Eksamen på Økonomistudiet sommer 2016

Miljø-, ressource- og klimaøkonomi

Den 22. juni 2016

(3-timers prøve med/uden hjælpemidler)

Dette eksamenssæt består af 6 sider inklusive forsiden.

Opgave 1. Optimal miljøpolitik

Betragt en økonomi med *n* identiske husholdninger, der hver har nyttefunktionen

$$u = u\left(x_1, x_2, F, M\right), \tag{1}$$

hvor x_1 er forbruget af et ikke-forurenende gode, x_2 er forbruget af et forurenende gode, *F* er fritid, og *M* er miljøkvaliteten. Grænsenytterne af de forskellige goder er defineret som

$$u_1 \equiv \frac{\partial u}{\partial x_1}, \qquad u_2 \equiv \frac{\partial u}{\partial x_2}, \qquad u_F \equiv \frac{\partial u}{\partial F}, \qquad u_M \equiv \frac{\partial u}{\partial M}, \tag{2}$$

og antages alle at være positive, men aftagende. Forbruget af fritid er per definition givet ved

$$F = T - L, \tag{3}$$

hvor *T* er den samlede tid til rådighed for den enkelte forbruger, og *L* er hans/hendes arbejdstid. Vi vælger vore måleenheder sådan, at forbruget af én enhed af det forurenende gode medfører et fald i miljøkvaliteten på én enhed. Til gengæld forbedres miljøkvaliteten én til én med forureningsbekæmpelsesindsatsen *g*. Miljøkvaliteten er derfor givet ved

$$M = g - nx_2. \tag{4}$$

Forureningsbekæmpelse er således et offentligt gode, da en stigning i *g* medfører en tilsvarende forbedring af miljøkvaliteten, som kommer alle forbrugere til gode.

Arbejdskraft er den eneste produktionsfaktor. Det kræver a_1 arbejdstimer at fremstille én enhed af x_1, a_2 arbejdstimer at fremstille én enhed af x_2, og a_g arbejdstimer at levere én enhed af *g* (dvs. der skal arbejdes a_g timer for at forbedre miljøkvaliteten med én enhed). Økonomien er derfor underlagt ressourcebegrænsningen

$$n\left(a_1x_1 + a_2x_2 + T - L\right) + a_g g = nT, \tag{5}$$

hvor *nT* er den samlede tid til rådighed i samfundet. Da både *n* og *T* er givne, er *nT* også eksogent givet.

Samfundsvelfærden *U* er summen af borgernes velfærd, dvs.

$$U = nu\left(x_1, x_2, F, M\right). \tag{6}$$

Spørgsmål 1.1: En velmenende samfundsplanlægger ønsker at fastlægge x_1, x_2, *L* og *g* med henblik på at maksimere velfærdsfunktionen (6) under bibetingelserne (3), (4) og (5). Opstil Lagrange-funktionen svarende til samfundsplanlæggerens maksimeringsproblem og udled førsteordensbetingelserne for det optimale valg af x_1, x_2, L og g. (Vink: Du kan med fordel indsætte (3) og (4) i nyttefunktionen, inden du opstiller Lagrange-funktionen, og du kan bruge det græske bogstav η til at betegne Lagrange-multiplikatoren knyttet til bibetingelsen (5)).

Spørgsmål 1.2: Vis at de i spørgsmål 1.1 udledte førsteordensbetingelser indebærer, at

$$\frac{u_1}{u_F} = a_1, \tag{7}$$

$$\frac{u_2}{u_F} = a_2 + \frac{nu_M}{u_F}, \tag{8}$$

$$\frac{nu_M}{u_F} = a_g. \tag{9}$$

Giv en økonomisk fortolkning af disse betingelser for et samfundsmæssigt optimum. (Bemærk: Ved at dividere med u_F i ligningerne ovenfor benytter vi fritid som numeraire-gode, dvs. alle størrelser målt i nytteenheder bliver omregnet til et antal timers fritidsforbrug med samme nytteværdi).

Det skal nu undersøges, om den optimale ressourceallokering karakteriseret ved ligningerne (7), (8) og (9) kan implementeres i en markedsøkonomi med fuldkommen konkurrence. Ved specifikationen af markedspriserne på de forskellige goder vælger vi fritid som vores numeraire-gode. Prisen på fritid (offeromkostningen ved at holde fri i en time) er lig med timelønnen, der altså sættes til 1. Marginalomkostningerne (hvilket i denne model vil sige de marginale lønomkostninger) ved at producere goderne x_1 og x_2 er dermed henholdsvis a_1 og a_2. Under fuldkommen konkurrence vil producentpriserne svare til de marginale produktionsomkostninger. Forbrugerpriserne P_1 henholdsvis P_2 på goderne x_1 henholdsvis x_2 bliver derfor

$$P_1 = a_1 + t_1, \qquad P_2 = a_2 + t_2, \tag{10}$$

hvor t_1 henholdsvis t_2 er eventuelle punktafgifter på de to varer, som staten kan vælge at pålægge. Staten kan derudover pålægge hver forbruger en lump-sum skat af størrelsen τ. For den enkelte forbruger er skattebetalingen τ altså uafhængig af hans/hendes adfærd. Ved brug af (10) kan den repræsentative forbrugers budgetrestriktion nu skrives som

$$P_1 x_1 + P_2 x_2 = \overset{\text{lønindkomst}}{L} - \tau \quad \Rightarrow$$

$$\overbrace{(a_1 + t_1)x_1 + (a_2 + t_2)x_2}^{\text{udgift til vareforbrug}} + \overset{\substack{\text{offeromkostning} \\ \text{ved fritidsforbrug}}}{T - L} = y, \qquad \overset{\substack{\text{potentiel} \\ \text{indkomst}}}{y \equiv T - \tau}. \tag{11}$$

Spørgsmål 1.3: Forbrugeren maksimerer sin nyttefunktion $u(x_1, x_2, T-L, M)$ med hensyn til x_1, x_2 og L under bibetingelse af budgetrestriktionen (11), idet han/hun tager den potentielle indkomst y og miljøkvaliteten M for givet. Udled ved brug af Lagrange-metoden forbrugerens førsteordensbetingelser for det optimale valg af x_1, x_2 og L, idet du benytter det græske bogstav λ til at betegne Lagrange-multiplikatoren knyttet til budgetbetingelsen (11). Brug førsteordensbetingelserne til at udlede udtryk for de marginale substitutionsbrøker u_1 / u_F og u_2 / u_F og giv en kortfattet økonomisk fortolkning af disse udtryk.

Spørgsmål 1.4: Staten kan frit fastsætte skattesatserne t_1, t_2 og τ og har ikke behov for andre indtægter end dem, der er nødvendige for at finansiere forureningsbekæmpelsesindsatsen g, som altså varetages af det offentlige. Find den størrelse af t_1 og t_2, der kan sikre det samfundsøkonomisk optimale forbrug af x_1 og x_2 og giv forklarende kommentarer.

Spørgsmål 1.5: Vis at når staten sikrer den samfundsøkonomisk optimale forureningsbekæmpelsesindsats, vil det gælde, at

$$t_2 = a_g. \tag{12}$$

(Vink: Udnyt dine resultater i spørgsmål 1.2 og 1.4). Giv en intuitiv økonomisk forklaring på beskatningsprincippet i (12). (Vink: Hvor meget vil det koste staten at neutralisere den ekstra forurening, som en stigning i forbruget af x_2 på én enhed vil medføre?).

Vi forudsatte i spørgsmål 1.3, 1.4 og 1.5, at staten kan pålægge lump-sum skatter. Vi vil nu ophæve denne forudsætning og antage, at staten alene kan benytte sig af afgifter på x_1 og x_2 til at dække sine udgifter til forureningsbekæmpelse. Ved udledningen af den optimale miljøpolitik i dette second-best scenario er det bekvemt at arbejde med den indirekte nyttefunktion, der angiver forbrugerens maksimalt opnåelige nytte, givet de værdier af P_1, P_2, y og M, han/hun konfronteres med. Ved at indsætte forbrugerens optimale værdier af x_1, x_2 og L i den direkte nyttefunktion (1) får man en indirekte nyttefunktion af formen

$$V = V(P_1, P_2, y, M) = V(a_1 + t_1, a_2 + t_2, y, g - nx_2), \tag{13}$$

der kan vises at have egenskaberne

$$\frac{\partial V}{\partial y} = \lambda, \qquad \frac{\partial V}{\partial P_1} = -\lambda x_1, \qquad \frac{\partial V}{\partial P_2} = -\lambda x_2, \qquad \frac{\partial V}{\partial M} = u_M, \tag{14}$$

hvor λ er Lagrange-multiplikatoren tilknyttet forbrugerens budgetbetingelse (11). λ måler således grænsenytten af forbrugerens potentielle indkomst. Den offentlige sektors budgetrestriktion er

$$n(t_1 x_1 + t_2 x_2) = a_g g. \tag{15}$$

Staten ønsker at vælge t_1, t_2 og g med henblik på at maksimere den repræsentative forbrugers nytte givet ved (13) under hensyntagen til budgetrestriktionen (15). I den forbindelse må staten tage hensyn til, at en højere afgift på en vare hæmmer forbruget af varen, da $\partial x_1 / \partial P_1 < 0$ og $\partial x_2 / \partial P_2 < 0$. Af forenklingshensyn antager vi, at krydspriselasticiteterne i vareforbruget er nul, og at ændringer i miljøkvaliteten ikke påvirker forbruget af de to varer, dvs. at

$$\frac{\partial x_1}{\partial P_2} = \frac{\partial x_2}{\partial P_1} = 0, \qquad \frac{\partial x_1}{\partial M} = \frac{\partial x_2}{\partial M} = 0. \tag{16}$$

Spørgsmål 1.6: Vis ved brug af Lagrange-metoden samt de angivne forudsætninger at førsteordensbetingelserne for statens optimale valg af afgiftssatserne t_1 og t_2 indebærer, at

$$\begin{gathered} \frac{t_1}{P_1} = \frac{\alpha}{\varepsilon_1}, \qquad \frac{t_2}{P_2} = \frac{\alpha}{\varepsilon_2} + (1-\alpha)\frac{MEC}{P_2}, \\ \alpha \equiv \frac{\mu - \lambda}{\mu}, \qquad \varepsilon_1 \equiv -\frac{\partial x_1}{\partial P_1}\frac{P_1}{x_1}, \qquad \varepsilon_2 \equiv -\frac{\partial x_2}{\partial P_2}\frac{P_2}{x_2}, \qquad MEC \equiv \frac{nu_M}{\lambda}, \end{gathered} \tag{17}$$

hvor μ er Lagrange-multiplikatoren tilknyttet den offentlige budgetrestriktion (15). Giv en økonomisk forklaring/tolkning af disse resultater, herunder en tolkning af størrelserne α og MEC.

Spørgsmål 1.7: Vis ved brug af førsteordensbetingelsen for statens optimale valg af g samt definitionen af α, at en optimal forureningsbekæmpelsesindsats må indebære, at

$$\frac{nu_M}{\lambda} = \frac{a_g}{1-\alpha}. \tag{18}$$

Sammenlign denne optimumsbetingelse med den betingelse for optimalt valg af g, der er angivet i (9) (Vink: Hvad er sammenhængen mellem λ og u_F?). Diskutér om (18) tilsiger en større eller mindre forureningsbekæmpelsesindsats end (9)? Forklar den økonomiske intuition bag forskellen mellem resultaterne (9) og (18).

Opgave 2. Internationalt klimasamarbejde

Spørgsmål 2.1: Diskutér med udgangspunkt i teorien om offentlige goder, hvad der kræves for at opnå en globalt optimal indsats til reduktion af udledningen af drivhusgasser (Vink: En forholdsvis kortfattet verbal diskussion er tilstrækkelig).

Spørgsmål 2.2: Redegør for Martin Weitzman's argumentation for, at internationale klimaforhandlinger om en bindende minimumspris på CO_2-udledninger vil kunne bringe verden tæt på den globalt optimale klimaindsats (Vink: En forholdsvis kortfattet verbal diskussion er tilstrækkelig).

.