

Solowmodellen med land og olie.

Makro I

Casper Worm Hansen

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Malthus (og klassikerne)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus "An Essay on the Principle of Population".

Malthus (og klassikerne)

- ▶ Malthus "An Essay on the Principle of Population".
- ▶ Idé: konstant input i produktionen: fx land

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Malthus (og klassikerne)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus "An Essay on the Principle of Population".
- ▶ Idé: konstant input i produktionen: fx land
- ▶ Befolkning $\uparrow \Rightarrow$ flere arbejdere på samme mængde land
 \Rightarrow faldende produktion pr. arbejder:

Malthus (og klassikerne)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus "An Essay on the Principle of Population".
- ▶ Idé: konstant input i produktionen: fx land
- ▶ Befolkning $\uparrow \Rightarrow$ flere arbejdere på samme mængde land
 \Rightarrow faldende produktion pr. arbejder:
 1. *positive checks* (sultedød, sygdom, krig) \Rightarrow **dødsrater**
 \uparrow

Malthus (og klassikerne)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Malthus "An Essay on the Principle of Population".
- ▶ Idé: konstant input i produktionen: fx land
- ▶ Befolkning $\uparrow \Rightarrow$ flere arbejdere på samme mængde land
 \Rightarrow faldende produktion pr. arbejder:
 1. *positive checks* (sultedød, sygdom, krig) \Rightarrow **dødsrater**
 \uparrow
 2. *preventive checks* (fødselskontrol vha. fx abort) \Rightarrow **fødselsrater** \downarrow

Malthus (og klassikerne)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Malthus "An Essay on the Principle of Population".
- ▶ Idé: konstant input i produktionen: fx land
- ▶ Befolkning $\uparrow \Rightarrow$ flere arbejdere på samme mængde land
 \Rightarrow faldende produktion pr. arbejder:
 1. *positive checks* (sultedød, sygdom, krig) \Rightarrow **dødsrater**
 \uparrow
 2. *preventive checks* (fødselskontrol vha. fx abort) \Rightarrow
fødselsrater \downarrow
 3. 1. og 2. \Rightarrow **befolkning** \downarrow

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Malthus "An Essay on the Principle of Population".
- ▶ Idé: konstant input i produktionen: fx land
- ▶ Befolkning $\uparrow \Rightarrow$ flere arbejdere på samme mængde land
 \Rightarrow faldende produktion pr. arbejder:
 1. *positive checks* (sultedød, sygdom, krig) \Rightarrow **dødsrater**
 \uparrow
 2. *preventive checks* (fødselskontrol vha. fx abort) \Rightarrow
fødselsrater \downarrow
 3. 1. og 2. \Rightarrow **befolkning** \downarrow
- ▶ Ligevægt: indkomst pr. arbejder på ét
subsistensminimum.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus har "glemt" teknologisk vækst, der kan opveje den faldende produktivitet.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus har "glemt" teknologisk vækst, der kan opveje den faldende produktivitet.
- ▶ I øvrigt viser empirien jo, at der har været positiv vækst i vestlige lande siden slut 1800-tallet.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus har "glemt" teknologisk vækst, der kan opveje den faldende produktivitet.
- ▶ I øvrigt viser empirien jo, at der har været positiv vækst i vestlige lande siden slut 1800-tallet.
- ▶ Én mulig forklaring er altså at industrialisering \Rightarrow teknologisk vækst \Rightarrow positiv vækst.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus har "glemt" teknologisk vækst, der kan opveje den faldende produktivitet.
- ▶ I øvrigt viser empirien jo, at der har været positiv vækst i vestlige lande siden slut 1800-tallet.
- ▶ Én mulig forklaring er altså at industrialisering \Rightarrow teknologisk vækst \Rightarrow positiv vækst.
- ▶ Er Malthus derfor irrelevant i dag?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus har "glemt" teknologisk vækst, der kan opveje den faldende produktivitet.
- ▶ I øvrigt viser empirien jo, at der har været positiv vækst i vestlige lande siden slut 1800-tallet.
- ▶ Én mulig forklaring er altså at industrialisering \Rightarrow teknologisk vækst \Rightarrow positiv vækst.
- ▶ Er Malthus derfor irrelevant i dag?
 - ▶ "Er land ikke en vigtig produktionsfaktor mere?"

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus har "glemt" teknologisk vækst, der kan opveje den faldende produktivitet.
- ▶ I øvrigt viser empirien jo, at der har været positiv vækst i vestlige lande siden slut 1800-tallet.
- ▶ Én mulig forklaring er altså at industrialisering \Rightarrow teknologisk vækst \Rightarrow positiv vækst.
- ▶ Er Malthus derfor irrelevant i dag?
 - ▶ "Er land ikke en vigtig produktionsfaktor mere?"
- ▶ Ikke nødvendigvis af følgende årsager:

Malthus - forsvar (1)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- En række fattige lande har først sent eller slet ikke oplevet vækst som vestlige økonomier.

Malthus - forsvar (1)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ En række fattige lande har først sent eller slet ikke oplevet vækst som vestlige økonomier.
- ▶ I disse lande er befolkningsvækst høj \Rightarrow stigende pres på land \Rightarrow lav vækst.

Malthus - forsvar (1)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

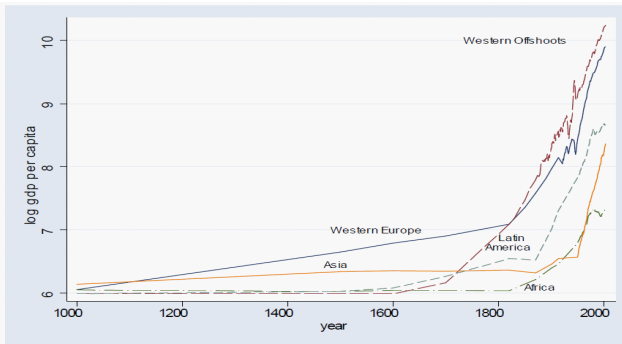
Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ En række fattige lande har først sent eller slet ikke oplevet vækst som vestlige økonomier.
- ▶ I disse lande er befolkningsvækst høj \Rightarrow stigende pres på land \Rightarrow lav vækst.
- ▶ Her er Malthus stadig relevant!

Malthus - forsvar (2)

- ▶ Hvordan så Malthus' (1766-1834) verden ud?



Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen med land

- Introduktion
- Modellen
- Steady state
- Test af steady state
- Analyse

Solowmodellen med olie

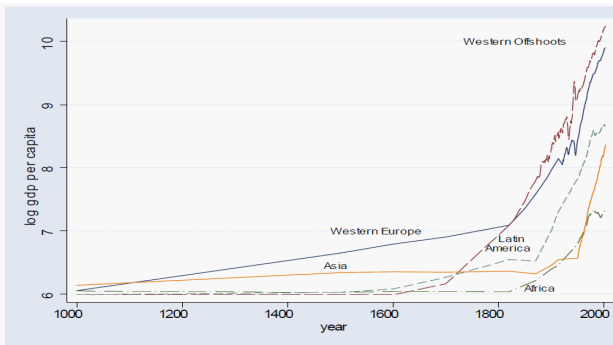
- Introduktion
- Modellens ligninger
- Steady state
- Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Malthus - forsvar (2)

- ▶ Hvordan så Malthus' (1766-1834) verden ud?



- ▶ Moderne økonomisk vækst starter først i Malthus' levetid.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

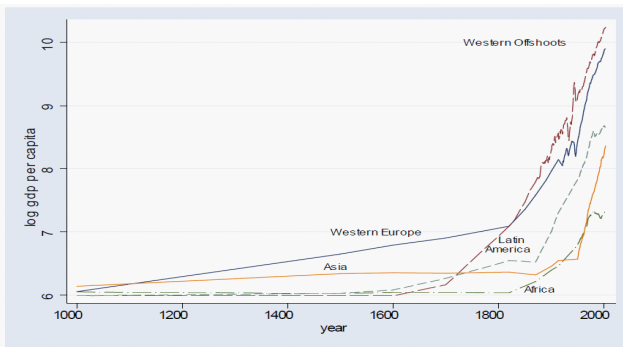
Klima og økonomisk vækst

Malthus - forsvar (2)

Kap 7:

Makro I

- ▶ Hvordan så Malthus' (1766-1834) verden ud?



- ▶ Moderne økonomisk vækst starter først i Malthus' levetid.
- ▶ Dvs. levestandarden (=BNP/arbejder) ser ud til at have været på et subsistensminimum i det meste af menneskehedens historie. Malthus' model er særdels relevant her.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus: hvis der er en fast mængde land vil øget befolkning (uden tek. vækst) betyde faldende BNP/arbejder.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus: hvis der er en fast mængde land vil øget befolkning (uden tek. vækst) betyde faldende BNP/arbejder.
- ▶ 2 spm vi skal svare på:

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus: hvis der er en fast mængde land vil øget befolkning (uden tek. vækst) betyde faldende BNP/arbejder.
- ▶ 2 spm vi skal svare på:
 1. Kan der stadig være vækst, hvis der fx er teknologiske fremskridt?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Malthus: hvis der er en fast mængde land vil øget befolkning (uden tek. vækst) betyde faldende BNP/arbejder.
- ▶ 2 spm vi skal svare på:
 1. Kan der stadig være vækst, hvis der fx er teknologiske fremskridt?
 2. Øger modellen vores forståelse af forskelle mellem rig og fattig?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

► Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa, \alpha, \beta, \kappa > 0, \alpha + \beta + \kappa = 1.$$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa, \alpha, \beta, \kappa > 0, \alpha + \beta + \kappa = 1.$$

- X = land, konstant over tid.

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa, \alpha, \beta, \kappa > 0, \alpha + \beta + \kappa = 1.$$

- ▶ X = land, konstant over tid.
- ▶ Konstant skalaafkast (CRS) til K_t , L_t og X .

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa, \alpha, \beta, \kappa > 0, \alpha + \beta + \kappa = 1.$$

- ▶ X = land, konstant over tid.
- ▶ Konstant skalaafkast (CRS) til K_t , L_t og X .
- ▶ Ingen humankapital. Kan godt tilføjes, men marginalt mere besværligt.

[Introduktion](#)[Solowmodellen
med land](#)[Introduktion](#)[Modellen](#)[Steady state](#)[Test af steady state](#)[Analyse](#)[Solowmodellen
med olie](#)[Introduktion](#)[Modellens ligninger](#)[Steady state](#)[Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution](#)[Konklusion](#)[Klima og
økonomisk vækst](#)

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa, \alpha, \beta, \kappa > 0, \alpha + \beta + \kappa = 1.$$

- ▶ X = land, konstant over tid.
- ▶ Konstant skalaafkast (CRS) til K_t , L_t og X .
- ▶ Ingen humankapital. Kan godt tilføjes, men marginalt mere besværligt.
- ▶ Når X er konstant over tid \Rightarrow DRS til K_t , L_t .

- ▶ Cobb-Douglas:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa$$

- ▶ **Kap 3 & 5:** $2 \times L_t \Rightarrow 2 \times K_t$ i SS $\Rightarrow 2 \times Y_t \Rightarrow$ ingen effekt på y^* .
 - ▶ Årsag: CRS til L_t og K_t .
 - ▶ Generelt kun befolkningsvækstraten, n , der har én effekt via **udtynding**.
- ▶ **Kap 7:** $2 \times L_t$ og $2 \times K_t$ i SS $\Rightarrow Y_t$ stiger med faktor $2^{\alpha+\beta} < 2 \Rightarrow y^*$ falder
 - ▶ Land kan ikke øges, og der er DRS til L_t og K_t , alene.
 - ▶ Generelt spiller både **udtyndning** og **DRS** roller i 'Solowmodellen med land

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa, \alpha, \beta, \kappa > 0, \alpha + \beta + \kappa = 1.$$

$$K_{t+1} = sY_t + (1 - \delta) K_t.$$

$$L_{t+1} = (1 + n) L_t$$

$$A_{t+1} = (1 + \overset{g}{n}) A_t$$

- ▶ Modellen konvergerer som sædvanlig mod SS med konstant vækstrater i y_t og k_t .

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Modellen konvergerer som sædvanlig mod SS med konstant vækstrater i y_t og k_t .
- ▶ Da det er nemmere: analysér denne gang modellen vha. $z_t = k_t/y_t$, (i stedet for \tilde{k}_t og \tilde{y}_t).

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Modellen konvergerer som sædvanlig mod SS med konstant vækstrater i y_t og k_t .
- ▶ Da det er nemmere: analysér denne gang modellen vha. $z_t = k_t/y_t$, (i stedet for \tilde{k}_t og \tilde{y}_t).
- ▶ Intuition: Den sædvanlige, kapitalakkumulation skaber midlertidig vækst i k_t og y_t . På lang sigt konvergens mod konstant vækst.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Modellen konvergerer som sædvanlig mod SS med konstant vækstrater i y_t og k_t .
- ▶ Da det er nemmere: analysér denne gang modellen vha. $z_t = k_t/y_t$, (i stedet for \tilde{k}_t og \tilde{y}_t).
- ▶ Intuition: Den sædvanlige, kapitalakkumulation skaber midlertidig vækst i k_t og y_t . På lang sigt konvergens mod konstant vækst.
- ▶ Forskel til tidligere: vækstraten i SS er *ikke* lig g .

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Modellen konvergerer som sædvanlig mod SS med konstant vækstrater i y_t og k_t .
- ▶ Da det er nemmere: analysér denne gang modellen vha. $z_t = k_t/y_t$, (i stedet for \tilde{k}_t og \tilde{y}_t).
- ▶ Intuition: Den sædvanlige, kapitalakkumulation skaber midlertidig vækst i k_t og y_t . På lang sigt konvergens mod konstant vækst.
- ▶ Forskel til tidligere: vækstraten i SS er *ikke* lig g .
- ▶ **Først: vækst i SS.**

- ▶ Modellen konvergerer som sædvanlig mod SS med konstant vækstrater i y_t og k_t .
- ▶ Da det er nemmere: analysér denne gang modellen vha. $z_t = k_t/y_t$, (i stedet for \tilde{k}_t og \tilde{y}_t).
- ▶ Intuition: Den sædvanlige, kapitalakkumulation skaber midlertidig vækst i k_t og y_t . På lang sigt konvergens mod konstant vækst.
- ▶ Forskel til tidligere: vækstraten i SS er *ikke* lig g .
- ▶ **Først: vækst i SS.**
- ▶ Bagefter: dynamikken i modellen.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Pr. arbejder produktion

► Pr arbejder:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Pr. arbejder produktion

- Pr arbejder:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Ide: $x_t = X/L_t \Rightarrow L_t \uparrow \Rightarrow x_t \downarrow \Rightarrow y_t \downarrow$.

Pr. arbejder produktion

- Pr arbejder:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Ide: $x_t = X/L_t \Rightarrow L_t \uparrow \Rightarrow x_t \downarrow \Rightarrow y_t \downarrow$.
- Med ord: konstant stigende befolkning \Rightarrow fald i y_t (alt andet lige).

Pr. arbejder produktion

Kap 7:

Makro I

- Pr arbejder:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Ide: $x_t = X/L_t \Rightarrow L_t \uparrow \Rightarrow x_t \downarrow \Rightarrow y_t \downarrow$.
- Med ord: konstant stigende befolkning \Rightarrow fald i y_t (alt andet lige).
- Intuition: Mere befolkning på samme mængde land \Rightarrow faldende mp til land \Rightarrow produktion pr. arbejder \downarrow

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Pr. arbejder produktion

Kap 7:

Makro I

- ▶ Pr arbejder:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- ▶ Ide: $x_t = X/L_t \Rightarrow L_t \uparrow \Rightarrow x_t \downarrow \Rightarrow y_t \downarrow$.
- ▶ Med ord: konstant stigende befolkning \Rightarrow fald i y_t (alt andet lige).
- ▶ Intuition: Mere befolkning på samme mængde land \Rightarrow faldende mp til land \Rightarrow produktion pr. arbejder \downarrow
- ▶ Hvor stor er effekten af at øge arbejdstyrken med 1% på 'kort sigt'? Den er faktisk $-(\alpha + \kappa) \%$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Pr. arbejder produktion

Kap 7:

Makro I

- ▶ Pr arbejder:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- ▶ Ide: $x_t = X/L_t \Rightarrow L_t \uparrow \Rightarrow x_t \downarrow \Rightarrow y_t \downarrow$.
- ▶ Med ord: konstant stigende befolkning \Rightarrow fald i y_t (alt andet lige).
- ▶ Intuition: Mere befolkning på samme mængde land \Rightarrow faldende mp til land \Rightarrow produktion pr. arbejder \downarrow
- ▶ Hvor stor er effekten af at øge arbejdstyrken med 1% på 'kort sigt'? Den er faktisk $-(\alpha + \kappa) \%$
 - ▶ hvordan kan man også se det?

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Pr arbejder:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Ide: $x_t = X/L_t \Rightarrow L_t \uparrow \Rightarrow x_t \downarrow \Rightarrow y_t \downarrow$.
- Med ord: konstant stigende befolkning \Rightarrow fald i y_t (alt andet lige).
- Intuition: Mere befolkning på samme mængde land \Rightarrow faldende mp til land \Rightarrow produktion pr. arbejder \downarrow
- Hvor stor er effekten af at øge arbejdestyrken med 1% på 'kort sigt'? Den er faktisk $-(\alpha + \kappa) \%$
 - hvordan kan man også se det?
 - udfra $Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta X^\kappa$ kan vi se, at $L_t \uparrow$ med 1% $\Rightarrow Y_t \uparrow$ med $\beta \%$ og da $y_t \equiv \frac{Y_t}{L_t}$ må $y_t \downarrow$ med $1 - \beta \%$, hvilket er lig med $\alpha + \kappa$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- Pr. arbejder produktionsfunktionen:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Pr. arbejder produktionsfunktionen:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Tag ln og differens fra t til $t + 1$:

$$\underbrace{\ln y_{t+1} - \ln y_t}_{=g_t^y} = \alpha \left(\underbrace{\ln k_{t+1} - \ln k_t}_{=g_t^k} \right) + \beta \left(\underbrace{\ln A_{t+1} - \ln A_t}_{\approx g} \right) + \kappa (\ln x_{t+1} - \ln x_t)$$

Introduktion

 Solowmodellen
med land

 Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

 Solowmodellen
med olie

 Introduktion
Modellens ligninger
Steady state

 Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

 Klima og
økonomisk vækst

- Pr. arbejder produktionsfunktionen:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Tag ln og differens fra t til $t+1$:

$$\underbrace{\ln y_{t+1} - \ln y_t}_{=g_t^y} = \alpha \left(\underbrace{\ln k_{t+1} - \ln k_t}_{=g_t^k} \right) + \beta \left(\underbrace{\ln A_{t+1} - \ln A_t}_{\approx g} \right) + \kappa (\ln x_{t+1} - \ln x_t)$$

- Indsæt:

$$\ln x_{t+1} - \ln x_t = \ln X - \ln L_{t+1} - (\ln X - \ln L_t) = -(\ln L_{t+1} - \ln L_t) \approx -n.$$

Introduktion

 Solowmodellen
med land

 Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

 Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

 Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

 Klima og
økonomisk vækst

- Pr. arbejder produktionsfunktionen:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{X}{L_t} \right)^\kappa = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Tag ln og differens fra t til $t + 1$:

$$\underbrace{\ln y_{t+1} - \ln y_t}_{=g_t^y} = \alpha \left(\underbrace{\ln k_{t+1} - \ln k_t}_{=g_t^k} \right) + \beta \left(\underbrace{\ln A_{t+1} - \ln A_t}_{\approx g} \right) + \kappa (\ln x_{t+1} - \ln x_t)$$

- Indsæt:

$$\ln x_{t+1} - \ln x_t = \ln X - \ln L_{t+1} - (\ln X - \ln L_t) = -(\ln L_{t+1} - \ln L_t) \approx -n.$$

- Derfor har vi:

$$\ln(x) = \ln\left(\frac{X}{L}\right) = \ln(X) - \ln(L)$$

$$g_t^y \approx \alpha g_t^k + \beta g - \kappa n.$$

Introduktion

 Solowmodellen
med land

 Introduktion
Modellen

Steady state

 Test af steady state
Analyse

 Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

 Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

 Klima og
økonomisk vækst

- Da $z \equiv \frac{k_t}{y_t}$ er konstant i SS (vises senere), må det gælde at $g^y = g_t^y = g_t^k \Rightarrow$

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa n}{1 - \alpha}.$$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Da $z \equiv \frac{k_t}{y_t}$ er konstant i SS (vises senere), må det gælde at $g^y = g_t^y = g_t^k \Rightarrow$

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa n}{1 - \alpha}.$$

- ▶ Væksten er positiv, hvis den teknologiske vækst er høj nok ift. befolkningsvækst!

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Da $z \equiv \frac{k_t}{y_t}$ er konstant i SS (vises senere), må det gælde at $g^y = g_t^y = g_t^k \Rightarrow$

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa n}{1 - \alpha}.$$

- ▶ Væksten er positiv, hvis den teknologiske vækst er høj nok ift. befolkningsvækst!
- ▶ κ stor \Rightarrow land er vigtigt i produktionen \Rightarrow større 'growth drag' fra befolkningsvækst. Hvad hvis $\kappa = 0$?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Da $z \equiv \frac{k_t}{y_t}$ er konstant i SS (vises senere), må det gælde at $g^y = g_t^y = g_t^k \Rightarrow$

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa n}{1 - \alpha}.$$

- ▶ Væksten er positiv, hvis den teknologiske vækst er høj nok ift. befolkningsvækst!
- ▶ κ stor \Rightarrow land er vigtigt i produktionen \Rightarrow større 'growth drag' fra befolkningsvækst. Hvad hvis $\kappa = 0$?
- ▶ ift. kap 3,5 og 6, er pointen altså følgende

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Da $z \equiv \frac{k_t}{y_t}$ er konstant i SS (vises senere), må det gælde at $g^y = g_t^y = g_t^k \Rightarrow$

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa n}{1 - \alpha}.$$

- ▶ Væksten er positiv, hvis den teknologiske vækst er høj nok ift. befolkningsvækst!
- ▶ κ stor \Rightarrow land er vigtigt i produktionen \Rightarrow større 'growth drag' fra befolkningsvækst. Hvad hvis $\kappa = 0$?
- ▶ ift. kap 3,5 og 6, er pointen altså følgende
 1. mindre effekt af tek. vækst på vækstraten i BNP/arbejder i SS

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Da $z \equiv \frac{k_t}{y_t}$ er konstant i SS (vises senere), må det gælde at $g^y = g_t^y = g_t^k \Rightarrow$

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa n}{1 - \alpha}.$$

- ▶ Væksten er positiv, hvis den teknologiske vækst er høj nok ift. befolkningsvækst!
- ▶ κ stor \Rightarrow land er vigtigt i produktionen \Rightarrow større 'growth drag' fra befolkningsvækst. Hvad hvis $\kappa = 0$?
- ▶ ift. kap 3,5 og 6, er pointen altså følgende
 1. mindre effekt af tek. vækst på vækstraten i BNP/arbejder i SS
 2. befolkningsvækst har en negative effekt på vækstraten i BNP/arbejder i SS.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

2-min-øvelse

$$g = \frac{g^y}{\beta} \cdot (1 - \alpha) = \frac{0,02}{0,6} \cdot (1 - 0,2) \approx 0,02666667$$

$$g^y = \frac{0,6 \cdot 0,026667}{1 - 0,2} - \frac{0,2 \cdot 0,03}{1 - 0,2} \approx 0,01250025$$

- Modellens prædiktion om **vækst i SS**:

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa n}{1 - \alpha}.$$



$$\begin{aligned} g^y &= 0 \\ 0 &= \frac{0,6 \cdot 0,0267}{1 - 0,2} - \frac{0,2 \cdot n}{1 - 0,2} \\ n &= 0,0801 \end{aligned}$$

Ligningen løses for n vha. CAS-værktøjet WordMat.

- Nordhaus: $\beta = 0,6$, $\alpha = 0,2 \Rightarrow \kappa = 0,2$.

1. Antag at vi er i et rigt land hvor $g^y = 2\%$ og $n = 0\%$. Hvor stor er g ?
2. Antag nu at vi er i et fattigt land, der har den samme g som det rige, men $n = 3\%$. Hvor stor er g^y ?
3. Antag igen at $g = 2,67\%$. Hvor stor må n være for at $g^y = 0$?

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Vækst i SS - konklusion

- ▶ 8% er ret høj befolkningsvækst.

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Vækst i SS - konklusion

- ▶ 8% er ret høj befolkningsvækst.
- ▶ De fleste fattige lande ligger på omkring 2-4% - ikke nok til at skabe 0-vækst.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ 8% er ret høj befolkningsvækst.
- ▶ De fleste fattige lande ligger på omkring 2-4% - ikke nok til at skabe 0-vækst.
- ▶ 2-4% giver dog et betydeligt "growth drag" \Rightarrow ifølge teorien er Malthus i den grad relevant (fx $n = 0,03 \Rightarrow \frac{\kappa n}{1-\alpha} = 0,0075$ [dvs. 0.75%-point]).

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ 8% er ret høj befolkningsvækst.
- ▶ De fleste fattige lande ligger på omkring 2-4% - ikke nok til at skabe 0-vækst.
- ▶ 2-4% giver dog et betydeligt "growth drag" \Rightarrow ifølge teorien er Malthus i den grad relevant (fx $n = 0,03 \Rightarrow \frac{\kappa n}{1-\alpha} = 0,0075$ [dvs. 0.75%-point]).
- ▶ Yderligere:

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ 8% er ret høj befolkningsvækst.
- ▶ De fleste fattige lande ligger på omkring 2-4% - ikke nok til at skabe 0-vækst.
- ▶ 2-4% giver dog et betydeligt "growth drag" \Rightarrow ifølge teorien er Malthus i den grad relevant (fx $n = 0,03 \Rightarrow \frac{\kappa n}{1-\alpha} = 0,0075$ [dvs. 0.75%-point]).
- ▶ Yderligere:
 1. I mange fattige lande, som ikke har oplevet industrialisering er land en vigtig faktor i produktionsfunktionen $\Rightarrow \kappa$ højere \Rightarrow større negativt bidrag.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ 8% er ret høj befolkningsvækst.
- ▶ De fleste fattige lande ligger på omkring 2-4% - ikke nok til at skabe 0-vækst.
- ▶ 2-4% giver dog et betydeligt "growth drag" \Rightarrow ifølge teorien er Malthus i den grad relevant (fx $n = 0,03 \Rightarrow \frac{\kappa n}{1-\alpha} = 0,0075$ [dvs. 0.75%-point]).
- ▶ Yderligere:
 1. I mange fattige lande, som ikke har oplevet industrialisering er land en vigtig faktor i produktionsfunktionen $\Rightarrow \kappa$ højere \Rightarrow større negativt bidrag.
 2. Hvis man fraregner et bidrag fra uddannelsesvækst i rige lande på 0,5% mindskes bidraget fra teknologi til 1,5% (dvs. $g \downarrow$) $\Rightarrow n = 0.045 \Rightarrow g^y = 0$.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Modelforudsigelse for SS vækst:

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa}{1 - \alpha} n.$$

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Modelforudsigelse for SS vækst:

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa}{1 - \alpha} n.$$

- Teoretiske parameterverdier: $\beta = 0,6$, $\alpha = 0,2$,
 $\kappa = 0,2$.

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Modelforudsigelse for SS vækst:

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa}{1 - \alpha} n.$$

- ▶ Teoretiske parameterverdier: $\beta = 0,6$, $\alpha = 0,2$, $\kappa = 0,2$.
- ▶ Regressionslinie for 83 lande ml. 1960-2003:

$$g_i^y \approx \pi_0 - \pi_1 n_i + \varepsilon_i$$

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Modelforudsigelse for SS vækst:

$$g^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\kappa}{1 - \alpha} n.$$

- ▶ Teoretiske parameterverdier: $\beta = 0,6$, $\alpha = 0,2$, $\kappa = 0,2$.
- ▶ Regressionslinie for 83 lande ml. 1960-2003:

$$g_i^y \approx \pi_0 - \pi_1 n_i + \varepsilon_i$$

- ▶ Estimat: $\hat{\pi}_1 = 0,5$, $SF = 0,14$.

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1$ signifikant forskellig fra 0

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1$ signifikant forskellig fra 0
- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1 = 0,5$, er ikke signifikant forskellig fra den teoretiske hældning, $\pi_1 = \frac{\kappa}{1-\alpha} = 0,25$

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1$ signifikant forskellig fra 0
- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1 = 0,5$, er ikke signifikant forskellig fra den teoretiske hældning, $\pi_1 = \frac{\kappa}{1-\alpha} = 0,25$
- ▶ Dvs. forskel er inden for den statistiske usikkerhed

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1$ signifikant forskellig fra 0
- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1 = 0,5$, er ikke signifikant forskellig fra den teoretiske hældning, $\pi_1 = \frac{\kappa}{1-\alpha} = 0,25$
- ▶ Dvs. forskel er inden for den statistiske usikkerhed
- ▶ Konklusion: 'God' overensstemmelse ml. empiri og teori.

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1$ signifikant forskellig fra 0
- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1 = 0,5$, er ikke signifikant forskellig fra den teoretiske hældning, $\pi_1 = \frac{\kappa}{1-\alpha} = 0,25$
- ▶ Dvs. forskel er inden for den statistiske usikkerhed
- ▶ Konklusion: 'God' overensstemmelse ml. empiri og teori.
- ▶ Problemer som i de forrige kapitler?

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1$ signifikant forskellig fra 0
- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1 = 0,5$, er ikke signifikant forskellig fra den teoretiske hældning, $\pi_1 = \frac{\kappa}{1-\alpha} = 0,25$
- ▶ Dvs. forskel er inden for den statistiske usikkerhed
- ▶ Konklusion: 'God' overensstemmelse ml. empiri og teori.
- ▶ Problemer som i de forrige kapitler?
 - ▶ kausalitet

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1$ signifikant forskellig fra 0
- ▶ Den estimerede hældning, $\hat{\pi}_1 = 0,5$, er ikke signifikant forskellig fra den teoretiske hældning, $\pi_1 = \frac{\kappa}{1-\alpha} = 0,25$
- ▶ Dvs. forskel er inden for den statistiske usikkerhed
- ▶ Konklusion: 'God' overensstemmelse ml. empiri og teori.
- ▶ Problemer som i de forrige kapitler?
 - ▶ kausalitet
 - ▶ antagelse om ens κ, α, g for alle lande

Andre studier der påviser negative effekter

- ▶ n(**fertilitet**, **dødelighed**, migration)

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Andre studier der påviser negative effekter

- ▶ n (**fertilitet**, **dødelighed**, migration)
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Andre studier der påviser negative effekter

- ▶ n(**fertilitet**, **dødelighed**, migration)
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")
 - ▶ Madsen et al. (JOEG, 2020 "Was the post-1870 fertility transition a key contributor to growth in the West in the twentieth century?")

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Andre studier der påviser negative effekter

Kap 7:

Makro I

- ▶ n(**fertilitet**, **dødelighed**, migration)
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")
 - ▶ Madsen et al. (JOEG, 2020 "Was the post-1870 fertility transition a key contributor to growth in the West in the twentieth century?")
 - ▶ Acemoglu and Johnson (JPE, 2007; "Disease and Development: The Effect of Life Expectancy on Economic Growth")

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Andre studier der påviser negative effekter

- ▶ $n(\text{fertilitet, dødelighed, migration})$
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")
 - ▶ Madsen et al. (JOEG, 2020 "Was the post-1870 fertility transition a key contributor to growth in the West in the twentieth century?")
 - ▶ Acemoglu and Johnson (JPE, 2007; "Disease and Development: The Effect of Life Expectancy on Economic Growth")
- ▶ Ikke klart om der findes evidens for udtynding (ala kap 5 mv.), DRS (ala kap 7), begge dele og/eller noget tredje

Andre studier der påviser negative effekter

- ▶ n (**fertilitet**, **dødelighed**, migration)
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")
 - ▶ Madsen et al. (JOEG, 2020 "Was the post-1870 fertility transition a key contributor to growth in the West in the twentieth century?")
 - ▶ Acemoglu and Johnson (JPE, 2007; "Disease and Development: The Effect of Life Expectancy on Economic Growth")
- ▶ Ikke klart om der findes evidens for udtynding (ala kap 5 mv.), DRS (ala kap 7), begge dele og/eller noget tredje
 - ▶ Udtynding $\rightarrow \partial y / \partial n < 0$ (niveau-effekt; transitoriske vækst-effekter)

Andre studier der påviser negative effekter

Kap 7:

Makro I

- ▶ n (**fertilitet**, **dødelighed**, migration)
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")
 - ▶ Madsen et al. (JOEG, 2020 "Was the post-1870 fertility transition a key contributor to growth in the West in the twentieth century?")
 - ▶ Acemoglu and Johnson (JPE, 2007; "Disease and Development: The Effect of Life Expectancy on Economic Growth")
- ▶ Ikke klart om der findes evidens for udtynding (ala kap 5 mv.), DRS (ala kap 7), begge dele og/eller noget tredje
 - ▶ Udtynding $\rightarrow \partial y / \partial n < 0$ (niveau-effekt; transitoriske vækst-effekter)
 - ▶ DRS $\rightarrow \partial g / \partial n < 0$ (langsigtet vækst-effekt)

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Andre studier der påviser negative effekter

Kap 7:

Makro I

- ▶ n (**fertilitet**, **dødelighed**, migration)
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")
 - ▶ Madsen et al. (JOEG, 2020 "Was the post-1870 fertility transition a key contributor to growth in the West in the twentieth century?")
 - ▶ Acemoglu and Johnson (JPE, 2007; "Disease and Development: The Effect of Life Expectancy on Economic Growth")
- ▶ Ikke klart om der findes evidens for udtynding (ala kap 5 mv.), DRS (ala kap 7), begge dele og/eller noget tredje
 - ▶ Udtynding $\rightarrow \partial y / \partial n < 0$ (niveau-effekt; transitoriske vækst-effekter)
 - ▶ DRS $\rightarrow \partial g / \partial n < 0$ (langsigtet vækst-effekt)
 - ▶ Dog klart at lande med mere befolkningsvækst er fattigere. Men altså vi ved ikke præcist HVORFOR?

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Andre studier der påviser negative effekter

Kap 7:

Makro I

- ▶ n (**fertilitet**, **dødelighed**, migration)
 - ▶ Li and Zhang (RESTAT, 2007; "Do High Birth Rates Hamper Economic Growth")
 - ▶ Madsen et al. (JOEG, 2020 "Was the post-1870 fertility transition a key contributor to growth in the West in the twentieth century?")
 - ▶ Acemoglu and Johnson (JPE, 2007; "Disease and Development: The Effect of Life Expectancy on Economic Growth")
- ▶ Ikke klart om der findes evidens for udtynding (ala kap 5 mv.), DRS (ala kap 7), begge dele og/eller noget tredje
 - ▶ Udtynding $\rightarrow \partial y / \partial n < 0$ (niveau-effekt; transitoriske vækst-effekter)
 - ▶ DRS $\rightarrow \partial g / \partial n < 0$ (langsigtet vækst-effekt)
 - ▶ Dog klart at lande med mere befolkningsvækst er fattigere. Men altså vi ved ikke præcist HVORFOR?
 - ▶ Plads til forbedringer \rightarrow måske dit kommende BA projekt(?)

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Ovenfor har vi analyseret modellen i SS.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Ovenfor har vi analyseret modellen i SS.
- ▶ Men konvergerer modellen overhovedet som vi påstod?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Ovenfor har vi analyseret modellen i SS.
- ▶ Men konvergerer modellen overhovedet som vi påstod?
- ▶ **Nu: Analyse i kapital-outputforhold,**
 $z_t = K_t/Y_t = k_t/y_t$, **som er konstant i SS.**

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Ovenfor har vi analyseret modellen i SS.
- ▶ Men konvergerer modellen overhovedet som vi påstod?
- ▶ **Nu: Analyse i kapital-outputforhold,**
 $z_t = K_t/Y_t = k_t/y_t$, **som er konstant i SS.**
- ▶ Teknisk set lidt nemmere end tilde-variable.

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Ovenfor har vi analyseret modellen i SS.
- ▶ Men konvergerer modellen overhovedet som vi påstod?
- ▶ **Nu: Analyse i kapital-outputforhold,**
 $z_t = K_t / Y_t = k_t / y_t$, **som er konstant i SS.**
- ▶ Teknisk set lidt nemmere end tilde-variable.
- ▶ Intuition præcis den samme som en almindelig Solow-model.

Transitionsligning

- Definition af z_{t+1} :

$$z_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{K_{t+1}}{K_{t+1}^{\alpha} (A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}} = \frac{K_{t+1}^{1-\alpha}}{(A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}}$$

Transitionslingning

Kap 7:

Makro I

- Definition af z_{t+1} :

$$z_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{K_{t+1}}{K_{t+1}^{\alpha} (A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}} = \frac{K_{t+1}^{1-\alpha}}{(A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}}$$

- Indsæt $K_{t+1} = \dots$:

$$z_{t+1} = \frac{(sY_t + K_t(1-\delta))^{1-\alpha}}{(A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}} = \frac{(s + z_t(1-\delta))^{1-\alpha}}{(A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}} Y_t^{1-\alpha}$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Transitionslingning

Kap 7:

Makro I

- Definition af z_{t+1} :

$$z_{t+1} = \frac{K_{t+1}}{Y_{t+1}} = \frac{K_{t+1}}{K_{t+1}^{\alpha} (A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}} = \frac{K_{t+1}^{1-\alpha}}{(A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}}$$

- Indsæt $K_{t+1} = \dots$:

$$z_{t+1} = \frac{(sY_t + K_t(1-\delta))^{1-\alpha}}{(A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}} = \frac{(s + z_t(1-\delta))^{1-\alpha}}{(A_{t+1} L_{t+1})^{\beta} X^{\kappa}} Y_t^{1-\alpha}$$

- Indsæt A_{t+1} , L_{t+1} og Y_t

$$z_{t+1} = \frac{(s + z_t(1-\delta))^{1-\alpha}}{((1+g)(1+n))^{\beta}} \frac{Y_t^{1-\alpha}}{(A_t L_t)^{\beta} X^{\kappa}} \frac{K_t^{\alpha}}{K_t^{\alpha}}$$

$$z_{t+1} = \frac{[s + z_t(1-\delta)]^{1-\alpha}}{[(1+g)(1+n)]^{\beta}} \frac{Y_t z_t^{\alpha}}{Y_t}$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Transitionsligningen:

$$z_{t+1} = \frac{1}{((1+g)(1+n))^{\beta}} [s + z_t(1-\delta)]^{1-\alpha} z_t^{\alpha}$$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- Transitionsligningen:

$$z_{t+1} = \frac{1}{((1+g)(1+n))^{\beta}} [s + z_t(1-\delta)]^{1-\alpha} z_t^{\alpha}$$

- Grafisk: Konvergens mod konstant SS niveau til:

$$z^* = \frac{s}{[(1+n)(1+g)]^{\frac{\beta}{\beta+\kappa}} - (1-\delta)}$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Transitionsligningen:

$$z_{t+1} = \frac{1}{((1+g)(1+n))^{\beta}} [s + z_t(1-\delta)]^{1-\alpha} z_t^{\alpha}$$

- Grafisk: Konvergens mod konstant SS niveau til:

$$z^* = \frac{s}{[(1+n)(1+g)]^{\frac{\beta}{\beta+\kappa}} - (1-\delta)}$$

- 2 min-øvelse \Rightarrow

2-min-øvelse: parameterændringer

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

1. Hvordan påvirker et fald i δ udviklingen i z_t ?
2. Hvordan påvirker en stigning i s udviklingen i z_t ?
3. Hvordan påvirker et fald i n udviklingen i z_t ?



SS vækststien for BNP/arbejder

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ SS vækststi for BNP/arbejder:

$$y_t^* = (z^*)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}},$$

bemærk: $n \uparrow$ har nu en dobbelt-effekt på y_t^* (og y_t):

- ▶ SS vækststi for BNP/arbejder:

$$y_t^* = (z^*)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}},$$

bemærk: $n \uparrow$ har nu en dobbelt-effekt på y_t^* (og y_t):

1. Mere udtynding af $k_t \Rightarrow$ mindre kapital ($k_t \downarrow$, $z_t \downarrow$) \Rightarrow mindre SS *niveau*

- ▶ SS vækststi for BNP/arbejder:

$$y_t^* = (z^*)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}},$$

bemærk: $n \uparrow$ har nu en dobbelt-effekt på y_t^* (og y_t):

1. Mere udtynding af $k_t \Rightarrow$ mindre kapital ($k_t \downarrow$, $z_t \downarrow$) \Rightarrow mindre SS *niveau*
2. Større "growth drag" fra land \Rightarrow mindre *vækstrate* i SS.

- ▶ SS vækststi for BNP/arbejder:

$$y_t^* = (z^*)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}},$$

bemærk: $n \uparrow$ har nu en dobbelt-effekt på y_t^* (og y_t):

1. Mere udtynding af $k_t \Rightarrow$ mindre kapital ($k_t \downarrow$, $z_t \downarrow$) \Rightarrow mindre SS *niveau*
 2. Større "growth drag" fra land \Rightarrow mindre *vækstrate* i SS.
- ▶ Lad os nu udlede vækststien for BNP/arbejde, således
1. og 2. "nemmere" kan ses.

SS vækststien for BNP/arbejder

Kap 7:

Makro I

- Produktionsfunktionen:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

SS vækststien for BNP/arbejder

Kap 7:

Makro I

- Produktionsfunktionen:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Kan omskrives til:

$$\begin{aligned} y_t &= z_t^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}} \implies \\ y_t^* &= (z^*)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}} \text{ (SS vækststien)} \end{aligned}$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Produktionsfunktionen:

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta x_t^\kappa$$

- Kan omskrives til:

$$\begin{aligned} y_t &= z_t^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}} \implies \\ y_t^* &= (z^*)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_t^{\frac{\beta}{1-\alpha}} x_t^{\frac{\kappa}{1-\alpha}} \text{ (SS vækststien)} \end{aligned}$$

- Ved at indsætte løsningerne til $A_{t+1} = (1+g)A_t$ og $L_{t+1} = (1+n)L_t$ kan man finde:

$$y_t^* = (z^*)^{\frac{\alpha}{1-\alpha}} A_0^{\frac{\beta}{\beta+\kappa}} \left(\frac{X}{L_0} \right)^{\frac{\kappa}{\beta+\kappa}} (1+g)^{\frac{\beta}{\beta+\kappa}t} (1+n)^{\frac{-\kappa}{\beta+\kappa}t}$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

BNP/arbejder - test af SS forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Med den forrige ligning (dvs. SS vækststien) i hånden

BNP/arbejder - test af SS forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Med den forrige ligning (dvs. SS vækststien) i hånden
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.

BNP/arbejder - test af SS forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Med den forrige ligning (dvs. SS vækststien) i hånden
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.
- ▶ Resultat: Se bog for detaljer. Resumé:

BNP/arbejder - test af SS forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Med den forrige ligning (dvs. SS vækststien) i hånden
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.
- ▶ Resultat: Se bog for detaljer. Resumé:
- ▶ Tilføjelse af land forbedrer overensstemmelse ml. empiri og teori.

BNP/arbejder - test af SS forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Med den forrige ligning (dvs. SS vækststien) i hånden
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.
- ▶ Resultat: Se bog for detaljer. Resumé:
- ▶ Tilføjelse af land forbedrer overensstemmelse ml. empiri og teori.
- ▶ Men ikke i samme grad som tilføjelsen af humankapital.

- ▶ Dvs. vi kan godt have vækst i en model selvom en af inputsene er konstante over tid.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Dvs. vi kan godt have vækst i en model selvom en af inputsene er konstante over tid.
- ▶ Men mange inputs som fx. olie, metaller, osv. er ikke faste, men svinder ind.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Dvs. vi kan godt have vækst i en model selvom en af inputsene er konstante over tid.
- ▶ Men mange inputs som fx. olie, metaller, osv. er ikke faste, men svinder ind.
- ▶ Kan der stadig være vækst?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Dvs. vi kan godt have vækst i en model selvom en af inputsene er konstante over tid.
- ▶ Men mange inputs som fx. olie, metaller, osv. er ikke faste, men svinder ind.
- ▶ Kan der stadig være vækst?
- ▶ Analysere Solowmodel med olie

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

► Produktion:

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

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Produktion:

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

- Udskifter X land, med $E_t = \text{"olie"}$, udtømmelig ressource.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Produktion:

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

- ▶ Udskifter X land, med $E_t = \text{"olie"}$, udtømmelig ressource.
- ▶ Kan sagtens have model med både olie og land, samme intuition - lidt mere kompliceret (se bog).

- ▶ Vi antager, at beholdningen af olie er R_t . Hvis vi tager E_t op af undergrunden i period t er:

$$R_{t+1} = R_t - E_t$$

- ▶ Antag at i hver periode tager vi andelen s_E af resterende R_t op ad jorden: $E_t = s_E R_t$. \Rightarrow

$$R_{t+1} = R_t - s_E R_t = (1 - s_E) R_t.$$

- ▶ **5-min-øvelse:**

1. tegn diff. ligning for R i fasediagram
2. Løs denne og tegn udviklingen i R_t over tid
3. Hvordan ser udviklingen i Olie ud? Løs og tegn.

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Hvorfor konstant udtømningsrate?

Udtømning af ressourcer

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Hvorfor konstant udtømningsrate?
- ▶ Nordhaus: Viser sig at være optimalt i mikromodel.

- ▶ Hvorfor konstant udtømningsrate?
- ▶ Nordhaus: Viser sig at være optimalt i mikromodel.
- ▶ Muligvis ikke helt realistisk: olieforbrug, E_t , er steget over tid, hvilket ikke er i overensstemmelse med model.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Hvorfor konstant udtømningsrate?
- ▶ Nordhaus: Viser sig at være optimalt i mikromodel.
- ▶ Muligvis ikke helt realistisk: olieforbrug, E_t , er steget over tid, hvilket ikke er i overensstemmelse med model.
- ▶ Analysere modellen *som om* s_E er konstant.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta E_t^\varepsilon$$

$$E_t = s_E R_t$$

$$R_{t+1} = R_t - E_t$$

$$K_{t+1} = s Y_t + (1 - \delta) K_t.$$

$$L_{t+1} = (1 + n) L_t$$

$$A_{t+1} = (1 + g) A_t$$

- Indsæt $E_t = s_E R_t$ i produktionsfunktionen:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta (s_E R_t)^\varepsilon$$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady stateDiskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Indsæt $E_t = s_E R_t$ i produktionsfunktionen:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta (s_E R_t)^\varepsilon$$

- Divider med L_t :

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{s_E R_t}{L_t} \right)^\varepsilon$$

- ▶ Indsæt $E_t = s_E R_t$ i produktionsfunktionen:

$$Y_t = K_t^\alpha (A_t L_t)^\beta (s_E R_t)^\varepsilon$$

- ▶ Divider med L_t :

$$y_t = k_t^\alpha A_t^\beta \left(\frac{s_E R_t}{L_t} \right)^\varepsilon$$

- ▶ Tag ln og differens:

$$g_t^y \approx \alpha g_t^k + \beta g - \varepsilon n - \varepsilon s_E$$

vi har udnyttet at $g_t^R \approx -s_E$

► Vækst:

$$g_t^y \approx \alpha g_t^k + \beta g - \varepsilon n - \varepsilon s_E$$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Vækst:

$$g_t^y \approx \alpha g_t^k + \beta g - \varepsilon n - \varepsilon s_E$$

- I SS. er $g_t^y = g_t^k \Rightarrow$

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

husk pr. definition er $1 - \alpha = \beta + \varepsilon$

► Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady stateDiskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- Forskel ift. model med land: R_t falder med raten s_E , derfor et ekstra led.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- Forskel ift. model med land: R_t falder med raten s_E , derfor et ekstra led.
- Større udtømningsrate \Rightarrow mindre vækstrate i SS.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- Forskel ift. model med land: R_t falder med raten s_E , derfor et ekstra led.
- Større udtømningsrate \Rightarrow mindre vækstrate i SS.
- Paradoks: $s_E \uparrow$ betyder jo at mere olie hentes op, har det ikke en positiv effekt?

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- ▶ Forskel ift. model med land: R_t falder med raten s_E , derfor et ekstra led.
- ▶ Større udtømningsrate \Rightarrow mindre vækstrate i SS.
- ▶ Paradoks: $s_E \uparrow$ betyder jo at mere olie hentes op, har det ikke en positiv effekt?
- ▶ Jo, på kort sigt øges produktiviteten, på lang sigt dvs. i SS. falder den!

► Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- ▶ Nordhaus: $\beta = 0,6, \alpha = 0,2 \implies \varepsilon = 0,2$.
 $s_E = 0,005$.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- ▶ Nordhaus: $\beta = 0,6, \alpha = 0,2 \implies \varepsilon = 0,2$.
 $s_E = 0,005$.
- ▶ Dvs. $\varepsilon s_E / (1 - \alpha) = 0,005 / 4 = 0,00125 = 0,125\% p$.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- ▶ Nordhaus: $\beta = 0,6, \alpha = 0,2 \implies \varepsilon = 0,2$.
 $s_E = 0,005$.
- ▶ Dvs. $\varepsilon s_E / (1 - \alpha) = 0,005 / 4 = 0,00125 = 0,125\%$.
- ▶ "growth dragget" er altså 'beskedent'.

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Vækst i SS:

$$g_t^y \approx \frac{\beta g}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon n}{1 - \alpha} - \frac{\varepsilon s_E}{1 - \alpha}$$

- ▶ Nordhaus: $\beta = 0,6, \alpha = 0,2 \implies \varepsilon = 0,2$.
 $s_E = 0,005$.
- ▶ Dvs. $\varepsilon s_E / (1 - \alpha) = 0,005/4 = 0,00125 = 0,125\%$.
- ▶ "growth dragget" er altså 'beskedent'.
- ▶ Ifølge bogen kommer vi endda til at overvurdere 'dragget' da $\varepsilon = 0,2$ formentlig er for højt \implies model med olie og land.

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Analysere modellen i z_t .
- ▶ Tegne transitions diagram, vise konvergens, finde z^* osv.: se også Exc. 7.5 (som ikke er en del af øvelsesplanen).

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Kan udlede SS vækstbanen, y_t^* .

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Kan udlede SS vækstbanen, y_t^* .
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Kan udlede SS vækstbanen, y_t^* .
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.
- ▶ Resultat: Se bog for detaljer. Resumé:

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Kan udlede SS vækstbanen, y_t^* .
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.
- ▶ Resultat: Se bog for detaljer. Resumé:
- ▶ Tilføjelse af olie forbedrer overensstemmelse ml. empiri og teori.

Test af SS-vækst forudsigelse

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen

Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger

Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Kan udlede SS vækstbanen, y_t^* .
- ▶ Derefter: tag ln og test ligningen vha. OLS.
- ▶ Resultat: Se bog for detaljer. Resumé:
- ▶ Tilføjelse af olie forbedrer overensstemmelse ml. empiri og teori.
- ▶ Men ikke i samme grad som tilføjelsen af humankapital.

- ▶ Tankeeksperiment: Hvis vi bliver ved med at bruge $x\%$ af olien er der til sidst kun én tønde tilbage.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

**Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution**

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Tankeeksperiment: Hvis vi bliver ved med at bruge x % af olien er der til sidst kun én tønde tilbage.
- ▶ Produktivitet? ifølge vores model ikke noget problem så længe A_t er steget tilsvarende!

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Tankeeksperiment: Hvis vi bliver ved med at bruge x % af olien er der til sidst kun én tønde tilbage.
- ▶ Produktivitet? ifølge vores model ikke noget problem så længe A_t er steget tilsvarende!
- ▶ Måske urealistisk: al industriel produktion afhænger jo af olie eller lign...

- Skyldes implicit antagelse ved Cobb-Douglas: høj grad af substituérbarhed ml. teknologi og ressourcer.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

**Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution**

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Skyldes implicit antagelse ved Cobb-Douglas: høj grad af substituérbarhed ml. teknologi og ressourcer.
- ▶ Alternativ modellering: "CES"-produktionsfunktion, hvor vi kan variere substituérbarhed ml. inputfaktoererne

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Skyldes implicit antagelse ved Cobb-Douglas: høj grad af substituérbarhed ml. teknologi og ressourcer.
- ▶ Alternativ modellering: "CES"-produktionsfunktion, hvor vi kan variere substituérbarhed ml. inputfaktoererne
 - ▶ fra perfekte sub. til perfekte komplement

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Skyldes implicit antagelse ved Cobb-Douglas: høj grad af substituérbarhed ml. teknologi og ressourcer.
- ▶ Alternativ modellering: "CES"-produktionsfunktion, hvor vi kan variere substituérbarhed ml. inputfaktoererne
 - ▶ fra perfekte sub. til perfekte komplement
- ▶ Hvis vi bevæger os over imod komplement vil vores konklusion ændres.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Økonomen: Markedet løser problemerne! Når der kun er en tønde olie tilbage er prisen på denne tønde uendelig høj.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Økonomen: Markedet løser problemerne! Når der kun er en tønde olie tilbage er prisen på denne tønde uendelig høj.
- ▶ Dermed bliver incitamentet til at forske og udvikle en alternativ energikilde meget højt.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Økonomen: Markedet løser problemerne! Når der kun er en tønde olie tilbage er prisen på denne tønde uendelig høj.
- ▶ Dermed bliver incitamentet til at forske og udvikle en alternativ energikilde meget højt.
- ▶ Forskning $\uparrow \Rightarrow$ substitution af olie med alternativ energikilde \Rightarrow problem løst.

- ▶ Økonomen: Markedet løser problemerne! Når der kun er en tønde olie tilbage er prisen på denne tønde uendelig høj.
- ▶ Dermed bliver incitamentet til at forske og udvikle en alternativ energikilde meget højt.
- ▶ Forskning $\uparrow \Rightarrow$ substitution af olie med alternativ energikilde \Rightarrow problem løst.
- ▶ Dvs. høj grad af substituérbarhed er måske ikke så urealistisk.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Hvordan er det gået med råvarepriserne?

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

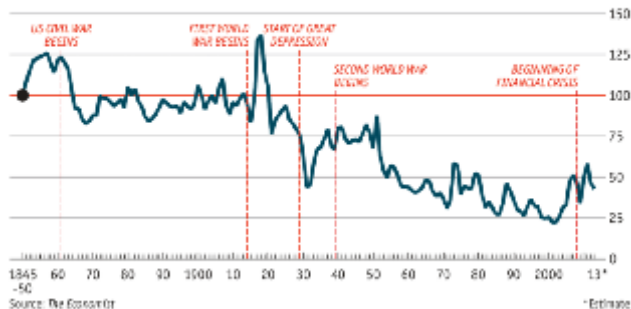
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

The Economist commodity-price index, industrials

Real terms, 1845-50=100



- ▶ Der kan godt være vækst på lang sigt i en model med faste eller udtømmelige naturressourcer.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Der kan godt være vækst på lang sigt i en model med faste eller udtømmelige naturressourcer.
- ▶ Årsag: teknologisk vækst.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Der kan godt være vækst på lang sigt i en model med faste eller udtømmelige naturressourcer.
- ▶ Årsag: teknologisk vækst.
- ▶ Kræver substituérbarhed af ressourcer!

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Der kan godt være vækst på lang sigt i en model med faste eller udtømmelige naturressourcer.
- ▶ Årsag: teknologisk vækst.
- ▶ Kræver substituérbarhed af ressourcer!
- ▶ Hvis faste eller svindende naturressourcer er et vigtigt input vil større befolkningsvækst have store negative følger for langsigts-vækst \Rightarrow

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Der kan godt være vækst på lang sigt i en model med faste eller udtømmelige naturressourcer.
- ▶ Årsag: teknologisk vækst.
- ▶ Kræver substituérbarhed af ressourcer!
- ▶ Hvis faste eller svindende naturressourcer er et vigtigt input vil større befolkningsvækst have store negative følger for langsigts-vækst \Rightarrow
- ▶ Malthus kan være relevant i fattige lande med høj befolkningsvækst.

- Måske er begrænsede ressourcer ikke det største miljøproblem, som man troede i 1970'erne

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Måske er begrænsede ressourcer ikke det størstse miljøproblem, som man troede i 1970erne
- ▶ Hvad med klimaforandringer, mikroplast i havene, faldende biodiversitet, partikelforurening etc.?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Måske er begrænsede ressourcer ikke det størstse miljøproblem, som man troede i 1970erne
- ▶ Hvad med klimaforandringer, mikroplast i havene, faldende biodiversitet, partikelforurening etc.?
- ▶ Påvirker menneskers velfærd, sundhed etc.

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Måske er begrænsede ressourcer ikke det største miljøproblem, som man troede i 1970'erne
- ▶ Hvad med klimaforandringer, mikroplast i havene, faldende biodiversitet, partikelforurening etc.?
- ▶ Påvirker menneskers velfærd, sundhed etc.
- ▶ Men kan også påvirke væksten (og derved materiel velstand)

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Måske er begrænsede ressourcer ikke det største miljøproblem, som man troede i 1970'erne
- ▶ Hvad med klimaforandringer, mikroplast i havene, faldende biodiversitet, partikelforurening etc.?
- ▶ Påvirker menneskers velfærd, sundhed etc.
- ▶ Men kan også påvirke væksten (og derved materiel velstand)
- ▶ Hvad ved vi om klima(forandringer) og langsigtet økonomisk vækst på tværs af lande?

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion - teknologivækst, råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

- ▶ Måske er begrænsede ressourcer ikke det største miljøproblem, som man troede i 1970'erne
- ▶ Hvad med klimaforandringer, mikroplast i havene, faldende biodiversitet, partikelforurening etc.?
- ▶ Påvirker menneskers velfærd, sundhed etc.
- ▶ Men kan også påvirke væksten (og derved materiel velstand)
- ▶ Hvad ved vi om klima(forandringer) og langsigtet økonomisk vækst på tværs af lande?
- ▶ Faktisk allerede en hel del, men der er en masse forskning i gang inden for dette emne (tænk evt. i BA projekt!).

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

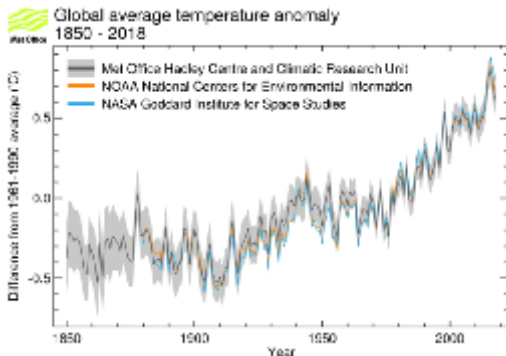
Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I



<https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/monitoring/index.html>

► *metoffice.gov.uk*

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

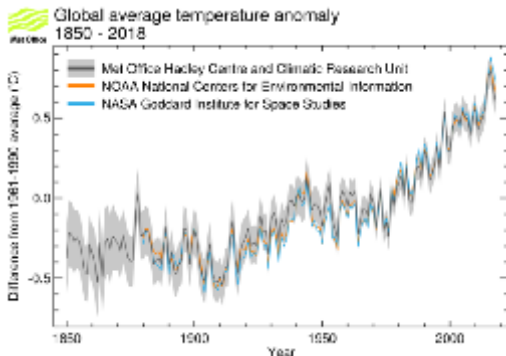
Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I



<https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/monitoring/index.html>

- ▶ *metoffice.gov.uk*
- ▶ Her kan I hente temperatur og nedbør data tilbage til 1850 for alle lande/regioner i verden

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

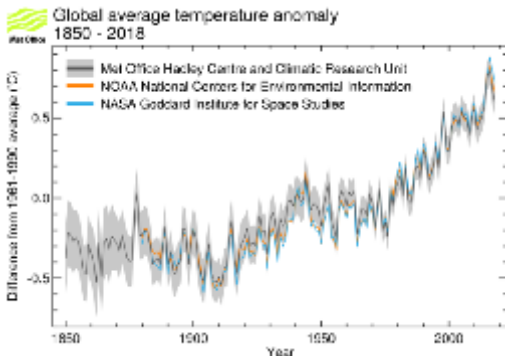
Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I



<https://www.metoffice.gov.uk/hadobs/monitoring/index.html>

- ▶ *metoffice.gov.uk*
- ▶ Her kan I hente temperatur og nedbør data tilbage til 1850 for alle lande/regioner i verden
- ▶ Der findes mange andre kilder. Fx: *berkeleyearth.org*

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion
Modellen
Steady state
Test af steady state
Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion
Modellens ligninger
Steady state
Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Preview - klima og vækst

- ▶ Hvordan kan vi modellere klima i vores model?

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Preview - klima og vækst

- ▶ Hvordan kan vi modellere klima i vores model?
- ▶ Dell et al. (2012): "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century."
American Economic Journal: Macroeconomics, gør sådan ca. det her:

$$Y_{it} = F(L_{it}, A_{it}, D(T_{it})).$$

Introduktion

Solowmodellen med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og økonomisk vækst

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I

- ▶ Hvordan kan vi modellere klima i vores model?
- ▶ Dell et al. (2012): "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century."
American Economic Journal: Macroeconomics, gør sådan ca. det her:

$$Y_{it} = F(L_{it}, A_{it}, D(T_{it})).$$

- ▶ Hvor $D(T_{it})$ er en såkaldt "damage-function", der er en funktion af temperatur (de bruger $D(T_{it}) = \exp \sigma T_{it}$).

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Hvordan kan vi modellere klima i vores model?
- ▶ Dell et al. (2012): "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century."
American Economic Journal: Macroeconomics, gør
sådan ca. det her:

$$Y_{it} = F(L_{it}, A_{it}, D(T_{it})).$$

- ▶ Hvor $D(T_{it})$ er en såkaldt "damage-function", der er en funktion af temperatur (de bruger $D(T_{it}) = \exp \sigma T_{it}$).
- ▶ Bemærk forskel til kap. 7. $\kappa = 0$ og
 $\alpha = 0 \Rightarrow Y_{it} = A_{it} e^{\sigma T_{it}} L_{it}$.

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Hvordan kan vi modellere klima i vores model?
- ▶ Dell et al. (2012): "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century."
American Economic Journal: Macroeconomics, gør sådan ca. det her:

$$Y_{it} = F(L_{it}, A_{it}, D(T_{it})).$$

- ▶ Hvor $D(T_{it})$ er en såkaldt "damage-function", der er en funktion af temperatur (de bruger $D(T_{it}) = \exp \sigma T_{it}$).
- ▶ Bemærk forskel til kap. 7. $\kappa = 0$ og $\alpha = 0 \Rightarrow Y_{it} = A_{it} e^{\sigma T_{it}} L_{it}$.
- ▶ De tillader også væksten i teknologi at afhænge af temperatur (dvs. $g(T_i)$)

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Hvordan kan vi modellere klima i vores model?
- ▶ Dell et al. (2012): "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century."
American Economic Journal: Macroeconomics, gør sådan ca. det her:

$$Y_{it} = F(L_{it}, A_{it}, D(T_{it})).$$

- ▶ Hvor $D(T_{it})$ er en såkaldt "damage-function", der er en funktion af temperatur (de bruger $D(T_{it}) = \exp \sigma T_{it}$).
- ▶ Bemærk forskel til kap. 7. $\kappa = 0$ og $\alpha = 0 \Rightarrow Y_{it} = A_{it} e^{\sigma T_{it}} L_{it}$.
- ▶ De tillader også væksten i teknologi at afhænge af temperatur (dvs. $g(T_i)$)
- ▶ De finder at højere temperaturer reducerer økonomisk vækst, men kun i udviklingslande!

Preview - klima og vækst

Kap 7:

Makro I

Introduktion

Solowmodellen
med land

Introduktion

Modellen

Steady state

Test af steady state

Analyse

Solowmodellen
med olie

Introduktion

Modellens ligninger

Steady state

Diskussion -
teknologivækst,
råvarer og substitution

Konklusion

Klima og
økonomisk vækst

- ▶ Hvordan kan vi modellere klima i vores model?
- ▶ Dell et al. (2012): "Temperature Shocks and Economic Growth: Evidence from the Last Half Century."
American Economic Journal: Macroeconomics, gør sådan ca. det her:

$$Y_{it} = F(L_{it}, A_{it}, D(T_{it})).$$

- ▶ Hvor $D(T_{it})$ er en såkaldt "damage-function", der er en funktion af temperatur (de bruger $D(T_{it}) = \exp \sigma T_{it}$).
- ▶ Bemærk forskel til kap. 7. $\kappa = 0$ og $\alpha = 0 \Rightarrow Y_{it} = A_{it} e^{\sigma T_{it}} L_{it}$.
- ▶ De tillader også væksten i teknologi at afhænge af temperatur (dvs. $g(T_i)$)
- ▶ De finder at højere temperaturer reducerer økonomisk vækst, men kun i udviklingslande!
- ▶ Bemærk: Dell et al. er primært et empirisk papir.

- ▶ Yderligere litteratur (overviews):
 - ▶ Dell, M., B. Jones, and B. Olken (2014). "What Do We Learn from the Weather? The New Climate-Economy Literature." Journal of Economic Literature.
 - ▶ Hsiang and Kopp (2018). "An Economist's Guide to Climate Change Science" Journal of Economic Perspectives"
- ▶ Et par spændende forskere indenfor området (med interessante papirer):
 - ▶ Solomon Hsiang: <https://www.solomonhsiang.com/>
 - ▶ Marshall Burke: <http://web.stanford.edu/~mburke/>
 - ▶ Olivier Deschenes: <http://econ.ucsb.edu/~olivier/research.html>