

# DANSK VINDKRAFT - HVOR MEGET EKSPORTERES?

Et notat om striden mellem CEPOS og CEESA

Reel Energi Oplysning, REO

[www.reo.dk](http://www.reo.dk)

Af Bertel Lohmann Andersen

Marts 2010

ISBN 978-87-88021-31-8



*Statistik er som en gadelygte. Ikke særligt oplysende, men god at støtte sig til. - Robert Storm Petersen*

***"I think the same people are travelling around, meeting each other and telling each other the same things all the time. I was waiting for someone to challenge their views, but this does not happen."***

(Ung, udenlandsk deltager i Workshop on Future Energy Systems, DTU-Risø, 2008, i samtale med forfatteren)

# Dansk vindkraft - hvor meget eksporteres

Marts 2010

Forfatter:  
Bertel Lohmann Andersen

Udgiver:  
Reel Energi oplysning, REO  
Kulsvierparken 71  
2800 Lyngby  
Danmark

Dette dokument kan hentes gratis på:

[www.reo.dk](http://www.reo.dk) under REO's udgivelser/Rapporter

Reel Energi Oplysning, REO, er en forening med det formål er at skabe en bred folkelig forståelse for det ønskelige i at indføre kernekraft i Danmark ved at formidle sagligt korrekte oplysninger om energi og specielt om kernekraft.

REO finansieres udelukkende af medlemmernes kontingenter og bidrag.

Version 2010-03-24

## Sammenfatning

### Hvorfor eksporterer Danmark elektricitet?

Det er det centrale punkt i striden mellem CEPOS og CEESA.

CEPOS siger: Fordi vi af og til har overproduktion af el, grundet den megen vindkraft.

CEESA siger: Fordi det er økonomisk profitabelt.

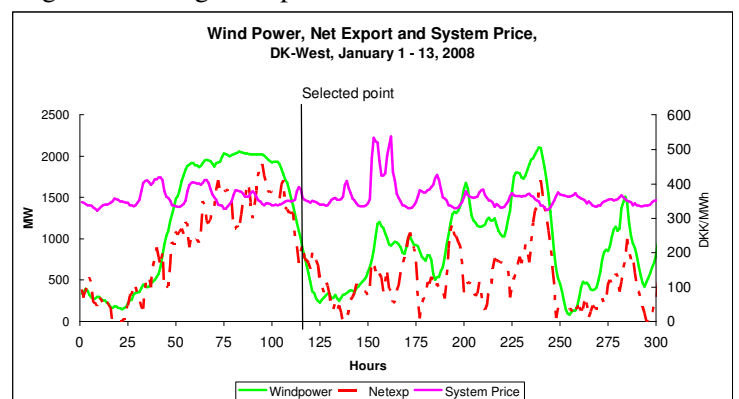
I dette notat påviser REO, at CEESA's argumenter i flere tilfælde bygger på udvalgte data og ikke er generelt gyldige. Et eksempel:

CEESA bruger i sin argumentation bl.a. følgende: Den 5. januar 2008 kl. 19 og den 10. marts 2008 kl. 19 producerede vindkraften i Vestdanmark ca. 1000 MW. Den 5. januar var der eksport, og den 10. marts var der ingen eksport. Forklaringen er ifølge CEESA, at systemprisen den 5. januar var 386 kr/MWh, hvorimod prisen den 10. marts kun var 234 kr/MWh. Med forfatterens egne ord:

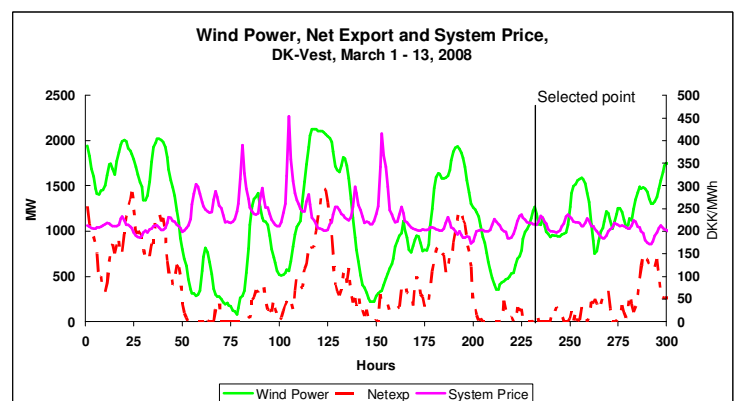
*Therefore, we infer that the reason for the difference between the two hours is the financial incentive for mainly the large power stations to produce (or not produce).*

Hvis man betragter situationen i et tidsinterval omkring de to udvalgte tidspunkter, kommer man til et andet resultat. Første figur viser situationen i perioden 1 - 13. januar 2008. Det udvalgte punkt er vist med den lodrette streg.

CEESA begrundede eksporten i det betragtede punkt med den høje systempris. Men denne er stort set konstant i hele intervallet 0 til 150 timer. Hvis CEESA's begrundelse var korrekt, skulle der være eksport i hele denne periode. Det er der ikke. Eksporten vokser fra 0 til ca. 1500 MW og falder igen til 0 i intervallet 25 til 130 timer. I samme interval vokser vindkraften fra 0 til 2000 MW og falder igen til 0.



Den næste figur viser situationen omkring den 10. marts. Her befinder det udvalgte punkt sig i et længere interval stort set uden eksport. Der er information at hente fra månedens første 200 timer, hvor systemprisen svinger en del. Hvis CEESA's påstand er sand, så skulle dette påvirke eksporten. Det gør det ikke: de tre toppe på den violette kurve falder ikke sammen med ændringer i eksporten (rød kurve). Derimod er den øgede vindkraft (grøn kurve) før 50 timer og omkring 125 og 190 timer ledsaget af øget eksport. De på figuren viste data understøtter derfor, at der er sammenhæng mellem vindkraft og eksport og de udviser ingen sammenhæng mellem systempris og eksport.



**CEESA's påstand finder ikke støtte i de viste data.**

## Indledning

Der foregår en livlig debat mellem tænketanken CEPOS (CEnter for POLitiske Studier) på den ene side og 14 forskere fra danske universiteter og forskningsinstitutioner på den anden. Sidstnævnte arbejder sammen i projektet: Coherent Energy and Environmental System Analysis, CEESA, hvorfor denne forkortelse vil blive benyttet i det følgende. CEPOS mener, at ca. halvdelen af den elektricitet, der produceres af danske vindmøller, eksporteres. Derimod mener CEESA, at det kun er 1 %, der eksporteres og at resten bruges her i landet.

Dette notat ser nærmere på CEESA's argumenter. Det sker ud fra en selvstændig analyse af de samme data. Data udgøres af talværdier for produktionen af el på centrale og decentrale kraftværker, vindmøller, udveksling med vore nabolande samt det indenlandske forbrug. Alle tal findes på timebasis og er i enheden MW. Data forefindes for de to elforsyningsområder Danmark Vest og Danmark Øst. Det mest rationelle er at betragte de to områder hver for sig, da de rent elektrisk er helt uafhængige.

**I det foreliggende notat betragtes kun DK-Vest.** Alle data er fra Energinet.dk.

## Hvad drejer striden sig om?

CEPOS argumenterer for, at der statistisk er en sammenhæng mellem netto eksporten af el og produktionen af vindkraft. Det betyder, at når produktionen af vindkraft vokser, så vokser eksporten også. Dette leder CEPOS til at konkludere, at der er vindkraften, der eksporteres.<sup>1</sup>

Rapporten fra CEESA argumenterer imod dette synspunkt med fire hovedpunkter:<sup>2</sup>

1. CEESA er enig i, at der er en statistisk sammenhæng mellem netto eksporten og vindkraften. Men CEESA finder, at der er en lignende statistisk sammenhæng mellem netto eksporten og produktionen på centrale kraftværker. Derfor kan man lige så godt sige, at det er strømmen fra de centrale kraftværker, der eksporteres. CEESA mener, at argumentet er forkert i begge tilfælde, idet en statistisk sammenhæng mellem to størrelser ikke automatisk medfører en årsagssammenhæng.
2. CEESA har den opfattelse, at årsagen til eksport af el er, at det er økonomisk attraktivt.
3. CEESA mener, at der kun med sikkerhed kan tales om eksport af vindkraft, når produktionen af vindkraft overstiger hele elforbruget. Når produktionen af vindkraft er større end netto eksporten, så mener CEESA (og CEPOS), at differensen bruges i Danmark. Når netto eksporten er større end vindkraften, så mener CEESA, at man ikke med nogen statistisk eller fysisk metode kan afgøre, om det er vindkraft, der eksporteres.
4. CEESA mener, at kun eksperter med dybt kendskab til markedets finurligheder kan vurdere, hvor megen strøm fra en bestemt kilde, der eksporteres. CEESA beregner, at ca. 1 % af strømmen fra vindmøller eksporteres.

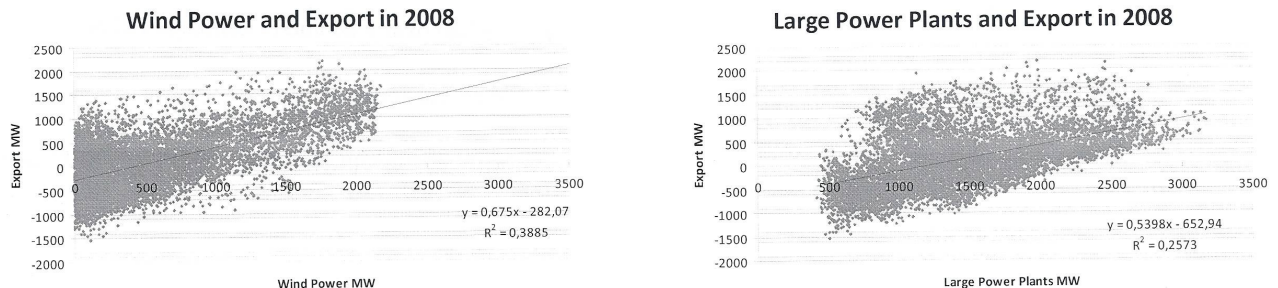
---

<sup>1</sup> [http://www.cepos.dk/fileadmin/user\\_upload/Arkiv/PDF/Wind\\_energy\\_-\\_the\\_case\\_of\\_Denmark.pdf](http://www.cepos.dk/fileadmin/user_upload/Arkiv/PDF/Wind_energy_-_the_case_of_Denmark.pdf)

<sup>2</sup> <http://www.energyplanning.aau.dk/Publications/DanishWindPower.pdf>

# 1. Statistiske analyser

Det første argument bygger CEESA på analyse af data for Vestdanmark i hele året 2008. Det betyder, at 8784 datapunkter indgår i analysen. Resultatet er vist på figur 1 og 2 i rapporten, som er gengivet her. Alle andre figurer i dette notat er udarbejdet af REO.

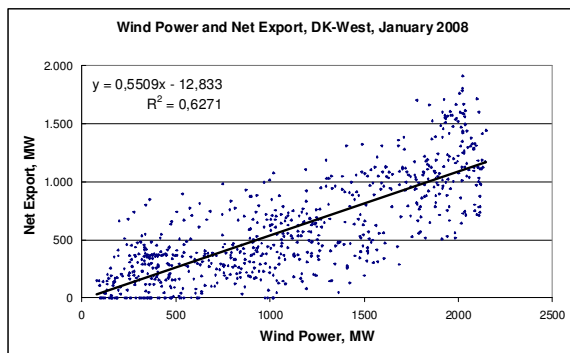


Figur 1. De to centrale grafer fra CEESA's rapport.

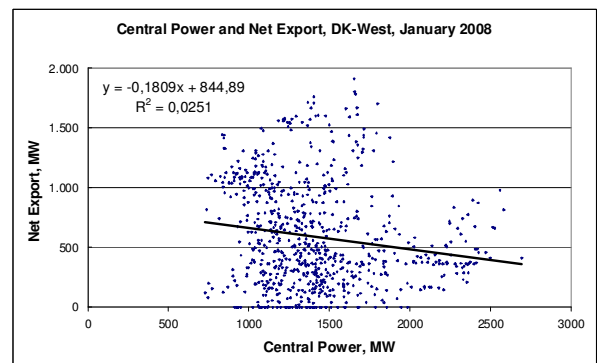
Begge figurer viser en masse punkter, der i begge tilfælde har en tendenslinje, der stiger fra venstre mod højre. Voksende produktion på begge slags anlæg hænger statistisk sammen med voksende eksport. Derfor kan man - ifølge CEESA - ikke statistisk afgøre, hvilken "slags" el, der eksporteres.

I rapporten fra CEESA kan man i appendiks se ligninger for de to tendenslinjer:  $y = 0,675x - 282$ ,  $R^2 = 0,3885$  for vindkraft, og  $y = 0,5398x - 653$ ,  $R^2 = 0,2573$  for centralkraft. Tallet foran x er linjens hældning: jo større tal, desto mere udpræget er sammenhængen.  $R^2$  er et mål for, hvor godt datapunkterne passer til den rette linje. Det er et tal mellem 0 og 1, stor talværdi betyder god overensstemmelse mellem data og linje.

Hvis man i stedet for hele året ser på en enkelt måned og benytter den samme metode, som CEPOS og CEESA har benyttet, så fremkommer figur 2 og figur 3, som er for januar 2008.



Figur 2. Plot af netto eksport mod vindkraftproduktion, januar 2008



Figur 3: Plot af netto eksport mod produktion på centrale værker, januar 2008.

Figur 2 viser, at netto eksporten vokser, når vindkraften vokser.

Data for januar 2008 giver en bedre lineær sammenhæng end for hele året 2008 ( $R^2 = 0,627$  i stedet for  $0,3885$ ), omend den er mindre udpræget (hældning  $0,551$  for januar i stedet for  $0,675$  for året).

Figur 3 viser, at når produktionen på centrale kraftværker vokser, så falder netto eksporten: tendenslinjen er faldende.

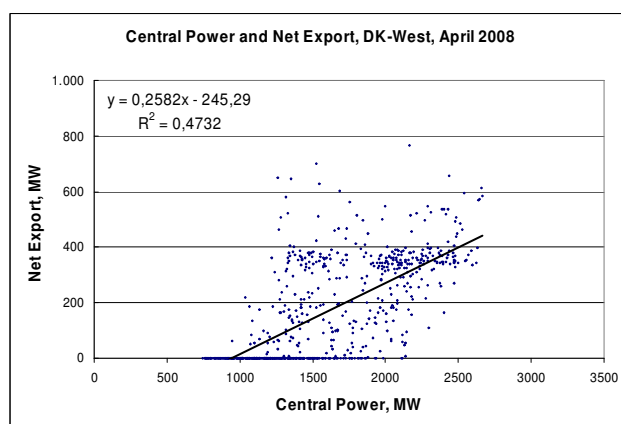
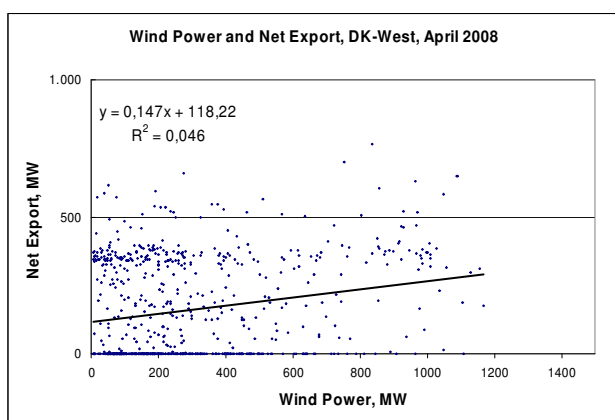
**Det er den modsatte tendens af den, som CEESA har fremhævet for hele året.**

## Konklusion 1

**Resultatet af den statistiske analyse afhænger af, hvilket tidsinterval man bruger. CEESA vælger at bruge et helt år. Hvis man bruger en måned, så kan man få et andet resultat!**

Kan man finde en måned, hvor resultatet støtter CEESA's argument?

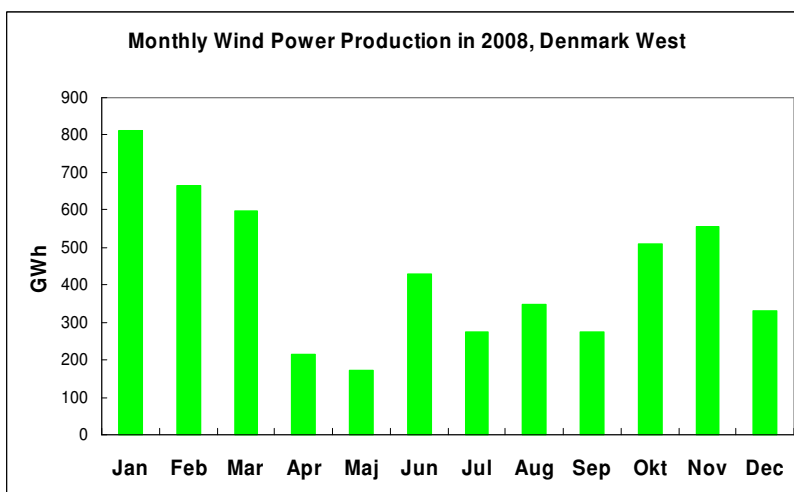
Svaret er ja. I appendiks 1 er analysen vist for alle måneder i 2008. De 24 grafer viser netto eksporten plottet mod produktionen af vindkraft (til venstre) og mod produktionen på centrale værker (til højre). Den mest udprægede støtte til CEESA's argument leveres af april 2008, som derfor gengives her.



Figur 4. Analyseresultater for april 2008.

Tendenslinjen på venstre graf har en meget svag stigning, hvorimod den på højre graf er meget stejl. Det viser en stærk sammenhæng mellem eksport og produktion på de centrale værker.

Hvorfor denne forskel mellem de enkelte måneder? Et bidrag til svaret fås af figur 5, som viser den månedlige produktion af vindkraft i 2008 for Vestdanmark. Det ses, at de seks måneder fra april til september har ret svag vind. Det er især tilfældet i april og maj.

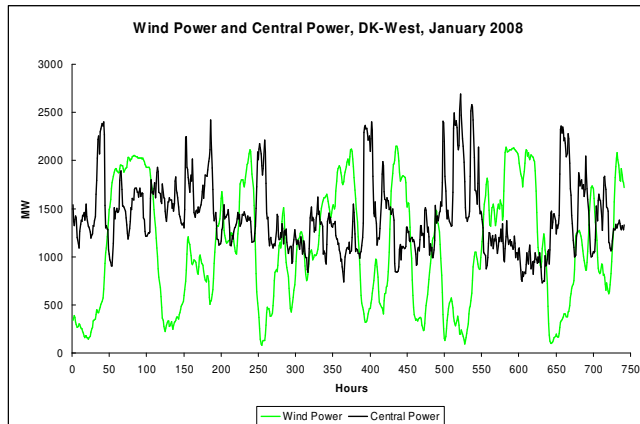


Figur 5. Månedlig produktion af vindkraft i 2008 (Vestdanmark).

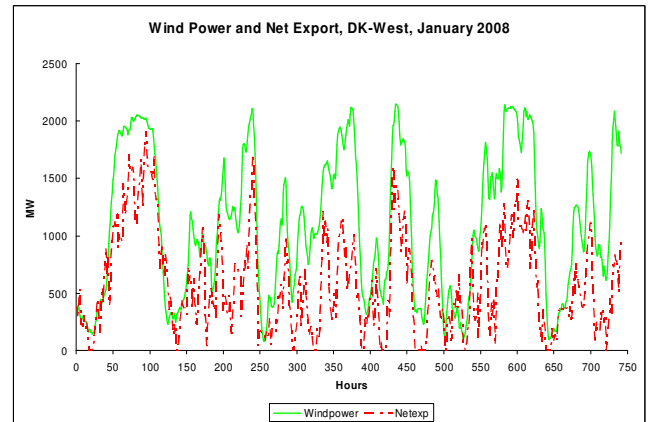
Forklaringen på den svage sammenhæng mellem netto eksport og vindkraft i april er derfor, at der ikke er nogen særlig vindkraft at eksportere. Når vore nabolande køber strøm, så kommer denne naturligvis fra de centrale værker.

## Hvad er det korrekte tidsinterval at bruge i den statistiske analyse?

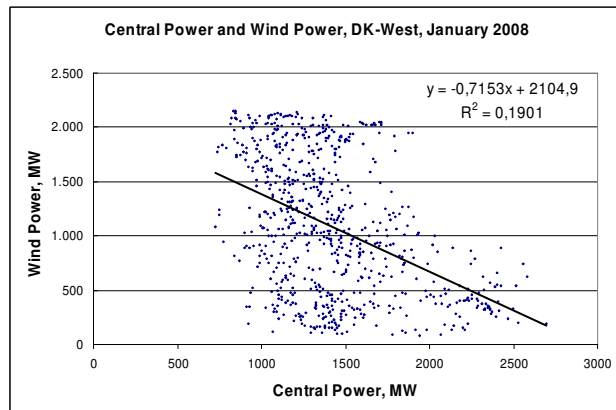
For at svare herpå betragtes først data for en enkelt måned.



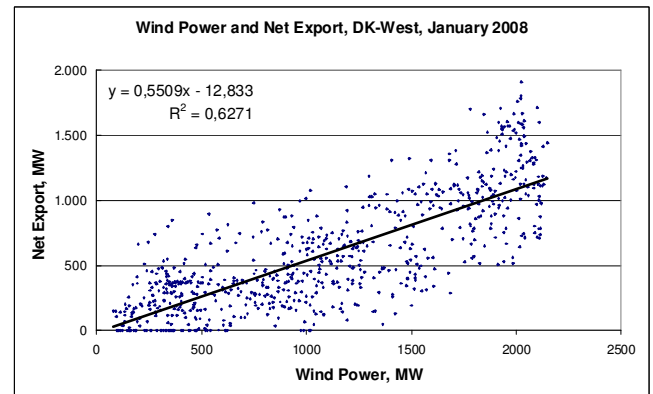
Figur 6. Produktionen af vindkraft og central kraft, DK-Vest, januar 2008



Figur 7. Produktionen af vindkraft og netto eksport DK-Vest, januar 2008



Figur 8. Vindkraft afbildet mod central kraft.



Figur 9. Vindkraft mod eksport (gentagelse af figur 2)

Figur 6 viser produktionen af vindkraft (grøn) og kraft på de store værker (kulsort) for Danmark Vest i januar 2008. Det ses, at toppe i den sorte kurve flere gange er sammenfaldende med dale i den grønne, og at grønne og sorte toppe ikke er samtidige. Omkring 250 og 660 timer er det meget tydeligt. En statistisk analyse (som ovenfor) af data på figur 6 er vist på figur 8.

**Den faldende tendenslinje afspejler, at de to kurver på figur 6 svinger i modtakt.**

Figur 7 viser produktionen af vindkraft og netto eksporten af el (rød). Her ses det, at den grønne og den røde kurve har en tendens til at følges ad, selv om de ikke altid svinger i takt: stor produktion af vindkraft falder ofte sammen med stor eksport. Det tilsvarende punktdiagram ses i figur 9.

**Den stigende tendenslinje afspejler, at de to kurver på figur 7 svinger i takt.**

I løbet af måneden er der ca. syv perioder på 50 til 150 timer, hvor vindkraften vokser fra næsten nul til en høj værdi og tilbage igen (figur 7). En statistisk analyse skal indeholde adskillige af disse variationer for at give mening: dataværdier for en enkelt time eller for et døgn giver i almindelighed ingen mening. Det tyder på, at **en måned er meget passende**. Da der i løbet af et år sker mange andre ting med elsystemet (figur 5), vil en analyse over et helt år ikke være af særlig interesse, da mange forskellige fænomener (variationer med årstiden, evt. anormalt vejr, tekniske nedbrud) blandes sammen.

Hvis to kurver svinger i takt (figur 8) - eller i modtakt (figur 7) - er dette principielt ikke et bevis på, at der findes en årsagssammenhæng. Men hvis tendensen genfindes i mange perioder år for år, så kan man med god grund lede efter en sammenhæng.

**Mulige fortolkninger af de sammenhænge, der ses på figur 6 og 8, samt på figur 7 og 9:**

**a) Figur 6/8: Når det blæser op, skrues de centrale værker ned for blusset, og når vinden lægger sig igen, så skrues de op.**

**b) Figur 7/9: De centrale værker kan ikke køres helt ned af tekniske årsager. Hvis produktionen af vindkraft er større end den mulige reduktion på de centrale værker, så kan man være nødsaget til at eksportere.**

Disse to fortolkninger er helt parallelle. Hvis den ene er korrekt, så er den anden det også.

Men CEESA anerkender ikke fortolkning b, idet rapporten i omtalen af graferne, der er gengivet i figur 1, skriver:

*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. 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.*

Hermed forsvinder også den under a) angivne fortolkning af den statistiske analyse på figur 8. Det er en skam, da denne direkte forklarer, at danske vindmøller sparer kul på de centrale værker.

### **Konklusion 2**

**CEESA anerkender ikke, at en statistisk analyse af elsystemets data kan vise en årsagssammenhæng mellem vindkraftproduktion og eksport!**

**En helt parallel analyse viser, at der skrues ned for centrale kraftværker, når det blæser op. Herved spares der kul i Danmark.**

**Er denne analyse så også forkert?**



## 2. Elpris og eksport

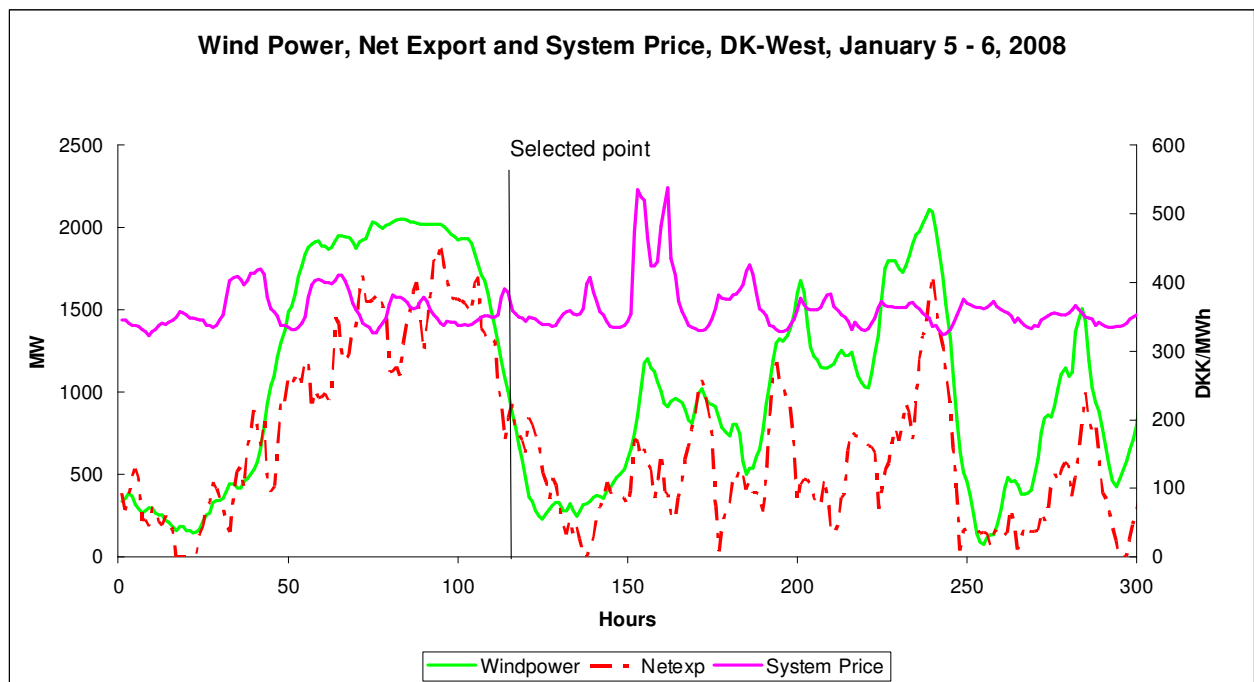
CEESA har en helt anden begrundelse for, hvad der er årsag til eksport af el.

*To establish a causal relation, one has to examine WHY the Danish energy system ends up exporting or importing electricity. Such causal relation has to do with the functionality of international (Nordic) electricity markets and how the independent power generators respond to price incentives. Most export is generated in power plants for the simple reason that it is financially attractive for the Danish power producers to generate power and sell it on the international power market. (p. 11-12)*

Dette punkt underbygger CEESA bl.a. ved at sammenligne to datapunkter i to forskellige måneder. Det ene er den 5. januar 2008 kl. 19, det andet er den 10. marts kl. 19. Figur 3 i CEESA's rapport viser elsystemets data på de to tidspunkter, sammen med systemprisen. Denne var den 5. januar 386 kr/MWh og den 10. marts 234 kr/MWh. I begge tilfælde er produktionen af vindkraft ca. 1000 MW, men i januar - og ikke i marts - er der eksport. Hele argumentationen lyder som følger:

*However, if we look at Fig. 3 and examine the contribution of the different generators, it is clear that large power stations generated much more electricity in the January situation than in the March situation. In both situations, wind power production was about 1000 MW as mentioned. Therefore, we infer that the reason for the difference between the two hours is the financial incentive for mainly the large power stations to produce (or not produce). The price on the Nord Pool international electricity market was only 234 DKK/MWh on March 10<sup>th</sup> and substantially higher on January 5<sup>th</sup>, namely 386 DKK/MWh. Consequently, the power stations make a profit on exporting in January but not in March. (p. 12-13)*

Lad os betragte situationen på de to udvalgte tidspunkter, idet der dog ses på et tidsinterval omkring disse.

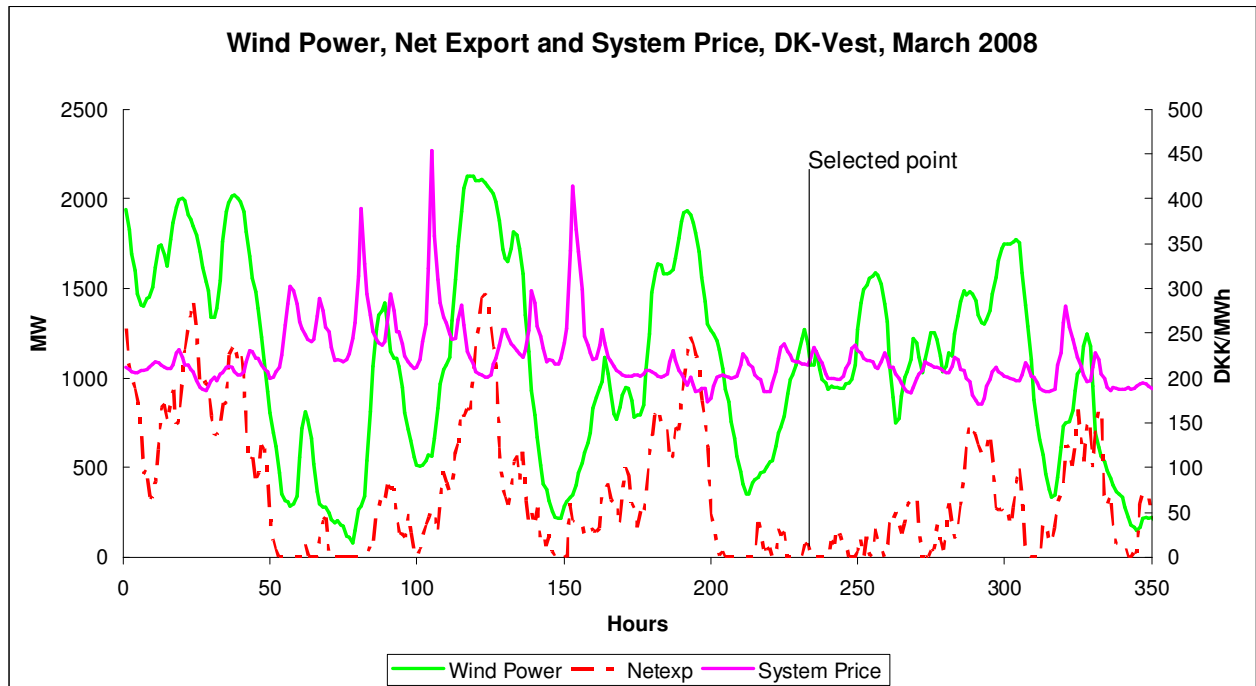


Figur 10. Omgivelserne af det punkt i januar 2008, som CEESA vælger at betragte.

Figur 10 viser situationen omkring det første punkt. Ifølge CEESA er eksporten i det udvalgte punkt begrundet i den høje systempris (sammenlignet med marts). Denne opfattelse er i modstrid med, at eksporten falder i de efterfølgende 20 timer, selv om systemprisen er uændret.

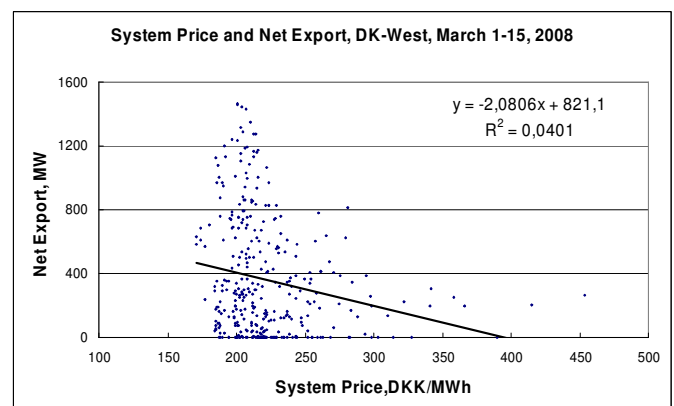
I de 70 timer forud for punktet voksede eksporten fra nul, **samtidig med vindkraften**, men i det udvalgte punkt er den på vej ned, **samtidig med vindkraften**. Dette er stærke indicier for, at det er vindkraften, der eksporteres.

Det næste udvalgte punkt ses på figur 11 sammen med omgivelserne.



Figur 11. Omgivelserne af det punkt i marts 2008, som CEESA vælger at betragte.

Det ses, at det udvalgte punkt befinder sig i et længere interval (70 timer) med ingen eller kun ringe eksport, hvor den producerede vindkraft ubestrideligt anvendes i Danmark. Imidlertid viser figur 11 en variation af systemprisen, som ikke fandtes på figur 10. Derfor undersøges det nu her, om der er en korrelation mellem systemprisen og netto eksporten. Figur 12 viser et plot data fra figur 11.



Figur 12. Plot af systempris og netto eksport sv. til figur 11.

Det fremgår tydeligt, at der er en negativ korrelation: når systemprisen vokser, falder eksporten. **Dette er i modstrid med CEESA's påstand:**

*Therefore, we infer that the reason for the difference between the two hours is the financial incentive for mainly the large power stations to produce (or not produce).(p. 12-13)*

### Konklusion 3

**CEESA udvælger to datapunkter og drager vidtrækkende konklusioner ud fra disse. En betragtning af et interval omkring de valgte punkter giver det modsatte resultat.**

CEESA betragter efterfølgende (figur 4 i rapporten) en situation den 14. juni 2008, hvor der midt på dagen var eksport i nogle få timer, hvor systemprisen passerer et maksimum. Denne eksport kommer i stand ved, at de centrale og decentrale kraftværker øger produktionen, idet vinden var så uelskværdig først at vokse nogle timer senere. Det hedder i rapporten:

*Fig. 4 is even more effective at illustrating the 'causality' of energy production causing export from wind power and power plants.(p. 13).*

Det forekommer at være en vidtrækkende konklusion ud fra en situation, som var speciel og af begrænset varighed. I løbet af formiddagen den 14. juni voksede eksporten til Tyskland fra 350 MW til knap 1300 MW, hvorefter den aftog igen til ca. 800 MW og forsvandt helt inden midnat. Det var denne ekstraordinære efterspørgsel, som førte til en stigende systempris i nogle få timer. (Netop den dag blev kernekraftværket Brokdorf ved Elben taget ud af drift grundet det årlige eftersyn).

### 3. CEESA's øvrige overvejelser om eksport af el

I rapporten fra CEESA hedder det om året 2008:

*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). (p. 14)*

Der fortsættes:

*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.(p. 15)*

Her omtales den situation, som er fremherskende på figur 7: at produktionen af vindkraft er større end netto eksporten (grøn kurve over rød). CEESA siger, at differensen bliver brugt i Danmark og at dette i 2008 er tilfældet for 63 % af den producerede vindkraft.

Den opfattelse kan illustreres med hovedtallene for januar 2008, som er vist i tabel 1. Hvis man tænker sig alle forbindelser til udlandet afbrudt og alle vindmøller standset, så skulle de øvrige danske kraftværker producere 383 GWh ekstra for at situationen hos danske forbrugere ville være uændret. Kraftværker i udlandet skulle tilsvarende producere ekstra

"Januar 2008	
	GWh
Vindkraft	814
Netto eksport	431
Differens	383

431 GWh til deres kunder. Det er derfor nærliggende at sige, at 383 GWh af vindkraftens producerede 814 GWh blev brugt i Danmark. Det svarer til 47 %, mens de resterende 53 % kom kunder i udlandet til gode.

Dette stemmer dog ikke med CEESA's rapport, som vurderer eksporten af vindkraft for hele året til at være 61 GWh (p. 19). På den ene side siger CEESA i ovenstående citat, at når grøn kurve ligger over rød (figur 7), så bruges differencen i Danmark. Det bliver for Danmark 383 GWh. Men resten af de producerede 814 GWh kan man altså ifølge CEESA's opfattelse ikke sige noget om - eller rettere: de bruges også i Danmark. Ellers kan man jo ikke komme ned på værdien 61 GWh eksporteret vindkraft for hele året.

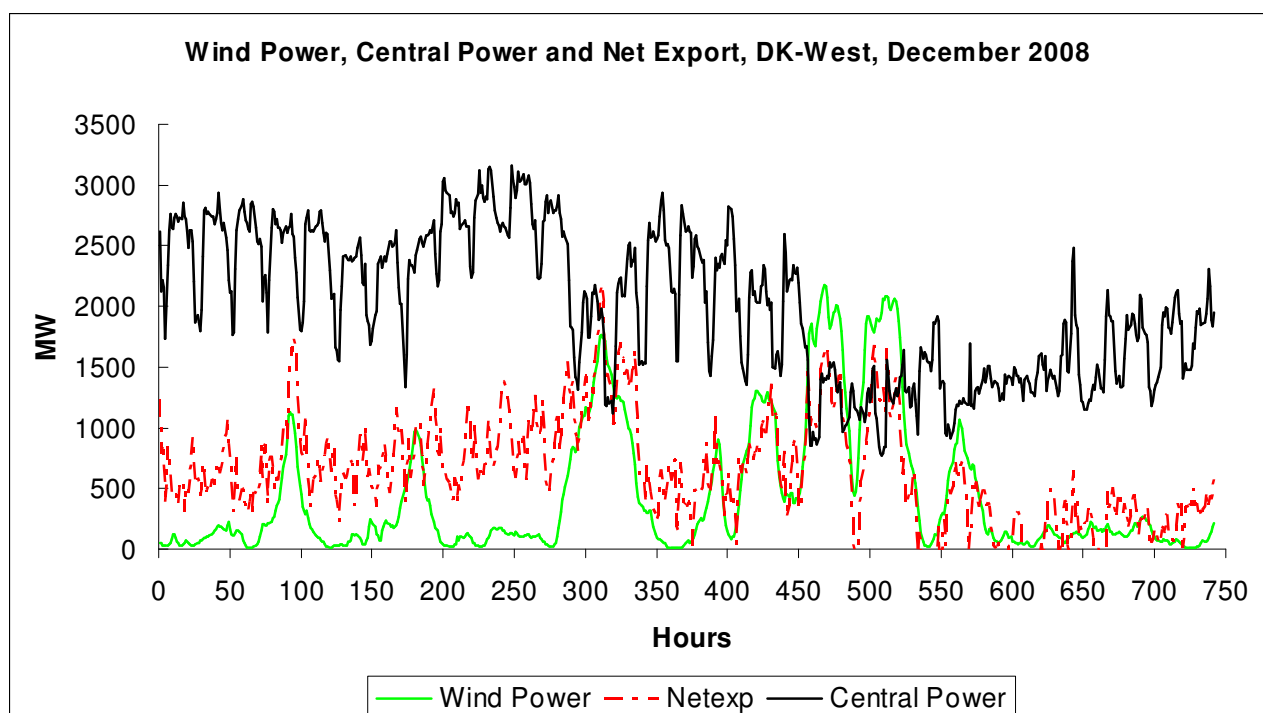
Videre hedder det i CEESA's rapport:

*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.*

*With regard to the remaining 36.9 percent, one cannot conclude anything from a purely technical, physical or statistical point of view as illustrated before.*

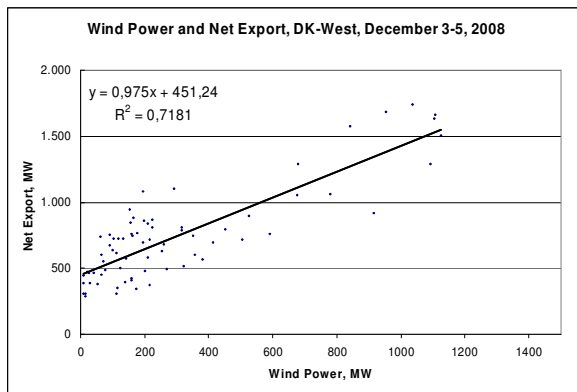
Hvis 63 % af den producerede vindkraft bruges i Danmark, hvad sker der så med de tilbageværende 37 %? Det mener CEESA, at man ikke kan sige noget om. Dette begrundes de med deres statistiske analyse af data for hele året 2008, som i det foregående er påvist at være utroværdig (se konklusion 1 og 2).

Når netto eksporten er større end vindkraften, så kan man - efter CEESA's opfattelse - ikke sige noget som helst. Her bringes et eksempel. Figur 13 viser for december 2008 en tilsvarende graf som figur 7. Her er forholdene noget anderledes, idet der fra månedens begyndelse er en betragtelig eksport (den røde kurve ligger over den grønne). Så her må det være de centrale værker, der producerer til eksport. Det er den situation, som ikke er omfattet af CEESA's omtale ovenfor. Det er CEESA's opfattelse, at man ikke kan sige noget om, hvad det er, der bliver eksporteret i denne situation: (*one cannot conclude anything from a purely technical, physical or statistical point of view as illustrated before.*)

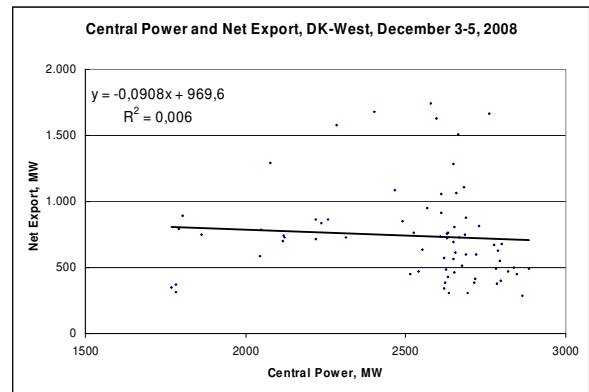


Figur 13. Vindkraft, centralkraft og netto eksport, Vestdanmark, december 2008

Vi betragter først tidsrummet fra 3. til 5. december (49 til 120 timer fra månedens begyndelse). I denne periode blæser det op, men vinden lægger sig igen. En ikke-statistisk analyse (brug øjnene og se på den første grønne top på grafen) viser, at eksporten, som allerede er godt i gang, vokser yderligere samtidig med, at produktionen af vindkraft vokser. Et plot af de tilhørende punkter ses på figur 14.



Figur 14: Plot af netto eksport mod vindkraftproduktion 3 døgn i begyndelsen af december 2008.



Figur 15: Plot af netto eksport mod central kraftproduktion 3 døgn i begyndelsen af december 2008.

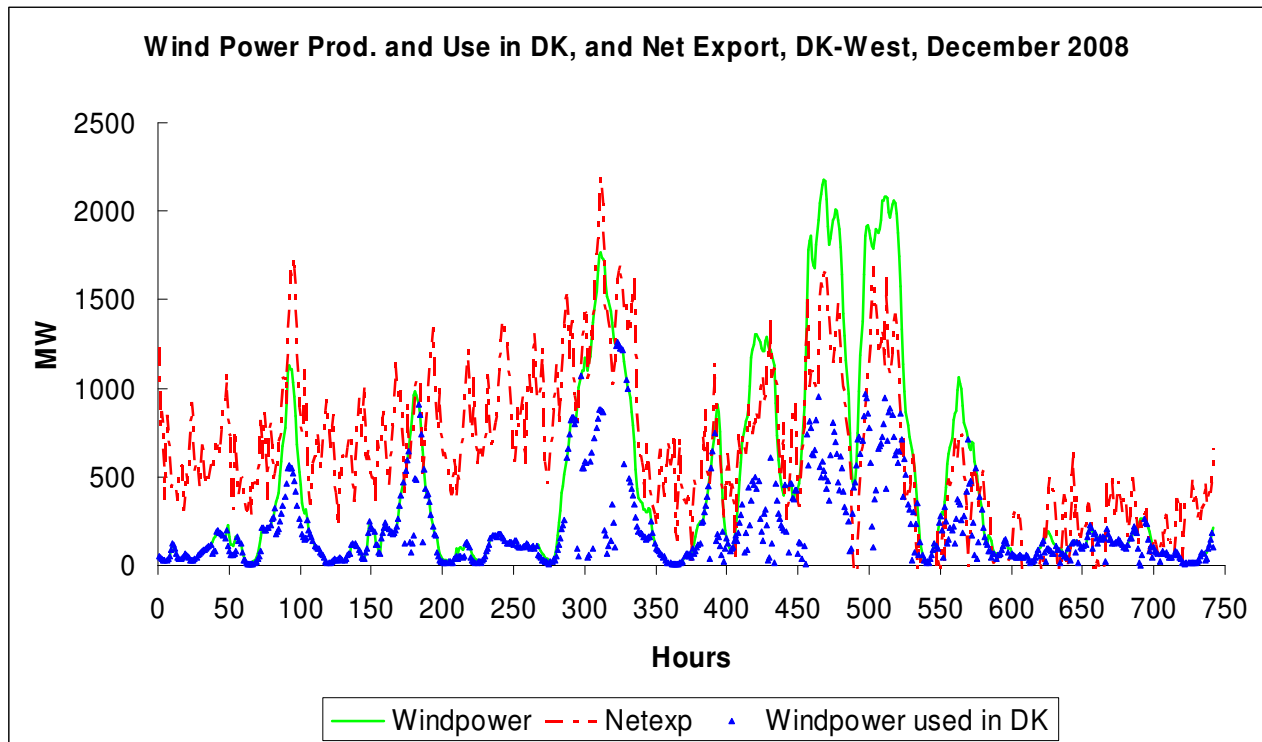
Figur 14 viser en stærk korrelation mellem netto eksport og vindkraftproduktion. Det betyder, at den røde og den grønne top omkring 100 timer på figur 7 følges pænt ad, hvilket kan ses med det blotte øje.

Tilsvarende viser figur 15, at når produktionen på de centrale værker vokser, så aftager netto eksporten. Det er dog en meget svag sammenhæng ( $R^2$  tæt ved 0).

Denne analyse viser, at det absolut er muligt at analysere data, selv om netto eksporten er større end vindkraften - i modsætning til CEESA's opfattelse. Figur 14 leverer oven i købet et stærkt argument for, at det er vindkraft, der eksporteres. Skulle nogen være skeptisk over for statistiske metoder, så kan man kigge på figur 13 lidt før 100 timer - og bruge sin sunde fornuft.

Den slags tilfælde er behandlet i en analyse af vindkraft i dansk elforsyning, som er udarbejdet af REO i 2007<sup>3</sup>, men som ikke har opnået synderlig udbredelse. I denne analyse benyttes en avanceret metode: den i Danmark brugte vindkraft er vindkraftproduktionen minus netto eksporten (når resultatet er positivt). I andre tilfælde (som i begyndelsen af december betragtet ovenfor) undersøges korrelationen mellem de to størrelser i intervaller på 12 timer. Ud fra størrelsen af korrelationskoefficienten beslutes, om vindkraften kan betragtes som anvendt, helt eller delvis, i Danmark eller om den eksporteres. Figur 16 viser resultatet af analysen anvendt på december 2008. Det ses, at omkring tidspunktet 300 timer anvendes halvdelen af vindkraften i Danmark, selv om vindkraft og eksport har næsten samme størrelse. Dette skyldes den manglende korrelation af de to størrelser over 12 timer. Synspunktet er, at selv om strømmen fra vindmøllerne ryger til udlandet, så erstatter vindmøllerne kul på de øvrige kraftværker. Derfor anvendes vindmølleenergien i Danmark.

<sup>3</sup> <http://www.reo.dk/> klik på REO's udgivelser/Rapporter



Figur 16. Produktion og internt forbrug af vindkraft samt eleksport, DK-Vest, december 2008

**CEESA's vurdering af, hvor megen el fra vindmøller, der eksporteres, er baseret på en for udenforstående kompliceret betragtning af det nordiske elsystem.**

Det hedder i CEESA's rapport:

*One has to establish a causal relation, which can be found by observing the market mechanisms of international electricity markets. Such observation leads to the conclusion that the production of the last unit of electricity comes from the units with the highest short-term marginal production costs, and consequently the wind export in 2008 was only 61 GWh equal to approx. 1 percent of the wind power production (or less than 0.2 percent of the demand).(p. 20-21)*

Det må give anledning til undren, at man kan basere spørgsmålet om eksport af strøm fra produktionsanlæg, der varierer stærkt inden for få timer, alene på de marginale omkostninger (*short-term marginal production costs*). Er det de marginale omkostninger, der alene bestemmer produktionen, eller er det den ikke kontrollerbare produktion (vindkraften), der bestemmer de marginale omkostninger? Hvilken rolle spiller de ovenfor under a) og b) anførte tekniske forhold? Hvorom alting er, så er **det angivne tal på 61 GWh ikke resultat af en for læseren gennemskuelig analyse.**

Vi er således i den situation, at det, som almindelige mennesker kan se med deres egne øjne på figur 7 og tilsvarende figurer:

**at der ofte eksporteres strøm, når vindkraftproduktionen er høj, og derfor er der en sammenhæng,**

ikke er korrekt efter CEESA's mening. Det er kun eksperter med et dybtgående kendskab til elmarkedet, der kan forklare eksporten af el.

## 4. Resultater for Vestdanmark 2008

Med den ovenfor omtalte metode (fodnote 3) kan andelen af internt anvendt vindkraft i Danmark beregnes. Tabel 2 viser resultatet for hver måned i 2008. Tallene i kolonne 4 er dem, der ovenfor blev afbildet i figur 5.

Kolonne 10 viser andelen af vindkraft i det vestdanske elforbrug. Den laveste dækning var i december med 8,4 %, og den højeste i februar med 21 %.

Vindkraftproduktionen i januar svarede til 40 % af elforbruget, og den laveste værdi var i maj med godt 10 %.

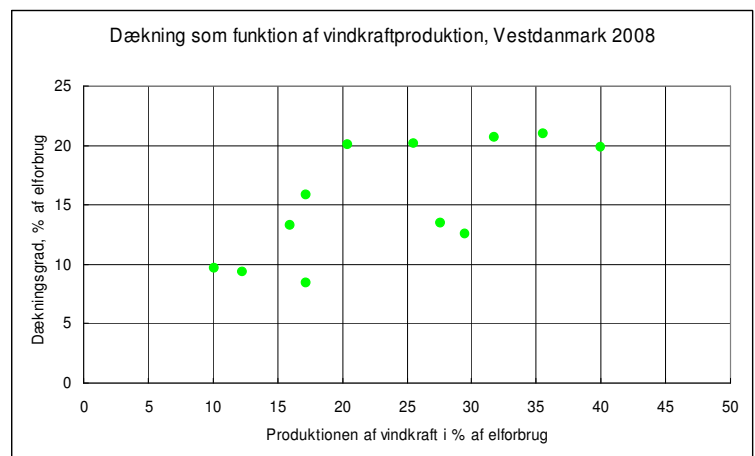
Resultatet for året som helhed var, at produktionen af vindkraft svarede til 24 % af elforbruget og dækningen af det interne forbrug var 15,4 %.

Alle tal gælder for Vestdanmark, som har den største udbygning med vindkraft.

Jo større produktionen af vindkraft er, desto vanskeligere er det at indpasse den i det danske elforbrug. Det fremgår klart, hvis man afbilder produktionen (kolonne 11) ud ad x-aksen og det interne forbrug op ad y-aksen, som vist på figur 17. Dette billede passer helt med resultaterne fra årene 2005, 2006 og 2007, som er vist på figur 18.

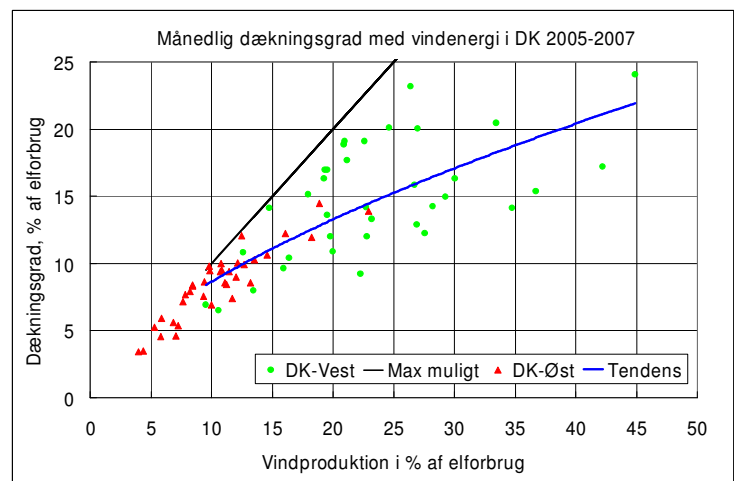
Tabel 2. Vestdanmark 2008										
	Cen	Decen	Vind	Imp	Input total	Export	Elorbrug	Vindkraft		
	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	GWh	forbrugt i DK	% af elforbrug	produktion
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Jan	1053,1	598,8	813,6	390,2	2855,7	821,0	2034,7	403,7	19,8	40,0
Feb	964,4	520,3	665,3	522,5	2672,5	800,5	1872,0	393,7	21,0	35,5
Mar	999,9	497,1	598,9	574,3	2670,1	784,8	1885,2	390,4	20,7	31,8
Apr	1136,1	433,4	215,4	795,0	2580,0	831,2	1748,8	164,6	9,4	12,3
Maj	948,8	319,5	173,4	724,2	2165,9	452,3	1713,2	165,3	9,6	10,1
Jun	920,5	267,6	430,6	613,9	2232,6	546,7	1685,9	339,3	20,1	25,5
Jul	735,4	274,0	274,2	877,0	2160,6	562,6	1598,0	253,5	15,9	17,2
Aug	694,2	240,0	348,9	743,1	2026,2	319,9	1706,3	341,6	20,0	20,4
Sep	963,4	311,0	274,6	790,4	2339,4	618,6	1720,8	228,8	13,3	16,0
Okt	1237,4	399,4	509,6	656,1	2802,6	954,9	1847,7	249,0	13,5	27,6
Nov	1379,8	488,5	556,7	495,7	2920,8	1035,5	1885,2	236,7	12,6	29,5
Dec	1495,8	578,7	331,5	541,4	2947,4	1023,2	1924,2	162,2	8,4	17,2
Year	12528,7	4928,2	5192,8	7723,9	30373,7	8751,1	21622,1	3328,8	15,4	24,0

Resultat for Vestdanmark 2008. Kolonne 10 viser vindkraftens andel af elforbruget.



Figur 17. Dækningsgrad som funktion af vindkraftprod., DKW-2008

**I januar 2008 svarede produktionen af vindkraft i Vestdanmark til 40 % af elforbruget. Hvis CEESA har ret i, at højst 1 % af vindkraften i hele 2008 blev eksporteret, så må det betyde, at det vestdanske elsystem i den omtalte måned indpassede ca. 40 % vindkraft. Det er en bedrift af dimensioner!**



Figur 18. Dækningsgraden vokser langsommere end produktionen.

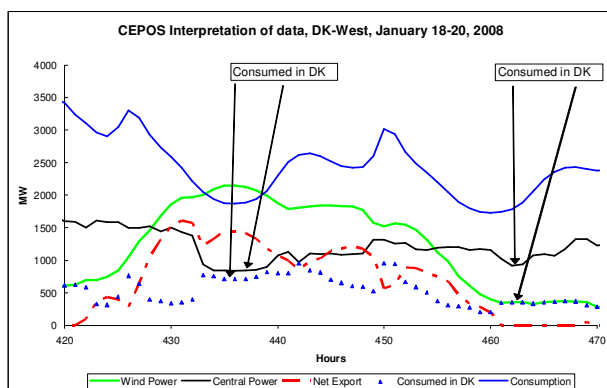
## Konklusioner

Der har i nogle år været en del blæst om vindkraftens bidrag til det danske elforbrug. Fra officielt hold påstås, at vindkraft dækker ca. 20 % af det indenlandske forbrug. I 2007 fremlagde REO en analyse af vindkraft i dansk elforsyning 2005 og 2006. Den viste, at vindkraften i de to år dækkede hhv. 13,6 % og 10,3 % af det indenlandske forbrug. I 2009 kom en rapport fra CEPOS frem til et tilsvarende resultat. Denne rapport gik også ind på de økonomiske forhold. En gruppe på 14 danske forskere, samlet i CEESA, har i 2010 fremlagt en rapport, som bestrider de omtalte resultater. Denne blev præsenteret i TV-avisen den 25. februar kl. 21.

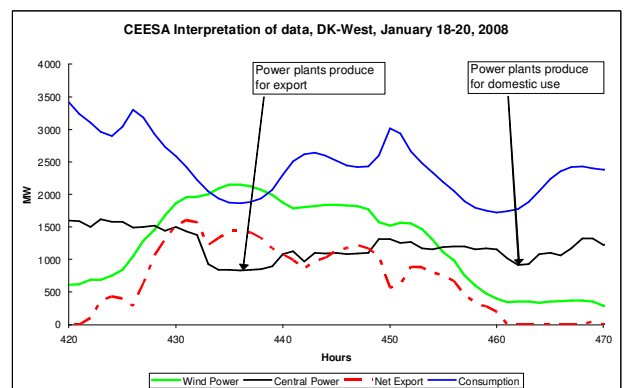
I det foreliggende notat er det påvist, at CEESA's analyser på en række punkter er fejlagtige.

- CEESA's resultater bygger på en statistisk analyse af alle data i året 2008. Grundet den meget store variation i vindkraften over året giver det et helt andet resultat, end hvis man baserer analysen på en måned.
- CEESA baserer en konklusion på data for et tidspunkt på to forskellige datoer. Analyse af data i et interval omkring de udvalgte punkter giver det modsatte resultat.
- CEESA oplyser, at en grundig analyse af elmarkedet fører til den konklusion, at ca. 1 % af vindkraften eksporteres.

Den forskellige fortolkning af dansk elforsyning er illustreret på de to hosstående figurer, som gælder for det tilfælde, at vindkraftproduktionen er større end netto eksporten.



Figur 19. CEPOS's fortolkning af elforsyning.



Figur 20. CEESA's fortolkning af elforsyning.

REO og CEPOS har den opfattelse, at dansk elforbrug dækkes af produktionen på centrale og decentrale værker plus vindkraft minus netto eksport. Den eksporterede el er ud fra denne opfattelse i mange tilfælde produceret på vindmøller, idet netto eksport og vindkraft viser sig at være stærkt korrelerede.

CEESA har derimod den opfattelse, at vindkraft primært produceres til hjemmemarkedet. Fortolkningen af de centrale værkers produktion kan derfor skifte helt fra dag til dag, som vist på figuren til højre: omkring 435 timer producerer de centrale værker til eksport, idet det hjemlige forbrug dækkes helt af vindkraft. Omkring 30 timer senere producerer de centrale værker det samme - men nu er det udelukkende til hjemligt forbrug. Hvilke filosofiske konsekvenser det kan have for operatørerne på de centrale kraftværker er ukendt.

**Uanset om det interne danske forbrug dækkes med 12 % eller 20 % vindkraft, så er Danmark førende på området vindkraft. Det kan vi alle være stolte af. Men af hensyn til den fremtidige udvikling er det væsentligt, at befolkningens opfattelse er i overensstemmelse med virkeligheden.**



# Appendiks 1

