

*Torstein Bye, Mona Hansen og
Birger Strøm*

Hvordan framskrive utslipp av klimagasser?

Abstract

I utgangspunktet kan utslipp av alle klimagasser knyttes til utviklingen i en økonomisk variabel i Statistisk sentralbyrås makromodeller gjennom en utslippskoeffisient. Spørsmålet er hvilken variabel i for eksempel makromodellene som egner seg best å knytte ulike utslipp til, gitt at vi ønsker å framskrive disse utslippene. For CO₂ er det naturlig å knytte utviklingen til bruken av fossile brensler enten brukt til stasjonære, mobile eller prosessformål. For de andre klimagassene er det ikke opplagt hvilken faktor en skal knytte utslippene til. Problemstillingen for noen av gassene er at aggregeringsnivået i for eksempel MSG er så grovt at det kan virke unaturlig å knyttet utslippet til et av disse aggregatene. Dette kan imidlertid håndteres på flere måter. En kan for eksempel forsøke å si noe om utviklingen av aggregatet over tid og eventuelt justere utslippskoeffisienten deretter. Dette kan gjøres ved å inkludere to eller tre utslippsfaktorer; en fast basisårsbestemt utslippskoeffisient, en endringsvariabel for utslippskoeffisienten og en eksogen endringsvariabel for selve utslippene. Et annet problem som kan oppstå er når en skal vurdere virkningen av økonomiske eller andre virkemidler for å oppnå utslippsreduksjoner. Vil effekten da gå gjennom de økonomiske indikatorene man har valgt å knytte utslippene til gjennom de vante elastisitetene, vil virkningen gå gjennom de totale produksjonskostnadene, prisen for produktet og etterspørselen etter disse, eller vil virkningen gå direkte på utslippskoeffisientene? En annen problemstilling er hvordan rensekostnader skal håndteres innenfor dagens modellopplegg. I dette notatet går en gjennom noen forslag til hvordan en kan knytte opp utslippene av klimagasser mot økonomiske indikatorer i makromodellene og hvordan disse skal håndteres i virkningsberegninger.

1 En enkel modell for klimagassutslipp

For de fleste av klimagassene følger utslippene bruken av ulike typer olje eller andre fossile brenslere. I noen tilfelle er de fossile brenslene knyttet til stasjonære formål som for eksempel oppvarming, i andre tilfelle er de knyttet til ulike produksjonsprosesser (som for eksempel bruk av kull i elektrolyse av aluminium), og i ytterligere andre tilfelle er de knyttet til transportaktiviteter. En del av klimagassene er imidlertid knyttet til bruk av andre innsatsfaktorer enn fossile brenslere (for eksempel et kuldemedium i kjøleskap, frysedisker o.l.), eller de er knyttet til selve produksjonsprosessen (lekkasje ved produksjon av gass). Noen ganger er også klimagassutslipp knyttet til restprodukter fra produksjonsprosessen (for eksempel avfall). Generellt gjelder imidlertid at utslippene av alle klimagasser er knyttet til en eller annen variabel som beskriver økonomisk aktivitet. Vi kan da skrive utslippsmodellen for alle klimagasser generelt på formen

$$E_{jt}^i = \varepsilon_{jt}^i \kappa_j^i A_{jt}^i + E_{jt}^{i*} \quad (1)$$

der E_{jt}^i er utslipp av klimagass $i = CO_2, CH_4, N_2O, HFC, PFC, SF_6$, i år t i sektor j , og der κ_j^i er utslippskoeffisienten som forbinder utslippene med en relevant økonomisk indikator A_{jt}^i for denne utslippskoeffisienten i sektoren. Variabelen ε_{jt}^i benyttes til å gi ”eksogene” endringer i utslipp per enhet aktivitet over tid¹. Den kan også nyttes til å introdusere nye gasser i aktiviteter som ikke finnes fra tidligere i enkeltsektorer (for eksempel HFC). Variabelen E_{jt}^{i*} benyttes hvis modellbrukeren skal endre utslippene fra denne aktiviteten eksogent av en eller annen grunn, for eksempel som følge av rensetiltak.

Aktivitetsvariabelen kan dels være oljer til transportformål FT , olje til stasjonære formål FO , vareinnsats V , eller produksjonsnivå X avhengig av hvilken utslippskomponent som framskrives.

2 Utslipp av CO_2

I all hovedsak vil formel (1) gjelde for alle utslipp av klimagassen CO_2 . Nedenfor gis en nærmere beskrivelse av modelleringen av mobile, stasjonære og prosess utslipp.

¹I prinsippet kunne denne endogensiseres og for eksempel gjøres avhengig av ”rensekostnader”. Vi mangler imidlertid et egnet kostnadsgrunnlag for å gjøre dette.

2.1 Mobile utslipp av CO_2

Generelt gjelder at *mobile* utslipp av karbondioksyd, CO_{2M} knyttes til transportoljer, FT (fuel transport) i produksjonssektorene i modellen. Dette er bilbensin, annen bensin, annen parafin, autodiesel og marint brennstoff. Aktivitetsvariabelen i ligning (1) tar da formen

$$A_{jt}^{CO_{2M}} = FT_{jt} \quad (2)$$

for $i = CO_{2M}$. Mobilt utslipp fra husholdningene er knyttet til variabelen C_{14} , som er driftsutgifter til egne transportmidler. Det vil si

$$A_{Ct}^{CO_{2M}} = C_{14}. \quad (3)$$

2.2 Stasjonære utslipp av CO_2

Stasjonære utslipp av karbondioksyd, CO_{2S} , knyttes i næringene til variabelen FO (fuel oil), som er fyringsparafin, fyringsoljer, spesialdestillat og tungolje. Aktivitetsvariabelen² er da

$$A_{jt}^{CO_{2S}} = FO_{jt}. \quad (4)$$

Stasjonært utslipp fra husholdningene (inklusive utslipp fra ved) er knyttet til variabelen C_{13} , som er brensel. Aktivitetsvariabelen er

$$A_{Ct}^{CO_{2S}} = C_{13}. \quad (5)$$

Siden ved er inkludert i C_{13} , betyr dette at olje og ved "øker i takt". Stasjonærutslipp av CO_2 fra avfallsforbrenning følger av utviklingen i deponeert mengde avfall korrigert for andelen som eksporteres. Disse utslippene knyttes til sektor 85 som inkluderer renovasjonstjenester.

2.3 Prosessutslipp av CO_2

Prosessutslipp av karbondioksyd, CO_{2P} knyttes i all hovedsak til variabelen V i alle sektorer, som er produktinnsats, det vil si at aktivitetsvariabelen i ligning (1) er

$$A_{jt}^{CO_{2P}} = V_{jt}. \quad (6)$$

²For stasjonært utslipp fra gasskraftverk er det brukt utslippsfaktorer fra Kårstø.

2.3.1 Unntak fra hovedreglen for prosessutslipp av CO_2

- Sektoren produksjon av kjemiske og mineralske proodukter (sektor 27) produserer mange ulike produktinnsats- og investeringsvarer. Ikke hele sektor 27 forurenses. Den forurensende delen av produksjonen i denne sektoren kan knyttes til leveranser til andre næringer, spesielt leveranser til bygg og anlegg og boreplattformer. Produksjonsteknologien er homogen i sektoren. Vi knytter derfor utslippene opp mot bruk av produktinnsats i sektor 27. Modellbrukeren kan justere utslippskoeffisientene for å ivareta ulike vekstrater i oljesektoren og bygg og anlegg ved etablering av referansebanen - evt også virkningsbanene.
- Prosessutslipp i landbruket (sektor11) knyttes til aktiviteten, output, i jordbruket med en basisårskoeffisient. Endringsvariabelen kan benyttes til å ”styre” forbruket hvis en har informasjon utover det modellen sier.
- Prosessutslipp av CO_2 i tradisjonelt fiske (Sektor 13) stammer fra kalking av vassdrag. Nødvendigheten av kalking av vassdrag følger av utslippene av SO_2 . Siden det eksisterer internasjonale avtaler som regulerer utslippene av SO_2 i et visst forhold mellom land antas utslipp fra kalking å følge det totale omfanget av SO_2 -utslipp i norsk økonomi.
- Prosessutslipp av CO_2 fra metanol-fabrikken (sektor 37) gis som et eksogent restledd, se ligning (1) for sektor 37, der utslippene knyttes til output (X) som aktivitetsnivå.
- Utslipp av CO_2 fra sektor olje- og gassutvinning (sektor 64), og oljeboring (sektor 68) følger en prognose gitt av OED, som igjen baserer seg på antagelser om utviklingen i sektoren og forbedring av teknologien. OED’s metode overføres direkte til MSG-modellen. Utslippene knyttes til aktivitetsnivået i sektoren (X).
- Prosessutslipp av CO_2 i veitransport (sektor 75) og varehandel (sektor 81) framskrives med totalt transport-oljeforbruk FT (dette er fordampningsutslipp fra lagring av bensin og tanking på bensinstasjoner).
- Prosessutslipp av CO_2 i annen privat tjenesteproduksjon (sektor 85) fra kalking av industriavfall (på Langøya) gis som et eksogent restledd i utslippsligningen knyttet til output (X).

- Prosessutslipp av CO_2 fra løsemidler i industri og private husholdninger knyttes til aktivitetsnivået i industri og husholdninger.

3 Modell for beregning av CH_4 og N_2O

For modellering av metan, CH_4 , og lystgass, N_2O , gjelder i hovedsak samme utslippsmodell som i ligning (1), men det er en god del unntak i forhold til denne regelen. Spesielt for metan er utslippet i all hovedsak knyttet til avfallsfyllinger. Noe av dette utslippet er også knyttet til jordbruket. For avfallsdelen av modellen vises til kapittel 4.

3.1 Spesielle forhold ved CH_4

- ”Prosessutslipp” av metan, CH_4 , fra sektor 11 (landbruk) er i prinsippet knyttet til husdyrbestanden. Utviklingen i utslippene endres hvis forholdet mellom husdyrproduksjon og kornproduksjon endres. Dette vil også være viktig i forhold til eventuelle policy-analyser knyttet til utslippsmål og landbrukspolitikken. Utslippet knyttes til utviklingen i output.
- Prosessutslipp fra sektor 64 (olje- og gassutvinning) og 68 (oljeboring) av CH_4 knyttes til aktivitetsnivået. Utviklingen i metanutslippene, CH_4 , er fra SFT.
- ”Prosessutslipp” av CH_4 fra sektor 27 (kjemiske og mineralske produkter) er knyttet til lekkasjer fra kullgruver på Svalbard og knyttes derfor til aktivitetsnivået i Bergverkssektoren, men da gjennom restleddet, som kan holdes konstant. Restleddet kan endres, jfr., forslaget om å tredoble produksjonen av kull på Svalbard.
- Metan fra mobil forbrenning knyttes til mobile oljer FT - jfr egen modell på 220.

3.2 Spesielle forhold ved N_2O

- ”Prosessutslipp” av N_2O fra sektor 11 landbruk er blant annet knyttet til forbruk av nitrogengjødsel og husdyrgjødsel i næringen. Her beregnes utslippskoeffisienter κ_{ijt} som knytter utslippene til innsatsfaktorer i sektoren tilsvarende ligning (1), dvs $A_{ijt} = V_{ijt}$ i denne sektoren. Koeffisienten ε_{ijt} benyttes for å ta hensyn til

eventuelle endringer i andelen slik aktivitet utgjør av den totale aktiviteten i landbruket slik den er beskrevet i modellen. Eventuelle tiltak for å redusere slike utslipp kan eventuelt også tas hensyn til i variabelen ε_{ijt} eller i den eksogene variabelen E_{ij}^* for denne sektoren.

- Prosessutslipp av N_2O fra sektor 37 (kjemiske råvarer) er knyttet til produksjon av salpetersyre. Igjen gjelder at generelt bør utslippet modelleres som i ligning 1 gjennom en utslippskoeffisient κ_{ij} , en endringsvariabel til denne utslippskoeffisienten ε_{ijt} og eventuelt en eksogen endringsvariabel E_{ij}^* .
- I modellen er det lagt inn ligninger for stasjonært utslipp av lystgass fra gasskraftverk som følger aktivitetsnivået i gasskraftproduksjon slik det fremskrives av modellen. Det er brukt utslippsfaktorer tilsvarende prospektet fra det konsesjonssøkte gasskraftverket fra Naturkraft på Kårstø.
- Utslipp av lystgass fra mobil forbrenning - jfr. egen modell fra seksjon 220.

4 Utslipp av metan fra avfall³

Som vi var inne på tidligere er en stor andel av metanutslipp knyttet til avfallsdeponier. De fleste sektorene i økonomien genererer avfall og dette samles og legges på deponier hvor det foregår en forråtnelse som medfører generering av utslipp. I følge utslippsoversiktene er dette avfallet dermed knyttet til kommunale avfallsfyllinger. Inkludering av metan i makromodellene medfører dermed at en først må etablere en link mellom økonomisk aktivitet og avfall og deretter en indirekte link til avfallsdeponiene og metanutslippene. I prinsippet kan en nå tenke seg å beskrive sammenhengen mellom utslipp av metan fra deponert avfall Ea generert i aktivitet k i sektor j i år t ved

$$Ea_{kj}^t = ea_{kj} \alpha_k^t a_{kj} A_{kj}^t \quad (7)$$

der ea_{kj} er en teknologiparameter som dels kan si noe om hvor mye

avfallskoeffisienten a_{kjt} endres over tid og dels kan benyttes som en parameter til å si noe om hvordan utslippskoeffisienten for metan, α_{kj} , fra en gitt avfallsmengde endres over tid. $A_{kj} = C, X, V$ er aktiviteten som

³ Dette kapitlet bygger på Ibenholt (1999)

avfallsgenereringen knyttes til - det vil si enten totalt privat konsum C , produksjonen X , eller vareinnsatsen V .

Avfallskoeffisienten, a_{kj} , beregnes ut fra kommunalt avfall i 1995.

Dette avfallet er delt opp i husholdningsavfall, H , industriavfall I , avfall fra tjenestytende sektorer, også kalt kontoravfall K , avfall fra bygge og anleggsvirksomhet B , og annet spesifikt avfall A . Næringsavfallet omfatter også en post med blandet avfall, men ved beregning av avfallskoeffisientene er dette avfallet andelsmessig fordelt på øvrig næringsavfall (type $I - A$).

Avfallskoeffisienten kan nå skrives som

$$a_{kj} = \delta_{lkj} \frac{a_{lj}}{k_j} = \frac{a_{lj} k_j / \sum_{j \in i} a_{lj}}{k_j} = \delta_{kj} \frac{a_i}{\sum_{j \in l} k_j} \quad (8)$$

for alle $k = C, V, X$ og $l = H, I, K, B, A$ der δ_{lkj} er den andelen av avfallstype l som framskrives med aktivitet k .

- Husholdningsavfall framskrives kun med aktivitet C og omfatter konsumsektorene 00, 11, 20, 21, 21, 41, og 42.
- Industriavfall framskrives enten med aktivitet V eller X , og omfatter produksjonssektorene 15, 18, 21, 22, 26, 27, 28, 34, 37, 40, 43, 45, 48 og 49.
- Kontoravfall framskrives med aktivitet V og omfatter produksjonssektorene 63, 81, 83, 85, 92s, 93k, 94k, 94s, 95k, 95s og 96k.
- Byggeavfall framskrives med aktivitet V og omfatter produksjonssektor 55.
- Annet spesifikt næringsavfall framskrives med aktivitet V og omfatter produksjonssektorene 11, 12, 13, 14, 64, 68, 75, 76, 77, 78 og 79.

Utslipp av metan fra fyllinger er en funksjon av den avfallsmengde som en hver tid er i fyllingen og tidsprofilen for hvordan denne avfallsmengden har blitt fylt opp. De sektorene som har bidratt til oppfylling historisk er ikke nødvendigvis de sektorene som bidrar til framtidige utslipp. På den annen side vil de avfallsmengder som genereres i dag kunne gi framtidige utslipp. De som bidrar til avfall i dag skal derfor stilles overfor den samlede kostnaden ved utslippene framover.

Generert mengde metan kan nå skrives som

$$\alpha_H^t = \gamma_H^t \tau_H^t \omega_H^t \kappa^t \frac{16}{12} 0,9 \quad (9)$$

det vil si som et produkt av andelen organisk avfall av total mengde

husholdningsavfall, τ_H^t , den andelen av organisk avfall som omdannes til deponigass, κ^t , den relative vekt mellom metangass og deponigass, $\frac{16}{12}$, og den naturlige oksidasjonen, 0,9. Faktoren γ_H^t er en korrigeringsfaktor for husholdningsavfall mens ω_H^t er andelen metan i deponigass. For næringsavfall har vi tilsvarende

$$\alpha_N^t = \gamma_N^t \tau_N^t \omega_N^t \kappa^t \frac{16}{12} 0,9. \quad (10)$$

La oss anta en jevn utvikling i metanutslippene. Vi kan nå skrive metankoeffisientene α_{kj}^t for for hver av komponentene $k = C, V, X$ som henholdsvis

$$\alpha_c^t = \theta_H^t (1 - \theta_a^t) \alpha_H^t \quad (11)$$

der θ_H^t er andelen av husholdningsavfall som blir deponert i år t mens θ_a^t

er den andelen av totale metanutslipp som blir brent av i deponiet i år t . Utslippskoeffisienten for metan fra avfall i sektor j er dermed et produkt av den andelen av husholdningsavfall som blir deponert, den andelen av dette som ikke blir avbrent ($1 - \theta_a^t$) og den andelen av husholdningenes konsum som blir til generert avfall α_H^t . For avfall fra produktinnsats får vi tilsvarende

$$\alpha_V^t = \alpha_X^t = \theta_N^t (1 - \theta_a^t) (\alpha_N^t + 0,17 \alpha_H^t) \quad (12)$$

der θ_N^t er den andelen av næringsavfall som blir deponert i år t . Vi ser

da at avfall fra vareinnsats er et produkt av det næringsavfallet som blir generert, α_N^t , med et tillegg av 17 prosent av husholdningsavfallet, $0,17 \alpha_H^t$, som blir regnet som avfall fra vareinnsats, den andelen av dette avfallet som faktisk blir deponert, θ_N^t , og den andelen som ikke blir forbrent ($1 - \theta_a^t$).

Den sentrale ligningen er dermed ligning (7), mens resten av avfallsmodellen kan reduseres til ett sett av koeffisienter.

5 Inkludering av flere klimagasser i modellene

Vi kjenner gjennom utslippsregnskapet utslippene av HFK , CF og SF_6 per sektor. Spørsmålet er nå hvilken faktor dette skal knyttes til i modellene hvis en skal benytte en gjennomgående tankegang med utslippskoeffisienter. I nedenstående modell har en tatt utgangspunkt i Holtskog (1999)⁴.

5.1 Hydrofluorkarboner - HFC

HFC er først og fremst knyttet til kjøleanlegg, skum og brannslukningsapparater, løsemidler og drivgasser. Varenivået som en skulle bruke for å knytte sammen utslipp og aktivitet er her i utgangspunktet svært detaljert. Spørsmålet er nå om det forenklet kan være mulig å lage en koeffisient på aggregert nivå og så bruke ε_{ijt} og E_{jt}^{i*} som endringsvariable for å ta hensyn til utviklingen over tid. Utslippstall fra Holtskog (1999) op cit er gjengitt i tabell 5.1, som viser at HFC fordeles rimelig jevnt utover alle produksjonssektorene. Utslippene knyttes til produktinnsatsen i sektoren gjennom utslippskoeffisienter, jfr. ligning (1). I konsumet er utslipp av HFC knyttet til vare 30 og vare 42.

5.2 Perfluorkarboner - PFC

Utslipp av perfluorkarboner, PFC , er først og fremst knyttet produksjon av aluminium. Hvis dette knyttes til sektoren metaller forutsettes i utgangspunktet at aluminium utgjør en kostant andel av metallsektoren. Hvis en mot formodning skulle ha ekstern informasjon om utviklingen i denne andelen kan en benytte enten den teknologiske parameteren ε_{jt}^i eller den eksogene endringsvariabelen E_{jt}^{i*} for å endre sammenhengen. Utslippene knyttes til output i sektoren.

5.3 Svovel hexafluorider - SF_6

Utslipp av hexafluorider, SF_6 , er først og fremst knyttet produksjon av en del metaller som for eksempel Hydro magnesiumbedrift på Herøya. Stoffet brukes også i gassisolerte brytere på elektrisitetsverk. Andre bruksområder som støyisolerte vinduer, transformatorer og generatorer

⁴Sigurd Holtskog (1999): Næringsfordelt utslipp av klimagassene HFK, PFK og SF6

i elektrisitetsverk, sporgasser, brannsløkningsmidler, joggesko, bildekk, halvledere etc er ikke inkludert.

Igjen kan en prinsippielt benytte faste koeffisienter og endringsvariable som under avsnittet over om *HFC*. Sektorer som vi tar med i denne omgangen er sektor 43 metaller og sektor 71 elektrisitetsproduksjon. Utslippene knyttes til vareinnsatsen i disse sektorene

5.4 Noen utslippstall for *HFC*, *PFC* og *SF₆*

Ifølge Holtskog (1999) er utslipp målt i GWP (tusen tonn *CO₂*-ekvivalenter) for de tre små gassene omtalt i kapittel 5 som vist i tabell 5.1. For 1996 er utslippene samlet om lag 1,8 millioner tonn. Vi ser også at den viktigste gassen av disse tre i 1996 er prosessutslipp av *CF* (eller *PFC*) i sektor 46 (aluminiumsproduksjon). Den nest viktigste er prosessutslipp av *SF₆* i sektor 46 (hovedsakelig magnesium, men også noe i aluminiumsproduksjon). Utslippene av *HFK* er i 1996 relativt beskjedne, kun 0,05 millioner tonn *CO₂*-ekvivalenter. Av de anslagene på framskrivinger som er gjort av Holtskog viser imidlertid disse utslippene en svært kraftig vekst. I 2020 utgjør utslippene av *HFK* hele to ganger de samlede utslippene av de tre gassene for 1996. Utslippene av *HFK* fordeler seg rimelig jevnt utover de fleste produksjonssektorene.

Tabell 5.1. Utslipp av de 3 klimagassene *HFC*, *CF* og *SF₆* i 1996 og framskrivinger til 2020 av *HFC*.

Sektor/Vare(CS)	Stasjonær	Prosess	Framskrivning	Prosess		SUM
	HFC-1996		HFC-2020	PFC/CF	SF	1996
11	0,23					0,23
12	0,23					0,23
13	1,67					1,67
14	1,67					1,67
15	1,75					1,67
21	1,67					1,67
22	1,67					1,67
30 - CS i konsum	2,19					2,19
37	0,01					0,01
42 - CS i konsum	0,78					0,78
43	0,98				468,44	469,42
45		5,17			5,21	10,38
46				1269,6		1269,60
55	0,34					0,34
64	1,64					1,64
71					52,15	52,15
75	3,19					3,19
77	0,20					0,20
78	1,84					1,84
81	1,81					1,81
85	11,45	0,02				11,47
92S	1,62					1,62
95K	1,24					1,24
95S	1,78					1,78
Stasjonær	47,98		1830			47,98
Prosess			13,0	1269,6	525,8	1795,40
Kondemnering	0,0		739,9			0,0
SUM	47,96	5,19	2571,2	1269,6	525,8	1843,38

6 Utvikling i utslippskoeffisienter over tid.

Det er mange grunner til at utslippskoeffisientene kan endres over tid:

- Dels vil det være slik at nyere teknologi over tid kan bidra til å redusere utslippskoeffisientene - altså en "free" lunch, spesielt vil dette antakelig være viktig for alle gasser untatt CO_2 . Her må det gis anslag på hvordan utslippskoeffisientene vil endres over tid.

- Dels vil utslipp per produsert enhet gå ned som følge av generell teknologisk endring hvis utslippskoeffisienten er knyttet til en av inputfaktorene hvor slik teknologisk endring er modellert.
- Dels vil utslipp per produsert enhet påvirkes av prisforhold da den indikatoren de er knyttet til endres som følge av endrede prisforhold. For eksempel vil energi per produsert enhet endres som følge av endrede relative energipriser. Da vil også utslipp per produsert enhet endres.
- Dels kan utslipp per produsert enhet endres som følge av spesielle tiltak - for eksempel rens tiltak. På utslippsiden vil dette typisk kunne endres i modellen gjennom eksogene endringsrater for utslippskoeffisientene. På økonomisiden må dette dekkes gjennom ulike former for endringer i kostnadsfunksjonene for bedriftene/husholdningene. Her må en da først finne hvilke faktorer utslippene er knyttet til. Deretter må en kjenne hvilke renskostnader som er knyttet til hvilke tiltak (dvs hvilken endring i utslippskoeffisienter). Dette kan da være en additiv komponent i en eller flere av faktorkostnadene for bedriftene. Flere problemstillinger oppstår da. Dette ser vi bort i fra i dette notatet da vi ikke har kunnet skaffe anslag over renskostnader utover de som allerede ligger i de estimerte priselastisiteter.
- Det kan godt tenkes at utslipp av noen faktorer kan øke over tid som følge av at de fases inn. Dette er relevant for *HFC* og *SF₆*. Framskrivning må baseres på en tanke omkring hvilke stoffer som fases ut.

7 Prissiden av utslippsmodellen

Utslipp av klimagasser representerer en kostnad for samfunnet uavhengig av om dette er en direkte kostnad for de enkelte aktører som slipper ut disse gassene eller ikke. Fra samfunnet sin side er det derfor optimalt å internalisere disse kostnadene i de enkelte aktørenes beslutninger, for

eksempel gjennom et sett av avgifter. Disse kostnadene må knyttes så nært kilden til utslippet som mulig for at de skal være kostnadseffektive. Dette betyr at prisligningen for hver enkelt av de innsatsfaktorene som medfører utslipp får et tillegg i forhold til de tradisjonelle prisligningene

$$P_{ij} = (:) + (1 + tm_j^{gh})\Delta P(\sum_k t_{ij}^k + \beta_j^k \theta^k) \tau_{ij}^k \frac{E_{ij0}^k}{A_{ij0}^k} \quad (13)$$

der P_{ij} er prisen på faktor i i sektor j , $(:)$ er den tradisjonelle prisligningen, $(1 + tm_j^{gh})$ er momssatsen på utslippsavgiftsleddet, ΔP er et ledd som inflaterer avgiftsleddet slik at en kan opprettholde avgiften i faste priser, $(\sum_k t_{ij}^k + \beta_j^k \theta^k) \tau_{ij}^k \frac{E_{ij0}^k}{A_{ij0}^k}$ er summen av avgift per enhet klimagass, t_{ij}^k multiplisert med en utslippskoeffisient $\frac{E_{ij0}^k}{A_{ij0}^k}$, se ligning (1), og en teknisk endringssats, τ_{ij}^k for denne utslippskoeffisienten. Leddet β_j^k skal dekke en situasjon hvor en ønsker å diskriminere mellom avgifter i ulike sektorer. I utgangspunktet kan denne være lik 0. Ved diskriminering kan en sette leddet lik 1 og effekten fra θ^k kommer inn. θ^k kan da være en faktor som brukes for diskriminering eller den kan benyttes hvis en ønsker å endogensiere avgiften for å finne en likevektsløsning med gitte utslippsnivåer.

Ved å variere i over FT, V, og C får en dermed priser for både oljeprodukter, vareinnsats og konsumgoder. For sektorskattene, σ_{ij} , til utslipp fra output får en nå avgiftsprovenyet

$$\sigma_{ij} = \Delta P(\sum_k t_{ij}^k + \beta_j^k \theta^k) (\tau_{ij}^k \frac{E_{ij0}^k}{A_{ij0}^k} X_j + E_j^{i*}). \quad (14)$$

8 Noen sentrale spørsmål

Den ovenfor beskrevne modellen gir noen svar, men fortsatt gjenstår en del uløste spørsmål:

1. Hvilke sektorer leverer de komponenter som det investeres i. Skal en her forenklet følge de input/output matriser som allerede ligger i modellen eller skal det gjøres noe med disse? I første runde følges eksisterende matriser.
2. Hvis en faktor stiger i pris (dette er tolkningen når en må investere mer for å få ut en tjeneste som består av flere komponenter) så vil

en typisk substituere seg bort fra denne. Dette vil gi en utslippseffekt. Her må en passe på at en ikke dobbeltteller når en anslår nedgangen i utslipp som følge av rensetiltak på utsiden av modellen og senere inkluderer dette i modellen.

3. Hvis investeringen i rensetiltak er additiv i totalkostnadene så vil typisk omfanget av aktiviteten gå ned. Dette må sees i sammenheng med de eksogene anslag på endring i utslipp som følge av rensing.
4. Punkt i) over er typisk eksogent for modellbrukeren. Punkt ii) og iii) kan være eksogent (teknisk endring) eller endogent (prisdrevet). Empirien for å fastslå slike rensekostnadsfunksjoner er imidlertid dårlig.

9 Referanser

Ibenholt, K. (1999): Framskrivning av avfall og tilhørende utslipp ved bruk av MSG6. Teknisk dokumentasjon. Notater 1999/72, Statistisk sentralbyrå

Sigurd Holtskog (1999): Næringsfordelt utslipp av klimagassene HFK, PFK og SF6. Upublisert notat, Statistisk sentralbyrå

De sist utgitte publikasjonene i serien Notater

- 2000/56 T. Hægeland: "Ny" vekstteori: Et nytt forskningsprogram eller naturlig progresjon? Utviklingen innenfor økonomisk vekstteori vurdert i forhold til Imre Lakatos' vitenskapsfilosofi. 19s.
- 2000/57 K.-G. Lindquist: SAS-programmer for korrigerende av data fra industristatistikken og beregning av variable for analyseformål. 53s.
- 2000/58 A. Akselsen: FD - Trygd: Dokumentasjon av uttak til Sandmanutvalget (SHD). 28s.
- 2000/59 J. Johansen og Ø. Sivertstøl: FD - Trygd: Dokumentasjonsrapport: Fødsels- og sykepengene, 1992-1998. 109s.
- 2000/60 K-G. Lindquist: Database for energiintensive næringer: Tall fra industristatistikken: Oppdatert versjon av notat 97/30. 17s.
- 2000/61 O. Haugen: Utrekning av vekter til inntekts- og formuesundersøkingane 1998. 24s.
- 2000/62 Ø. Kleven: Ferieundersøkelsen 1999 Panel: Dokumentasjonsrapport. 50s.
- 2000/63 P.G. Larssen: Overvakingssystemet for bedrifter i BoF. 29s.
- 2000/64 R. N. Johnsen: Undersøking om foreldrebetaling i barnehagar, august 2000. 36s.
- 2000/65 A. Thomassen: Byggekostnadsindeks for rørleggerarbeid i kontor- og forretningsbygg. 14s.
- 2000/67 A.G. Hustoft og G. Olsen: Metadata for statistikk om personer og husholdninger : Forprosjektrapport. 34s.
- 2000/68 A. Bruvoll, K. Flugsrud og H. Medin: Dekomponering av endringer i utslipp til luft i Norge - dokumentasjon av data. 19s.
- 2000/69 M. Vik Dysterud og E. Engelen: Tettstedsavgrensing: Teknisk dokumentasjon 2000. 53s.
- 2000/70 A. Akselsen, G. Dahl, J. Lajord og Ø. Sivertstøl: FD - Trygd: Variabelliste. 48s.
- 2000/71 B.O. Lagerstrøm: Kompetanse i grunnskolen , del 2: Dokumentasjonsrapport. 19s.
- 2000/72 B.O. Lagerstrøm: Kompetanse i grunnskolen: Hovedresultater 1999/2000 170s.
- 2000/73 J.H. Wang: Kvartalsvis investeringsstatistikk. 57s.
- 2000/74 P.O. Lande og T. Hoel: Dødsårsaksregisteret: Systemdokumentasjon. 90s.
- 2000/75 A.G. Pedersen, P.O. Lande og T. Hoel: Dødsårsaksregisteret: Brukerdokumentasjon. 99s.
- 2000/76 A.G. Hustoft, B. Vannebo: En undersøkelse av frafallet i utvalgsundersøkelser i perioden 1997-2000. 56s.
- 2000/77 P.O. Lande og J. Kittelsen: Forbruksundersøkinga 2000. Innlasting/Innsjekking: Brukerdokumentasjon. 17s.
- 2000/78 J. Fosen, A.K. Johnsen og G. Røyne: Frafall blant innvandrere. En undersøkelse av frafall i Utdanningsundersøkelsen 1999 og i valgundersøkelser blant innvandrere. 53s.
- 2000/79 J. Kittelsen og P.O. Lande: OPPSLAG - Forbruksundersøkelsen. Brukerdokumentasjon. 39s.
- 2000/80 J. Kittelsen og P. O. Lande: Forbruksundersøkinga 2000. Systemdokumentasjon . 156s.
- 2000/81 J.T. Lind: Testing av stokastiske individuelle effekter i paneldatamodeller. 17s.
- 2001/2 D.Q. Pham: Innføring i tidsserier - sesongjustering og X-12-AMIRA. 110s.
- 2001/3 O. Rognstad: Eiendomsomsetning. Dokumentasjon av datagrunnlag og bearbeidingsrutine. 72s.
- 2001/4 T. Nøtnæs: Innføring i kognitiv kartlegging. 20s.