_0} = 5.43$ og vi kan beregne den årlige gennemsnitlige vækstrate som:

$$g^y = (5,43)^{\frac{1}{100}} - 1 = 0,017 = 1,7\%$$

Dvs. målt over hele perioden er der kun et vækstfradrag på 0.3%-point. Hvis vi måler over en endnu længere periode er vækstfradrag naturligvis endnu mindre. Dette skyldes, at

vi i modellen antager, at klimaforandringer kun har niveau-effekter på produktionen (og ikke væksteffekter). På den måde kan man sige, at hvis vi kunne dele omkostninger af klimaforandringer ud over en 100-årige periode, så har worst-case klimaforandringer begrænset effekter på forbrugsmulighederne. Vi kan se at omkostningerne ved klimaforandringerne også kan beskrives som et årti (tabt) med økonomisk vækst på 2%, eftersom BNP pr. arbejder er på samme niveau som før klimaforandringerne efter ca. 10 år efter, hvor $y_{10}/y_0 \approx 1$.

2.7

I forrige delspørgsmål antog vi, at alle klimaforandringer skete i år $t = 1$. Ifølge Figur 2 er dette ikke særlig realistisk. I dette delspørgsmål skal du derfor i stedet antage, at temperaturen stiger med $4/100 = 0,04^\circ C$ pr. år de næste 100 år. Sammenhængen mellem økonomiske skader i år t og temperaturstigningen i år t er givet ved:

$$D_t = 1 - \frac{1}{1 + \sigma (\Delta T_t)^2}. \quad (9)$$

Hvad skal σ være for at $D_{100} = 0,175$ for $\Delta T_{100} = 4^\circ C$? Brug nu denne kalibrering sammen med ligning (9) og $\Delta T_t = 0,04 \times t$ til at simulere hvordan BNP pr. arbejder udvikler sig fra år $t = 0$ til år $t = 100$ relativt til BNP pr. arbejder i år $t = 0$.

Til sidst skal du reflektere over robustheden af dine resultater i hele Opgave 2. Det skal du gøre i relation til 1) hvordan klimaskader er implementeret i denne model og 2) hvis vi havde brugt andre modeller - kendt fra pensumbogen - til at forstå, hvordan klimaforandringer påvirker fremtidig økonomisk vækst (det er fint bare at nævne én anden model).

Svar:

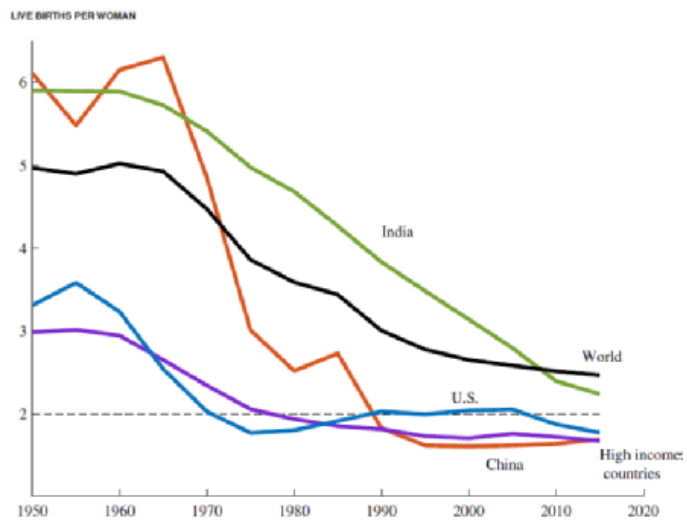
Først findes σ ud fra ligning (9):

$$\begin{aligned} D_t &= 1 - \frac{1}{1 + \sigma (\Delta T_t)^2} \\ D_t + D_t \sigma (\Delta T_t)^2 &= 1 + \sigma (\Delta T_t)^2 - 1 \\ D_t &= (1 - D) (\Delta T_t)^2 \sigma \\ \sigma &= \frac{D_t}{(1 - D) (\Delta T_t)^2} = \frac{0.175}{(1 - 0.175) * 4^2} = 0.01325758 \end{aligned}$$

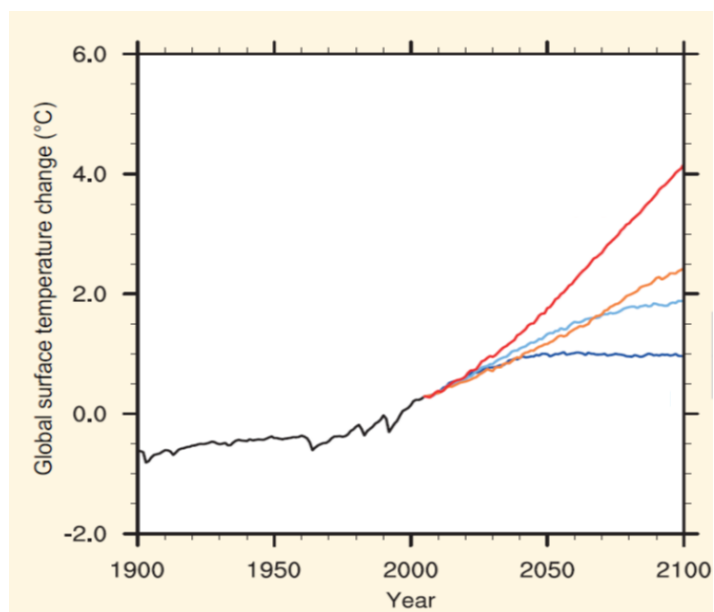
Udviklingen af y_t/y_0 er vist som den gule kurve i Figur: 2.5-2.7. Det bemærkes, at ift. kurven med øjeblikkelige klimaforandringer (grå kurve), så "falder" BNP pr. arbejder mere gradvist (relativt til uden klimaforandringer). Det er klart, at samlet set er klimaomkostningerne større i delspørgsmål 2.6, da vi antager maksimale skader allerede fra år $t = 1$ der. I den mere realistiske udgave fanger vi, at klimaskaderne kommer til at være større i fremtiden, da ΔT_t er kvadreret i damagefunktionen. På den anden side, så er fremtidige generationer også rigere end vi er i dag (pga. økonomisk vækst).

1) Alternative måder til at implementere klimaforandringer i denne model kunne være at antage ΔT_t påvirker vækstraten i teknologi. Dette kunne retfærdiggøre, hvis vækstraten i teknologi er afhængig af mængden af ressourcer, der allokeres til forskningssektoren og klimaforandringer påvirker disse ressourcer; dvs. klimaforandringer \rightarrow mindre produktion \rightarrow færre ressourcer til R&D \rightarrow lavere vækstrater i teknologi. Hvis man modelleret det sådan vil klimaforandringer reducere fremtidige forbrugsmuligheder meget mere end vi har set i denne opgave. Man kunne også antage at δ er positivt påvirket af ΔT_t , da klimaforandringer er forbundet med "vildere vejr", der kan skade (nedslide) kapital. Dette vil dog kun give anledning til en niveaueffekt.

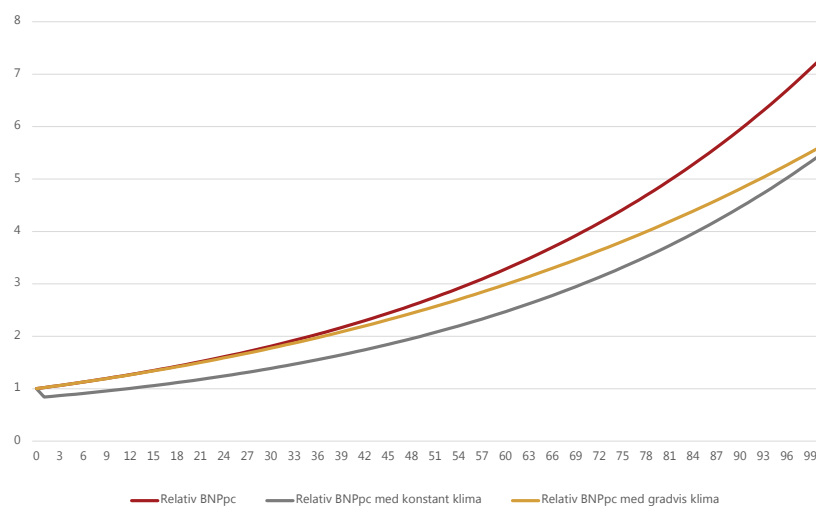
2) Her er det fint, hvis den studerende bare nævner en anden model fra pensumbogen. Det vil være nemt at pege på, at i modellen fra pensumbogens kap. 6 (med humakapital), vil effekterne være større på niveauet af output, eftersom klimaforandringer også vil påvirke humankapitalakkumulation negativt. I modellen fra pensumbogens kap. 7 (med land), vil effekterne faktisk blive mindre, da den faste ressource vil dæmpe effekterne. I AK-modellen fra kap. 8 vil effekterne blive større, da det vil påvirke den langsigtede vækstrate. Dette vil i udgangspunkt ikke gælde modellerne i kap. 9 (effekterne vil være de samme).



Figur 1: Total fertilitetsrater



Figur 2: Forskellige modeller for fremtidige temperaturændringer



Figur: 2.5-2.7