

# Et genmæle til<sup>1</sup>

## Danish Wind Power Export and Cost

- a CEESA (Coherent Energy and Environmental System Analysis) Research Project.

### Authors:

Henrik Lund, Frede Hvelplund, Poul Alberg Østergaard, Bernd Möller, Brian Vad Mathiesen, Anders N. Andersen, Poul Erik Morthorst, Kenneth Karlsson, Peter Meibom and Marie Münster, Jesper Munksgaard, Peter Karnøe, Henrik Wenzel, Hans Henrik Lindboe

### Publisher:

Department of Development and Planning,  
Aalborg University  
Fibigerstraede 13  
DK9220 Aalborg  
Denmark

Pdf of this study can be downloaded freely from the following link

<http://www.energyplanning.aau.dk/>

ISBN 978-87-91830-40-2

Rapporten blev offentliggjort i februar 2010 med en imponerende række forfattere fra mange høje læreanstalter samt kommercielle firmaer – ingen nævnt ingen glemt. Af forordet fremgår at rapporten er udarbejdet som et svar på rapporten "Wind energy – the case of Denmark" udarbejdet i september 2009 af tænketanken CEPOS. Heri hævder CEPOS ifølge ovennævnte rapport: "1) that most of the Danish wind power has been exported in recent years, and 2) wind turbines in Denmark are very costly to Danish taxpayers and electricity consumers".

Med udgangspunkt i 2 citater fra CEPOS-rapporten formulerer forfatterne sigtet med deres rapport "Danish Wind Power Export and Cost":

1

The CEPOS study claims on page 2 that wind power "*has recently (2006) met as little as 5% of Denmark's annual electricity consumption with an average over the last five years of 9.7%*".

The statement is not correct. This paper argues that approx. only 1 percent of Danish wind power production is exported. The rest is used to meet domestic Danish electricity demands, thus implying that wind power meets close to 20% of Danish electricity consumption.

2.

The CEPOS study claims on page 19 that "*a significant fraction of the charges and taxes paid for by Danish domestic consumers is recycled to support ..... the feed-in tariffs that make it attractive ... to invest in wind power*". (see full citation in section 2.1).

This statement is not correct. No taxes are recycled to support the established wind turbines<sup>1</sup> and the net influence on consumer electricity prices is as low as 1-3 percent on average in the period 2004-2008. In

---

<sup>1</sup> Forfatteren er ikke på nogen måde tilknyttet eller afhængig af interesseorganisationer, politiske bevægelser, læreanstalter eller kommercielle foretagender relateret til denne eller konkurrerende brancher.

2008, the influence even decreased the average consumer price slightly. Moreover, the payment to wind power does not make Danish electricity prices any higher than those in other countries. In fact, Danish electricity prices (excl. tax and VAT) inclusive of all payments for 20 percent wind power are among the cheapest in Europe.

Dette indlæg er ikke et forsvar for CEPOS-rapporten, men alene en kommentar til form, metode, indhold og konklusioner i "DWP research project" og kun til første del af rapporten. Anden del af rapporten vedrørende finansieringen af vindenergi er væsentligst indskrænket til en række påstande omkring prisudviklingen baseret på en af denne forfatter ukendt undersøgelse – i øvrigt af en forfatterne til "DWP"-rapporten - og derfor er grundlaget for en vurdering af dette afsnit alt for spinkelt.

## DWP research project I

I bedste polemiske stil lægger i "DWP" ud med en retorisk modpåstand:

"If one presumes that *all export by default is wind power* (until the export exceeds the wind power production), we can replicate the same numbers as the CEPOS study, i.e. the 5 percent of electricity consumption in 2006 mentioned above. This implies that CEPOS statement of 5 percent wind power in 2006 must build on an assumption that export, when present, is by default wind power. For the most recent year, 2008, the number will, on the same assumption, be 12 percent. However, if one presumes that *all export by default is large and small power stations*, the same number is 17 percent in 2006 equal to the total wind power production of that year. In this respect, export of wind is only as little as 0.01 percent of the demand. The same pattern shows for 2008." (p 9)

Ved første øjekast kan de to påstande forekomme ligeværdige, men det er absolut ikke tilfældet. Den første hviler på en altafgørende forudsætning, der altid er opfyldt, medens den for modpåstanden kun under bestemte betingelser vil være eksisterende. Derfor er det en påstand med mindre værdi.

"DWP"-rapporten fortsætter:

"However, this assumption is not correct, and it builds on an erroneous interpretation of statistics and a lack of understanding of the Nordic electricity market.

The CEPOS study's main argument for making the presumption that *all export by default is wind power* is that the Danish export of electricity is generally higher during hours of high wind production than during hours of low wind production. The CEPOS study shows (on pages 15 and 16) diagrams of such correlation for western Denmark 2007 and eastern Denmark 2006 and concludes the following:

".. the coincidence of so much wind output with net outflows makes the case for claiming that there is a large component of wind energy in the outflow, indisputable".

Based on this argument, the CEPOS study then implicitly presumes that all export by default is wind power (until the export exceeds the wind power production). However, the assumption is not correct. As will be shown in the following, one cannot conclude that this means that all export by default is wind power. On the contrary, almost all wind power is consumed in Denmark." (p 9)

Her underkender eller afviser de mange forskere tilsyneladende 2 forudsætninger som antagelig aldrig har været ført i marken af nogen og af den grund er argumentet aldeles udsagns- og værdiløst. Som nævnt er forfatteren af dette papir ikke bekendt med grundlaget i CEPOS-rapporten, men fra det medtagne citat fra denne rapport: ".. the coincidence of so much wind output with net outflows

makes the case for claiming that there is a large component of wind energy in the outflow, indisputable” og forskernes ”*all export by default is wind power*” konstateres en tydelig diskrepans mellem forudsætningen i CEPOS-rapporten og et af forskernes bærende argumenter og som det efterfølgende vil blive dokumenteret er helt central i debatten.

Forskerne fortsætter: ”As will be shown in the following, one cannot conclude that this means that all export by default is wind power.” Igen en påstand der antagelig aldrig har været fremsat og derfor et helt meningsløst udsagn.

På det grundlag reproducerer forskerne 2 diagrammer: ”Correlation between hourly Wind Power og Export in Western Denmark” og ”Correlation between hourly power from Large Power Plants and Export in western Denmark” (p 10) og konkluderer:

“As one can see, there is no real difference between the plot of wind power vs. export and the plot of Large CHP vs. export. Accordingly, one could use more or less the same argument for large power plants as for wind power. In both cases, however, the argument would be wrong. As shall be shown, the causal relation behind export is more complex and involves understanding market mechanisms and cost implications of the various power suppliers on the Nordic grid.”

Igen et argument, der tilsyneladende bliver ført i marken på falske præmisser. For det første er det antageligt ikke et argument der nogensinde har været anvendt. For det andet er det en sammenligning på et ikke sammenligneligt grundlag. Ved at foretage sammenligningen på et helt års tal – også dobbelttimen når uret sættes tilbage efter sommertiden medtages! – sløres effektivt enhver indflydelse af sæsonudsving i dataene. Anvendelse af månedsdata, der givetvis bedre afspejler vindsæsonen, vil antagelig give pænere og mere overbevisende statistiske resultater. For det tredje udelukker den ene jo ikke den anden – snarere tværtimod. I de ca. 50 % af tiden hvor vindmøllerne stort set ikke producerer noget kan der naturligvis også opstå en efterspørgsel på eksportmarkederne og så må de styrbare centrale elkraftsværker træde til og forsyne markedet. Altså må der forventes en ganske betragtelig korrelation mellem deres produktion og eksporten – den dækker bare andre tidsrum.

Forskerne uddyber deres argument med følgende:

“For wind power, the correlation coefficient  $R$  is as low as 0.62 and  $R^2$  is only 0.39. Such a correlation is *very* poor and cannot justify any conclusion about causal relation.” (p 11)

I og for sig egentligt et meningsløst argument. En korrelationskoefficient kan uanset dens størrelse aldrig i sig selv berettige en konklusion om kausale sammenhænge. Er der derimod en underliggende struktur eller mekanisme, som sammenknytter to elementer kan korrelationskoefficienten give et kvantitativt mål for styrken af visse typer sammenhænge og dermed danne grundlag for en vurdering af den indbyrdes afhængighed mellem de 2 elementer.

Forskerne udbygger deres statistiske analyse i appendiks 1 med beregning af en intetsigende regressionsanalyse og dertil hørende  $R^2$ . Citat: “Normally, one would require a correlation,  $R^2$  of around 0.9 or above, to conclude that there is a strong correlation. As one can see, the correlation coefficients between export and wind power, large power plants and small CHPs are  $R=0.62$  ( $R^2=0.3885$ ),  $R=0.51$  ( $R^2=0.2573$ ) and  $R=0.46$  ( $R^2=0.209$ ), respectively.” (p 30). Hvorfor korrelationen skal være over 0,9 førend *man* ville konkludere at der er tale om en stærk korrelation begrundes overhovedet ikke og der synes heller ikke at være implicite begrundelser herfor i rapporten ligesom en sådan afskærmingsværdi også er ukendt i statistiklitteraturen. ”*Man*” må altså antages at være forskerne og deres subjektive norm

## Modelbetragtninger

Inden jeg går videre med "DWP"-rapporten kan det være en god ide lige at træde et skridt tilbage fra detaljerne og få et mere overordnet overblik over situationen.<sup>2</sup> Lad os tage udgangspunkt i balanceligningen for el-markedet:

$$CP + DP + VP + \text{Import} = \text{Forbrug} + \text{Eksport} \quad (1)$$

hvor venstresiden udtrykker energitilgangen og højresiden energifgangen.

CP står for produktionen på de centrale elkraftsværker;

DP for produktionen de decentrale (barmarks)værker og

VP for produktionen på vindmøllerne.

For så generisk et produkt som el må det anses for helt usandsynligt at der på et velfungerende marked kan være import og eksport samtidig. Forudsætningen for at denne tilstand er fordelagtig, er at importpriserne er lavere end eksportpriserne – med andre ord et dårligt fungerende marked hvor det er muligt at styre flowet og dermed opretholde differentierede priser på forskellige markeder. Ved opslag på Energinet Danmarks statistikker vil man dog se, at det i langt højere grad er reglen at der importeres og eksporteres samtidig end der enten importeres eller eksporteres.

Baggrunden herfor kan dog til dels ses i tallene, nemlig at Vestdanmark<sup>3</sup> i vid udstrækning er transitland for eksport / import fra kontinental Europa til den skandinaviske halvø eller omvendt. Transit-elen påvirker hverken den danske produktion eller forbrug, men er i statistisk henseende med til at forplumre billedet, idet den indgår på begge sider af balanceligningen. Ved en mindre omskrivning kan effekten dog elimineres:

$$CP + DP + VP = \text{Forbrug} + (\text{Eksport} - \text{Import}) \quad (2)$$

hvor sidste led på højre hånd angiver den danske nettoeksport – hvis den er negativ er der tale om en import, der bidrager til at bringe forsyningen op til forbruget og hvis den er positiv er det udtryk for et forsyningsoverskud ud over forbruget, som derfor afhændes på eksportmarkederne.

De forskellige led i balanceligningen, som den er formuleret her, optræder fuldstændig ensartet. Der er dog tale om et visuelt bedrag. Det første led, CP, er fuldstændig styrbar medens det næste led, DP, på mellemlangt sigt tilnærmelsesvis et fuldstændig forudsigelig hvorimod det 3. led, VP, hverken er forudsigelig eller styrbar. For fuldstændighedens skyld skal nævnes, at forfatterne til "DWP"-rapporten med virtuos behændighed undgår at tage stilling til vindkraftens multidimensionelle stokastiske karakter, der som det vises efterfølgende, er den allervæsentligste forudsætning for at vindkraften i væsentligt omfang eksporteres.

Forbruget er inden for meget snævre rammer i al væsentlighed også forudsigelig medens det sidst led i balanceligningen er fuldstændig afhængig af ligningens venstreside. Når DP ikke er styrbar skyldes det barmarksværkernes varmforsyningspligt, og da de producerer el og varme i et fast forhold, vil et temperaturfald nødvendiggøre øget varmeproduktion og dermed også øget el-

---

<sup>2</sup> Efterfølgende analyser er udført længe før jeg blev bekendt med pågående debat og egentlig kun for min egen fornøjelsesskyld. Den i analysen anvendte nomenklatur afviger følgelig fra den mere officielle begrebsdannelse, men for den opmærksomme læser vil det antagelig ikke skabe problemer.

<sup>3</sup> Efterfølgende analyser omfatter kun Vestdanmark, hvor det største antal vindmøller findes og hvor markedet er selvforsynende. Når der i efterfølgende skrives Danmark eller danske menes derfor alene Vestdanmark. Det vstdanske og østdanske marked er fuldstændig adskilt uden mulighed for udveksling af over- / underskud i produktionen. Det østdanske marked er ikke selvforsynende, men fungerer stort set som en integreret del af det svenske forsyningsnet.

produktion. På grund af en meget stor forudsigelighed både mht. mængden og varigheden kan denne dog nemt absorberes ved at reducere de centrale kraftværkes produktion hvorfor en merproduktion på de decentrale værker ikke i sig selv nødvendigvis aflejres i sidste led på højresiden. Formuleres balanceligningen derfor mht. styrbarhed kan den udtrykkes således:

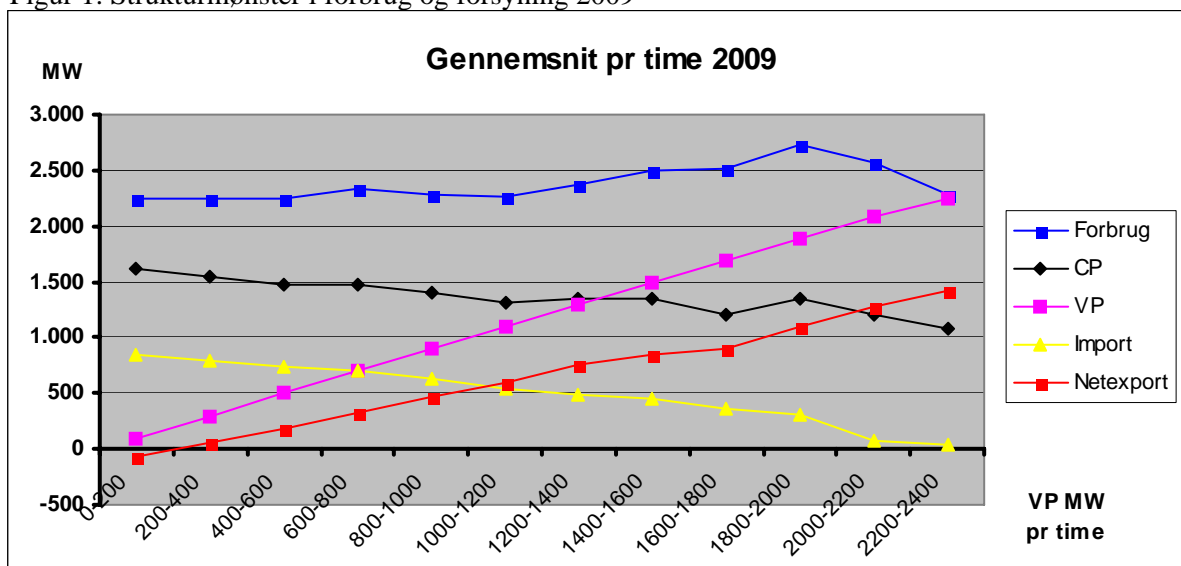
$$VP = (\text{Forbrug} - CP - DP) + \text{nettoeksport} \quad (3)$$

hvor udtrykket i parenteser er et styrbart system, der i sig selv uden problemer kan bringes i balance. Som det ses vil den uforudsigelige vindkraft med en enorm statistisk varians altså skylle ind over det balancerede system, hvor det kun kan påvirke CP-ledet og ind over eksportmarkedet. Alene pga. af den enorme varians vil det balancerede system i parenteser slet ikke være i stand til absorbere de til tider store mængder, der kan være tale om. Alene i januar 2007 var VP i 371 timer større end den aktuelle CP produktion. Hertil kommer at omstilling i det balancerede system tager tid og koster penge og dette sammen med den usikre leveringsperiode fra vindmøllerne tilsiger at en betragtelig mængde vindenergi ud fra helt rationelle økonomiske og tekniske overvejelser må aflejres i nettoeksporten.

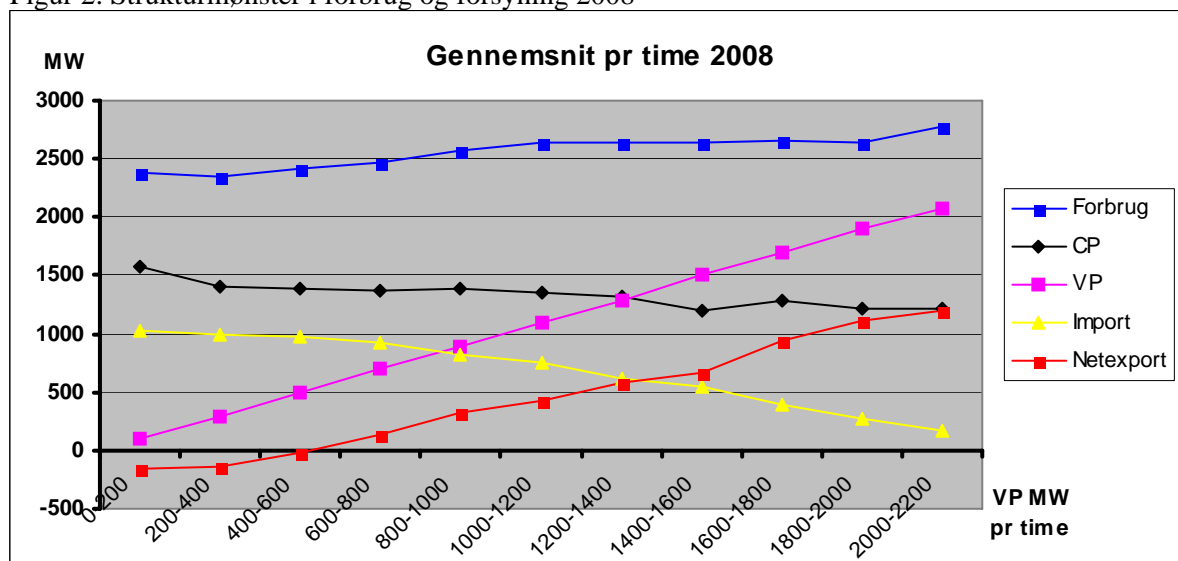
## Den observerbare sammenhæng

Den rent faktiske sammenhæng mellem de enkelte led i sidstnævnte balanceligningen er gengivet i efterfølgende 3 figurer. Med henblik på at skabe et overskueligt (struktur)billede er vindmøllernes produktion opdelt i 11 lige brede effektintervaller med en intervalbredde på 200 MW pr. time. For hver effektinterval er beregnet gennemsnittet for alle de variabler, der indgår i balanceligningen og disse gennemsnit er afbildet for de seneste 3 kalenderår. Produktionen på de decentrale varmekværker (DP) er ikke medtaget i figuren, idet dens forklaringsværdi er stort set lig nul (i gennemsnit viser den en tendens til meget svag stigning med vindmølleproduktionen). I stedet er vist den gennemsnitlige import.

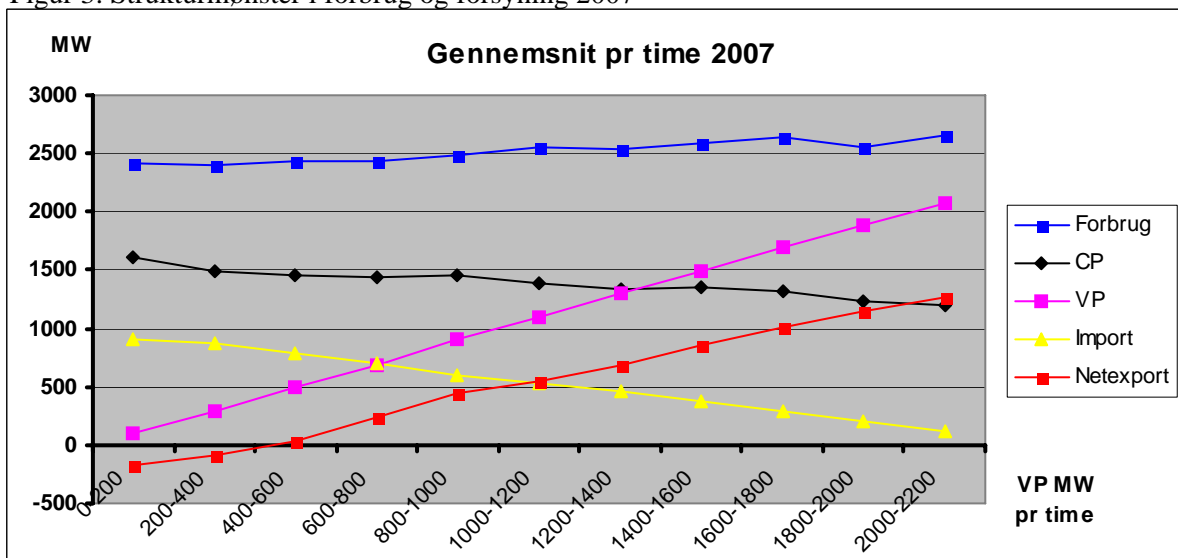
Figur 1: Strukturmønster i forbrug og forsyning 2009



Figur 2: Strukturmønster i forbrug og forsyning 2008



Figur 3: Strukturmønster i forbrug og forsyning 2007



Kilde: Energinet Danmarks timestatistikker gennem de seneste 3 år

Som det fremgår af de 3 figurer er strukturen i produktions- og forbrugsmønsteret fuldstændig identisk fra år til år. Forbruget viser en svag stigende tendens med stigende vindmølleproduktivitet – ca. 0,12 MW pr MW vindmølle produktion. Sammenholdes det med udviklingen i produktionen i barmarksværkerne, der som nævnt ikke er vist i figuren, kan konkluderes, at en del af elforbruget må anvendes til opvarmning (mere blæst mere opvarmning).

Den gennemsnitlige produktion på de centrale elværker viser et klart men ret begrænset fald – ca. 25 % - ved stigende produktivitet på vindmøllerne, men dog meget mindre end produktionen på vindmøllerne. For hver MW mere el fra vindmøllerne er produktionen på de centrale anlæg i gennemsnit reduceret med ca. 0,18 MW – altså en meget begrænset substitutionseffekt. Bemærk i alle 3 år skærer kurven for vindmølleproduktionen CP-kurven ved en vindmølleeffekt 1300 MW. Der har altså i gennemsnit ikke været en positiv udvikling i retning af øget substitution af sort el med grøn el over den betragtede periode.

Nettoeksporten udviser derimod en hel usædvanlig klar positiv samvariation med vindmøllernes produktion i alle 3 år. I gennemsnit stiger eksporten med ca. 0,7 MW pr MW stigning i vindmøllernes produktion. Altså et billede, der er fuldstændig i overensstemmelse med modelforudsigelserne i foregående afsnit. At det ikke er en CP genereret eksport ses tydeligt i de øverste intervaller og især i 2009. Det faldende forbrug afspejles direkte i en faldende CP produktion medens en stigende vindmølleproduktion aflejres direkte i nettoeksporten.

Side 2 nævntes at der er en altafgørende forudsætning, der altid er opfyldt for vindkraften, nemlig at den marginale omkostning er markedets laveste – faktisk kan man godt gå så vidt som til at sige den er 0 – og derfor kan vind-el *altid* sælges på eksportmarkedet. Dette gælder ikke for el produceret på de centrale anlæg. Ifølge forfatterne bag "DWP"-rapporten er de marginale omkostninger på de centrale kraftværker kun de fjerde eller femte laveste på det skandinaviske marked og fordelagtigheden ved at sælge CP-kraft opnås kun når priserne ligger over de marginale omkostninger. En CP-drevet eksport vil derfor kun være fordelagtig når markedspriserne ligger over CP'ernes marginale omkostninger og det er der ingen sikkerhed for at de altid gør.

Nu vil den opmærksomme læser naturligvis stille sig det nærliggende spørgsmål: Hvorfor kan eksportmarkederne forbruge op mod 70 % af den stokastiske danske vindmøllestrøm når det danske marked ikke kan det? Det kan det heller ikke, men heldigvis er der en stor spiller på markedet, som i princippet kan opkøbe hele den danske vindmølleproduktion, gemme den og gøre den brugbar i takt med behovet. Den spiller det drejer sig om er de skandinaviske vandkraftværker. De kan meget hurtigt og med meget få omkostninger tilpasse deres produktion og dermed gøre plads for en pludselig og uforudset indstrømning af vindmøllestrøm. Store mængder af de danske vindmøllers produktion "oplages" således i vandkraftværkernes magasiner, der så kan skrue op for produktionen når vindmøllerne igen falder ud af producenterne rækker.

Hermed er altså vist at

- der er en struktur, der knytter VP tættere til eksporten end nogen andre elementer
- de økonomiske forudsætninger – laveste marginale omkostninger – er til stede for salg
- de tekniske forudsætninger for oplagring af en stokastisk produktion er til stede på eksportmarkedet og
- de faktiske data gennem de seneste 3 år bekræfter modellens forudsigelser.

På den baggrund konkluderes og uden støtte fra en korrelationsanalyse at en betydelig del af den danske vindmøllestrøm sendes ud på eksportmarkedet.

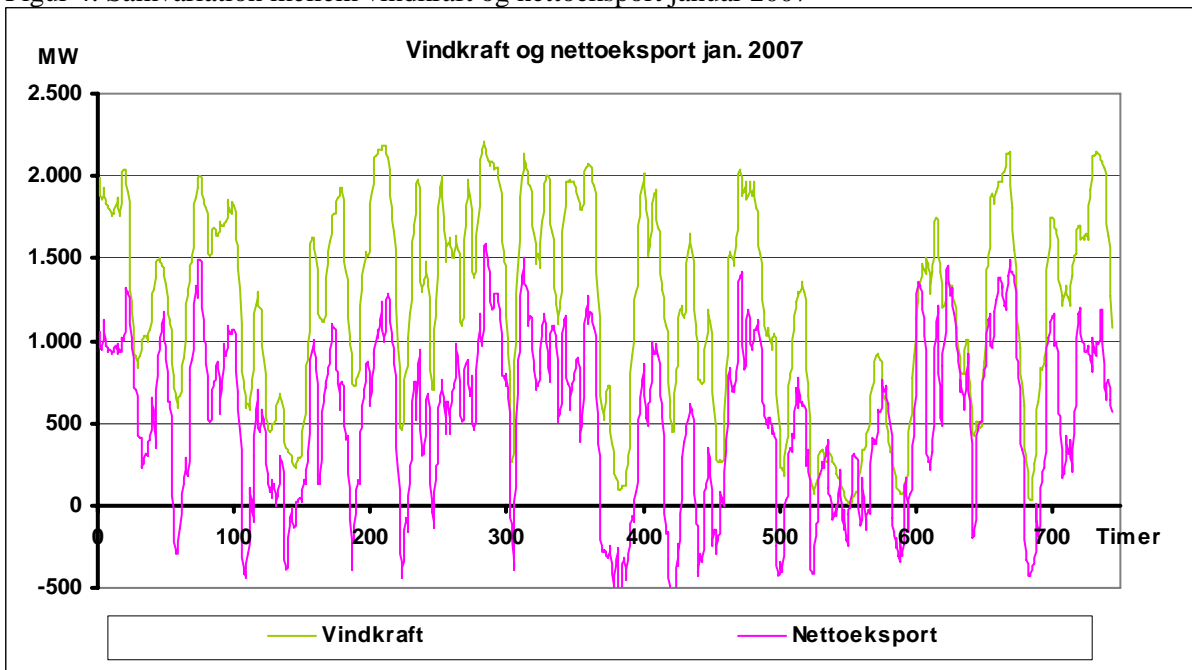
Denne konklusion er helt i modstrid til forskernes påstande og anbringelser og hvad er så årsagen til det? Den skal først og fremmest søges i en af forskernes helt implicite forudsætninger:

*“Consequently, none of these diagrams showing only correlations over time can be used to establish a causal relation between wind power and export. On the contrary, they indicate that wind power in general does not influence export any differently than other production units.”* (min fremhævning p 11)

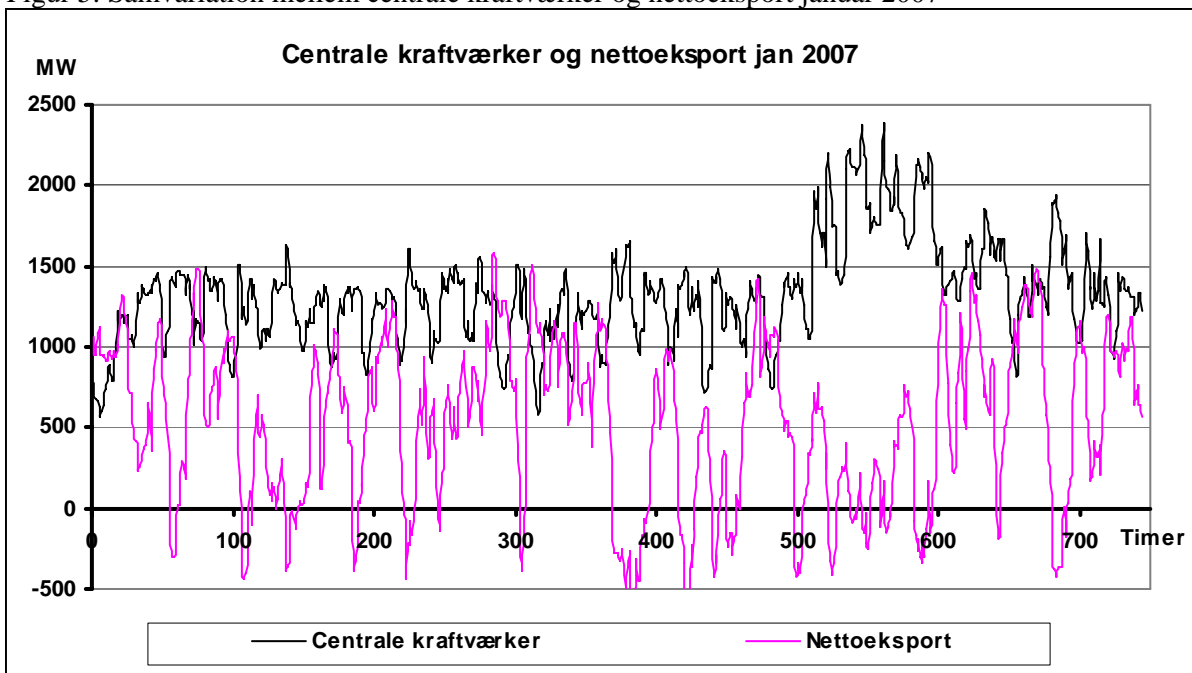
Forskerne anerkender altså ikke at vindmølleproduktionen er stokastisk, men at den i almindelighed kan sammenlignes med andre produktionsenheder. De tilgængelige facts synes ikke at bekræfte forskernes udsagn. I efterfølgende figurer er vist samvariationen mellem vindkraft og nettoeksport og centrale kraftværker og nettoeksport. Selv for det utrænede øje er der nok ingen tvivl om en klar forskel mellem de 2 produktionsformers forskellige påvirkning af nettoeksporten.

Derudover er der rigtig meget, der tyder på at forskernes modelspecifikation er mangelfuld og at de derfor gennemfører analyserne med forkerte metoder og på et fejlagtigt grundlag.

Figur 4: Samvariation mellem vindkraft og nettoeksport januar 2007



Figur 5: Samvariation mellem centrale kraftværker og nettoeksport januar 2007



Kilde: Energinet Danmarks timestatistikker

Som tidligere nævnt kan korrelationskoefficienten give et kvantitativt mål for afhængigheden mellem 2 variable. Korrelationskoefficienten antager værdier mellem -1 og 1. Jo tættere korrelationskoefficienten er ved 1 desto bedre er den positive samvariation og jo tættere den er ved -1 desto bedre er den negative samvariation. Som det fremgik af den tidligere gennemførte strukturanalyse er der en negativ samvariation mellem VP og CP, der i januar 2007 kan kvantificeres til -0,55, jfr. efterfølgende korrelationsmatrice. Som det ses er korrelationen mellem CP og DP på den ene side og nettoeksporten på den anden side negativ. Ikke afgørende stor, men en indikation af at udsvingene oftere er modsatrettede end ensrettede. Derimod viser VP en høj positiv samvariation med nettoeksporten på 0,85



Tabel 1: Korrelationsmatrice januar 2007

	CP	DP	VP	Import	Export	Forbrug	Netexp	VP DK	VP exp
CP	1,00								
DP	0,71	1,00							
VP	-0,55	-0,22	1,00						
Import	0,48	0,50	-0,67	1,00					
Export	0,00	0,06	0,45	0,10	1,00				
Forbrug	0,63	0,93	-0,08	0,48	0,06	1,00			
Nettoeksp	-0,41	-0,40	0,85	-0,81	0,50	-0,38	1,00		
VP DK	-0,44	0,12	0,71	-0,19	0,16	0,35	0,26	1,00	
VP exp	-0,43	-0,40	0,85	-0,78	0,51	-0,37	0,98	0,24	1,00

## Marginal analyse

Og hvorfor er det så så væsentligt om vindmøllekraften eksporteres eller forbruges på det hjemlige marked? Det er det først og fremmest for at undgå store kostbare fejlinvesteringer i samfundets infrastruktur. Vindmøller er kommet for at blive, men en manglende erkendelse af deres muligheder og begrænsninger kan resultere i helt forkerte investeringer i en for samfundet eksistentiel energiforsyning. En overinvestering i vindmøller her og nu kan på sigt medføre en total omlægning af hele energiforsynings siden med omkostninger, der nemt kan løbe op i adskillige Storebæltsbroer. Det er derfor afgørende med et fyldestgørende og korrekt beslutningsgrundlag.

Det bedste grundlag for et fremtidigt skøn over en udvikling er et indgående kendskab til fortidens sammenhænge og mønstre på en måde der peger fremad. Med henblik på at udvikle et sådant er vindkraften fordelt på hjemmemarked og eksportmarked i overensstemmelse med balanceligning (3):

$$VP = (\text{Forbrug} - CP - DP) + \text{nettoeksport}$$

Såfremt der er et underskud i den balancerede del – dvs. hjemmemarkedet – allokeres vindenergien først til hjemmemarkedet. Er der efter denne tildeling fortsat overskud af vindenergien sendes den overskydende del på eksportmarkedet. Er der overskud i den balancerede del – dvs. de centrale og decentrale kraftværker producerer mere end det hjemlig forbrug - sendes hele vindenergien sammen med dette overskud ud på eksportmarkedet.

Vindmøllernes timeproduktion er på grundlag af ovenstående fordelingsnøgle delt op i en del der forbruges indenlandsk og en del der går til eksport. Derefter er forbrug og produktion mv. analyseret med hensyn til vindmøllernes effektgrad. En sådan marginal analyse giver det bedste grundlag for en vurdering af virkningen af tilførsel af yderligere vindmøller til forsyningsnettet.

Resultatet heraf er vist i efterfølgende 3 figurer. Her er afbildet den relative udvikling i en række relevante størrelser for omtalte 3 år. På venstre y-akse er afbildet den samlede produktion fra vindmøllerne og på højre akse er vist de relative værdier for figurernes øvrige 5 parametre: dækningsgrad, forbrugsprocent, andel forbrugt på hjemmemarkedet, andel til eksport og tiden.

*Dækningsgraden* er det mål vindmølleindustrien, politikkerne, NGO'erne elsker at slynge om sig med, nemlig vindmøllernes produktion i forhold til det samlede forbrug. I "spin-mæssig" sammenhæng angives den som regel som et gennemsnit for hele året til omkring 20 % af forbruget, men det er en størrelse, der er mere vildledende end vejledende i en beslutningssituation.

*Forbrugsprocenten* er den andel af vindmøllestrømmen, der indgår i hjemmemarkedets forbrug. Med andre ord: hvor stor andel af vindmøllernes produktion det har været muligt at sluse ind i det indenlandske forsyningsnet i procent af det samlede forbrug og er som sådan et langt mere rele-

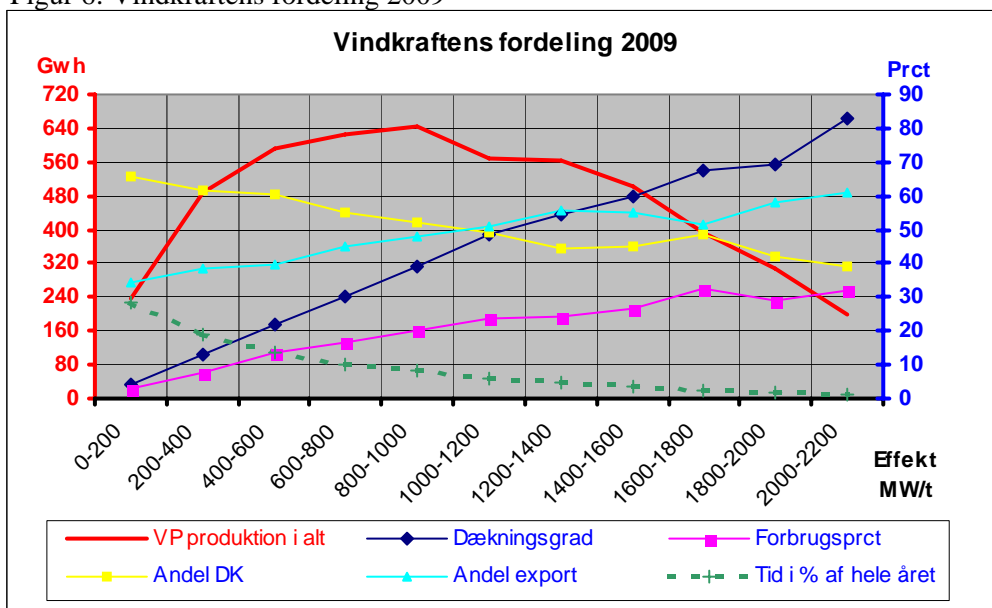
vant mål for virkningen af udbygningen af vindmøllernes produktionskapacitet for de danske forbrugere.

*Andel DK* viser den procentvise andel af vindmølleproduktionen, der forbruges indenlandsk og

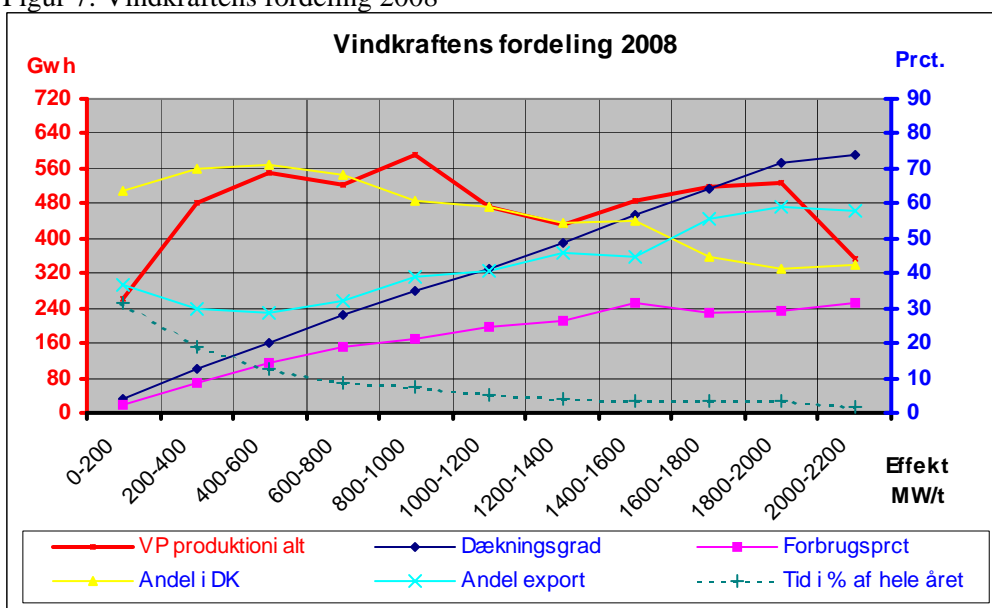
*Andel eksport* viser den procentvise andel, der eksporteres. Da de 2 størrelser udtømmer vindmøllernes produktion vil summen af dem derfor være lig med 100 %

*Tid i % af hele året* viser varigheden i procent målt som antal timer vindmøllerne kørte med angivne effekt i forhold til de samlede antal timer på et år – 8760 timer minus 2 pga. omstilling til og fra sommertid

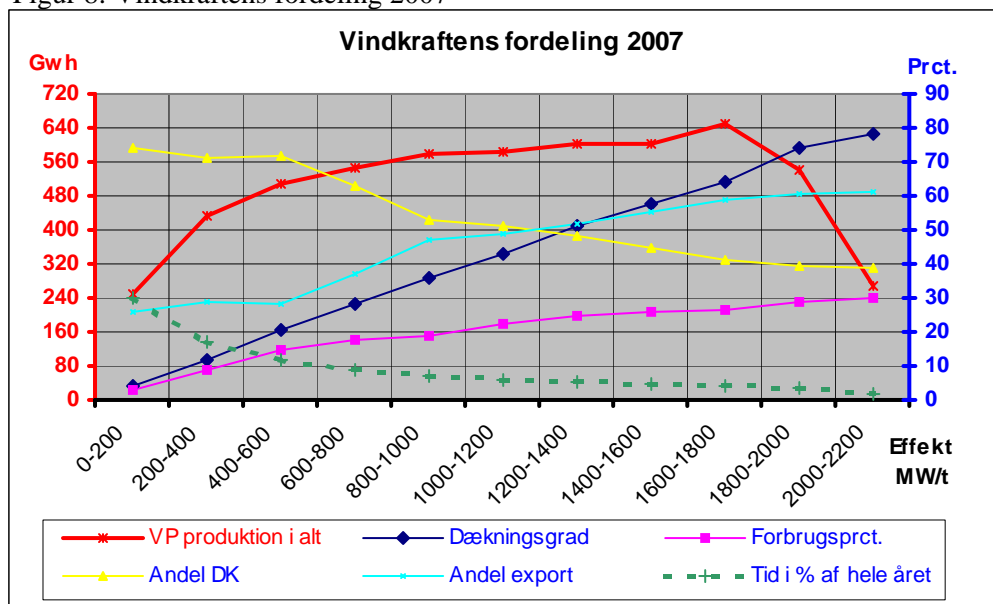
Figur 6: Vindkraftens fordeling 2009



Figur 7: Vindkraftens fordeling 2008



Figur 8: Vindkraftens fordeling 2007



Kilde: Energinet Danmarks timestatistikker

Som det fremgår af de 3 figurer viser dækningsgraden en tilnærmelsesvis lineær sammenhæng med vindmøllernes effekt. Slæber vindmøllerne sig dovent af sted med laveste effekt er dækningsgraden knap 5 %. I gennemsnit forbruges her omkring 70 % af vindmøllernes produktion på ca. 250 GWh på det danske marked medens de resterende 30 % sendes ud på eksportmarkedet. Det giver en forbrugsprocent på ca. 3,5 %. Endelig viser den stiplede grønne kurve at vindmøllernes slow motion-kørsel varede i ca. 30 % af årets timer svarende til omkring sammenlagt 16 uger! I den tid kunne vindmøllerne altså kun dække omkring 3,5 % af det vstdanske elforbrug.

Snurrer vindmøllerne rundt med højeste hastighed ligger dækningsgraden i den betragtede periode på ca. 80 %. Ud fra den tilnærmelsesvis lineære sammenhæng kan altså konkluderes, *at for hver gang produktionskapaciteten forøges med 200 MW øges dækningsgraden med ca. 7,5 %.*

Samme præcise lineære sammenhæng er der ikke med de underliggende parametre om end udviklingen må betegnes som ret entydig. Andelen af vindmøllestrømmen forbrugt på hjemmemarkedet viser en næsten uafbrudt faldende tendens ved stigende effekt og kommer effekten over ca. 1200 MW må størstedelen af vindmøllernes produktion sendes ud på eksportmarkedet – for 2008 dog over ca. 1600 MW.

Konsekvensen er at forbrugsprocenten slet ikke kan følge med dækningsgraden, men viser en næsten degressiv udvikling. For alle 3 år synes en forbrugsprocent på 30 til 33 % at være et opnåeligt maksimum for den mængde vindmøllestrøm, der kan forbruges af de hjemlige aftagere og den er endda uafhængig af vindmøllernes effekt og produktionsstørrelse. På baggrund heraf konkluderes at:

*en udbygning af vindmøllekapaciteten utvivlsomt vil give en proportional stigning i dækningsgraden, men den vil slet ikke medføre tilsvarende forøgelse af forbrugsprocenten – ja muligvis vil der endda være tale om en tilnærmelsesvis konstant forbrugsprocent og dermed et klart relativt fald i andelen af vindenergi forbrugt på hjemmemarkedet – med en uafvendelig økonomisk belastning af de indenlandske el-forbrugere til følge.*

## DWP research project II

Forskernes forklaring på hjemligt forbrug contra eksport er givet side 14:

“What can be said for a fact, and what would be fair to say about the present technology mix in the Danish energy system, is illustrated here for the year 2008. In 2008, wind turbines in Denmark produced 6,978 GWh equal to 19.3 percent of the electricity demand (36,105 GWh).

During a few hours, the wind power production exceeded the demand and the excess production was exported. However, this happened in only 43 hours and the total excess production being exported was as low as 5 GWh, equal to less than 0.1 percent of the wind power production (or less than 0.02 percent of the demand).

In other hours, there were *either* no export at all *or* the wind production exceeded the export. In such hours, the share of wind production which exceeded the export would have to be used domestically – no other outlet for this wind power exists. In 2008, this domestically used production was as high as 4,398 GWh equal to 63 percent of the wind power production (or approx. 12 percent of the demand). It should be noted that this number only includes the share that exceeds the export.

Consequently, one can say *for a fact* that a minimum of 0.1 percent of the Danish wind power production in 2008 was exported and a minimum of 63 percent was used in Denmark.” (p 14 og 15).

Som et videnskabelig forskningsprojekt kan denne fremstilling næppe anses for at være en lysende klar og overbevisende dokumentation af den virkelighed man forsøger at beskrive. Indledningsvis skal blot bemærkes, at de anførte tal omfatter *hele Danmark* til trods for at det vestdanske og østdanske elmarked er helt adskilte markeder uden forbindelser overhovedet. Altså en fuldstændig meningsløs enhed - man kunne lige så godt have slået Vestdanmark og Nordsverige sammen i en enhed.

Hvis dette citat skal give blot en minimal mening for læseren må det være baseret på en række fuldstændig uspecificeret og komplet ubegrundede forudsætninger. Et udsagn som: ”In other hours, there were *either* no export at all *or* the wind production exceeded the export.“ er i sit faktuelle og argumentatoriske indhold komplet meningsløs. Set i relation til foregående sætning kan den kun forstås som en beskrivelse af de resterende 8717 timer i 2008 og så er den direkte forkert – i januar alene var det 49 timer hvor eksporten var større end vindproduktionen. Antageligt igen et eksempel på en mangelfuld modelspecifikation.

Den efterfølgende sætning: ”In 2008, this domestically used production was as high as 4,398 GWh equal to 63 percent of the wind power production (or approx. 12 percent of the demand).” må formodes at knytte op til foregående argument på en måde, der giver baggrunden for de 4,398 GWh, men en sådan ses ikke lige så lidt som anden dokumentation eller sandsynliggørelse af dette tal forekommer.

Konklusionen i citatet må betegnes som aldeles grundløs. En så kategorisk og definitiv konklusionsbærende statement for et så komplekst, flerdimensionelt, særdeles volatilt og dynamisk flow, som elmarkedet må betegnes som værende, baseret på nogle få summariske og statiske opgørelse af enkeltelementer, må betegnes som en nyskabelse indenfor videnskabelig research. Skal den betegnes som videnskabelig baseret må der stilles ganske anderledes krav til dokumentationen bl.a. med hensyn til, at den anvendte metode viser det den formodes at vise, at metoden er reproducerbar og at de faktiske målinger støtter udsagnet med mange flere. Ingen af de mange krav til en viden-

skabelig research ses i nærværende tilfælde og følgelig må konklusionen betegnes som et uvidenskabeligt statement, der udtrykkes forskernes personlige holdninger.

Forskernes kausalitetsmodel er en udbuds- og efterspørgselsmodel:

“If one should identify whether export in such hours came from one type of production or another, one would have to establish a causal relation, i.e. explain why and from which units export is generated. Such causal relation can be established by observing the international electricity markets on which the import/export is determined.” (p 15)

Hvor vidt dette er korrekt vides ikke: Forskerne gør ikke noget forsøg på at underbygge påstanden. Hvis påstanden kan verificeres burde det ikke være noget problem på et velfungerende marked, at gennemføre en markedsanalyse, der entydigt fastslår produktionsenhed og forbrugsenhed og dermed resolve den pågående debat én gang for alle.

Anvendelsen af udbuds- og efterspørgselsmodellen er dog ikke helt problemfrit. I sin grundlæggende form er der tale om en statisk (en periodisk) ligevægtsmodel med friktionsløs tilgang og afgang af udbydere og efterspørgere og hvor ingen markedsdeltager egenhændigt kan påvirke udbuddet eller efterspørgslen. Mange af disse modelrestriktioner kan dog relaxeres og give mere bredde til modellens markedsbeskrivende evner. Om modellen giver en adækvat beskrivelse af det nordiske elmarked vides ikke og forskerne ulejliger sig ikke med hverken en beskrivelse af markedets funktionsmåde eller at fremkomme med en forklaring på eller sandsynliggørelse af modellens brugbarhed i det aktuelle tilfælde.

Hvad angår det første forhold – markedets funktionsmåde - forekommer den manglende beskrivelse af sælger (indtægtsallokeringen) contra produktionsenhed mest beklagelig. En sådan kunne muligvis kaste lys over beslutningstagningen og dermed også flowet.

Hvad angår det andet forhold – modellens brugbarhed – synes et par problematiske forhold at springe i øjnene. Den første er at beslutninger på det aktuelle marked i vid udstrækning er flerperiodiske med beslutninger der rækker ud over mange perioder. En anden er forskernes implicite forudsætning om, at prisen contra de marginale enhedsomkostninger, er eneste beslutningsparameter. Især på købersiden er leveringssikkerhed sædvanligvis mindst ligeså væsentlig en beslutningsparameter. I systemer, der involverer kapacitet vil der som regel i adskillige tilfælde være tale om betydelige springvise omkostninger (opstart eller nedlukning af en kedel f.eks.) som klart kan reducere / øge et udbud og dermed være prispåvirkende. Endelig er det også værd at bemærke at efterspørgslen er fuldstændig uafhængig af prisen.

Hvor vidt disse og lignende problemstillinger påvirker konklusionerne er helt uvist. Hvad der imidlertid er helt sikkert er at det undergraver enhver troværdighed i rapporten og langt hen ad vejen piler det al videnskabelighed ud af rapporten. Dette skal ses ikke mindst på baggrund af de forventninger, som den indsigtfulde og omfattende forskerskare i sig selv har givet anledning til.

Christian Kaasen

21. marts 2010