

Rettevejledning

til eksamensopgave på Økonomistudiet sommer 2017

Miljø-, ressource- og klimaøkonomi

Den 18. august 2017

(3-timers prøve uden hjælpemidler)

Opgave 1. Optimal genanvendelse af råmaterialer

Betragt en miljøøkonomisk model, der benytter følgende notation:

Y = produktion af færdigvarer

K = samlet beholdning af produceret realkapital

K^Y = realkapital anvendt i færdigvareproduktion

K^G = realkapital anvendt til bearbejdning af råmaterialer til genanvendelse

M = samlet input af råmaterialer

R = input af nyudvundne råmaterialer

G = input af genanvendte råmaterialer

S = reservebeholdning af udtømmelige råmaterialer i undergrunden

C = forbrug af færdigvarer

I = investering i produceret realkapital

E = løbende emission af forurenende stoffer

U = livstidsnytte for den repræsentative forbruger

ρ = positiv tidspreferencerate

t = tiden (der behandles som en kontinuert variabel)

I den enkelte periode t opnår den repræsentative forbruger en nyttestrøm $u(C_t)$ som følge af sit færdigvareforbrug og påføres en strøm af disnytte $v(E_t)$ som følge af den løbende emission af forurenende stoffer. Forbrugerens neddiskonterede livstidsnytte på tidspunkt 0 er derfor givet som

$$U_0 = \int_0^{\infty} [u(C_t) - v(E_t)] e^{-\rho t} dt, \quad u' > 0, \quad u'' < 0, \quad v' > 0, \quad v'' > 0, \quad (1)$$

hvor grænsenytten af forbrug altså er positiv, men aftagende, og den marginale disnytte ved forurening er positiv og voksende. I det følgende undlades for overskuelighedens skyld en angivelse af tidsfodtegnet t ved de forskellige variable. Den producerede færdigvare kan anvendes enten til forbrug eller til investering, dvs.

$$Y = C + I. \quad (2)$$

Færdigvareproduktionen er givet ved følgende produktionsfunktion, som har ikke-stigende skalaafkast, og hvor $F_K \equiv \partial F / \partial K^Y$ og $F_M \equiv \partial F / \partial M$ angiver produktionsfaktorernes grænseprodukter:

$$Y = F(K^Y, M), \quad F_K > 0, \quad F_{KK} < 0, \quad F_M > 0, \quad F_{MM} < 0. \quad (3)$$

Økonomiens samlede kapitalbeholdning kan enten investeres i færdigvareproduktion eller i en teknologi, der bearbejder tidligere anvendte råmaterialer, således at de kan genanvendes i produktionen. Dermed har vi

$$K = K^Y + K^G. \quad (4)$$

Det samlede input af råvarematerialer består af nyudvundne råvarer og af genanvendte materialer:

$$M = R + G. \quad (5)$$

Råmaterialer til genanvendelse produceres ved hjælp af følgende produktionsfunktion, der har ikke-voksende skalaafkast, og hvor $g_K \equiv \partial g / \partial K^G$ og $g_M \equiv \partial g / \partial M$:

$$G = g(K^G, M), \quad g_K > 0, \quad g_{KK} < 0, \quad 0 < g_M < 1, \quad g_{MM} < 0. \quad (6)$$

Antagelsen $g_M < 1$ afspejler, at 100 procent genanvendelse af råmaterialer er fysisk umulig pga. termodynamikkens anden lov. Den marginale genanvendelsesandel for råmaterialer g_M ligger derfor altid mellem nul og 1.

Udvindingen af anvendelsen af nyudvundne råmaterialer fra naturen medfører dannelse af spildprodukter, der forurener miljøet. Den løbende emission af forurenende stoffer antages at være proportional med den mængde af råmaterialer, der ikke genanvendes, dvs.

$$E = \gamma(M - G), \quad \gamma > 0, \quad (7)$$

hvor γ er en konstant parameter.

Der ses bort fra efterforskning og opdagelse af nye fund af råmaterialer i undergrunden. Ændringen i reservebeholdningen af udtømmelige råmaterialer over tid er derfor givet ved

$$\dot{S} = -R. \quad (8)$$

hvor en prik over en variabel angiver dens afledede mht. til tiden t . For enkelheds skyld antages det, at råvarer kan udvindes uden omkostninger.

Idet vi ser bort fra afskrivninger, er stigningen i kapitalapparatet over tid lig med de løbende investeringer:

$$\dot{K} = I. \quad (9)$$

Økonomien starter ud på tidspunkt 0 med de prædeterminerede initialbeholdninger af råstofreserver og kapital, hhv. S_0 og K_0 .

Spørgsmål 1.1: Antag at en velmenende samfundsplanlægger ønsker at tilrettelægge færdigvareforbruget, materialeforbruget og kapitalanvendelsen i den betragtede økonomi sådan, at forbrugers livstidsnytte (1) maksimeres. Vis at Hamilton-funktionen i løbende værdi svarende til samfundsplanlæggerens problem kan skrives som

$$H = u(C) - v\left(\gamma\left(M - g(K^G, M)\right)\right) + \mu\left[F(K - K^G, M) - C\right] - \lambda\left[M - g(K^G, M)\right], \quad (10)$$

hvor μ og λ er skyggeværdierne af hhv. K og S .

Svar på spørgsmål 1.1: Hamilton-funktionen i løbende værdi svarende til det beskrevne optimeringsproblem er

$$H = u(C) - v(E) + \mu \dot{K} + \lambda \dot{S}. \quad (\text{i})$$

Af (6) og (7) følger, at

$$E = \gamma [M - g(K^G, M)]. \quad (\text{ii})$$

Endvidere indebærer (2), (3), (4) og (9), at

$$\begin{aligned} \dot{K} &= I = Y - C = F(K^Y, M) - C \\ &= F(K - K^G, M) - C, \end{aligned} \quad (\text{iii})$$

mens (5), (6) og (8) implicerer, at

$$\begin{aligned} \dot{S} &= -R = -(M - G) \\ &= -[M - g(K^G, M)]. \end{aligned} \quad (\text{iv})$$

Ved at indsætte (ii), (iii) og (iv) i (i) får man ligning (10) i spørgsmål 1.1.

Spørgsmål 1.2: Udled førsteordensbetingelserne for løsning af samfundsplanlæggerens problem (Vink: Bemærk at kontrolvariablene er C , K^G og M , mens tilstandsvariablene er K og S).

Svar på spørgsmål 1.2: Førsteordensbetingelserne for løsning af samfundsplanlæggerens optimale kontrolproblem er

$$\partial H / \partial C = 0 \quad \Rightarrow \quad u'(C) = \mu, \quad (\text{v})$$

$$\partial H / \partial M = 0 \quad \Rightarrow \quad \mu F_M = (1 - g_M) [\lambda + \gamma v'(E)], \quad (\text{vi})$$

$$\partial H / \partial K^G = 0 \quad \Rightarrow \quad g_K [\lambda + \gamma v'(E)] = \mu F_K, \quad (\text{vii})$$

$$\dot{\mu} = \rho \mu - \partial H / \partial K \quad \Rightarrow \quad \dot{\mu} = (\rho - F_K) \mu, \quad (\text{viii})$$

$$\dot{\lambda} = \rho \lambda - \partial H / \partial S \quad \Rightarrow \quad \dot{\lambda} = \rho \lambda. \quad (\text{ix})$$

Derudover kræver en optimal løsning en opfyldelse af transversalitätsbetingelserne

$$\lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} \mu(t) K(t) = 0 \quad \text{og} \quad \lim_{t \rightarrow \infty} e^{-\rho t} \lambda(t) S(t) = 0,$$

men det er ikke en fejl, hvis disse betingelser ikke er anført i besvarelsen, da de ikke skal bruges i den følgende analyse.

Spørgsmål 1.3: Vis at førsteordensbetingelsen med hensyn til den samlede materialeanvendelse M kan skrives som

$$\mu m F_M = \lambda + \gamma v'(E), \quad m \equiv \frac{1}{1 - g_M}. \quad (11)$$

Giv en økonomisk fortolkning af betingelsen (11).

Svar på spørgsmål 1.3: Ligning (11) fremkommer ved at dividere begge sider af førsteordensbetingelsen (vi) med $1 - g_M$ og benytte den anførte definition af m . Variablen m kan kaldes en "genanvendelsesmultiplikator", der angiver, hvor meget råvareforbruget samlet set kan stige, når der udvindes en ekstra råvareenhed fra undergrunden. Hver gang råvareforbruget stiger med 1 enhed, vil en andel g_M heraf blive genanvendt, hvorved den samlede stigning i forbruget af nyudvundne og genanvendte råvarer bliver på $1/(1 - g_M)$ i en slags multiplikatorproces. Udvinning af en ekstra råvareenhed vil altså muliggøre en samlet stigning i færdigvareproduktionen på $m F_M$ enheder svarende til råvarernes grænseprodukt ganget med genanvendelsesmultiplikatoren. Velfærdsgevinsten ved den således muliggjorte stigning i færdigvareforbruget er $\mu m F_M$ nytteenheder, da grænsenytten af færdigvareforbrug ifølge (i) er lig med μ . Venstresiden af (11) angiver dermed den marginale samfundsøkonomiske velfærdsgevinst ved at øge råstofudvindingen med 1 enhed. Højresiden angiver den tilhørende marginale samfundsøkonomiske velfærdsomkostning, der består af velfærdstab λ som følge af, at de fremtidige råstofreserver vil være 1 enhed lavere, og det velfærdstab $\gamma v'(E)$ som forbrugernes påføres ved, at den ekstra råstofudvinding øger udledningen af det forurenende stof med γ enheder. Ligning (11) udtrykker altså, at den marginale samfundsmæssige gevinst ved råstofudvinding i optimum skal svare til den marginale samfundsmæssige omkostning.

Spørgsmål 1.4: Vis ved brug af de relevante førsteordensbetingelser, at en optimal ressourceanvendelse bl.a. kræver, at

$$g_K m F_M = F_K. \quad (12)$$

Giv en økonomisk fortolkning af betingelsen (12).

Svar på spørgsmål 1.4: Ligning (11) følger som nævnt af førsteordensbetingelsen (vi) for det optimale råvareforbrug. Ligning (11) kan bruges til at eliminere leddet $\lambda + \gamma v'(E)$ fra førsteordensbetingelsen (vii), hvorved man får

$$g_K \mu m F_M = \mu F_K \quad \Leftrightarrow \quad g_K m F_M = F_K,$$

hvilket svarer til (12). Venstresiden af (12) angiver den stigning i færdigvareproduktionen, der fremkommer ved at investere en ekstra enhed kapital i genanvendelsesteknologien, så mængden af

genanvendelige råvarer stiger med g_K enheder, hvorved færdigvareproduktionen kan øges med $g_K m F_M$ enheder. Højresiden af (12) angiver den stigning i færdigvareproduktionen, der opnås, når der investeres en ekstra enhed kapital direkte i færdigvareproduktionen. Ligning (12) udtrykker dermed, at kapitalen er optimalt allokeret, når der kan opnås samme produktionsstigning, uanset om der på marginalen investeres i genanvendelse eller i færdigvareproduktion.

Spørgsmål 1.5: Giv en økonomisk fortolkning af følgende variabel, der vil vise sig nyttig i den videre analyse:

$$MEC \equiv \frac{\gamma v'}{u'}. \quad (13)$$

Svar på spørgsmål 1.5: Størrelsen på højresiden af (13) er den marginale eksterne omkostning ved råstofudvinding. Når der udvindes en ekstra råstofenhed, stiger emissionen af det forurenende stof alt andet lige med γ enheder, hvilket forringer forbrugervelfærden med $\gamma v'$ nytteenheder. Når dette nyttetab divideres med grænsenytten af færdigvareforbrug, u' , får man opgjort velfærdstabt ved den ekstra forurening i enheder af færdigvaren, dvs. i ”kroner og øre”, når færdigvaren anvendes som numeraire.

Spørgsmål 1.6: Vis ved differentiering af (11) med hensyn til tiden samt efterfølgende indsættelse af de relevante førsteordensbetingelser plus (13), at en optimal ressourceanvendelse i den betragtede økonomi bl.a. kræver, at

$$F_K = \frac{\dot{F}_M}{F_M} + \frac{\dot{m}}{m} + \left(\frac{MEC}{m F_M} \right) \left(\rho - \varepsilon \frac{\dot{E}}{E} \right), \quad \varepsilon \equiv \frac{v'' E}{v'}. \quad (14)$$

Svar på spørgsmål 1.6: Differentiering med hensyn til tiden på begge sider af (11) giver

$$\begin{aligned} \dot{\mu} m F_M + \mu \dot{m} F_M + \mu m \dot{F}_M &= \dot{\lambda} + \gamma v'' \dot{E} \Leftrightarrow \\ \mu m F_M \left(\frac{\dot{\mu}}{\mu} + \frac{\dot{m}}{m} + \frac{\dot{F}_M}{F_M} \right) &= \dot{\lambda} + \gamma v'' \dot{E}. \end{aligned} \quad (x)$$

Af (ix) og (11) følger, at

$$\dot{\lambda} = \rho \overbrace{(\mu m F_M - \gamma v')}^{\equiv \lambda}. \quad (xi)$$

Ved at indsætte (xiii) og (xi) i (x) og udnytte, at $\mu = u'$ ifølge (i), får vi

$$u' m F_M \left(\rho - F_K + \frac{\dot{m}}{m} + \frac{\dot{F}_M}{F_M} \right) = \rho (u' m F_M - \gamma v') + \gamma v'' E \dot{E} \Leftrightarrow$$

$$F_K = \frac{\dot{F}_M}{F_M} + \frac{\dot{m}}{m} + \left(\frac{\gamma v' / u'}{m F_M} \right) \left(\rho - \frac{v'' E}{v'} \frac{\dot{E}}{E} \right). \quad (\text{xii})$$

Ved at benytte den i (13) anførte definition af *MEC* og den i (14) angivne definition af ε ser vi, at (xii) kan skrives på formen (14).

Spørgsmål 1.7: Giv en økonomisk fortolkning af betingelsen (14), herunder en intuitiv begrundelse for tilstedeværelsen af de enkelte led på højresiden af ligningen.

Svar på spørgsmål 1.7: Ligning (14) er betingelsen for en optimal forvaltning af samfundets samlede formue, der består af menneskeskabt kapital og naturkapital (råstofreserver). Venstresiden af (14) er det marginale afkast af investering i menneskeskabt kapital, som er lig med kapitalens grænseprodukt F_K . Højresiden af (14) er det samlede samfundsøkonomiske marginalafkast af investering i naturkapital. Investeringen består i udskydelse af udvinding af en ekstra råstofenhed fra ”i dag” til ”i morgen”, hvorved der efterlades en større råstofreserve til udnyttelse ”i morgen”. Første led på højresiden afspejler, at udskydelsen af råstofudvindingen alt andet lige medfører en gevinst som følge af, at råvarernes grænseproduktivitet i færdigvareproduktionen stiger over tid i takt med den stigende knaphed på de udtømmelige ressourcer. Andet led på højresiden reflekterer, at råstofferne kan anvendes mere effektivt ”i morgen” end ”i dag”, i det omfang genanvendelsesmultiplikatoren m stiger som følge af en stigende genanvendelsesgrad. Det tredje multiplikative led på højresiden af (14) opfanger miljøeffekten af at udskyde råstofudvindingen. Størrelsen $(MEC / m F_M)$ er det marginale velfærdstab ved den forurening, som udvinding af en ekstra råstofenhed medfører, målt som andel af den merproduktion $m F_M$, som det ekstra råvareinput i færdigvareproduktionen muliggør. En udskydelse af råstofudvindingen indebærer en udskydelse af denne miljøomkostning, hvilket alt andet lige øger nutidsværdien af forbrugervelfærden med størrelsen $(MEC / m F_M) \rho$, da forbrugerens tidspreferencerate ρ er positiv. Hvis forureningsomfanget er stigende over tid, vil en ekstra forurening til gengæld ”gøre mere ondt” på forbrugeren i morgen end i dag, eftersom den marginale disnytte ved forurening er voksende i forureningsomfanget ($v'' > 0$). Denne effekt opfanges af leddet $\left(\frac{MEC}{m F_M} \right) \varepsilon \frac{\dot{E}}{E}$, der indgår med negativt fortegn, og hvor ε angiver elasticiteten af den marginale disnytte ved forurening mht. forureningsomfanget. Alt i alt udtrykker (14) altså, at det marginale afkast af investering i menneskeskabt kapital skal svare til det marginale afkast af investering i naturkapital, hvor det sidstnævnte inkluderer en produktivitetseffekt (første led), en genanvendelseseffekt (andet led) og en miljøeffekt (tredje led).

Spørgsmål 1.8: Antag nu, at råstofreserverne er privatejede, og at råstofudvindingen, færdigvareproduktionen og bearbejdningen af råmaterialer til genanvendelse foretages af private virksomheder, der ønsker at maksimere deres markedsværdi under fuldkommen konkurrence. Diskutér om man i en sådan økonomi kan forvente en samfundsmæssigt optimal grad af

genanvendelse, og hvordan dette evt. kunne sikres (Vink: En verbal diskussion/analyse af dette spørgsmål er tilstrækkelig).

Svar på spørgsmål 1.8: Det må forventes, at profitmaksimering under fuldkommen konkurrence vil sikre opfyldelse af betingelsen (12) for en optimal anvendelse af den menneskeskabte kapital, da virksomhederne vil være interesserede i at anvende kapitalen på en måde, der sikrer den størst mulige produktion for et givet samlet kapitalinput. Man kan derimod ikke forvente, en ureguleret markedsøkonomi vil sikre den samfundsøkonomisk optimale balance mellem investering i menneskeskabt kapital contra investering i naturkapital, da private virksomheder/råstofejere ikke kan forventes at internalisere den eksterne miljøeffekt af udvindingen og brugen af nye råstoffer. Private virksomheder vil have et incitament til stigende genanvendelse af råstoffer i det omfang, den relative pris på råstoffer stiger over tid som følge af stigende ressourceknaphed. Private virksomheder kan således ventes at tage højde for det første led på højresiden af betingelsen (11) for en samfundsmæssigt optimal råstofanvendelse, da knaphedsværdien λ vil være afspejlet i markedsprisen for råstofressourcen. Profitmaksimerende virksomheder kan imidlertid ikke ventes at indregne det andet led på højresiden af (11), der afspejler miljøomkostningen ved at bruge nyudvundne frem for genanvendte råstoffer. Som følge heraf kan man ikke forvente en samfundsøkonomisk optimal grad af genanvendelse, med mindre staten indfører en miljøafgift på råstofanvendelse, der internaliserer denne eksterne miljøeffekt. (NB: De her antydede resultater kan vises formelt, men det er tilstrækkeligt med en verbal diskussion i stil med det ovenstående).

Opgave 2. Debatten om de klimaøkonomiske modeller

Redegør for de vigtigste komponenter i de gængse klimaøkonomiske modeller (Integrated Assessment Models) og for nogle hovedpunkter i diskussionen om modellernes anvendelighed og begrænsninger.

Svar på opgave 2: De gængse klimaøkonomiske modeller (betegnet IAM i det følgende) kombinerer en økonomisk vækstmodel for verdensøkonomien med en forenklet model for det globale kulstofkredsløb for at belyse, hvordan den økonomiske vækst påvirker ophobningen af CO₂ i atmosfæren og verdenshavene, og hvordan dette via den resulterende globale opvarmning virker tilbage på økonomien i form af skadeomkostninger ved opvarmningen. IAM indeholder endvidere en forenklet modellering af omkostningerne ved reduktion af CO₂-udledningerne og kan derfor i princippet bruges til at udlede den optimale klimapolitik, hvor den marginale omkostning ved reduktion af udledningerne netop modsvarer af nutidsværdien af de lavere fremtidige skadeomkostninger. Den kendteste IAM er DICE-modellen udviklet af William D. Nordhaus og en række medforfattere gennem flere årtier. Den følgende diskussion fokuserer på DICE-modellen (som er gennemgået i pensum).

I DICE-modellen beskrives verdensøkonomien ved en modificeret Ramsey-model for økonomisk vækst, hvor produktionen beskrives ved en Cobb-Douglas funktion. I fravær af aktiv klimapolitik antages CO₂-udledningen per produceret enhed at falde med en konstant rate, der er kalibreret efter de historiske erfaringer. En nedbringelse af udledningerne under det uregulerede niveau antages at medføre et tab af en vis andel af den samlede produktion, og denne andel stiger mere end

proportionalt med reduktionsomfanget. Den globale opvarmning antages ligeledes at medføre tab af en vis andel af den samlede produktion; denne tabsandel er voksende i den globale gennemsnitstemperatur.

Diskussionen om anvendeligheden af de klimaøkonomiske modeller har især fokuseret på spørgsmålene om diskontering, specifikationen af klimaskadefunktionen og håndteringen af usikkerhed om de relevante naturvidenskabelige og økonomiske sammenhænge.

Da effekten på klimaet af en reduktion af den løbende CO₂-udledning kun meget langsomt slår fuldt igennem, har valget af den rate, hvormed de fremtidige skadeomkostninger ved klimaforandringerne neddiskonteres, afgørende betydning for, hvor ambitiøs klimapolitikken bør være. Diskussionen om valget af diskonteringsrate har især stået mellem William Nordhaus og Nicholas Stern. Nordhaus argumenter for, at diskonteringsraten bør svare til det gennemsnitlige marginalafkast af realinvesteringer (afspejlet i markedsrenten), da dette er offeromkostningen ved at investere i reduktion af CO₂-udledningerne frem for at investere i realkapital. Stern argumenterer derimod for en noget lavere diskonteringsrate, da han ikke finder det etisk forsvarligt at operere med en positiv tidspreferencerate, der tillægger velfærd for fremtidige generationer lavere vægt end velfærd for de nutlevende generationer. For Stern er det alene udsigten til fortsat økonomisk vækst, som stiller fremtidige generationer bedre end de nutidige, der kan begrunde en positiv diskonteringsrate.

De skandinaviske økonomer Michael Hoel, Thomas Sterner og Ulf Persson har bidraget til denne debat ved at påpege, at det kan være acceptabelt at neddiskontere fremtidigt forbrug af konventionelle forbrugsgoder med en sædvanlig markedsrente, men at man bør tage hensyn til, at fremtidige klimaændringer vil destruere miljøgoder, der bliver stadigt mere knappe i forhold til konventionelle goder. Den relative grænsenytte af miljøgoder må således antages at være stigende over tid. Det kan der tages hensyn til ved at opjustere deres relative værdi over tid, hvilket har samme effekt som at anvende en lavere diskonteringsrate for fremtidige miljøgoder (og dermed for fremtidige klimaskader) end for konventionelle goder.

Denne diskussion om diskonteringen af fremtidige klimaskader hænger snævert sammen med debatten om, hvordan klimaskadefunktionen bør specificeres i IAM. Specifikationen i standardversionen af Nordhaus' DICE model implicerer, at den skade, der forvoldes af en given temperaturstigning, udgør den samme andel af det potentielle BNP uanset størrelsen af det potentielle BNP. Hvis miljøgoder og konventionelle goder imidlertid er imperfekte substitutter, og den globale opvarmning øger den relative knaphed på miljøgoder (som antaget af Hoel, Sterner og Persson), vil forbrugerne være villige til at afgive en stigende andel af deres materielle forbrugsmulighed for at undgå den globale opvarmning, jo rigere de er, som påvist af Martin Weitzman i en analyse af klimaskadefunktionen. Weitzman's analyse antyder således, at DICE-modellen undervurderer de fremtidige skader som følge af den globale opvarmning, idet modellen ser bort fra, at miljøgoder formentlig er "luksusgoder" med en indkomstelasticitet større end 1.

Et tredje hovedtema i diskussionen om de klimaøkonomiske modeller er som nævnt behandlingen af usikkerhed. Nordhaus sonderer i sin beskrivelse af den seneste version af DICE-modellen mellem *modelusikkerhed*, der kommer til udtryk ved, at forskellige klimaøkonomiske modeller kommer frem til forskellige resultater, når de "fodres" med de samme input-data, og *strukturel usikkerhed*, dvs. usikkerhed inden for en given model som følge af ufuldstændig viden om den korrekte modelspecifikation og om størrelsen af de relevante parameterværdier. Nordhaus forsøger at belyse

betydningen af usikkerhed om visse parameterværdier i DICE-modellen ved at estimere sandsynlighedsfordelinger for disse og simulere modellen med alternative parameterværdier baseret på disse sandsynlighedsfordelinger. Hans simulationer viser, at der ikke inden for rammerne af DICE-modellen er stor usikkerhed om, hvad den globale gennemsnitstemperatur og CO₂-koncentrationen i atmosfæren vil være i år 2100 i hans basisscenarie for den fremtidige klimapolitik (et business-as-usual scenarie). Derimod er der ganske stor usikkerhed om størrelsen af den fremtidige produktion og de fremtidige skadeomkostninger ved CO₂-udledningerne. Denne usikkerhed stammer i DICE-modellen især fra usikkerhed om den fremtidige produktivitetsudvikling, som er afgørende for den fremtidige økonomiske vækst.

Simon Dietz og Nicholas Stern argumenterer imidlertid i en artikel fra 2015 for, at der ikke blot er stor usikkerhed om de korrekte parameterværdier i modeller som DICE, men også om korrektheden af specifikationen af centrale ligninger i modellen. Dietz og Stern kritiserer fx, at DICE-modellen (og andre gængse IAM) ikke tager højde for muligheden af katastrofale klimaforandringer, hvis den globale opvarmning overskrider nogle usikre ”tipping points”, og at modellen ser bort fra, at den globale opvarmning kan tænkes at hæmme den fremtidige produktivitetsvækst. Dietz og Stern modificerer derfor DICE-modellen, dels ved at antage at den globale opvarmning medfører destruktion af en vis del af den opbyggede fysiske kapital og videnskapital, hvilket dæmper produktivitetsvæksten, og dels ved at modificere skadeomkostningsfunktionen så den indebærer et stærkere stigning i skadeomkostningerne ved høje temperaturer. Med indsættelse af plausible parameterværdier i denne modificerede version af DICE-modellen finder Dietz og Stern, at den optimale klimapolitik tilsiger væsentligt kraftigere og hurtigere reduktioner af CO₂-udledningerne end den optimale politik i standardversionen af modellen.