

Eksamen på Økonomistudiet sommer 2017

Miljø-, ressource- og klimaøkonomi

Den 18. august 2017

(3-timers prøve uden hjælpemidler)

Dette eksamenssæt består af 5 sider inklusive forsiden.

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 .

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).

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).

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).

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

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

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

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

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

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).

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.