

Eksamen på Økonomistudiet, vinter 2016-2017

Makro I

2. årsprøve

6. januar, 2017

(3-timers skriftlig prøve uden hjælpemidler)

Alle delspørgsmål skal besvares og alle tæller lige meget ved bedømmelsen.

I Opgave 1 er fokus på de verbale, intuitive forklaringer, men formel analyse og notation kan inddrages efter ønske.

I Opgave 2 er de formelle og beregningsmæssige elementer i fokus, men verbale, intuitive forklaringer er fortsat vigtige.

OBS: Bliver du syg under selve eksamen på Peter Bangsvej, skal du kontakte et tilsyn, blive registreret som syg hos denne. Derefter afleverer du en blank besvarelse i systemet og forlader eksamen. Når du kommer hjem, skal du kontakte din læge og indsende lægeerklæring til Det Samfundsvidenskabelige Fakultet senest en uge efter eksamensdagen.

Dette opgavesæt består i alt af 5 sider inkl. denne.

## Opgave 1: Kapitalopbygning og fordeling

I denne opgave skal der betragtes en lukket økonomi, der basalt fungerer i overensstemmelse med en (kapitel 5-) Solowmodel med eksogen teknologisk udvikling. Økonomiens opsparings/investeringsrate, vækstrate i arbejdsstyrken, vækstrate i teknologien og nedslidningsrate for kapital er blandt de eksogent givne, strukturelle forhold.

- 1.1** Beskriv og forklar den udvikling i *kapital i forhold til effektivt arbejdsinput* (kapital per effektiv arbejder) det vil sætte i gang, hvis den betragtede økonomi først befinder sig i langsigtligevægt (steady state), og der herudfra (som følge af kriser, krige eller naturkatastrofer) indtræffer en større engangsdestruktion af kapital, uden at der sker en tilsvarende destruktion af arbejdskraft eller teknologi, og uden at de underliggende strukturelle forhold ændres. Beskriv og forklar også udviklingen i vækstraten for BNP per arbejder.
- 1.2** Beskriv og forklar den udvikling i *kapital i forhold til output* (kapital/output-forholdet) den samme hændelse vil sætte i gang. Vil denne udvikling nødvendigvis påvirke den funktionelle indkomstfordeling i en bestemt retning? Overvej hvad der kan være afgørende for, hvordan den funktionelle indkomstfordeling påvirkes.
- 1.3** Perspektivér dine overvejelser fra de foregående to spørgsmål til den økonomiske udvikling i Europa og Japan efter anden verdenskrig.

## Opgave 2: En Solow-model med fossile brændsler og klimaeksternalitet

Ligningerne (1)-(7) nedenfor udgør en Solowmodel for en lukket økonomi (hele verden) med en udtømmelig naturressource i form af fossile brændsler, herfra kaldet “olie”. Mængden af olie ved starten af periode  $t$  betegnes  $R_t$ . Heraf bruges mængden  $E_t$  som “energiinput” i produktionen i periode  $t$ . I første omgang antages det, at koefficienten  $D_t$  i produktionsfunktionen (1) er konstant og lig med 1 (udtrykt i ligning (2)). Herved er modellen identisk med “Solowmodellen med olie” som kendt fra pensums kapitel 7:  $Y_t$  betegner output (BNP),  $K_t$ ,  $L_t$  og  $E_t$  er inputs af hhv. kapital, arbejdskraft og energi, mens  $A_t$  betegner det teknologiske niveau, alle i periode  $t$ . Ligning (3) er kapitalakkumulationsligningen, ligning (4) og (5) beskriver udviklingen i hhv. arbejdsstyrke og teknologi, ligning (6) udtrykker, at beholdningen af olie i hver periode mindskes med den forbrugte mængde, og ligning (7) antager en eksogen, konstant udvindingsrate  $s_E$ .

Modellens parametre  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $\varepsilon$ ,  $s$ ,  $\delta$ ,  $n$ ,  $g$  og  $s_E$  opfylder de anførte restriktioner. Der antages givne, strengt positive initialværdier for tilstandsvariablene  $K_t$ ,  $L_t$ ,  $A_t$  og  $R_t$ , specielt en initialbeholdning  $R_0 > 0$  af olie. Det bemærkes, at energiinput er “essentielt” i betydningen: Hvis  $E_t = 0$ , så er  $Y_t = 0$ .

$$Y_t = D_t \cdot K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta E_t^\varepsilon, \quad \alpha, \beta, \varepsilon > 0, \quad \alpha + \beta + \varepsilon = 1 \quad (1)$$

$$D_t = 1 \quad (2)$$

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

$$L_{t+1} = (1 + n) L_t, \quad n \geq 0 \quad (4)$$

$$A_{t+1} = (1 + g) A_t, \quad g \geq 0 \quad (5)$$

$$R_{t+1} = R_t - E_t \quad (6)$$

$$E_t = s_E R_t, \quad 0 < s_E < \delta \quad (7)$$

Der anvendes definitionerne  $y_t \equiv Y_t/L_t$ ,  $k_t \equiv K_t/L_t$ ,  $e_t \equiv E_t/L_t$  og  $z_t \equiv K_t/Y_t = k_t/y_t$ . Endvidere defineres de approksimative vækstrater for output per arbejder,  $g_t^y \equiv \ln y_t - \ln y_{t-1}$ , og for kapital per arbejder,  $g_t^k \equiv \ln k_t - \ln k_{t-1}$ .

**2.1** Vis at ligningerne (6) og (7) indebærer, at  $R_{t+1} = (1 - s_E)R_t$ . Hvad er vækstraten i  $R_t$ ? Vis videre at (1) og (2) indebærer, at output per arbejder i periode  $t$  er

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta e_t^\varepsilon \quad (8)$$

Vis endelig ved også at anvende øvrige ligninger, at

$$g_t^y \approx \alpha g_t^k + \beta g - \varepsilon n - \varepsilon s_E \quad (9)$$

**2.2** Vis at under balanceret vækst (hvor kapital/output-forholdet  $z_t$  er konstant) vil den approksimative vækstrate for output per arbejder opfylde

$$g_t^y \approx g^y \equiv \frac{\beta}{\beta + \varepsilon} g - \frac{\varepsilon}{\beta + \varepsilon} n - \frac{\varepsilon}{\beta + \varepsilon} s_E \quad (10)$$

Idet det lægges til grund (og ikke skal vises her), at modellen faktisk på langt sigt indebærer konvergens mod et forløb med balanceret vækst, ønskes det vurderet ud fra plausible parameterværdier, om ligning (10) overvejende giver anledning til langsigtet vækstopoptimisme eller pessimisme. [Vink: Plausible parameterværdier for en vestlig økonomi på årsbasis kunne omfatte  $\beta = 0,6$  (lidt lavt vurderet),  $\varepsilon = 0,2$  (og dermed også  $\alpha = 0,2$ ),  $n = 0,01$  (lidt højt vurderet) samt  $s_E = 0,005$ ].

**2.3** Forklar og diskutér kritisk de dybere grunde til din konklusion i spørgsmål 2.2, særligt betydningen af substitutionsmuligheder mellem de forskellige inputs.

Nu antages i stedet for ligning (2), at

$$D_t = \left( \frac{R_t}{R_0} \right)^\phi, \quad \phi > 0 \quad (2')$$

for  $0 \leq R_t \leq R_0$ . Idéen er følgende: Ved starten af periode  $t$  er der forbrugt  $R_0 - R_t$  af olieressourcen, og dette kumulerede forbrug har ledt til en global stigning i koncentrationen af  $\text{CO}_2$  i atmosfæren, hvilket - via klimaeffekten - skader produktionen. Denne skadeeffekt udgør en eksternalitet, idet de enkelte beslutningstagere har uendelig lille indflydelse på den samlede globale udledning. Jo mere  $\text{CO}_2$ , der allerede er udledt (jo mindre den tilbageværende andel  $R_t/R_0$  er), jo større er skaden (jo mindre er skadefaktoren  $D_t$ ). Endvidere opfylder  $D_t = (R_t/R_0)^\phi$ , at hvis der ikke er brugt noget olie i forhold til initialåret, altså  $R_t = R_0$ , så er  $D_t = 1$ , dvs. skaden måles i forhold til initialåret, samt når  $R_t = 0$ , altså når al olie er brugt, så er  $D_t = 0$ , og skaden er "total".

Den samlede model består herefter af ligningerne (1), (2') samt (3)-(7). Det antages udover det ovenfor anførte, at  $(1 - s_E)^{\frac{\varepsilon + \phi}{\beta + \varepsilon}} > (1 - \delta)$ .

**2.4** Skitsér  $D_t$  som funktion af  $R_t$  for  $0 \leq R_t \leq R_0$  i et diagram med  $R_t$  ud ad førsteaksen og  $D_t$  op ad andenaksen for værdier af  $\phi$ , som opfylder hhv.  $\phi < 1$ ,  $\phi = 1$  og  $\phi > 1$ . Det er rimeligt at antage, at den marginale skadevirkning ved at bruge en ekstra enhed olie er større, jo mere udledning af  $\text{CO}_2$ , der allerede er sket (stigende grænseomkostning ved udledning). Hvilken af mulighederne  $\phi < 1$ ,  $\phi = 1$  og  $\phi > 1$  peger dette på som mest plausibel givet den funktionelle form i (2')?

**2.5** Vis at i den nye model vil  $g_t^y$  i et balanceret vækstforløb opfylde

$$g_t^y \approx g^y \equiv \frac{\beta}{\beta + \varepsilon} g - \frac{\varepsilon}{\beta + \varepsilon} n - \frac{\varepsilon + \phi}{\beta + \varepsilon} s_E \quad (11)$$

Det skal igen lægges til grund (og ikke vises her), at den samlede model på langt sigt faktisk indebærer konvergens mod et forløb med balanceret vækst. Der ønskes en diskussion af, hvordan tilstedeværelsen af klimaeksternaliteten påvirker vurderingen af langsigtet vækstopoptimisme vs. vækstpessimisme. Der ønskes herunder opstillet nogle taleksempler med alternative mulige værdier for parameteren  $\phi$ . Substitutionssmulighedernes betydning for konklusionerne ønskes igen inddraget i diskussionen.

**2.6** Vis at den samlede model indebærer følgende transitionsligning for kapital/output-forholdet  $z_t$

$$z_{t+1} = \left( \frac{1}{1 - s_E} \right)^{\varepsilon + \phi} \left( \frac{1}{(1 + n)(1 + g)} \right)^{\beta} (s + (1 - \delta) z_t)^{1 - \alpha} z_t^{\alpha} \quad (12)$$

**2.7** Vis at transitionsligningen (12) indebærer, at  $z_t$  fra en hvilken som helst strengt positiv initialværdi på langt sigt konvergerer mod steady state-værdien

$$z^* = \frac{s}{(1 - s_E)^{\frac{\varepsilon + \phi}{\beta + \varepsilon}} [(1 + n)(1 + g)]^{\frac{\beta}{\beta + \varepsilon}} - (1 - \delta)} > 0 \quad (13)$$

(hvorved den ovenfor antagne konvergens mod en steady state med konstant  $z_t$  bekræftes).

**2.8** Antag at skadefunktionen i stedet for at være givet ved (2') ovenfor er givet ved:

$$D_t = \left( \frac{\frac{R_t}{R_0} - \bar{\rho}}{1 - \bar{\rho}} \right)^{\phi}, \quad 0 < \bar{\rho} < 1, \quad \phi > 0 \quad (2'')$$

for  $\bar{\rho} R_0 \leq R_t \leq R_0$ , hvor  $\bar{\rho}$  er en eksogen parameter. Modellen i øvrigt er uændret. Skitsér  $D_t$  som funktion af  $R_t$  for  $\bar{\rho} R_0 \leq R_t \leq R_0$ . Overvej om  $\phi < 1$  eller  $\phi > 1$  forekommer mest plausibelt og forklar hvad der er den dybere forskel mellem formuleringerne (2') og (2''). Overvej verbalt og uden at indrage formel analyse, hvordan det langsigtede vækstforløb vil se ud i henhold til den nye model. Diskutér perspektiverne for klimaproblemet. Nogle naturvidenskabsfolk mener, at det er, når verden har brugt ca. halvdelen af de nuværende mængder af fossile brændsler, at den helt store klimakatastrofe vil indtræffe. Ligeledes kan man som også anført ovenfor betragte  $s_E = 0,005$  som en plausibel værdi på årsbasis i et "business as usual"-forløb. Dette kan evt. inddrages i overvejelserne om klima- og vækstperspektiverne. [Vink:  $\ln 2 \approx 0,7$ ].