

Rettevejledning til reksamensopgaven i kandidatfaget

Miljø-, ressource-og klimaøkonomi

Reksamen afholdt den 6. august 2012

(3 timers prøve uden hjælpemidler)

(Bemærk: Det nedenstående er et eksempel på en “ideel” besvarelse. En besvarelse kan ikke forventes at omfatte alle de nævnte elementer inden for den udstukne tidsramme på 3 timer).

**OPGAVE 1. Optimal udnyttelse af udtømmelige ressourcer (Indikativ vægt: 50%)**

Betragt en ressourceøkonomisk model, der benytter følgende notation:

$U$  = livstidsnytte for den repræsentative forbruger

$K$  = beholdning af produceret realkapital

$S$  = beholdning af udtømmelig naturressource

$Y$  = løbende produktion

$C$  = løbende forbrug

$R$  = løbende udvinding af naturressource (“råstofforbrug”)

$a$  = marginal omkostning ved udvinding af naturressource (konstant)

$\rho$  = tidspreferencerate (konstant)

$\varepsilon$  = grænsenyttes elasticitet mht. forbruget (konstant)

$t$  = tiden

Modellen består af følgende ligninger:

Livstidsnytte:

$$U(0) = \int_0^{\infty} \frac{(C(t))^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon} e^{-\rho t} dt, \quad \varepsilon > 0, \quad \rho > 0 \quad (1)$$

Ressourcebegrænsning i den enkelte periode:

$$Y(t) = C(t) + aR(t) + \dot{K}(t), \quad \dot{K} \equiv dK/dt \quad (2)$$

Produktionsfunktion:

$$Y(t) = F(K(t), R(t)), \quad (3)$$

$$F_K > 0, \quad F_{KK} < 0, \quad F_R > 0, \quad F_{RR} < 0$$

Udvikling i ressourcebeholdningen:

$$\dot{S}(t) = -R(t), \quad \dot{S} \equiv dS/dt \quad (4)$$

Naturressourcen  $R$  antages at være essentiel i den forstand, at  $Y = 0$  for  $R = 0$ , og at substitutionselasticiteten mellem  $K$  og  $R$  ikke overstiger 1. Ved at indsætte (3) i (2) og omordne, finder vi

$$\dot{K}(t) = F(K(t), R(t)) - aR(t) - C(t) \quad (5)$$

På tidspunkt nul er beholdningerne af menneskeskabt kapital og naturkapital prædeterminerede, dvs.  $K(0)$  og  $S(0)$  er givne størrelser. Samfundsplanlæggeren vælger et udviklingsforløb for forbruget  $C(t)$  med henblik på at maksimere den repræsentative forbrugers livstidsnytte (1) under bibetingelserne (4) og (5). Idet vi for nemheds skyld undlader en eksplicit angivelse af tidsvariablen, kan vi skrive Hamilton-funktionen svarende til dette optimeringsproblem som

$$H = \frac{C^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon} e^{-\rho t} + \mu (F(K, R) - aR - C) - \lambda R \quad (6)$$

hvor  $\mu$  og  $\lambda$  er skyggepriserne på hhv.  $K$  og  $S$  (bemærk at skyggepriserne er opgjort i nutidsværdi, dvs. på tidspunkt nul)

**Spørgsmål 1.1.** Udled førsteordensbetingelserne for løsning af samfundsplanlæggerens problem.

*Svar på spørgsmål 1.1:* Ved brug af Hamilton-funktionen (6) finder man førsteordensbetingelserne

$$\partial H / \partial C = 0 \implies C^{-\varepsilon} e^{-\rho t} - \mu = 0 \quad (11)$$

$$\partial H / \partial R = 0 \implies \mu (F_R - a) - \lambda = 0 \quad (12)$$

$$\dot{\mu} = -\partial H / \partial K \implies \dot{\mu} = -\mu F_K \quad (13)$$

$$\dot{\lambda} = -\partial H / \partial S \implies \dot{\lambda} = 0 \quad (14)$$

**Spørgsmål 1.2.** Vis ud fra førsteordensbetingelserne, at en optimal udnyttelse af den udtømmelige ressource kræver opfyldelse af reglen

$$\frac{\dot{F}_R}{F_R - a} = F_K \quad (7)$$

Giv en økonomisk fortolkning af denne regel.

*Svar på spørgsmål 1.2:* Af førsteordensbetingelsen (12) følger

$$\dot{\mu}(F_R - a) + \mu\dot{F}_R = \dot{\lambda} \quad (15)$$

Ifølge (14) gælder i optimum, at  $\dot{\lambda} = 0$ . Dermed fås af (15), at

$$\frac{\dot{F}_R}{F_R - a} = -\frac{\dot{\mu}}{\mu} \quad (16)$$

Indsættelse af førsteordensbetingelsen (13) i (16) giver nu ligning (7).  $\square$

Økonomisk fortolkning: Ligning (7) er Hotelling-reglen. Venstresiden angiver den procentvise stigning i ressourcerenten over tid. Det er det procentvise afkast, der opnås ved at udskyde udvinding af en enhed af naturressourcen fra i dag til i morgen. Venstresiden kan dermed opfattes som afkastet af investering i naturkapital. Højresiden af (7) angiver det procentvise marginale afkast ved at investere i menneskeskabt realkapital. Ved en optimal forvaltning af samfundets samlede formue (bestående af summen af naturkapital og menneskabt kapital) skal det marginale afkast af de to former for investering være det samme.

**Spørgsmål 1.3.** Vis ud fra førsteordensbetingelserne, at det optimale udviklingsforløb også kræver opfyldelse af reglen

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\varepsilon}(F_K - \rho) \quad (8)$$

Forklar den økonomiske intuition bag denne regel.

*Svar på spørgsmål 1.3:* Af førsteordensbetingelsen (11) følger, at

$$\dot{\mu} = -\varepsilon C^{-\varepsilon-1} \dot{C} e^{-\rho t} - \rho C^{-\varepsilon} e^{-\rho t} \quad (17)$$

Indsættelse af (11) og (17) i (13) giver

$$-\varepsilon C^{-\varepsilon-1} \dot{C} e^{-\rho t} - \rho C^{-\varepsilon} e^{-\rho t} = -C^{-\varepsilon} e^{-\rho t} F_K \implies$$

$$-\varepsilon \frac{\dot{C}}{C} = \rho - F_K \implies$$

$$\frac{\dot{C}}{C} = \frac{1}{\varepsilon} (F_K - \rho) \quad \square$$

Ligning (8) er den velkendte Keynes-Ramsey regel for optimal allokering af forbruget over tid. Hvis afkastet af opsparing (der her er givet ved kapitalens grænseprodukt  $F_K$ ) overstiger den repræsentative forbrugers tidspreferencerate, er det optimalt for forbrugeren at udskyde forbrug og foretage en opsparing, der via den deraf følgende formuestigning tillader en stigning i forbruget over tid (og vice versa).

Antag nu, at produktionsfunktionen  $F(K, R)$  er homogen af første grad (konstant skalaafkast).

Dermed er grænseproduktfunktionerne  $F_K(K, R)$  og  $F_R(K, R)$  homogene af nulte grad.

$F_K$  og  $F_R$  vil da alene afhænge af faktorproportionen  $k \equiv K/R$ , dvs.

$$F_K(K, R) = f_K(k), \quad f'_K(k) < 0 \quad (9)$$

$$F_R(K, R) = g_R(k), \quad g'_R(k) > 0 \quad (10)$$

**Spørgsmål 1.4.** Diskutér ved brug af resultaterne i (7), (8), (9) og (10), om det betragtede udviklingsforløb er bæredygtigt. (Vink: Tag udgangspunkt i, at  $k$  må være stigende over tid, når (7) og (10) er opfyldt).

*Svar på spørgsmål 1.4:* Hvis det overhovedet er profitabelt at udvinde den udtømmelige naturressource, vil den marginale ressourcerente  $F_R - a$  være positiv. Endvidere gælder, at kapitalens grænseprodukt er positivt ( $F_K > 0$ ). Hotelling-reglen (7) kræver derfor, at  $\dot{F}_R > 0$ , dvs. at  $F_R$  er stigende over tid. Ifølge (10) må dette betyde, at  $k$  også er stigende, hvilket ifølge (9) indebærer, at kapitalens grænseprodukt må være systematisk faldende over tid. Da tidspreferenceraten  $\rho$  er konstant, må der derfor før eller siden indtræffe et tidspunkt, hvor udtrykket på højresiden af (8) bliver negativt, dvs. hvor forbruget begynder at aftage over tid. Dette strider mod den gængse definition af en bæredygtig udvikling, ifølge hvilken udviklingen kun er (svagt) bæredygtig, hvis forbrugervelfærden pr. periode er ikke-aftagende. I nærværende model er forbrugervelfærden (nytten) i den

enkelte periode ifølge (1) givet som  $\frac{C^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon}$ , så et faldende forbrug vil medføre faldende velfærd over tid i strid med bæredygtighedskravet.

**Spørgsmål 1.5.** Den ovenfor betragtede model ser bort fra tekniske fremskridt. Diskutér, hvordan svaret på spørgsmål 1.4 kan blive modificeret, hvis der er tekniske fremskridt.

*Svar på spørgsmål 1.5:* Hvis de tekniske fremskridt er tilstrækkeligt store, kan de forhindre, at kapitalens grænseprodukt synker ned under tidpreferenceraten og dermed forebygge et fald i forbruget på trods af den stigende knaphed på den udtømmelige naturressource. Om et forbrugsfald kan undgås, afhænger af størrelsen af den tekniske fremskridtsrate sammenlignet med størrelsen af tidspreferenceraten. Hvis sidstnævnte er for høj i forhold til førstnævnte, vil ressourceudtømmningen foregå så hurtigt, at de tekniske fremskridt ikke kan nå at forhindre et fald i kapitalens grænseprodukt i takt med, at faktorforholdet  $k \equiv K/R$  stiger.

Den avancerede besvarelse kan evt. supplere disse betragtninger med en omtale af følgende model af Stiglitz (1974), der antager en Cobb-Douglas produktionsfunktion af formen

$$Y = e^{gt} K^\alpha R^\beta,$$

hvor  $g$  er den konstante eksponentielle vækstrate i totalfaktorproduktiviteten. Med denne produktionsfunktion og en antagelse om, at de marginale udvindingsomkostninger er nul ( $a = 0$ ), skal samfundsplanlæggeren maksimere livstidsnyttens (1) under bibetingelserne

$$\dot{K} = e^{gt} K^\alpha R^\beta - C \quad \text{og} \quad \dot{S} = -R$$

Stiglitz viser, at løsningen på dette problem indebærer et stigende forbrug over tid, hvis og kun hvis  $g/\rho > 1 - \alpha$ . I tilfældet med konstant skalaafkast ( $\alpha + \beta = 1$ ) kan denne betingelse skrives som  $g/\rho > \beta$ . Sidstnævnte formulering viser, at bæredygtigheden trues, hvis  $\beta$  er for stor, dvs. hvis naturressourcen er relativt vigtig for produktionen.

## OPGAVE 2. Hartwick-reglen (Indikativ vægt: 25%).

(Vink: Det er acceptabelt, hvis du giver en rent verbal besvarelse af hele opgave 2, men du må også gerne inddrage ligninger til at understøtte forklaringerne).

**Spørgsmål 2.1.** Forklar indholdet af Hartwick-reglen for forvaltning af udtømmelige naturressourcer.

*Svar på spørgsmål 2.1:* Hartwick-reglen siger, at hele nettoudbyttet fra udvinding af en udtømmelig naturressource skal investeres i opbygning af menneskeskabt kapital. Ved brug af notationen fra opgave 1 kan Hartwick-reglen formuleres således:

$$\dot{K} = \overbrace{(F_R - a) R}^{\text{samlet ressourcerente}} \quad (18)$$

I en lukket økonomi gælder ressourcebegrænsningen

$$Y = C + \dot{K} + aR, \quad (19)$$

jf. ligning (2) i opgave (1). Indsættelse af (18) i (19) giver

$$C = Y - F_R R. \quad (20)$$

Ifølge (20) indebærer Hartwick-reglen, at ingen del af bruttoudbyttet  $F_R R$  fra udvinding af den udtømmelige ressource kan anvendes til forbrug, idet en del af udbyttet går til at dække udvindingsomkostningerne, mens den resterende del fuldt ud anvendes til opbygning af produceret kapital.

**Spørgsmål 2.2.** Diskutér sammenhængen mellem Hartwick-reglen og kravet om en miljømæssigt bæredygtig udvikling.

*Svar på spørgsmål 2.2:* Hartwick benytter i sit klassiske bidrag fra 1977 produktionsfunktionen  $Y = F(K, R)$  og antager, at Hotelling-reglen (7) for en optimal formueallokering mellem naturkapital og menneskeskabt kapital er overholdt. Under disse forudsætninger viser han, at overholdelse af reglen (18) vil sikre et konstant forbrug over tid i en økonomi uden tekniske fremskridt. Hvis den enkelte periodes nytte ligesom i opgave 1 er givet som  $\frac{C^{1-\varepsilon}}{1-\varepsilon}$ , så vil et konstant forbrug sikre, at nytten ikke er faldende over tid. Dermed er kriteriet for en (svagt) bæredygtig udvikling opfyldt. Et konstant forbrug over tid sikrer endvidere, at Solow's Rawlsianske krav til en retfærdig fordeling mellem generationer er opfyldt.

Kravet om svag bæredygtighed formuleres undertiden sådan, at samfundets *ægte opsparing* skal være ikke-negativ. Den ægte opsparing er defineret som værdien af ændringen i den samlede beholdning af naturkapital og menneskeskabt kapital, opgjort i de relevante skyggepriser. I Hartwick's modelramme, hvor skyggeprisen på naturressourcen er lig med den marginale ressourcerente  $F_R - a$ , kan den ægte opsparing ( $GS$ ) opgøres som

$$GS = \underbrace{\dot{K} + (F_R - a) \dot{S}}_{\substack{\text{Værdi af ændring i} \\ \text{samlet kapitalbeholdning}}} \quad (21)$$

Per definition har vi, at  $\dot{S} = -R$ , jf. ligning (4). Når dette indsættes i (21) sammen med Hartwick-reglen (18), får man at

$$GS = 0. \quad (22)$$

Hartwick-reglen opfylder altså også den alternative formulering af bæredygtighedskravet,  $GS \geq 0$ .

Den meget avancerede besvarelse kan evt. indeholde følgende eksplicitte udledning af Hartwick-reglens implikation for forbruget: Af produktionsfunktionen  $Y = F(K, R)$  følger

$$\dot{Y} = F_K \dot{K} + F_R \dot{R}. \quad (23)$$

Indsættelse af Hotelling-reglen (7) i (23) giver

$$\dot{Y} = \left( \frac{\dot{F}_R}{F_R - a} \right) \dot{K} + F_R \dot{R}, \quad (24)$$

og indsættelse af Hartwick-reglen (18) i (24) medfører, at

$$\dot{Y} = \dot{F}_R R + F_R \dot{R} = \frac{d(F_R R)}{dt} \implies$$



$$\dot{Y} = \frac{d \left( \dot{K} + aR \right)}{dt}. \quad (25)$$

Samtidigt følger det af ressourcebegrænsningen (19), at

$$\dot{Y} = \dot{C} + \frac{d \left( \dot{K} + aR \right)}{dt} \quad (26)$$

Ligningerne (25) og (26) implicerer tilsammen, at

$$\dot{C} = 0, \quad (27)$$

når både Hotelling-reglen og Hartwick-reglen er opfyldt. Dermed er udviklingen som sagt bæredygtig, da (27) indebærer, at nytten  $u = u(C)$  er ikke-faldende over tid.  $\square$

### OPGAVE 3. Værdisætning af miljøgoder (Indikativ vægt: 25%)

(Vink: Det er acceptabelt, hvis du giver en rent verbal besvarelse af hele opgave 3, men du må også gerne inddrage figurer og/eller ligninger til at understøtte forklaringerne).

**Spørgsmål 3.1.** Redegør for principperne bag de forskellige metoder til værdisætning af miljøgoder.

*Svar på spørgsmål 3.1:* (Indledende bemærkning: Da der findes mange forskellige værdisætningsmetoder, må omtalen af hver enkelt metode nødvendigvis blive kort og summarisk. Ved bedømmelsen lægges vægt på, om grundprincippet i de enkelte metoder er klart fremstillet). Der sondres i litteraturen mellem værdisætning gennem *afslørede* præferencer og værdisætning baseret på *tilkendegivne* præferencer.

Blandt metoderne til værdisætning gennem afslørede præferencer kan nævnes afværgeomkostningsmetoden, rejseomkostningsmetoden og husprismetoden.

*Afværgeomkostningsmetoden* til værdisætning af miljøgoder bygger på, at husholdningerne i en række sammenhænge producerer nytteskabende goder til eget forbrug ved at afholde omkostninger til imødegåelse af negative miljøvirkninger. Boligejere, der udsættes for trafikstøj, kan fx vælge at afholde omkostninger til lydisolering for at frembringe godet "stillehed", og personer, der frygter at være udsat for skadelig luftforurening, kan

vælge at købe sig en sundhedsforsikring, der sikrer relevant lægebehandling med henblik på at producere godet “sundhed”. Ved at observere, hvor store “afværgeomkostninger” af denne type, forbrugerne vælger at afholde, kan man få et skøn over, hvor meget de er villige til at betale for et bedre miljø.

*Rejseomkostningsmetoden* er en anden metode baseret på afslørede præferencer. Indenfor miljøøkonomien er rejseomkostningsmetoden hovedsageligt blevet brugt til at værdisætte rekreative herlighedsværdier. Ideen er, at husholdningerne producerer rekreative oplevelser til sig selv ved at afholde rejseomkostninger for at besøge naturparker og andre rekreative områder. Størrelsen af de afholdte rejseomkostninger og valget mellem forskellige rekreative områder med forskellig miljøkvalitet afslører således, hvor meget forbrugerne er villige til at betale for naturens herlighedsværdier, herunder eventuelle jagtrettigheder og (lyst)fiskerettigheder.

*Husprismetoden* bygger på den ide, at forskelle i kvaliteten af det ydre miljø afspejles i forskelle i priser på i øvrigt sammenlignelige ejerboliger. Alt andet lige vil ejerboliger i områder med mere trafikstøj, mere trængsel, dårligere luftkvalitet, flere visuelle gener osv. have lavere markedspriser. Disse miljøbestemte forskelle i boligpriser afslører, hvor meget forbrugerne er villige til at betale for miljøforbedringer. Husprismetoden omfatter normalt to trin. I første trin estimeres en eller flere økonometriske relationer til bestemmelse af ejerboligpriserne i et område eller en region med henblik på at identificere, hvor meget variationer i relevante miljøindikatorer påvirker markedspriserne. I andet trin bruges resultaterne fra første trin til at estimere forbrugernes efterspørgselsfunktioner for miljøkvalitet.

Værdisætningsmetoder baseret på tilkendegivne præferencer omfatter den betingede værdisætningsmetode, valghandlingseksperimenter, Contingent Ranking, Contingent Rating og parvise sammenligninger.

Den hidtil mest anvendte af disse metoder er *betinget værdisætning* (Contingent Valuation, CV). Metoden søger via en spørgeskemateknik at skabe et hypotetisk marked for et miljøgode for at tilskynde en repræsentativ stikprøve af forbrugere til at tilkendegive, hvor meget de er villige til at betale for en konkret miljøforbedring (Willingness To Pay, WTP), eller hvor meget de kræver i kompensation for at acceptere en konkret miljøforringelse (Willingness To Accept, WTA). CV-metoden involverer typisk seks trin:

1) Etablering af det hypotetiske marked (udformning af spørgeskema). 2) Udvælgelse af de personer, der skal indgå i undersøgelsen. 3) Valg af metode til indsamling af svar. 4) Analyse af svarene: Estimation af betalingsvillighed. 5) Aggregering af WTP eller WTA. 6) Ex post evaluering af undersøgelsens pålidelighed.

*Valghandlingseksperimenter* er en anden interview-baseret metode til at værdisætte miljøgoder ud fra svarpersonernes tilkendegivne præferencer. I et valghandlingseksperiment vælger svarpersonerne et foretrukket alternativ blandt et begrænset antal alternativer. Den eksisterende (miljø)tilstand indgår altid blandt valgmulighederne. De forskellige alternativer karakteriseres ved et begrænset antal "attributter", herunder en eller flere indikatorer for miljøtilstanden samt den omkostning (positiv eller negativ), som svarpersonen forudsættes at blive påført ved valg af de forskellige alternativer.

I et valgekspertiment skal svarpersonen alene angive sit mest foretrukne alternativ. Dermed mistes potentielt værdifuld information om hans/hendes rangordning af de øvrige alternativer. I *Contingent Ranking* metoden stilles respondenterne ligeledes over for et antal alternativer med forskellige attributter, men bliver nu bedt om at rangordne *alle* alternativer fra det mest til det mindst foretrukne.

*Contingent Rating* metoden går et skridt videre og beder respondenterne om at tildele hvert alternativ et antal points på en angiven skala fra fx 1 til 10. Dermed opnås ikke blot information om rangordningen, men i princippet også om styrken af præferencen for de forskellige alternativer.

*Parvise sammenligninger* kan opfattes som en kombination af et valghandlingseksperiment og Contingent Rating: Først angiver respondenterne, hvilket af to alternativer, hun foretrækker. Dernæst angiver hun på en pointskala, hvor meget det valgte alternativ er bedre end det andet.

Det kræves ikke, at en besvarelse nævner de mere teoretiske metoder til afsløring af præferencer for offentlige miljøgoder såsom *Clarke-skatten* og *Clarke-Pigou mekanismen*. En avanceret besvarelse kan dog kort omtale disse metoder.

Den af Clarke (1971) foreslåede metode indebærer, at hver enkelt borger anmodes om at tilkendegive sin villighed til at betale for en ekstra indsats til forureningsbekæmpelse. Den samlede indsats til forureningsbekæmpelse fastlægges sådan, at den marginale omkostning ved nedbringelse af forureningen svarer til summen af borgernes marginale

betalingsvillighed. Samtidigt pålægges den enkelte borger en “Clarke-skat”, der svarer til den marginale omkostning ved forureningsbekæmpelse minus summen af alle de øvrige borgeres marginale betalingsvillighed. Det kan vises, at denne mekanisme giver den enkelte borger et incitament til at afsløre sin sande marginale betalingsvillighed, hvorved der opnås et optimalt forureningsomfang.

Clarke-Pigou mekanismen kombinerer en Pigou-skat med et Clarke subsidium. Pigou-skatten pr. enhed af en forurenende vare fastsættes som summen af de beløb, borgerne angiver at være villige til at betale for en marginal reduktion af forureningen. Clarke-subsidiet til den enkelte borger fastsættes som provenuet af Pigou-skatten fratrukket summen af de beløb, som alle øvrige borgere angiver at være villige til at betale for helt at undgå forureningen. Man kan vise, at også denne mekanisme tilskynder til afsløring af de sande præferencer for miljøkvalitet og sikrer et optimalt forureningsomfang.

**Spørgsmål 3.2.** Diskutér fordele og ulemper ved de forskellige værdisætningsmetoder.

*Svar på spørgsmål 3.2:* Metoder til værdisætning af miljøgoder baseret på *afslørede* præferencer bygger på, at forbrugerne aktuelt efterspørger det pågældende miljøgode. Metoderne kan derfor i princippet give en objektiv indikation af den *aktuelle brugsværdi* af miljøgodet, men de har den fælles svaghed, at de ikke opfanger den optionsværdi, eksistensværdi og testamentariske værdi, som miljøgodet kan have for personer, der ikke aktuelt forbruger godet.

Værdisætningsmetoder baseret på *tilkendegivne* præferencer opfanger i princippet ikke blot de aktuelle brugsværdier, men også den mulige brugsværdi (optionsværdi) såvel som de ikke-brugsværdier, der knytter sig til miljøgoder. Dette er en væsentlig principiel fordel ved disse metoder.

Til gengæld har metoder baseret på afslørede præferencer den fordel, at de i princippet tager udgangspunkt i observationer af, hvad folk faktisk har vist sig at være villige til at betale for en bedre miljøkvalitet. Metoder baseret på tilkendegivne præferencer bygger derimod på, hvad folk siger, de vil betale, eller hvilke alternativer, de hævder at foretrække, men disse tilkendegivelser er hypotetiske og kan lide af bias.

Alle værdisætningsmetoder har visse svagheder. Ved anvendelse af *afværggeomkostningsfunktionen* til vurdering af omkostningerne ved trafikstøj tages der udgangspunkt i, at forbrugere udsat for trafikomfanget  $e$  afholder samlede afværggeomkostninger  $c(e, s)$

til lydisolering mm. for at opnå graden af stilhed  $s$ . Miljøøkonomen antages at have data for, hvor meget afværgeomkostningerne er steget ( $dc$ ) som følge af en given stigning i trafikmængden ( $de$ ). Denne størrelse er givet ved

$$dc = \left[ c_s \frac{ds}{de} + c_e \right] \cdot de, \quad (28)$$

hvor  $c_s > 0$  og  $c_e > 0$  er de partielle afledede af afværgeomkostningsfunktionen, og  $ds/de < 0$  er den reduktion i graden af stilhed, som det er optimalt for forbrugeren at acceptere, når trafikmængden øges. Det korrekte mål for forbrugernes marginale villighed til at betale for en formindskelse af trafikmængden og den deraf følgende støjforurening er  $c_e$ , men miljøøkonomen har som sagt kun data for  $dc$  og  $de$ . Afværgeomkostningsmetoden anvender typisk  $dc$  som mål for omkostningen ved den ekstra støjforurening, men eftersom  $ds/de$  som nævnt må antages at være negativ, følger det af (28), at man derved undervurderer den sande marginale miljøomkostning, som er lig med  $c_e \cdot de$ .

I forbindelse med *rejseomkostningsmetoden* kan nævnes to metodiske problemer: 1) Omkostningerne ved en rejse til et rekreativt område vil være overvurderet (med et ukendt beløb), hvis rejsen også har andre formål såsom at besøge venner og bekendte eller at foretage forskellige former for sightseeing i forbindelse med rejsen. 2) De opgjorte rejseomkostninger inkluderer værdien af (fri)tid, som er vanskelig at estimere. Hvis forbrugeren ikke frit kan vælge sin arbejdstid (eller han/hun fx er ufrivilligt arbejdsløs), vil den marginale værdi af rejsetid ikke svare til timelønnen (efter skat), i modsætning til antagelsen i traditionelle rejseomkostningsmodeller.

*Husprismetoden* anvendes ofte til at vurdere omkostningerne ved støjforurening og luftforurening. Begge typer af forurening vil imidlertid ofte være forårsaget af omfanget af trafik i området og vil derfor være tæt korrelerede. Dermed er det statistisk meget svært at identificere de separate effekter af disse forureningsvariable. Dertil kommer, at den estimerede boligprisrelation ikke kan tolkes som en (omvendt) efterspørgselskurve for de inkluderede miljøgoder. Ligningen er i stedet en reduceret form, der afspejler de *ligevægtspriser* på boliger, som fremkommer via samspillet mellem udbud og efterspørgsel i markedet. Derfor giver den estimerede boligprisrelation ikke umiddelbart et mål for, hvor meget den enkelte forbruger er villig til at betale for et bedre miljø. Identifikation af

den sande marginale betalingsvillighed kræver yderligere antagelser, som ofte vil kunne anfægtes.

Metoden med *betinget værdisætning* indebærer risiko for bias i den tilkendegivne WTP pga. spørgeskemametodens hypotetiske karakter. Denne risiko vurderes at være mindre ved brug af *valgekspérimentmetoden* og de øvrige omtalte metoder. De såkaldte attributbaserede metoder (valgekspérimentmetoden, Contingent Ranking og Contingent Rating, hvor de relevante miljøgoder beskrives ved hjælp af en række "attributter") giver også større mulighed for at estimere MWTP for forskellige miljøgoder.

*Contingent Ranking* og *Contingent Rating* giver endvidere mere information om præferencerne end valgekspérimentmetoden. Til gengæld har valgekspérimentmetoden og især Contingent Ranking og Contingent Rating den ulempe, at de stiller større krav til svarpersonernes kognitive evner til at vælge mellem en række forskellige alternativer med multidimensionelle karakteristika. Det rummer fx risiko for, at respondenterne alene vælger på basis af en enkelt eller to attributter, så forskeren reelt ikke opnår den tilstræbte information, men tværtimod fejlestimerer WTP for de forskellige attributter.

For *Clarke-skatten* og *Clarke-Pigou* mekanismen gælder i endnu højere grad, at de stiller (urealistisk) store krav til forbrugernes kognitive evner. Det kan bidrage til at forklare, at disse teoretiske metoder ikke er blevet anvendt empirisk til at afsløre præferencer for miljøgoder.