

Flere emissionstyper i EMMA

Resumé:

Papiret dokumenterer inddragelsen af flere emissionstyper i EMMA. Indtil nu har EMMA kunnet beregne emissioner af CO_2 , SO_2 og NO_x . Nu medtages emissioner af yderligere følgende fem typer: CO , NH_3 , N_2O , CH_4 og $NMVOC$, således at alle otte emissionstyper i Danmarks Statistiks NAMEA-system er med i EMMA.

Der beregnes desuden aggregerede mål for henholdsvis drivhusgasser og forurening hidrørende fra energiforbrug.

DGR18501.WPD

Nøgleord: EMMA, emissioner, emissionskoefficienter, GWP, PAE

Modelgruppepapirer er interne arbejdsrapporter. De konklusioner, der drages i papirerne, er ikke endelige og kan være ændret inden opstillingen af nye modelversioner. Det henstilles derfor, at der kun citeres fra modelgruppepapirerne efter aftale med Danmarks Statistik.

1. Indledning

Den nuværende EMMA-version indeholder tre emissionstyper: CO₂ (kuldioxid), SO₂ (svovldioxid), og NO_x (kvælstofoxider) fordelt på EMMA's fire direkte emitterende energityper t (transportenergi), f (flydende brændsel), s (fast brændsel) og g (gas) for 25 erhverv samt husholdninger.

Idet det igangværende EMMA-projekt stiler mod at udvide antallet af energi-relaterede emissionstyper i EMMA dokumenteres her (i afsnit 3), hvorledes de nødvendige emissionskoefficienter konstrueres. I Danmarks Statistiks NAMEA-system findes data i perioden 1990 til 1999 for emissioner af i alt otte typer: CO (kulilte), NH₃ (ammoniak), N₂O (lattergas), CH₄ (metan), NMVOC (flygtige ikke-metan indeholdende forbindelser) samt de tre førstnævnte emissionstyper fordelt på henholdsvis de 130 NR-erhverv og 5 forbrugsgrupper og henholdsvis de 40 energityper i Danmarks Statistiks energibalancer. Der redegøres for nomenklaturen i emissionsdelmodellen i afsnit 2.

Desuden ser vi i afsnit 4 på forskellige emissionsaggregater, og endelig indeholder afsnit 5 nogle yderligere overvejelser i forbindelse med emissionsdelmodellen i EMMA.

2. Nomenklatur

I den nuværende EMMA-version er nomenklaturen for henholdsvis emissioner og -koefficienter q_{kij} og b_{kij} , hvor $k=c,s,n$ er emissionstype, $i=t,f,s,g,b$ er energitype og j er husholdninger og de forskellige erhverv. Med yderligere fem emissionstyper vil det imidlertid nok skabe en del forvirring, hvis den nuværende nomenklatur bibeholdes - blot med tilføjelse af fem ekstra bogstaver i k , (i øvrigt starter to af de nye typer ligeledes med c og tre med n).

I stedet foreslås følgende nomenklatur: Vi indfører klassebetegnelsen N for emissioner og emissionskoefficienter, (N er sidste bogstav i *emission* og er endnu ikke brugt som klassebetegnelse i ADAM eller EMMA, jf. henholdsvis bilag 3 i ADAM-bogen og DGR29999¹). Emissioner betegnes herefter qN_{kij} og emissionskoefficienter bN_{kij} .

De otte emissionsarter navngives med henholdsvis de nuværende betegnelser for CO₂ (c), SO₂ (s) og NO_x (n) og det første bogstav i de danske navne for de øvrige typer som opskrevet i tabel 1. Dermed er indeks for emissioner og emissionskoefficienter givet ved type $k = c, s, n, k, a, l, m, f$, energitype $i = t, f, s, g, b$ og erhverv j (henholdsvis husholdninger, c).

Fx er $bncfnm$ og $qNcfnm$ henholdsvis emissionskoefficient og emission af CO₂ ved brug af flydende brændsel i nm -erhvervet; disse hed før $bcfnm$ og $qcfnm$.

¹Dorte Grinderslev & Martin Rasmussen (1999): "EMMA for Dummies".

Tabel 1. Emissionstyper

Type	Dansk navn	Betegnelse
CO ₂	kuldioxid	<i>c</i>
SO ₂	svovldioxid	<i>s</i>
NO _x	kvælstofoxider	<i>n</i>
CO	kulilte	<i>k</i>
NH ₃	ammoniak	<i>a</i>
N ₂ O	lattergas	<i>l</i>
CH ₄	metan	<i>m</i>
NMVOC	flygtige ikke-metanholdige forbindelser	<i>f</i>

3. Konstruktion af emissionskoefficienter

Først aggregeres energi- og emissionsmatricerne til EMMA's erhverv og energityper, hvorefter emissionskoefficienterne beregnes ud fra definitionen:

$$\text{Emissionskoefficient} = \text{Emission} / \text{Energiforbrug}$$

hvor energiforbrugene er i TJ (= 10¹² Joule) og emissionerne i tons (med undtagelse af CO₂, der er i 1000 tons). Med EMMA-nomenklatur:

$$bn_{kij} = qN_{kij} / qJ_{ij}$$

For at sikre nogle emissionskoefficienter, der er i en "passende" størrelsesorden, multipliceres - foruden CO₂ - emissionskoefficienterne for NH₃, N₂O og CH₄ med 1000, således at disse tre emissionskoefficienter angives i kg/TJ.

I bilaget, der kan fås ved henvendelse til Modelgruppen, er samlet grafer for hvert af de 25 EMMA-erhverv og for husholdninger (et pr. side) over de konstruerede emissionskoefficienter for hver af de otte typer. I de tilfælde, hvor et erhverv i et enkelt år i den betragtede periode *ikke* benytter en af energityperne (og dermed ikke har tilknyttede emissioner), vælger vi at sætte emissionskoefficienterne til den gennemsnitlige værdi. For mange af erhvervene gælder, at mange af koefficienterne er voldsomt fluktuerende over tid, hvilket kan undre.

Det er en generel vedtagelse, at der ikke beregnes CO₂-emissioner fra afbrænding af biobrændsel (*b*), og indtil videre har det i EMMA-sammenhæng været vedtaget heller ikke at medregne SO₂- og NO_x-emissioner fra biobrændsel. Den gængse praksis er i midlertidig, at der beregnes emissioner ved afbrænding af biomateriale; på nær for CO₂, idet biomaterialet udvikler CO₂ også uden egentlig afbrændning - men ikke de øvrige emissionstyper. Derfor medtages emissioner af de øvrige typer hidrørende fra biobrændsel fremover i EMMA.

I EMMA er emissionskoefficienterne eksogene variabler, og emissionerne beregnes, efter energiforbrugene er bestemt, ved at multiplicere med den relevante emissionskoefficient, dvs. $qN_{kij} = bn_{kij} \cdot qJ_{ij}$.

4. Emissionsindeks

I EMMA beregnes en række aggregater af emissionerne, fx de samlede CO₂-emissioner fra samtlige energityper aggregeret over erhverv og husholdninger, $qNczdk$. Derudover indføres nu følgende to emissionsindeks for henholdsvis drivhusgasser og forsuringsgasser, dog kun vedrørende energirelaterede emissioner, jf. "Environmental Satellite Models for ADAM".²

Et mål for de samlede drivhusgasser opgjort i CO₂-ækvivalenter er GWP (Global Warming Potential), hvor emissionerne måles i ton (nb. i modellen opgøres CO₂-emissioner i 1000 ton):

$$\begin{aligned} GWP &= CO_2 + 21 \cdot CH_4 + 310 \cdot N_2O \\ &= 1000 \cdot qNczdk + 21 \cdot qNmzdk + 310 \cdot qNlzdck \end{aligned}$$

CO₂-emissionerne udgør langt den største del af GWP, mens CH₄- og N₂O-emissionerne kun udgør henholdsvis ca. 1% og 2%. Derfor vil det ikke være af stor betydning at medtage CH₄- og N₂O-emissioner i EMMA.

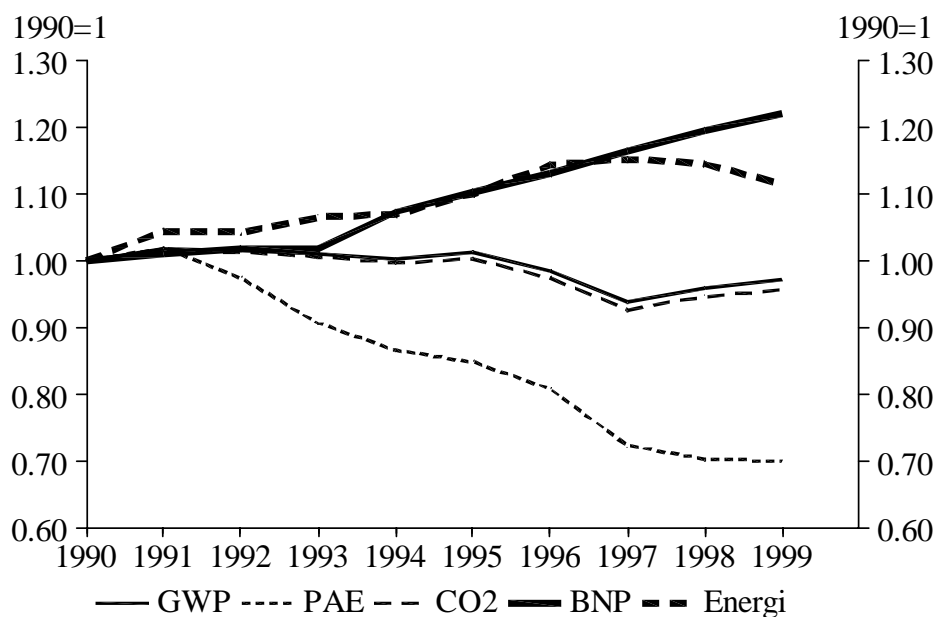
Desuden beregnes et forsuringindeks, PAE, (Potential Acidification Equivalents), opgjort i syreækvivalenter, hvor emissionerne måles i ton:

$$\begin{aligned} PAE &= 2 \cdot SO_2 / 64 + NO_x / 46 + NH_3 / 17 \\ &= 2 \cdot qNszdk / 64 + qNnzdk / 46 + qNazdk / 17 \end{aligned}$$

Emissionerne fra NO_x og SO₂ udgør næsten hele den energi-relaterede del af PAE med henholdsvis ca. 80% og 20%, derfor vil det heller ikke være af stor betydning at medtage NH₃-emissioner i EMMA.

I figur 1 er vist den historiske udvikling (1990-1999) i disse to mål sammenholdt med udviklingen i BNP og det samlede energiforbrug i Danmark. Det ses, at trods stigende BNP og samlet energiforbrug er GWP omtrent konstant (og følger CO₂-emissionen), og PAE udviser en faldende tendens.

²Rapport fra Danmarks Statistik, Risø, SJFI, og DMU, 2001.

Figur 1. Emissionsindeks

5. Øvrige overvejelser

5.1. Implementering

Set i lyset af, at de fem emissionstyper (udover de nuværende CO₂, SO₂ og NO_x) udgør en meget lille del af de emissionsindeks, der typisk betragtes, GWP og PAE, finder vi det ikke relevant at medtage en disaggregeret bestemmelse af alle disse i EMMA.

5.2. Ikke-energirelaterede emissioner

For nemt i EMMA at kunne beregne de samlede emissioner af de beskrevne otte typer, kan indføres en eksogen variabel for de samlede ikke-energirelaterede emissioner, $qN_k plus$, der kan medtages i de totale emissionsaggregater. Dette kræver dog data fra anden kilde end emissionsmatricerne.

5.3. Emissioner hidrørende fra transport

I EMMA beregnes emissionerne hidrørende fra transport dels fra de enkelte erhverv og husholdningers forbrug af transportbrændsel og dels fra transport-erhvervenes energiforbrug. I mange andre sammenhænge ses i stedet på transport samlet og ikke opdelt på henholdsvis køb af transportydelser fra de egentlige transporterhverv og egen-transport i erhverv og husholdninger. Derfor kunne det overvejes at lave en dummy-konstruktion, hvor der kan vælges mellem den nuværende emissionsberegning eller en eksogen indlæggelse af de samlede transport-relaterede emissioner fra en anden transport fremskrivning, fx med variabler $qN_k tran$.

5.4. Emissioner fra *ne*-erhvervet

Med hensyn til emissioner hidrørende fra forsyningssektoren, *ne*, er der to særlige forhold, der behandles nedenfor.

Direkte emissioner fra brændselsforbrug i ne

I den nuværende modelversion anvendes nogle steder to sæt af emissioner fra *ne*-erhvervet. Dels benyttes emissionskoefficienter for erhvervet som helhed dannet ud fra energi- og emissionsmatricerne fra Danmarks Statistik, $b\langle c,s,n\rangle\langle f,s,g\rangle ne$, og dels benyttes et sæt emissionskoefficienter oprindeligt beregnet af Risø, $b\langle c,s,n\rangle\langle f,s,g\rangle ne1$.

For CO₂ benyttes Risø-emissionskoefficienterne til at beregne forskellige del-aggregater af emissioner fra el- og fjernvarmeproduktion, mens DS-koefficienterne benyttes til at danne aggregater (magen til de øvrige erhverv) og anvendes til beregning af de samlede CO₂-emissioner i Danmark.

For SO₂ og NO_x benyttes kun Risø-koefficienterne, der ganges på energiforbruget i modellens tre forskellige typer af værker (fjernvarmeverker, centrale og decentrale kraft-varme-værker). For de centrale værker er udledningen styret af kvoter, der antages overholdt, *tso2max* og *tnoxmax*. Modellens aggregater dannes ud fra disse.

Fordelen ved Risø-emissionskoefficienterne er, at de tager højde for produktionsforskelle på centrale værker og øvrige værker herunder kvoter, men problemet er, at de ikke er blevet opdateret (og blot holdt konstante) i flere år. Den store fordel ved DS-koefficienterne er, at opdateringen foretages ligesom for de øvrige erhverv. Dog skal det bemærkes, at i den branchegruppering, energiforbrug og emissioner er opgjort på, NR130, er *ne* opdelt i de tre erhverv el-, gas- og fjernvarmeforsyning, så det ville være muligt i stedet at konstruere emissionskoefficienter opdelt på denne måde.

Emissionskoefficienter knyttet direkte til forbrug af el og fjernvarme

Fra bruger-side er der blevet efterlyst en mulighed for at knytte emissionskoefficienter direkte til forbruget af el, *e*, og fjernvarme, *h*. I EMMA er emissionerne knyttet til brændselsforbruget ved el- og fjernvarmeproduktionen. Forsyningssektoren i den nuværende modelversion, EMMA 2000, er modelleret meget simpelt, jf. MAR08300,³ og har som hovedformål at bestemme en elpris, der påvirker efterspørgslen efter el og fjernvarme i erhverv og husholdninger. I fremskrivninger og multiplikatoreksperimenter vælges det i midlertidig ofte at slå forsyningssektoren fra og benytte en eksogent givet elpris.

Dette foreslås løst ved, at der indlægges eksogent givne marginale emissionskoefficienter for el og fjernvarme, mens en dummy-konstruktion sikrer, at emissioner hidrørende fra forsyningssektoren kun medregnes én gang.

³Martin Rasmussen (2000): "En forenklet forsyningssektor til EMMA".