

EMMA's Forsyningsmodel mm.

Resumé:

Dette papir er tænkt som et diskussionsoplæg til den fremtidige modellering af EMMA's forsyningssektor. Papiret diskuterer flere mulige løsninger og projekter, herunder også til el- og fjernvarme-prismodellering fra Thomas C. Jensen, Energistyrelsen.

Der gives i papiret desuden et forslag til modellering af CO₂-kvoteprisen i EMMA, ved at lade denne indgå som en slags pseudoafgift i de omfattede erhvervs energipriser. Dette forslag er ligeledes efter skitse fra Thomas C. Jensen.

ABD

Nøgleord: EMMA, energiforsyning, CO₂-kvotepriser

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

1. Indledning

Dette papir er tænkt som et diskussionsoplæg til den fremtidige modellering af EMMA's forsyningssektor. Papiret diskuterer de mulige løsninger og projekter.

Generelt er der to løsninger: enten en udbygget model med et teknisk detaljeringsniveau eller en simpel model med udveksling af nødvendigt data med mere tekniske modeller som fx Ramses.

Papiret er struktureret som følger: først følger en gennemgang af den nuværende forsyningsmodels opbygning, dernæst følger en diskussion af el- og fjernvarmeprismodelleringen og endelig diskuteres indbygning af andre teknologier og miljøkrav i modellen.

2. Nuværende forsyningsmodels opbygning

I den nuværende forsyningsmodel er der ikke substitution mellem brændsler afhængigt af brændselspriserne. Tilgængæld kan brugeren selv lægge særlige forudsætninger ind i modellen omkring effektivitet og brændsler for den marginale elproduktion. Der foretages en fordeling af el- og fjernvarmeproduktionen på de forskellige værkstyper, hvor det er de centrale værker, der producerer residualelbehovet. Dernæst foregår en fordeling på anvendelsen af brændsler.

Brugeren vælger et udgangsskøn for brændselsanvendelsen og elproduktionen. Modellens faktiske brændelssammensætning kan da afvige fra udgangsskønnet, hvis øvrige faktorer, specielt elproduktionen, ændrer sig. Omvendt kan elproduktionen også holdes konstant og foretage ændringer i brændelssammensætningen ved at ændre i udgangsskønnet for brændslerne.

De centrale relationer for elproduktionen er

$$qJ_i cene = qJ_i cene0 + \frac{bqj_i cm}{dncenm} (qXcene - qXcene0) \quad (1.1)$$

hvor $i = s, f, g, b$

$qJ_i cene$	Anvendelse af brændsel i
$qJ_i cene0$	Udgangsskøn for brændsel i
$dncenm$	Effektivitetsgrad for marginal elproduktion
$bqj_i cm$	Brændselsanvendelse for marginal elproduktion
$qXcene$	Elproduktion på centrale værker
$qXcene0$	Udgangsskøn for elproduktion på centrale værker

Elproduktionen bliver bestemt for de enkelte værkstyper.

Derefter bliver brændselsbehovet fordelt på brændelstyper for hhv. centrale og decentrale værker.

Dette gentages for varme. Produktionen bestemmes for decentrale værker og fjernvarmeværker, mens produktionen på centrale værker bestemmes residualt. Derefter bliver brændselsbehovet fordelt på brændelstyper for hhv. centrale og decentrale værker.

Produktionen af gas: $qX_{neg} = (1 + b_{netg}) \cdot qJ_{gdk}$, hvor b_{netg} er nettab

Elprisen følger brændselsomkostningerne, således at prisligningen er:

$$D \log(pq_{xe}) = D \log \left(\sum_{i=s,f,b,g} \frac{qJ_i \cdot cene \cdot pqj_{i,nee}}{qX_{cene}} \right) \quad (1.2)$$

hvor

pq_{xe}

elpris

$pqj_{i,nee}$

pris for brændsel i til elproduktion

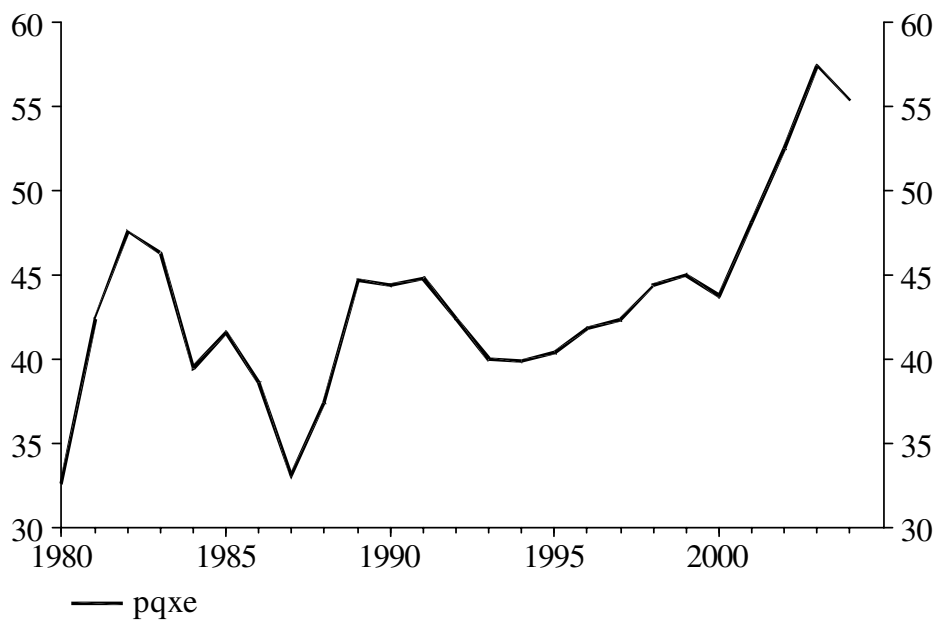
Elprisen bliver bestemt på følgende måde: Først bliver brændselsomkostningerne ved elproduktionen bestemt ud fra produktionen og brændelspriserne. Dernæst sættes elprisændringerne til at følge brændselsomkostningerne over den samlede elproduktion.

Den overordnede gaspris, pq_{xg} , sættes til at følge udviklingen i gasprisen i nærhvervet, $pqj_{g,nee}$.

Fjernvarmeprisen, pq_{xh} , sættes til at følge udviklingen i elprisen, pq_{xe} .

Det er desuden et mindre problem, at der ikke anvendes helt konsistente kilder til opdateringen af hhv. omkostninger og elproduktionen. Dansk Energis årlige statistikudgivelse er kilden til fordelingen af anvendelsen af brændselstyper, mens det er DSt's energimatricer, der er kilde til brændselspriser og samlet energiproduktion.

Nedenfor ses den historiske udvikling i elprisen.

Figur 1 Elpris i øre/kWh

2.1 Kraftværker

Der eksisterer forskellige former for kraftværker. Dels elværksejede værker og dels ikke-elværksejede værker. De elværksejede værker opdeles yderligere i centrale og sekundære værker. Begge typer værker producerer strøm og oftest også kraftvarme. Opdelingen er altså som følger:

1. centrale værker: større elværksejede værker
2. sekundære værker: alle de resterende værker der er ejet af elværkerne

Desuden er der også ikke elværksejede værker. Det er elproducerende enheder, der er ejet af andre end elselskaber, fx industrien el privatejede anlæg for vedvarende energi.

Tabel 1 kan give et overblik over produktionen på hhv. elværksejede og ikke elværksejede værker. Det er en relativ minimal produktion på ikke elværksejede værker, hvorfor disse værker udelades i modellen. Desuden er deres produktion er formentlig mindre prisfølsom, end det er tilfældet for de elværksejede værker. De ikke-elværksejede værker er også udeladt i den nuværende model.

Tabel 1. Elproduktion fra elværksejede og ikke-elværksejede værker

	2003 -GWh-	2004 -Gwh-
Nettoproduktion på elværksejede værker		
Centrale værker	28811	22399
Decentrale værker	3147	3215
Vandkraftanlæg	12	19
Vindkraftanlæg	1267	1671
Nettoproduktion på ikke-elværksejede værker		
Erhvervsværker	2159	2203
Decentrale værker	4059	3953
Vandkraftanlæg	9	8
Vindkraftanlæg	4297	4912
Udveksling af el med udlandet		
Import	7023	8673
Eksport	15568	11545
Transmissionstab	764	657
Til rådighed i alt	34418	34851

Kilde: Dansk energi 2004

3. Forslag til forbedringer

3.1 Indbygning af en elprismodel

En realistisk elpris i EMMA er væsentlig, fordi prisen er en væsentlig parameter i fremskrivningen af erhvervenes el-efterspørgsel.

I den nuværende EMMA-model bestemmes elprisen som en funktion af udviklingen i kraftværkernes brændselspriser. I stedet kunne man forestille sig, at elprisen baserede sig på en eksogen Nordpool pris som den væsentligste drivfaktor. Derudover bestemmes elprisen af den aktuelle kombination af danske elproduktionsteknologier og afgifter, støtteordninger mm.

Ved forskellige forsyningsscenarier og udvikling i elspotprisen mangler den nuværende EMMA-version en god beskrivelse de forhold, som har betydning for forbrugernes elpris. Der kan med udgangspunkt i Energistyrelsens elprismodel med substitution mellem brændsler, indbygges en elprismodel i EMMA, som udbedrer denne mangel, herunder:

- Håndtering af provenu fra elsalg. Herunder eksport, der nok har særlig relevans, når EMMA køres i sammenhæng med ADAM
- Modellering af prissættelse overfor aftagerne ud fra spotmarkedspris og omkostningsbestemt pris, samt håndtering af profit fra forsyningssektoren

- Beskrivelse af mekanismerne bag forbrugernes elpris. Elprisen består af en spotpris og kombinationen af danske elproduktionsteknologier samt afgifter.
- Håndtering af provenu og el-import og eksport i forsyningsektoren
- Håndtering af handel med el på Nord Pool

Det bør også overvejes, hvilken slags elpris man ønsker, at *pqxe* skal måle. Undervejs fra elværket og frem til forbrugeren har elprisen flere forskellige størrelser. Elprisen har et niveau lige når elektriciteten forlader elværket, et højere når elektriciteten bliver leveret til fremstillingsserhvervene som følge af transmissionstab og omkostninger til udbygning og vedligeholdelse af distributionsnettet, og formentlig et endnu højere niveau når elektriciteten bliver leveret til forbrugerne. Der findes formentlig endnu flere niveauer for elektricitetsprisen, og det er således væsentligt for modellens egenskaber, at der er konsensus om hvilket niveau elprisen *pqxe* måles på.

Dette afsnit er forfattet af Thomas C. Jensen, Energistyrelsen:

Jeg bruger normalt ENS' elprismodel og en eksogeniseret elpris i EMMA, når jeg laver fremskrivninger.¹ Et væsentligt input til elprismodellen er det samlede elforbrug, fordi omkostninger til VE mm. (PSO) skal fordeles på elforbruget. Jo større elforbrug, jo mindre bidrag til VE pr. kWh.

Det betyder, at jeg skal iterere mellem EMMA og elprismodellen for hver gang fremskrivningen korrigeres. Et andet vigtigt input til elprismodellen er prisen på det nordiske marked, Nord Pool. Jo større Nord Pool-prisen er, jo mindre støtte kræves der til VE. Den samlede effekt for elforbrugeren bliver dog en højere elpris. Nord pool-prisen kan fra EMMA's synspunkt antages eksogen, fordi den i høj grad afhænger af kapacitetsforhold på hele det nordiske marked. Den afhænger ganske vist også af brændselspriserne, men slet ikke på samme direkte måde, som modelleret i den nuværende EMMA.

Elprismodellen er relativt stor og beskriver et væld af forskellige støtteformer til forskellige typer af VE (især vindmøller). Men i praksis er den meget tæt på at være lineær. I hvert fald når NordPool-prisen er under 40 øre/kWh.

Elprismodellens virkemåde kan beskrives kort sådan:

$$\begin{aligned}
 \text{elpris} &= \text{Nordpoolpris} + \text{støtte til VE} + \text{distributionsavancer} \\
 \text{p.t.} &= 22 + 14 + 18 \\
 &= 54 \text{ øre/kWh}
 \end{aligned}$$

Eller mere konkret:

¹ ENS' elprismodel er en meget detaljeret regnearksbaseret model bestyret af Henrik Lawaetz fra ENS.

elpris = Nordpoolpris + $(a - b \cdot \text{Nordpoolpris})/\text{elforbrug}$ + distributionsavancer

Parametrene a og b i VE-støtten varierer fra år til år. Typisk vil de falde i en fremskrivning, fordi en større del af VE'en antages at overgå til markedsvilkår i fremtiden. a og b kan udledes af elprismodellen, når den opdateres (ca. en gang hvert andet år) eller evt. på anden vis. Herefter kan elprismodellen måske (det er håbet) undværes, når der laves fremskrivning. Det vil måske især gavne EMMA-brugere uden for ENS.

P.t. er a = ca. lig 2.900.000 (beløb) og b = ca. lig 54.000 (elproduktion), hvis elforbruget måles i TJ og elprisen måles i øre/kWh. Distributionsavancerne ligger p.t. på ca. 18 øre/kWh.

Med EMMA-navne kunne formelen fx se således ud (der må kunne findes bedre navne):

$$pqxe = pnpool + (kps0 - bps0 \cdot pnpool)/qjedk + avqje$$

eller hvis $qjedk$ omregnes til kWh, og $kps0$ mm. omdefineres til øre:

$$pqxe = pnpool + 100 \cdot (kps0 - bps0 \cdot pnpool)/(qjedk/3.6) + avqje$$

(ligningen skal kunne eksogeniseres)

$kps0$ er da ca. 8055 mio. kr. (årets priser) og kan fortolkes som bruttostøtten til VE-baseret elproduktion, dvs. den samlede afregning til VE. Den kan umiddelbart trækkes ud af elprismodellen ved at sætte Nord Pool-prisen til 0.

$bps0$ er ca. 160, og det kan fortolkes som den VE-produktion målt i 100 GWh, som er på fast afregning, i modsætning til et fast tillæg til markedsprisen. Den kan trækkes ud af elprismodellen ved at indsætte to elpriser (fx 20 og 30 øre/kWh i elprismodellen og se på forkellen i den samlede elpris. Derefter beregnes

$$bps0 = -((\text{elprisændring} - \text{nordpoolprisændring})/\text{nordpoolprisændring}) \cdot (\text{elforbrug}_i \text{ TJ}/3.6)/100$$

Det største problem med denne skitse er nok opdateringen af $kps0$ og $bps0$ i databanken. Her bliver vi afhængige af ENS (og Henrik Lawaetz).

$avqje$ (den eksogene avance) kunne fx være residualbestemt. Hvis der findes en god kilde til avancen kunne $kps0$ alternativt bestemmes residualt (?). $pnpool$ er nem at skaffe fra www.nordpool.com.

Variablen $pnele$ kunne måske udgå og erstattes af $pqxe$. Eller omvendt. Én af dem er overflødige.

Det er også en mulighed at endogenisere $pnpool$ lidt, så den kan afspejle ændringerne i CO₂-kvoteprisen. Det ligger nogenlunde fast, at Nord Pool-prisen stiger med 6-7 øre/kWh, når kvoteprisen stiger med 100 kr./ton. Det

siger både ex ante og ex post analyser af kvoteprisens effekt på Nord Pool-prisen, så det kan let gøres.

Men hvorfor så ikke også lade den afhænge af brændselspriserne, som det er tilfældet allerede i EMMA? F.eks. har kulprisen en pæn virkning på Nord Pool-prisen, jf. papiret *CO2-kvoternes betydning for elprisen – nogle ex post analyser*, Energistyrelsen 10. november 2005.

3.3 Fjernvarmeprisen

Dette afsnit er forfattet af Thomas C. Jensen, Energistyrelsen:

Pt. bruger Energistyrelsen følgende meget primitive beregning af fjernvarmeprisen.

$$pnfjv = 0.03 \cdot pnikul + 0.05 \cdot pnigas + 0.67 \cdot inflation + 0.25$$

Den er altså udelukkende baseret på eksogene variabler i EMMA (infla er dog ikke en EMMA-variabel). De er alle indeks lig 1 ved fremskrivningens start. De er baseret omtrentligt på den nuværende omkostningssammensætning i dansk fjernvarme. 67% er faste omkostninger, som må formodes at følge inflationen, og 25% er afgifter på brændslerne. De sidste, antager vi i nogen sammenhænge, udhules af inflationen, fordi satserne ikke reguleres (skattestoppet).

Behovet for en ligning for prisen på fjv. er mindre end for elprisen, fordi der ikke indgår endogene variabler fra EMMA. Man kunne overveje at lave en modellering som fx:

$$pnfjv = bfjvkul \cdot pnikul + bfjvgas \cdot pnigas + bfjvoli \cdot pnioli + bfjvfast + (1 - bfjvkul - bfjvgas - pnioli - bfjvfast)$$

- kunne sikkert gøres mere elegant. Ligningen skal i hvert fald kunne eksogeniseres. Det kan den nuværende, som er baseret på elprisen, ikke.²

Tilføjelse (Thomas Thomsen):

CO2-kvoteomkostningerne indgår ikke i fjernvarmeprisen. Grunden er, at man for fjernvarme må man antage, at priserne sættes lig gennemsnitsomkostningerne (fjernvarmeproducenterne er underlagt hvile-i-sig-selv-princippet), så påvirkningen fra CO2-kvoterne bør være omkring nul, eftersom fjernvarmeproducenterne tildeles rundhåndet med gratiskvoter. Når der senere strammes op på dette, så de f.eks. kun tildeles 80% af deres behov, bør denne forudsætning måske revurderes.³

² Dette er dog rettet i den seneste EMMA-version.

³ For elprisen er gratiskvoterne lige gyldige, da de ikke påvirker marginalomkostningerne.

3.4 Pnole osv.

Man kunne generelt overveje at variablerne *pnele*, *pnfjv*, *pnkul*, *pngas* og *pnbio* indeholder ”rigtige” tal.

pnele = kunne være Nord Pool-pris

pnoli = kunne være Brentpris

pngas = f.eks. importpris for EU, som ENS har liggende. Har vist ikke rigtig gode tal.

pnfjv = tal fra DFF?

pnkul = Noget må kunne skaffes.

pnbio = Den er nok lidt svær, fordi biomasse er så sammensat.

Som det er nu, ligger alle disse variabler med værdien 1, så der er kun tale om håndtag. Mekanismen er, at EMMA's energipriser (netto for afgifter og avancer) følger disse *pnele*, *pngas* osv. procentuelt. Så hvis man har tal, er det da kønnere at lægge dem ind i disse variabler, så brugeren har nogle historiske tal at forholde sig til.

3.4 Flere teknologier i forsyningssektoren

Det kunne være en ide, at EMMA kan håndtere relevante fremtidige teknologier for at kunne importere data fra tekniske forsyningsmodeller som f.eks. fra RAMSES.

Det er nødvendigt, at forsyningssektoren bliver detaljeret yderligere for at kunne modtage inputs fra tekniske energiforsyningsmodeller vedrørende fremtidige energisystemer. Det drejer sig både om udbygning med flere typer forsynings- og reguleringsteknologier.

Der skal være en mulighed i EMMA for at kunne regne på konsekvensen af indførelse af nye energiteknologier. I fremadrettede analyser af hvorledes opstillede miljømålsætninger kan indfries, vil nye forsynings- og reguleringsteknologier spille en stor rolle. F.eks. kan varmepumper og hydrolyseanlæg reducere det såkaldte ”eloverløb” og samtidig reducere det samlede kapacitetsbehov.

Det leder frem til at følgende projekter kunne indbygges i EMMA:

- Håndtering af nye/flere teknologier (f.eks. brændselsceller og varmepumper (→ kan reducere eloverløb))
- EMMA mangler at kunne håndtere bl.a. varmepumper, elpatroner, brændselsceller og elektrolyseanlæg
- Opbygning af bedre udveksling/decideret interface mellem EMMA og Energistyrelsens RAMSES model.

3.5 CO₂-kvoter, handelsmuligheder og andre Kyoto-mekanismer

Det skal være muligt at kunne håndtere kvoteordningernes effekt for erhvervene. Der skal nok ikke indbygges deciderede kvotehandelsmodeller i EMMA, men EMMA skal kunne anvendes til konsekvensberegninger af de forskellige kvotemodeller. Det skal ligeledes kunne håndteres, at de enkelte erhverv køber kvoter i udlandet.

I den forbindelse kan forsyningssektoren i EMMA forbedres til håndtering af el- og emissionskvote markeder ved følgende projekter:

- Elektricitet som handelsbalancevare – handel på NordPool, jf. elprismodellen
- håndtering af nye markeds- og emissionsopgørelsesbegreber som TEP (Tradeable Emission Permits → handel med kvoter), CDM (Clean Development Mechanism → reduktioner i et andet land uden Kyoto forpligtigelse, typisk et udviklingsland), JI (Joint Implementation → reduktion i et andet land med Kyoto forpligtigelse, fx et østeuropæisk land)

Kvoterne kan tildeles erhvervene på forskellig vis. Enten kan de uddeles gratis efter nogle fordelingsnøgler eller det kan kræves, at erhvervene køber kvoter svarende til deres udledning af CO₂. Det vil heller ikke være alle erhverv, der er omfattet af kvoteregulativer og den resterende reduktionsforpligtigelse vil være pålagt staten. Derfor skal det også være muligt for staten at købe kvoter og projektkvoter i udlandet.

Marginalt vil CO₂-kvoterne virke som en afgift, men hvis kvoten ikke binder for et erhverv, så kan erhvervet sælge de resterende kvoter og dermed opnå en profit ved salget.

De forskellige begreber dækker:

TEP: Handel med emissionskvoter giver mulighed for at lande der har påtaget sig en forpligtigelse under Kyotoaftalen fysisk kan udlede et større kvantum drivhusgasser, hvis de køber en tilsvarende mængde kvoter fra andre lande (med forpligtigelse, det giver jo sig selv...). Salgslandet skal så tilsvarende reducere sine udledninger udover sin forpligtigelse med den mængde drivhusgasser det har solgt kvoter for.

CDM er en mulighed, der kan benyttes hvis et land med en Kyoto forpligtigelse gennemfører et projekt i et land, der ikke har nogen reduktionsforpligtigelse. Donorlandet kan få godskrevet reduktionerne som følge af projektet. Der er særlig skrappe krav til dokumentation af den opnåede emissionsreduktion, fordi der ikke er den samme symmetri i forpligtigelserne som ved en JI aftale.

JI åbner mulighed for at lande med forpligtigelse kan etablere konkrete projekter i et andet land med en forpligtigelse i forhold til Kyotoaftalen. Der skal for hvert projekt dokumenteres, at det resulterer i en reduktion i udledninger af drivhusgasser som ellers ikke ville have fundet sted. Donorlandet kan få godskrevet de opnåede reduktioner i landets regnskab for

udledning af drivhusgasser. Men modtagerlandet kan naturligvis ikke også trække udledninger fra i dets regnskab for udledning af drivhusgasser.

3.6 CO2-kvoter i EMMA

De forskellige adfærdsregulerende mekanismer, der er præsenteret ovenfor, vil være mest væsentlige, hvis man ønsker at medtage finansielle og profitmæssige effekter af kvoter mm. i forsyningssektoren i ADAM. Herunder vil blive præsenteret en simpel model, der er tilstrækkelig til at modellere priseffekter i EMMA.

I første omgang kunne modellen blive udvidet med en CO2-kvotepriis. Vi påtænker at basere os på Energistyrelsens (TCJ's) CO2-kvotemodul (se appendiks A). Dette modul er ganske simpelt (blot en kommandofil) og indeholder bl.a. en nøgle, som fortæller hvor meget af energiforbruget i den pågældende sektor, som er inden for kvoteordningen. Hvis denne nøgle ikke lige kan opdateres i et givet år, kan sidste års nøgle nok siges at være ok til formålet.

Energistyrelsens kvotemodul går herefter ud på, at CO2-kvotekomkostningerne lægges ind som (pseudo-)energiavgifter, da de fungerer på samme måde. Det kunne være fordelagtigt at holde afgifter og kvoter adskilt (herunder lave ligninger for energiavgiftsprovenuene). Endemålet er at introducere den eksogene variabel p_{co2} (= CO2-kvotepriis) i EMMA, da CO2-kvotemodul bliver et afgørende energipolitisk instrument fremover. Det påtænkes ikke at modellere selve CO2-kvotepriis, da denne bestemmes på det europæiske marked for CO2-kvoter, hvilket der findes skræddersyede modeller til at sige noget om.

Rent konkret opdateres energiavgifterne i Energistyrelsens modul som følger (her olie i nm -erhvervet):

$$genr\ tqjfnm = tqjfnm + dqjfnm * (bncfnm(2000) * kvotpris) / qjfnm(2003) \$$$

Her er $dqjfnm$ en andel, som fortæller hvor stor del af $qjfnm$ som er omfattet af kvoteordningen, mens $bncfnm$ er CO2-emissionskoefficienten og $kvotpris$ er kvotepriis.⁴

I EMMA ser prisen ud som følger:

$$FRML_GJ_pqjfnm = (pqjfnm(-1) - tqjfnm(-1) - avqjfnm(-1)) * pnoli / pnoli(-1) + tqjfnm + avqjfnm \$$$

Man ville så kunne omforme denne ligning vha. den forrige, så CO2-kvotepriis får en direkte effekt på energipriiserne.

⁴ Der er her brugt CO2-emissionskoefficienter for 2000 pga. af problemerne med disse fra 2001 og frem. Når dette forhåbentligt en gang er gået i orden, vil man naturligvis bruge de løbende emissionskoefficienter.

4. En kort beskrivelse af Ramses – Energistyrelsens elpris- og forsyningsmodel

Ramses er en teknisk-økonomisk model, der beskriver produktion af el og fjernvarme i Norden. Modellen kan beregne produktion, brændselsforbrug på et meget stort antal værker helt ned på timebasis. Da modellen primært er beregnet til analyser af effekter i Danmark, er de danske værker p.t. beskrevet mere detaljeret end de andre nordiske landes værker.

Modellen beregner også den pris på el, der skaber ligevægt på markedet. På elsiden er Norden opdelt i 5 områder: Finland, Sverige, Norge, Vestdanmark og Østdanmark. På fjernvarmesiden er der langt flere isolerede områder med hver sin pris.

I modellen findes også detaljerede oplysninger om værkerne type, virkningsgrad og størrelse. Der er der følgende input til modellen: brændselspriser, CO₂-kvotepriser, brændselsafgifter samt områdernes el og fjernvarmeefterspørgsel. Output fra er produktion, brændselsforbrug og emissioner på de enkelte værker, samt priser på el i de enkelte områder.

Modellen fungerer således, at alle værker i hvert område sorteres efter de kortsigtede, marginale produktionsomkostninger for el. Værkerne sættes til at producere ét for ét – de billigste først – og det fortsætter, indtil efterspørgslen (inkl. evt. behov for eksport eller import) helt ned på timebasis tilfredsstilles. Det dyreste producerende værks marginale omkostninger sætter dermed elprisen i området.

5. Konklusion

Der er umiddelbart to løsninger på forsyningssektoren i EMMA. Der vælges mellem:

- en simpel struktur med import af de relevante data
- en udbygning af den nuværende model

Den simple struktur vil nok være at foretrække, idet der allerede eksisterer kraftigt detaljerede forsyningsmodeller. Derfor ville det være en langt mere oplagt løsning at bibeholde den nuværende forsyningssektor dog med ændrede prisrelationer og derudover modtage de nødvendige data fra en separat Ramseskørsel. Man kunne dog overveje at opbygge et decideret interface mellem EMMA og Ramses, således at Ramses kunne fungere som en egentlig eftermodel og det ville være muligt helt integrerede fremskrivninger.

Mht. udbygning af den nuværende EMMA-forsyningsmodel skal man nok være lidt påpasselig, da forsyningssektoren er notorisk vanskelig at modellere vha. sædvanlig økonomisk tankegang og glatte isokvanter. I forsyningssektoren er der ofte stor forskel på marginale og gennemsnitlige effekter, der er ofte tale om store ”klumper” (kraftværker), meget af sektoren er underlagt indviklede afregningsregler (fjernvarme, vind osv.) og der er hele problematikken om

samproduktion af el og varme inkl. "eloverløb", afregningsregler osv. osv. Derfor er isokvanterne snarere stykvist lineære end pænt krumme, og derfor skal man have et ret indgående kendskab til forsyningssektoren for at kunne lave en modellering, som kan måle sig bare tilnærmelsesvist med Ramses, når det kommer til realismen.

Sporene skræmmer også til en vis grad, for den første EMMA-version indeholdt faktisk en ganske detaljeret forsyningssektor med brændselssubstitution. Den detaljerede EMMA-forsyningssektor endte bare med aldrig rigtig at blive brugt til noget.

Litteratur:

Martin Rasmussen: En forenklet forsyningssektor til EMMA
 Energiselskabernes forening: Dansk energi 2003
 Energiselskabernes forening: Dansk energi 2004
 www.ens.dk

Appendiks A. Energistyrelsens CO2-kvotemodul

```
( ) Program til beregning af virkning af CO2-kvoter i industrien
( ) internationalt handlede kvoter med eksogen pris i 2002-priser
( ) ekskl. raffinaderier
( ) Ny kvotepris pr. 3/11-05: 150 alle år

( ) Kvotepris i mio. kr/ton
create kvotpris
upd kvotpris 2005 2030 = 0.000150

( ) Inflatering af kvotepris
create pyf
time 2002 2002
genr pyf = 1 $
( ) pyf fra FR04 :
UPD PYF      2003    2030 %
2.565674    2.166438    1.782465    2.222797    2.201616
2.202825    2.177197    2.181165    2.136391    2.132660    2.121218
2.119288    2.112231    2.107986    2.102548    2.101273    2.099126
2.102614    2.107662    2.116324    2.125979    2.137068    2.150536
2.164397    2.174826    2.173450    2.169325    2.162690

genr kvotpris = kvotpris * pyf $

( ) energiforbrug, der omfattes af kvoter (inkl stålvalseværket)
create dqjfnb dqjfnf dqjfnk dqjfnm dqjfnq dqjfnt dqjfa dqjfo
create dqjsnb dqjsnf dqjsnk dqjsnm dqjsnn dqjsnq dqjsnt dqjsa dqjso
create dqjgnb dqjgnf dqjgnk dqjgnm dqjgnn dqjgnq dqjgnt dqjga dqjgo

( ) se kvoterforbrug2002.txt og kvotevirksomheders e-forb.xls

time 2005 2030
upd dqjsa = 0
upd dqjsnb = 6636
upd dqjsnf = 2361
upd dqjsnk = 561
upd dqjsnm = 0
upd dqjsnn = 0
upd dqjsnq = 0
upd dqjsnt = 0
upd dqjso = 0

upd dqjfa = 6
upd dqjfnb = 9308
upd dqjfnf = 4665
upd dqjfnk = 515
upd dqjfnm = 34
upd dqjfnq = 7
upd dqjfnq = 4
upd dqjfnt = 3
upd dqjfo = 0

upd dqjga = 2188
upd dqjgnb = 3464
upd dqjgnf = 6861
upd dqjgnk = 4081
upd dqjgnm = 1088
upd dqjgnn = 2216
upd dqjgnq = 4339
upd dqjgnt = 282
```

upd dqjgo = 333

() ovenstående er baseret på 2002-tal for naturgas i stålværkerne i Fredriksværk

() Der korrigeres som i fremskrivningen (se staa1v05.cmd)

create deqjgmn

upd deqjgmn 2004 2004 = 251

upd deqjgmn 2005 2005 = 377

upd deqjgmn 2006 2030 = 301

genr dqjgmn = dqjgmn + deqjgmn \$

() omregning til afgifter

() Da EMMA's emissionskoefficienter er gik efter 2000, bruges dem fra 2000

time 2005 2030

genr tqjfa = tqjfa + dqjfa * (bncfa(2000) * kvotpris) / qjfa(2003) \$

genr tqjfnb = tqjfnb + dqjfnb * (bncfnb(2000) * kvotpris) / qjfnb(2003) \$

genr tqjfnf = tqjfnf + dqjfnf * (bncfnf(2000) * kvotpris) / qjfnf(2003) \$

genr tqjfnk = tqjfnk + dqjfnk * (bncfnk(2000) * kvotpris) / qjfnk(2003) \$

genr tqjfnm = tqjfnm + dqjfnm * (bncfnm(2000) * kvotpris) / qjfnm(2003) \$

genr tqjfnn = tqjfnn + dqjfnn * (bncfnn(2000) * kvotpris) / qjfnn(2003) \$

genr tqjfnq = tqjfnq + dqjfnq * (bncfnq(2000) * kvotpris) / qjfnq(2003) \$

genr tqjfmt = tqjfmt + dqjfmt * (bncfmt(2000) * kvotpris) / qjfmt(2003) \$

genr tqjfo = tqjfo + dqjfo * (bncfo(2000) * kvotpris) / qjfo(2003) \$

genr tqjsa = tqjsa + dqjsa * (bnksa(2000) * kvotpris) / qjsa(2003) \$

genr tqjsnb = tqjsnb + dqjsnb * (bnksnb(2000) * kvotpris) / qjsnb(2003) \$

genr tqjsnf = tqjsnf + dqjsnf * (bnksnf(2000) * kvotpris) / qjsnf(2003) \$

genr tqjsnk = tqjsnk + dqjsnk * (bnksnk(2000) * kvotpris) / qjsnk(2003) \$

genr tqjsnm = tqjsnm + dqjsnm * (bnksnm(2000) * kvotpris) / qjsnm(2003) \$

() for at undgå division med nul slås disse fra:

() genr tqjsnn = tqjsnn + dqjsnn * (bnksnn(2000) * kvotpris) / qjsnn(2003) \$

() genr tqjsnq = tqjsnq + dqjsnq * (bnksnq(2000) * kvotpris) / qjsnq(2003) \$

() genr tqjsnt = tqjsnt + dqjsnt * (bnksnt(2000) * kvotpris) / qjsnt(2003) \$

() genr tqjsso = tqjsso + dqjsso * (bnksso(2000) * kvotpris) / qjsso(2003) \$

genr tqjga = tqjga + dqjga * (bnkgga(2000) * kvotpris) / qjga(2003) \$

genr tqjgnb = tqjgnb + dqjgnb * (bnkgnb(2000) * kvotpris) / qjgnb(2003) \$

genr tqjgnf = tqjgnf + dqjgnf * (bnkgnf(2000) * kvotpris) / qjgnf(2003) \$

genr tqjgnk = tqjgnk + dqjgnk * (bnkgnk(2000) * kvotpris) / qjgnk(2003) \$

genr tqjgnm = tqjgnm + dqjgnm * (bnkgnm(2000) * kvotpris) / (qjgnm(2003)

+ deqjgmn) \$

genr tqjgmn = tqjgmn + dqjgmn * (bnkgmn(2000) * kvotpris) / qjgmn(2003) \$

genr tqjgnq = tqjgnq + dqjgnq * (bnkgnq(2000) * kvotpris) / qjgnq(2003) \$

genr tqjgnt = tqjgnt + dqjgnt * (bnkgnt(2000) * kvotpris) / qjgnt(2003) \$

genr tqjgo = tqjgo + dqjgo * (bnkgo(2000) * kvotpris) / qjgo(2003) \$