

Kort oversigt over dansk energiforsyning og -forbrug, samt nogle betragtninger over mulighederne i ikke fossil energiproduktion

1. Indledning

2. Måleenheder

- 2.1. Præfixer
- 2.2. Energi og effekt.
- 2.3. Omregningstabeller Brændværdi, massefylde, kuldioxidudvikling for forskellige brændsler og energipriser omregnet til konsistente enheder
- 2.4. Annuitetsformlen
- 2.5. Regneeksempler

3. Statistik

Kilde hovedsagelig
www.ens.dk/graphics/Energi_i_tal_og_kort/statistik/aarsstatistik/Statistik2006/Grunddata_2006.xls)

- 3.1. Udvikling i energiforbrug
- 3.2. Elforbrug og -produktion
- 3.3. Kuldioxidudledning
- 3.4. Udvikling i dansk energiforsyning

4. Vedvarende energi

- 4.1. Vind
- 4.2. Biomasse
- 4.3. Bølgekraft
- 4.4. Solenergi
- 4.5. Brint
- 4.6. Atomkraft
- 4.7. Kul
- 4.8. Regneeksempel som kommentar til klimaministerens *Da Klimaet blev hot*.

5. Konklusion

Abstract. Jeg har i det følgende forsøgt at klargøre væsentlige begreber og måleenheder, at fremlægge relevante statistikker, og at give mine personlige vurderinger – med skyldig respekt for de kendsgerninger, jeg har kunnet samle sammen - af hvilke muligheder vi har for at virkeliggøre energipolitikens målsætninger, **reduktion af kuldioxidudledningen og uafhængighed af slyngelstateres olie og gas.**

1. Indledning

1.1. Generelle betragtninger

- 1.1.1 Danmarks og resten af den civiliserede Verdens energipolitik bør have som formål at gøre os uafhængige af de slyngelstater, der sidder på hovedparten af verdens olie og gas.
- 1.1.2 Det kan ikke afvises, at afbrænding af fossile brændstoffer kan have en meget uheldig virkning på klimaet.
- 1.1.3 Rigelig og stabil energiforsyning er en forudsætning for en civiliseret tilværelse, og også for at verdens befolkning kan være ret meget større end ca. 1 milliard mennesker.
- 1.1.4 Den energipolitik, der har været ført siden Svend Auken og de radikale gennemtrumfede kuldioxidafgiften med virkning fra 1. januar 1992, har iflg. forfatterens opfattelse været uoplyst og kontraproduktiv. Forfatteren var energiansvarlig iflg. Loven om kuldioxidafgift på BASF.s Vitaminfabrik da kuldioxidafgiften blev gennemført.

1.2 Arbejdsgrundlag.

Det foreliggende arbejde er fortrinsvis baseret på Energistyrelsens grundige og overskuelige statistikker. Disse er offentligt tilgængelige og findes under www.ENS.dk

Baseret på dokumentet Energistatistik 2007.xls kan man opstille nedenstående tabel, der angiver de vigtigste nøgletal og tendenser.

År	1 972	2 005	2 006	2 007
Korrigeret energiforbrug PJ				
Olie	749	350	345	349
Naturgas	0	192	191	175
Kul og koks	52	166	182	192
Affald, ikke bionedbrydeligt	2	9	9	9
Vedvarende energi	13	132	135	149
Bruttoenergiforbrug i alt	816	848	862	874
Anvendelser PJ				
Energisektoren	23	52	48	48
Ikke energiformål	19	12	12	13
Transport	136	215	217	226
Produktionserhverv	212	214	219	217
Handels- og serviceerhverv	119	127	131	133
Husholdninger	306	229	234	237
Korrigerede kuldioxidemissioner, millioner tons				
Korrigeret Emission	59,7	51,0	52,4	52,7
Kuldioxidemissioner beregnet ud fra brændselsforbrug				
Olie	58,4	27,3	26,9	27,2
Naturgas	0,0	10,9	10,8	9,9
Kul og koks	4,9	15,7	17,3	18,3
Beregnet sum mio tons	63,3	53,9	55,1	55,4

1.3 Bedømmelse af Dansk Energipolitik

Danmarks per capita udledning af drivhusgasser er en af de højeste i Europa. Vort energiforbrug er trods et tungt privat og offentligt energibureaukrati og på trods af, at talrige energitunge industrier er fordrevet til udlandet, ikke faldet i de sidste 25 år, men har været svagt stigende.

Ikke desto mindre tror en stor del af den danske befolkning, at Danmark er et foregangsland, men det kan være svært at se, når man følger med i statistikkerne. Mere herom nedenfor.

Når vort politiske system sætter stor pris på at hævde, at Danmark har afkoblet energiforbruget fra den økonomiske vækst klinger det mere end hult. Hvis man medregnede det udenlandske energiforbrug til fremstilling og transport af vort indenlandske forbrug ville tallene se meget anderledes ud.

1.4 Forfatterens baggrund.

Forfatteren er kemiingeniør med mange års erfaring i udvikling, produktion og projektering i den kemiske industri, og karrieren sluttede med pensionering fra COWI.s energiafdeling i Aarhus. Alle i rapporten fremlagte synspunkter står for forfatterens egen regning

2. Måleenheder

Man kan ikke på kvalificeret vis deltage i energidebatten uden at have styr på måleenhederne. Det har ikke mange, og det kræver en indsats at blive fortrolig med dem. Der indledes derfor med en gennemgang af disse.

2.1. Præfikser

Faktor		Præfiks	Symbol
10	10^1	deca	da
100	10^2	hecto	h
1.000	10^3	kilo	k
1.000.000	10^6	mega	M
1.000.000.000	10^9	giga	G
1.000.000.000.000	10^{12}	tera	T
1.000.000.000.000.000	10^{15}	peta	P
1.000.000.000.000.000.000	10^{18}	exa	E

2.2 Energi og effekt. Omregningstabeller

Det kræver en del skoling at kunne sammenligne de forskellige tal, der svæver rundt i debatten. Energistyrelsen opgiver f.eks. energiproduktion og energiforbrug i PJ(oule)/år eller TJ(oule)/år.

De månedlige elstatistikker angiver elproduktionen i GWh. Vindmølleindustrien opgiver møllernes kapacitet i kW eller MW, og angiver den årlige produktion i MWh eller GWh. Det er ikke til at gennemskue for almindelige dødelige.

2.2.1. Energi

Det danske ord for Energi er ARBEJDE. En **J(oule)** er for eksempel det arbejde der udføres når 1kg løftes 10 cm. Den engelske fysiker Joule viste for ca. 150 år siden at denne mekaniske arbejds mængde også ville kunne opvarme et gram vand 0,24°C.

Nedenfor findes en tabel for konvertering af energienheder.

Konvertering af energienheder			
kJ	kWh	kcal	BTU
1,00	$277,8 \cdot 10^{-6}$	0,2391	0,9488
3.600	1,00	860,6	3.415
4,183	$1,162 \cdot 10^{-3}$	1,00	3,969
1,054	$292,8 \cdot 10^{-6}$	0,2520	1,00

Ønsker man at finde omregningsfaktoren fra kcal til kJ går man ned til 1 tallet i kolonnen "kcal" og bevæger sig til venstre til kolonnen kJ, og ser, at der går 4,183 kJ på 1 kcal.

Tilsvarende svarer 1 kcal til 0,001162 kWh, og 1 kWh til 860,6 kcal og til 3600 kJ.

Ønsker man at omregne fra f.eks. 50 kcal til Joule multiplicerer man 50 med 4,183.

BTU British Thermal Unit er den varmemængde, der kræves for at opvarme et pund vand 1° Fahrenheit. Enheden medtages her, fordi den er hyppigt anvendt i USA og i oliebranchen. Den er tæt på at være lig med 1 kJ.

2.2.2. Effekt.

Watt er defineret som **Joule/sekund** dvs **energi per tidsenhed** eller **effekt**.

Energi og effekt.

Energistyrelsens opgivelse af energiforbruget i PJ/år er således en effektangivelse lige så vel som når en bilmotors effekt opgives til et antal kW eller HK (hestekræfter).

Man kan ikke omregne effekt til energi. Det er to forskellige **dimensioner**. Man kan heller ikke sammenligne en bils hastighed med et antal kilometer. Men multiplicerer man hastigheden med den tid i hvilken bilen har bevæget sig med en vis hastighed, finder man det kørte antal kilometer.

Tilsvarende gælder for **energi** og **effekt**. Da der er 3600 sekunder per time bliver en **Wh (watt time)** således lig med **3600 Joule** og en **kWh** lig med **3600 kJ**.

Dimensionsbegrebet.

Man kan sammenligne størrelser, der har samme dimension. F.eks. kan man omregne tommer til centimeter, og centimeter til kilometer og kilometer til mil. For der er tale om samme dimension, nemlig længde.

Tilsvarende kan man omregne **TJ/år** til **J/sek** dvs. **Watt** ved at dividere med antallet af sekunder per år. (31.536.000 i et normalår og 31.622.400 i et skudår), idet både TJ/år og Watt udtrykker **energi per tidsenhed**. Omsætningsfaktorerne i skemaet nedenfor gælder for et normalår.

*Huskeregul: $\pi = 3,14 = 22/7$. Til hurtige overslagsberegninger kan man derfor sætte antallet af sekunder per år lig med: $\pi * 10$ millioner)*

Det kunne have sine fordele, at anvende Watt i stedet for joule per år, specielt fordi alle mulige energiproducerende og energiforbrugende anlægs ydelser og forbrug opgives i Watt.

Konvertering af effektenheder			
PJ/år	MW	GWh/år	Mia BTU/år
1,00	31,71	277,8	948,8
$315,4 * 10^{-3}$	1,00	8,760	29,92
$3,600 * 10^{-3}$	$114,2 * 10^{-3}$	1,00	3,42
$1,054 * 10^{-3}$	$33,40 * 10^{-3}$	$292,8 * 10^{-3}$	1,00

NB! Der regnes med et normalår, der indeholder 8760 timer, medens et skudår indeholder 8764 timer. Ønsker man at finde omregningsfaktoren fra PJ/år til MW går man fra tallet i feltet lige under PJ mod højre og finder at 1 PJ/år svarer til 31,7 MW og 278 GWh/år.

Tilsvarende vil en vindmølle, der i gennemsnit yder 1 MW, hvilket kun gunstigt placerede monstermøller kan klare, yde 0,03154 PJ år, hvilket så kan sammenholdes med vort totale energiforbrug på ca. 850 PJ/år. Svarende til **27000 stk. monstermøller**. (Plus ikke eksisterende, ikke en gang tænkelige anlæg til opbevaring af det overskud, der produceres, når det blæser).

Vindmøllers ydelser svinger mellem 0 og den nominelle kapacitet. Ultimo 2008 var kapaciteten i alt 3171 MW og gennemsnitsydelsen i 2008 var 790 MW, **24,9 % af den nominelle kapacitet**.

Danmarks **bruttoenergiforbrug** er ca. **874 PJ i 2007** svarende til $874 \cdot 31,71/1000 = 27,7 \text{ GW}$ (1 GW = 1000 MW) og **nettoforbruget**, dvs, forbruget eksklusivt tab i olieraffinaderier, kraftværker, fjernvarmeledninger mv. var **685 PJ** svarende til **21,7 GW**.

Regnede man vindmøllernes elproduktion som **Nettoenergiproduktion**, hvilket man ikke kan, fordi en stor del af produktionen med tab må sendes til vore nabolande – især Norge og Sverige, hvorfra den så kan importeres igen i form af vandkraft i stille vejr, kunne vi nøjes med at forøge mølleparken med en **faktor $21,7/0,790 = 27$** . Den eksisterende vindmøllepark har kostet 30-40 milliarder kr. En vindmølles levetid angives almindeligvis til 20 år. Så skulle vort energibehov dækkes af vindmøller, ville vi årligt skulle bygge vindmøller for 54 milliarder kr, ca. 10.000 kr/indbygger. Denne overslagsberegning indeholder ikke omkostningerne til opbevaring af det strømoverskud, der ville produceres, når det blæser.

Tallet 874 PJ/år kan ikke sige nogen noget. Det er lidt lettere med 27,7 GW. Dette kan man f.eks. dividere med Danmarks befolkningstal 5,3 millioner og derved finder man, at vort gennemsnitlige bruttoeffektforbrug er 5,2 kW, svarende til at vi hver især døgnet rundt var omgivet af 52 tændte 100 watt pærer.

Man erindre, at Finlands 5. atomreaktor vil få en nominel effekt på 1,6 GW, i praksis godt 90% heraf altså ca. 1,45 GW. Til dækning af hele vort nettoenergi behov skulle vi altså bruge $21,7/1,45 = 15$ reaktorer.

Men vor produktion af biomasse, der kan anvendes til energiproduktion, udgør iflg. Energistyrelsen 165 PJ/år, svarende til 5 GW, hvilket igen svarer til omtrent 4 atomreaktorer.

2.3. Omregningstabeller for brændværdi, massefylde og kuldioxidudvikling for forskellige brændsler og energipriser omregnet til konsistente enheder

Nedenstående tabel indeholder de vigtigste data for de vigtigste brændstoffer, og er hentet fra Energistyrelsens årsoversigt. Det bør måske tilføjes, at man opererer med to forskellige brændværdier, den **øvre** og den **nedre**. Forskellen er at man ved den øvre brændværdi medregner den varme, der udvikles, når den ved forbrændingen dannede vanddamp fortættes.

De nedenfor gengivne brændværdier er **nedre** brændværdier.

Energipriser opgives dagligt i avisen i vidt for forskellige enheder, der gør det næsten umuligt for ikke eksperter at drage sammenligninger.

Råolieprisen angives i \$ per tønde, Benzinprisen i \$ per ton og Elprisen i EU per MWh. Kulpriser angives ikke i den daglige avis.

	Enhed	Brænd-værdi per enhed	Massefylde	CO2-emissionsfaktorer		Priser per enhed og vekselkurs				
				kg /GJ	kg/MWh	Den 30.09.2009	kr/l	kr/GJ	kr/MWh	
Råolie, Gennemsnit	ton	43	0,8525							
Råolie, Gennemsnit ³	barrel	5,828	0,8525			\$ 67,47	5,0839		58,85	211,87
Motorbenzin	ton	43,8	0,75	73,0	262,8	\$ 580		3,93	67,32	242,36
Gas/dieselolie	ton	42,7	0,84	74,0	266,4					
Fuelolie	ton	40,65	0,98	78,0	280,8					
Naturgas ⁴	1000 m ³	39,54		56,9	204,8	DK 3000	1		75,9	273
Elværkskul ²	ton	24,80		95,0	342,0	\$70,00	5,0839		14,69	53
Terminspriser el	MWh					€ 28,50	7,444		58,93	212
El fra havmøllepark ¹	MWh					SEK 740	0,7246		148,95	536
El nyt atomkraftværk¹	MWh					SEK 370	0,7246		74,47	268
Halm	ton	14,50				kr 500	1		34,48	124
Skovflis	Rum-meter	2,80								
Skovflis	ton	9,30								
Brænde, løvtræ	m ³	10,40								
Brænde, nåletræ	m ³	7,60								
Træpiller	ton	17,50								
Træaffald	ton	14,70								
Træaffald	Rum-meter	3,20								
Biogas	1000 m ³	23,00								
Affald	ton	10,50								
Bioethanol ⁵	ton	26,70	0,79					4,00	189,64	683
Biodiesel	ton	37,60	0,84					4,00	126,6	456

1) Vattenfall Årsredovisning 2006 p.18-19

2) 70 \$ per ton er det bedste tal, jeg har kunnet finde på nettet, men jeg er ikke overbevist om dets pålidelighed

3) 1 barrel olie er 158,99 liter

4) Naturgas 8 \$/mill BTU. 1,054 GJ/mill BTU svarende til 8,432 \$/GJ. Prisen gælder næppe i Europa i dag. $8,432\$/GJ * 5,2061\text{kr}/\$ = 43,9\text{kr}/GJ$

5) Literprisen er rent gæt.

Bemærk: At priser opgives "per enhed" betyder f.eks. at råolieprisen 67,47 \$ betyder "per barrel" og at benzinprisen \$ 580 betyder "per ton." Man skal altså hen til samme linie i kolonne 2 for at finde enheden. For at kunne sammenligne er priserne i de to sidste kolonner omregnet til kr/GJ og kr/MWh. Omregningsfaktoren fra GJ til MWh er 3,6 idet det er indregnet, at der går 3600 GJ til en GWh og dermed kun 3,6 GJ til en MWh.

Man kan ikke umiddelbart sammenligne råolieprisen med elprisen. El kan bruges til næsten alt andet end drift af fly, skibe og biler. Og det koster at få råolien forarbejdet og at fragte den fra Rotterdam til forbrugeren. Men man kan dog udlede af tallene, at atomkraft mildt sagt er mere

økonomisk end vindkraft, og at det vil være svært at undgå atomkraft, hvis vi skal reducere kuldioxidslippet væsentligt.

Det koster også at omdanne kul til elektricitet, men formentlig er elektricitet baseret på kul den absolut billigste el, så længe man ikke medregner omkostninger ved kuldioxidudledning og partikelforurening.

2.4. Annuitetsformlen

Kapitalismen kan næppe siges at være nogen omfangsrig ideologi. Kort sagt går den vel ud på at

1. Alting har en pris
2. Prisen kan beregnes
3. Regninger skal betales

Vi vil nedenfor se på prisen for kapital og hvordan denne pris beregnes ved hjælp af annuitetsformlen:

$$Q*(1+r)^n = A*(1 + (1+r)^n)/r$$

Formlen udsiger, at den investerede **kapital Q** efter forrentning med **renten r** i **n perioder** skal være lige med værdien af skyldnerens ydelser, når skyldneren betaler en lige stor **ydelse A** i hver periode.

Eksempel:	Kernekraftværk	Vindmølle
Investering	30 milliarder kr	25 millioner kr
Praktisk funktionstid	40 år	30 år
Rentefod	4 % p.a.	4% p.a.
Nominel kapacitet	1600 MW	2 MW
Effektivitet	0,9	0,4
Timer per år	8760	8760
Kapitaludgift per år	1516 millioner kr	1,446 millioner kr
Elproduktion	12.614 GWh/år	7,008 GWh/år
Kapitaludgift	130 kr/MWh	211 kr/MWh

Tallene for kernekraftværket må anses for at være ret realistiske. Udgiften til bygning af en 2 MW havvindmølle incl. Nettilslutning, back up mv. er utvivlsomt alt for lavt sat.

2.5. Regneeksempler

2.5.1. Barsebäck.

I 1998 producerede Barsebäckværket 8200 GWh elektricitet.

Skulle denne elmængde fremstilles ved kul eller gas skulle der indfyres mere end den dobbelte energimængde, altså mindst 16400 GWh svarende til henholdsvis

$16400 \cdot 342 = 5,6$ millioner tons kuldioxid ved kulfyring og

$16400 \cdot 205 = 3,4$ millioner tons kuldioxid ved gasfyring.

I 2003 udledte Danmark **58,2** millioner tons kuldioxid!

Tallene **342 og 205** angiver kuldioxidudviklingen i forhold til brændslets energiindhold og findes i ovenstående tabel i kolonnen kg/MWh ud for henholdsvis kraftværkskul og naturgas.

Det er svært at komme til anden konklusion, end at udledning af kuldioxid ikke er et spørgsmål, der virkelig interesserer vore politikere.

2.5.2. Horns Rev

I 2006 producerede hver af de 80 møller på Horns Rev 7453 MWh.

I 2007 producerede hver af de 80 møller på Horns Rev 8244 MWh.

I januar-oktober 2008 produceredes per mølle 6452 MWh

Hvor store var **ydelserne**?

Et normalår indeholder 8760 timer. Ydelserne blev dermed henholdsvis

$7453/8760 \cdot 1000 = 852$ kW per mølle og $8244/8760 \cdot 1000 = 941$ kW/mølle

Månederne januar til oktober 2008 indeholder 7320 timer.

Ydelsen er da $6452/7320 \cdot 1000 = 881$ kW/mølle.

Det danske effektforbrug er ca. **850 PJ/år**.

Hvor mange Horns Rev møller ville være nødvendige for at dække det danske **bruttoeffektforbrug**?

Af tabellen ovenfor fremgår at 1 PJ/år = 31,71 MW.

Det nødvendige antal møller bliver da ca. $850 \cdot 31,71/0,9 = ca. 30.000$ møller når det antages at møllerne i gennemsnit yder 900 kW, altså 0,9 MW.

Hvis vindmøllerne producerede jævnt kunne det nok lade sig gøre hovedsageligt at basere energiforsyningen på vindmøller. Men det gør de ikke. I skrivende stund den 27.11.2008 kl 14,43 ydede de danske vindmøller i alt 239 MW, sv.t. 7-8 % af den installerede kapacitet på ca. 3100 MW. Så en energiforsyning baseret på vindmøller har to grundlæggende problemer:

1. Hvor skal man få energien fra, når det ikke blæser?
2. Hvad skal man gøre af energien, når det blæser?

2.5.3. Effektiviteten af et elværk

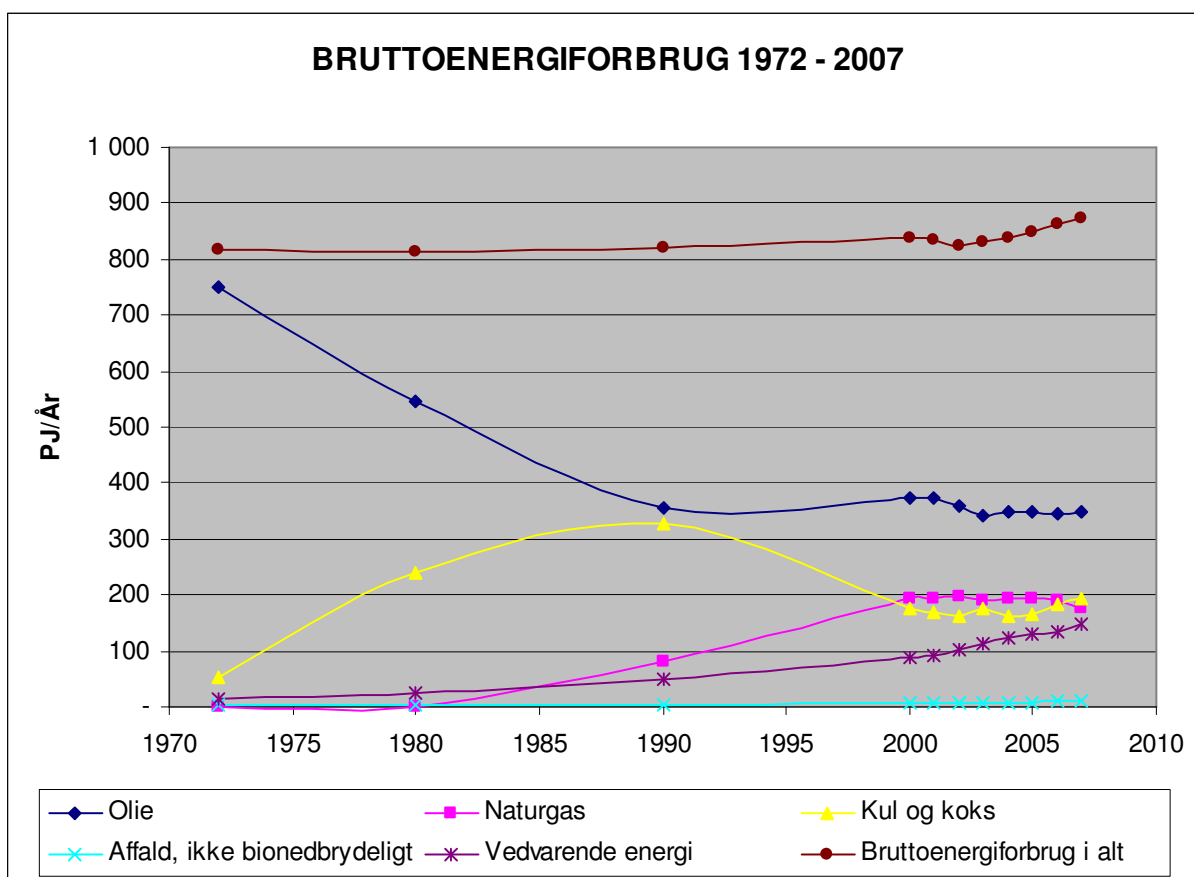
Ydelse	2600	MW
Kulforbrug	25000	tons kul per døgn
Brændværdi for kul	24,80	GJ/t
Indfyring	$25000/24/3600$	$= 0,289$ tons kul/sekund
		$= 0,289 * 24,80$ GJ/sek = 7,176 GJ/sek = 7176 MW
Effektivitet		$= 2600/7176 = 0,36 = 36\%$

3. Statistik

Kilde hovedsagelig Energistyrelsens ENERGISTATISTIK 2007, der kan hentes fra nettet. (www.ens.dk)

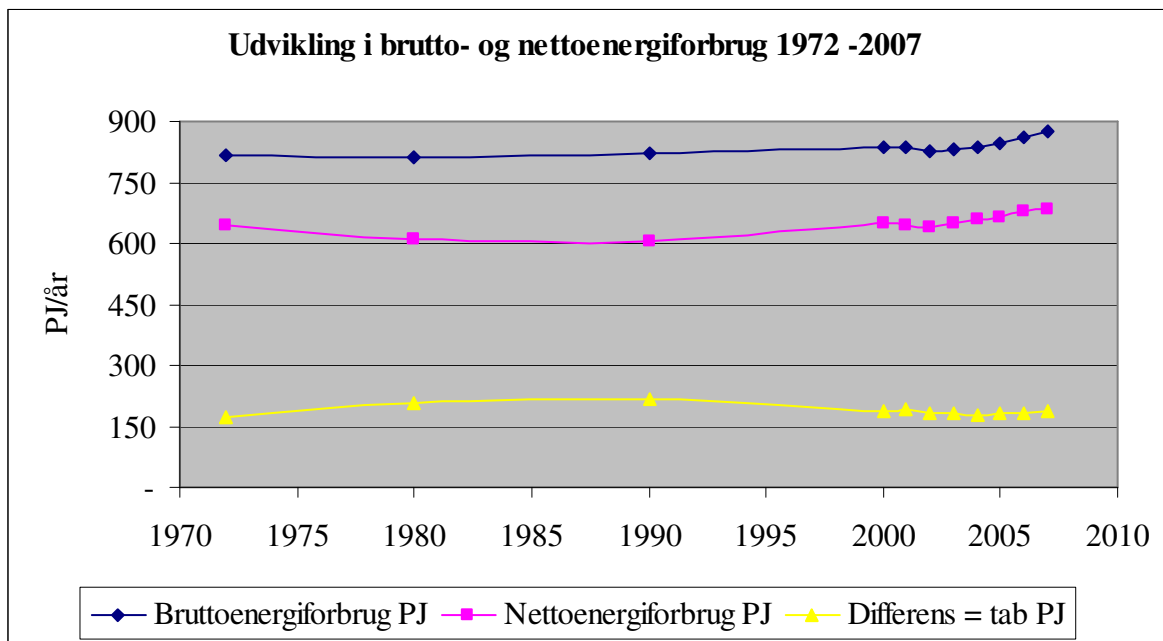
Forbruget er angivet på i PJ/år og i den mere håndterbare enhed GJ/sek, altså GW.

År	1972	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Korrigeret Energiforbrug PJ											
Olie	749	546	355	374	374	359	343	347	350	345	349
Naturgas	0	0	82	192	193	196	190	195	192	191	175
Kul og koks	52	241	327	176	167	162	176	163	166	182	192
Affald, ikke bionedbrydeligt	2	3	5	7	7	8	8	8	9	9	9
Vedvarende energi	13	24	50	88	93	101	113	124	132	135	149
Bruttoenergiforbrug i alt	816	814	819	837	835	825	831	838	848	862	874
Korrigeret Energiforbrug GW											
Olie	23,7	17,3	11,3	11,8	11,9	11,4	10,9	11,0	11,1	10,9	11,1
Naturgas	0,0	0,0	2,6	6,1	6,1	6,2	6,0	6,2	6,1	6,0	5,6
Kul og koks	1,6	7,6	10,4	5,6	5,3	5,1	5,6	5,2	5,3	5,8	6,1
Affald, ikke bionedbrydeligt	0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,3	0,3	0,3	0,3	0,3
Vedvarende energi	0,4	0,8	1,6	2,8	2,9	3,2	3,6	3,9	4,2	4,3	4,7
Bruttoenergiforbrug i alt	25,8	25,7	26,0	26,5	26,5	26,2	26,4	26,5	26,9	27,3	27,7



Det bemærkes at energiforbruget har været svagt stigende i de sidste 35 år, på trods af at en lang række energitunge industrier er blevet fordrevet til Asien og andetsteds, og på trods af, at Danmark er et **FOREGANGSLAND**. **Konklusion: Det vil være praktisk umuligt at sænke energiforbruget væsentligt.**

Udvikling i Brutto og Endeligt energiforbrug (Nettoenergiforbrug)											
År	1972	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Bruttoenergiforbrug PJ	816	814	819	837	835	825	831	838	848	862	874
Nettoenergiforbrug PJ	645	610	604	649	645	642	647	659	664	678	685
Differens = tab PJ	171	204	215	188	190	184	184	179	184	184	189
Bruttoenergiforbrug GW	25,80	25,73	25,98	26,48	26,47	26,17	26,35	26,50	26,90	27,34	27,72
Nettoenergiforbrug GW	20,40	19,28	19,16	20,53	20,46	20,35	20,51	20,83	20,99	21,43	21,67
Differens = tab GW	5,40	6,46	6,82	5,95	6,02	5,82	5,84	5,67	5,90	5,91	6,05

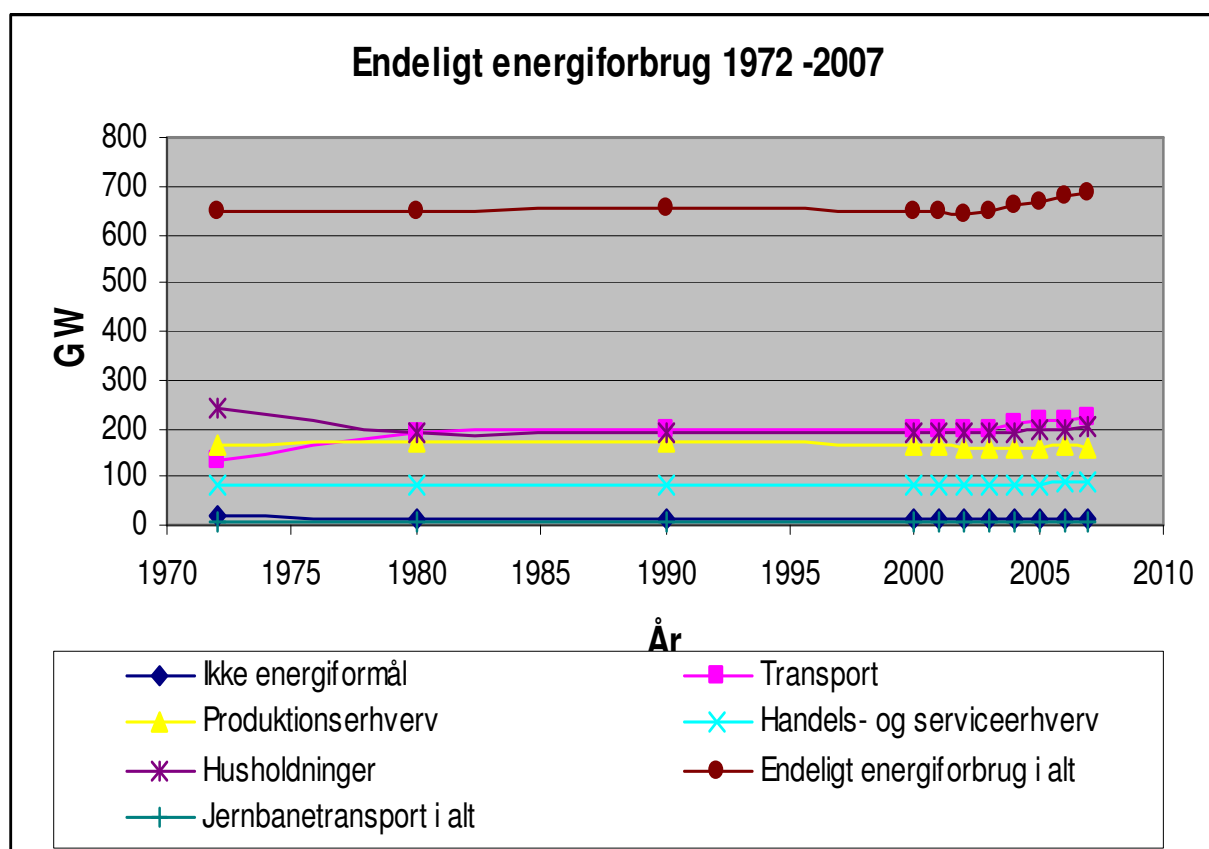


Differensen mellem Brutto og nettoenergiforbrug udgøres af tab i kraftværker, olieraffinaderier, elledninger og fjernvarmeledninger, statistiske udligninger m.m. Man kunne have forventet at differensen blev mindre, når Danmark nu er et FOREGANGSLAND

Udvikling i netto energiforbrug

Nedenfor vises energiforbruget for forskellige områder og dets udvikling i de sidste 35 år. Forbruget vises både i PJ/år og i GW.

	1972	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Endeligt energiforbrug i alt PJ											
Ikke energiformål	19	13	13	13	11	11	12	13	12	12	13
Transport	135	194	199	199	199	195	200	209	214	216	225
Produktionserhverv	165	168	170	168	168	161	160	160	159	163	161
Handels- og serviceerhverv	83	80	81	81	80	83	84	85	85	88	87
Husholdninger	242	193	193	189	187	191	191	192	194	199	200
Endeligt energiforbrug i alt	645	648	656	649	645	642	647	659	664	678	685
Endeligt energiforbrug i alt GW											
Ikke energiformål	0,6	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Transport	4,3	6,1	6,3	6,3	6,3	6,2	6,3	6,6	6,8	6,8	7,1
Produktionserhverv	5,2	5,3	5,4	5,3	5,3	5,1	5,1	5,1	5,0	5,2	5,1
Handels- og serviceerhverv	2,6	2,6	2,6	2,6	2,5	2,6	2,7	2,7	2,7	2,8	2,7
Husholdninger	7,7	6,1	6,1	6,0	5,9	6,1	6,1	6,1	6,2	6,3	6,4
Endeligt energiforbrug i alt	20,5	20,6	20,8	20,6	20,5	20,3	20,5	20,9	21,1	21,5	21,7
Jernbanetransport i alt	0,160	0,159	0,151	0,138	0,130	0,132	0,133	0,135	0,142	0,140	0,138



Det fremgår af diagrammet ovenfor, at nettoenergiforbruget har været næsten uforandret i de sidste 35 år, men dog svagt stigende. Det ses også, at der er sket en bemærkelsesværdig nedgang i privatboligernes energiforbrug.

Industri, landbrug, fiskeri og byggeri har et næsten uændret energiforbrug, medens transportens energiforbrug er steget. Bemærk, at jernbanernes energiforbrug udgør en meget beskedent del af transportens energiforbrug. **Så en metode til et reducere transportens energiforbrug kunne være et intelligent jernbanesystem.**

Vi hører ofte, at det er lykkedes at opnå en velstandsstigning uden at øge energiforbruget. Man glemmer at fortælle, at energiforbruget til gengæld stiger voldsomt i de lande, hvortil vi har fordrevet de tunge industrier, der stadig er nødvendige for at forsyne os med stål, kemikalier, tekstiler og meget mere.

Transportsektorens udvikling taler for sig selv. For ca. 20 år siden, medens Anders Fogh Rasmussen var skatteminister havde forfatteren lejlighed til at spørge ham, om han havde planer om at afskaffe skatten på hushandler, så man ikke straffede folk for at flytte efter deres arbejde. Det havde han ikke. Med udgangspunkt i Grenaa kan man også sige, at en af nettoeffekterne af at fordrive energitung industri, papir, kemikalier og tekstiler har været, at mange grenåensere nu må køre ca. 120 km om dagen for at komme på arbejde i Aarhus eller Randers.

Man kan diskutere ordet **fordrive**, men de energi- og miljøafgifter den danske og anden europæisk industri er blevet pålagt yder i hvert fald sit bidrag til udflytningen, medens det ofte ikke er tilfældet, at arbejds lønnen i virkeligheden er lavere i mindre udviklede lande. Bemærk at der tales om **afgifter**, ikke om **omkostninger** til miljø og energi. Forfatteren går naturligvis ikke ind for at udgifterne ikke skal betales. Men for eksempel havde Grenaa Papirfabrik en aftale med Ålborg Portland om at kunne lade en del af sit affald anvende som brændsel i cementproduktionen, og blev så under den nuværende liberale regering pålagt en ikke ubetydelig **affaldsafgift** for dette brændsel. Så nu er der ikke mere papirproduktion i Grenaa. Forfatteren hævder ikke, at det var denne urimelige afgift, der lukkede fabrikken, men eksistensen af sådanne afgifter gør det ikke lettere at skabe nyt efter det gamle, som faldt.

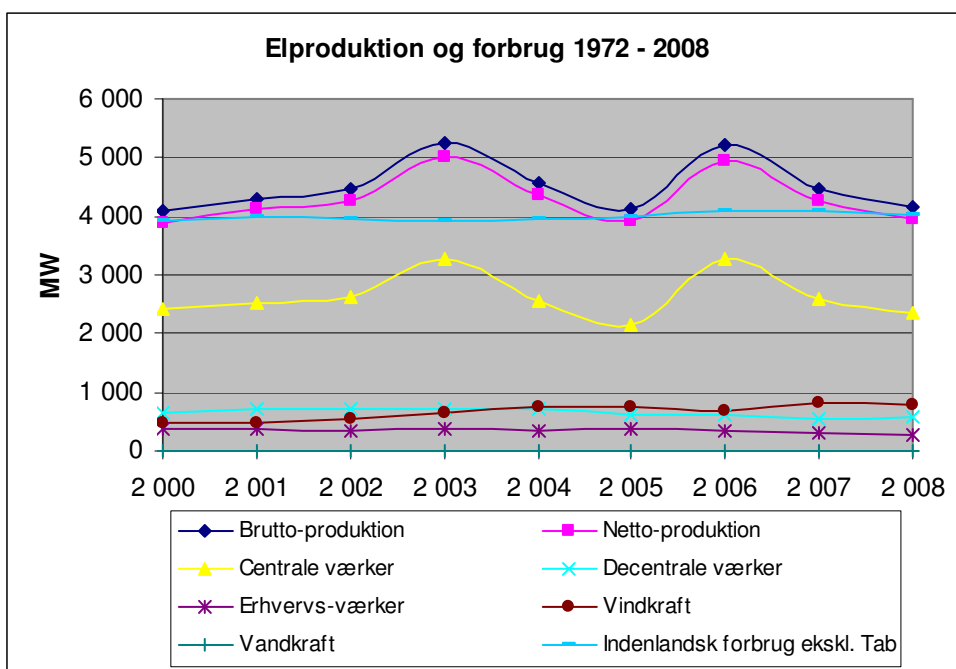
3.2. Elforbrug og -produktion

Nedenstående vises produktion og forbrug af elektricitet i MW, idet tallene skal forstås som årsgennemsnit.

Vindproduktionen varierer f.eks. fra praktisk 0 til ca. 3000 MW, og forbruget varierer også betydeligt over døgnet. Mere herom nedenfor.

Det bemærkes, at forbruget er næsten konstant, men dog svagt stigende. Vindkraften svinger en del fra år til år, og bruttoproduktionen langt mere, afhængigt af nedbøren i Norge og Sverige. Det bemærkes, at vindkraften spiller en noget mindre rolle end almindelig antaget.

MW	Brutto-produktion	Netto-produktion	Centrale værker	Decentrale værker	Erhvervs-værker	Vindkraft	Vandkraft	Indenlandsk forbrug ekskl. Tab	Vindkraft kW/MW forbrug
2 000	4 074	3 900	2 410	632	371	483	3	3 924	123
2 001	4 293	4 111	2 538	714	364	492	3	3 986	123
2 000	4 463	4 253	2 625	714	354	557	4	3 952	141
2 003	5 250	4 995	3 289	706	363	635	2	3 929	162
2 004	4 583	4 369	2 550	713	354	749	3	3 967	189
2 005	4 113	3 921	2 152	629	382	755	3	3 997	189
2 006	5 204	4 949	3 289	621	339	697	3	4 081	171
2 007	4 476	4 267	2 595	553	297	819	3	4 075	201
2 008	4 145	3 954	2 339	563	261	789	3	4 018	196

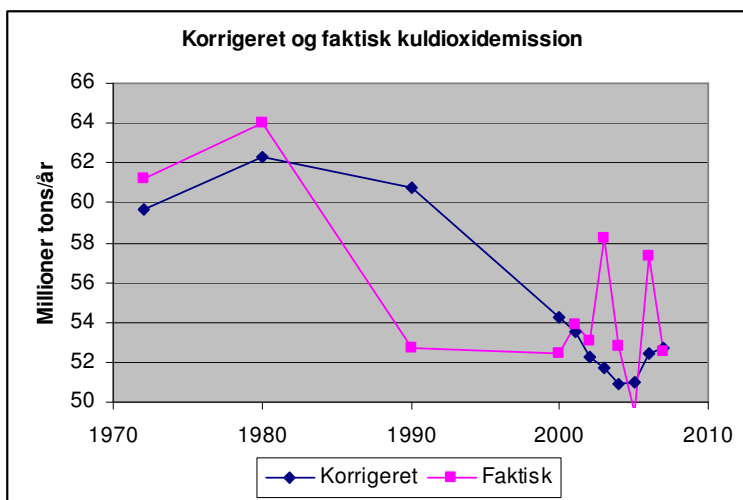


Det er indres, at MW omregnes til GWh/år, ved at multiplicere med antallet af timer per år, 8760, og dividere med 1000.

3.3 Kuldioxidudledning

Nedenfor vises udviklingen i Danmarks kuldioxidudledning.

Kuldioxidemissioner millioner tons		
År	Korrigeret	Faktisk
1972	59,7	61,2
1980	62,3	64,0
1990	60,8	52,7
2000	54,2	52,5
2001	53,6	53,9
2002	52,2	53,1
2003	51,7	58,2
2004	50,9	52,8
2005	51,0	49,4
2006	52,4	57,3
2007	52,7	52,6



Det bør erindres, at den nedgang i kuldioxidudledningen, der har fundet sted, ikke skyldes et reduceret energiforbrug, men at har vi opbygget en naturgasforsyning og at vi er blevet meget bedre til at udnytte brandbart affald og biomasse. Vindkraftens rolle, er som det vil fremgå nedenfor marginal. Og selv en tredobling af vindkraften synes ikke at kunne påvirke kuldioxidudledningen mærkbart.

Det må være relevant at bemærke, at en væsentlig del af den opnåede reduktion i udledning af kuldioxid skyldes ændring i sammensætningen af forbruget af fossile brændsler.

Brændselsbetinget reduktion af kuldioxid				
		1990	2007	Differens
Fossilt energiforbrug	PJ	764	716	48
Beregnet kuldioxidudvikling	1000 t	63.418	55.428	7 990
Forudsatte man den samme procentvise fordeling af de forskellige brændsler i 1990 og 2007 ville man imidlertid opnå en noget højere udvikling af kuldioxid, idet forbruget af kul er omtrent halveret, medens forbruget af naturgas er godt og vel fordoblet.				
Kuldioxidudvikling ved samme brændselsfordeling	1000 t	63.418	59.451	3 967
Så halvdelen af den opnåede kuldioxidreduktion skyldes altså ændring i forholdet mellem forbrug af kul og naturgas.				

Forfatteren beklager, at de beregnede tal for kuldioxidudledning ikke stemmer med oplysningerne fra Danmarks statistik, men vil nøjes med at fastslå, at omlægning til naturgasfyring har medført en væsentlig reduktion og en væsentlig del af reduktionen i kuldioxidudledningen. Langt størstedelen af resten af reduktionen skyldes forøget anvendelse af biomasse og affaldsforbrænding. Men forfatteren har opgivet at sætte tal på.

Det kan også være lærerigt at sammenligne den danske per capita udledning af kuldioxid med nogle af vore nabolandes.

Kilde: Ranking of the World's countries by 2006 per capita fossil-fuel CO2 emission rates. National per capita. Source: Gregg Marland, Tom Boden, and Bob Andres.

Udledning af kuldioxid per indbygger i 2006		
Nummer i Verden	Land	tons/år
28	Nederlandene	10,30
30	Belgien	10,19
32	Grønland	10,01
33	Israel	10,01
34	Danmark	9,94
37	Tyskland	9,79
38	Storbritannien	9,39
44	Sydafrika	8,76
45	Østrig	8,69
46	Grækenland	8,65
47	Norge	8,62
48	Polen	8,36
50	Italien	8,03
51	Spanien	7,99
64	Frankrig	6,27
71	Sverige	5,61

Hvad angår kuldioxidudledning indtager danskerne en 34. plads, foran tyskere og englændere, der har langt mere energitug industri, end vi har, og langt foran franskmænd og svenskere, der også har meget mere energitug industri end os. Og en ikke ringere levestandard.

Forklaringen ligger lige for. Danmark har ikke atomkraft, men mere vindkraft per indbygger end noget andet land. Derimod er det ikke så let at forklare, hvordan det er lykkedes det politiske establishment at bilde danskerne og tilsyneladende sig selv ind, at Danmark er et **foregangsland**.

Nederlandene og Belgien har langt mere energitug industri end Danmark. Opgørelsen har i øvrigt den markante mangel, at den ikke inkluderer varetransport fra og kuldioxidudvikling i producentlandet. Det tør formodes, at der i Kina og andetsteds udvikles en hel del kuldioxid under produktion af varer til det danske marked. Og langt mere, end hvis vi stadig producerede dem selv.

3.3.1. Verdens forbrug af fossile brændsler og kuldioxidudvikling

Nedenstående tabel angiver Verdens forbrug af fossile brændsler i 2006/7 så vidt det har været forfatteren muligt at finde tallene frem.

Coal		
Coal 2006	mio tons	6,143
Carbondioxide	kg/kg Coal	2,356
Carbondioxide	Billion tons/Year	14,472
Carbon	Billion tons/Year	3,95
Energy content	GJ/ton	24,80
Effect	GigaWatt	4.831
Lignite 2007		
Production	mio ton	945
Carbondioxide	kg/t lignite	1775
Carbondioxide	Billion tons/Year	1,677
Carbon	Billion tons/Year	0,46
Energy content	GJ/ton	18,30
Effect	GigaWatt	548
Oil production 2007		
Oil production	Billion tons/Year	4,216
Carbondioxide	kg/ton oil	3171
Carbondioxide	Billion tons/Year	13,37
Carbon	Billion tons/Year	3,65
Energy content	GJ/ton	43,00
Effect	GigaWatt	5.749
Gas 2007		
Gas 2007	Billion m ³	3198
Carbondioxide	kg/m ³ gas	2,25
	Billion tons/Year	7,196
Carbon	Billion tons/Year	1,96
Energy content	MJ/m³	39,54
Effect	GigaWatt	4.010
Total carbon and carbondioxide		
Total carbon from fossil fuels	Billion tons/Year	10,01
	g/m²/year	19,66
Total carbondioxide from fossil fuels	Billion tons/Year	36,7
	g/m²/year	73,4
Total effect of fossil fuel in 2006/2007	GigaWatt	15.137
Effektforbrug Danmark	GigaWatt	27
Verden/Danmark	faktor	561

Det ses, at der ved afbrænding af fossile brændsler tilføres atmosfæren 10 milliarder tons kulstof per år. Dette tal kan ingen forestille sig, men ved at dividere med jordklodens areal, 500 millioner kvadratkilometer, finder man, at der tilføres hver kvadratmeter jordoverflade 20 gram kulstof per år, dvs. godt halvdelen af denne mængde forbliver foreløbig i atmosfæren, idet dennes indhold af kuldioxid vokser med ca. 2,1 ppm/år, medens væksten ville være 4,75 ppm/år, hvis al kuldioxiden blev i atmosfæren.

Forfatteren kan ikke vurdere om tilførslen af kulstof er stor eller lille, og hvilken betydning den kan få, men vil dog rent subjekt vurdere, at der er tale om en mængde, der nok kan give anledning til betænkelighed.

Det bemærkes at Verdens forbrug af fossile brændstoffer svarer til ca. 560 gange Danmarks bruttoenergiforbrug. Danmark har under 1/1000 af Verdens befolkning.

Nogle data om luft og kuldioxid		
Molecular Weights		
Weigt per mole of air	g/mol	28,96
Molecular weight Carbon	g/mole	12,0
Molecular weight Carbon Dioxide	g/mole	44,0
Calculation Carbon in Atmosphere		
Concentration CO₂ in air 2007	ppm	385
	mmol/mol	0,385
Carbon concentration	g/kg air	0,1595
Air relative to Earth Surface	kg/m ²	10.000
Carbon	kg/m ²	1,595
Sq meter/Sq km	m ² /km ²	1.000.000
Air	t/km ²	10.000.000
Carbon	t/km ²	1.595
Radius Earth	km	6.366
Area Earth	km ²	509.295.818
Total weight atmosphere	tons	5,09E+15
Total weight carbon in atmosphere	tons	8,12E+11
Total weight atmosphere	Giga tons	5.092.958
Total weight carbon in atmosphere	Giga tons	812
Carbon in Atmosphere	Giga tons/ppm	2,110
Addition Carbon in 2007	Giga tons	10
Addition Carbon in 2007	g/m²	20
Calculated Increase in concentration 2007	ppm	4,745
Concentration CO₂ in air 2000	ppm	370
Air mean molecular weight		28,96
Air Density	kg/Nm³	1,290000
Carbon concentration in air 2007	kg/Nm³	0,000206
Difference 2007-2000	ppm	15
Measured increase per year	ppm	2,1
Measured increase/calculated		0,45

3.3.2. Isolering og lagring af kuldioxid. (CCS carbon capture and storage)

Da intet tyder på, at Verden indenfor en overskuelig fremtid vil kunne afvikle anvendelsen af enorme mængder af fossile brændstoffer med påfølgende udvikling af endnu større mængder kuldioxid, arbejdes der med metoder til isolering og lagring af kuldioxid. (I det følgende benævnt CCS). Dvs. arbejdes og arbejdes er måske lige venligt nok udtrykt. Iflg. forfatterens opfattelse arbejdes der kun på skrømt, idet de nedenfor omtalte fremgangsmåder har været kendt i årtier, således at man har tilstrækkelig viden til at kunne bygge anlæg i fuld målestok allerede i dag.

Forudsættes fossile brændsler omdannet til elektricitet med en virkningsgrad på 40% er det let at udregne hvor meget kuldioxid, der udvikles per MWh, MWdag og MWår ved anvendelse af forskellige brændsler.

	CO2-emision			
	Brændsel		Elproduktion	
	t/MWh	t/MWh	t/Mwdag	t/Mwår
Fuelolie	0,281	0,703	16,9	6.154
Naturgas	0,205	0,513	12,3	4.490
Elværkskul	0,342	0,855	20,5	7.490
Brunkulsbriketter	0,349	0,873	20,9	7.643
Virkningsgrad til el	0,4			
<p>Danmarks middelforbrug af elektricitet er tæt på 4000 MW. Forudsættes halvdelen af denne elproduktion at være kulbaseret vil den altså udvikle 30 millioner tons kuldioxid per år. Flydende kuldioxid har en massefylde på 770 kg/m³ ved en temperatur på 20°C og NB! et tryk på 56 bar.</p>				
Dansk elproduktion	MW	4000		
Fremtidigt kulbaseret	MW	2000		
Fremtidig kuldioxidudvikling	mio tons/år	15,3		
Massefylde flydende kuldioxid	kg/m ³	770		
Volumen	m ³	11.770.374		

Det vil blive en gigantisk opgave at transportere og lagre den mængde kuldioxid.

3.3.3 Absorption ved hjælp af aminer.

I en artikel i Ugebladet "Ingeniøren" fredag d. 24. marts 2006 beskrives forsøgsanlægget opstillet hos Vestkraft i Esbjerg. Anlægget er beregnet til at behandle ½ % af kraftværksrøgen og omfatter blandt andet en absorptions- og en desorptionskolonne, der hver er 38 meter høje og har en diameter på 1 meter. Vestkrafts kapacitet er 360 MW og en direkte opskalering ville kræve kolonner med en diameter på 14 meter. Så vi befinder os ikke i småtingsafdelingen.

(<http://ing.dk/artikel/69516?highlight=Sanne+Wittrup>)

I artiklen oplyses, at energiforbruget til kuldioxid absorptionen vil være 4 GJ per ton produceret kuldioxid. Mere herom nedenfor. Som absorptionsmiddel anvendes forskellige aminer.

Ligeledes i "Ingeniøren" torsdag 28. juni 2007, findes en artikel, i hvilken det oplyses at forsøgene på at nedbringe processens energiforbrug "Halter gevaldigt"

(<http://ing.dk/artikel/79628?highlight=Thomas+Djursing>). Det oplyses dog, at der er lykkedes at komme ned på et energiforbrug på 3,7 GJ per ton produceret CO₂.

Den 31. august 2009 oplyser Ingeniøren følgende:

Vattenfalls plan om at lagre CO₂ i den nordjyske undergrund fra 2014 udskydes nogle år. Det er for dyrt at udvikle teknologien flere steder, så selskabet koncentrerer sig om Tyskland

Augustnummeret af tidsskriftet Power bringer (p.58- 60) en artikel om opsamling af kuldioxid udviklet af det store amerikanske ingeniørfirma Fluor Corp i samarbejde med Dow Chemicals. Et anlæg i teknisk målestok har kørt i over 14 år på et gasturbine kraftværk i Bellingham, Massachusetts.

Artiklen er desværre meget karrig med tal, men så vidt det kan skønnes ud fra et luftfoto af anlægget må den absorptions kolonne i hvilken kuldioxid absorberes i ethanolamin have en diameter på ca. 5 -10 meter, så der er ikke tale om et lille anlæg.

Kuldioxiden opbevares i en tank, så formodentlig sælges den til kommerciel anvendelse, der står i hvert fald intet om slutdeponi.

I slutningen af artiklen nævnes det, at Fluor i samarbejde med E.ON vil opføre et forsøgsanlæg til opsamling af kuldioxid fra et kulfyret kraftværk, der skal bygges i Wilhelmshafen.

Kapaciteten skal være 17.000 Nm³ røggas per time. Dette svarer iflg. mine beregninger til en elproduktion på ca. 5 MW.

Så vidt er man altså. Efter 14 års driftserfaring tør man bygge et forsøgsanlæg med en kapacitet på 1/150 af en moderne kulfyret kraftværksenhed.

Tør man formode, at det er en luns E.ON kaster til offentligheden og politikerne for at demonstrere sin miljømæssige fromhed, selv om man naturligvis ved, at hele ideen om CCS er umulig.

3.3.4 Forbrænding i ren ilt

En helt anden måde til at løse problemet er, at lade forbrændingen foregå i ren ilt. Så vil brændslets indhold af kulstof, brint, svovl og kvælstof blive til henholdsvis kuldioxid, vand, svovldioxid og kvælstofilter der relativt let vil kunne adskilles. Til gengæld er det ikke gratis at fremstille ren ilt ved adskillelse af luftens ilt og kvælstof.

Men man har gjort det i teknisk målestok siden 1902, så metoderne til fremstilling af ilt kan næppe forbedres væsentligt.

Teknisk er det heller ikke så ligetil at skifte fra forbrænding i atmosfærisk luft til forbrænding i ren ilt. Det sidste er ikke muligt, idet det ville give en alt for høj forbrændingstemperatur, så det vil være nødvendigt at recirkulere en del af kuldioxiden.

Vattenfall indviede i midten af 2008 et forsøgsanlæg ved sit brunkulsfyrede kraftværk **Schwarze Pumpe** ca. 80 km nord for Dresden og giver nedenstående oplysninger på sin hjemmeside:

http://www.vattenfall.com/www/co2_en/co2_en/879177tbd/879211pilot/index.jsp

The pilot plant has been in operation from the middle of 2008. The initial testing programme will run for three years. Thereafter, the pilot plant will be available for other tests. The plant is planned to be in operation for at least 10 years. Lignite and hard coal will be combusted in a mixture of oxygen and re-circulated CO₂, which also contains water vapour. The flue gas will then be treated and sulphuroxides, particles and other contaminants removed. Finally, the water will be condensed and the concentrated CO₂ compressed into liquid. The purpose of the pilot plant is to validate engineering work, to learn and better understand the dynamics of Oxyfuel combustion and to demonstrate the capture technology. Eventually, the pilot plant will be used for backup testing for the demonstration plant testing programme, once the latter has started.

The captured CO₂ will be stored underground as soon as a suitable site has been identified and the necessary permit processes are completed.

Den sidste sætning er vigtig. Forfatterens tyske kilder har ikke megen tiltro til, at man noget sted i Tyskland vil acceptere at lagre store mængder kuldioxid i undergrunden.

Anlæggets kapacitet svarer ifølge det oplyste til 30 MW termisk. Iflg. Kraftværket Schwarze Pumpe's hjemmeside har kraftværket en virkningsgrad for omdannelse af varmeenergi til elektricitet på ca. 40%

(http://en.wikipedia.org/wiki/Schwarze_Pumpe_power_station) så 30 MW termisk svarer altså til 12 MW elektricitet. Kraftværket Schwarze pumpe består af to blokke med en ydelse på tilsammen 1600 MW elektricitet. - 133 gange større end forsøgsanlægget.

Det kan beregnes, at Schwarze Pumpe ville have behov for ca. 24000 tons ilt per døgn. De hidtil største iltproduktionsanlæg har en kapacitet på ca. 6000 tons/døgn. Elforbruget vil udgøre ca. 12 % af et kul- eller brunkulsfyret kraftværks elproduktion.

3.3.5. Pre-Combustion-Capture

I årene mellem 1900 og 1910 udvikledes hos BASF i Ludwigshafen en metode til fremstilling af brint ud fra kul i teknisk målestok, idet man havde brug for enorme mængder brint til fremstilling af syntetisk ammoniak. I korthed går processen ud på at lede vanddamp over kul, der er bragt til glødning, hvorved kul reagerer med vanddampen under dannelse af kuldioxid og brint, der ret let kan adskilles. En lignende proces gennemføres i øvrigt på olieraffinaderier, der også har brug for brint i raffineringsprocessen.

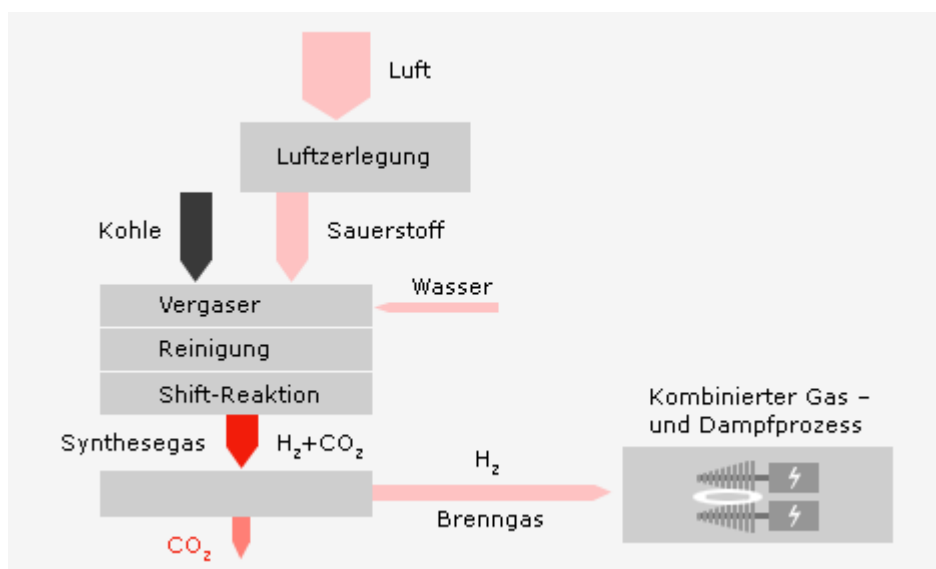
Efter 100 år er metoden udviklet til perfektion, og den lyder enkel og ligetil, men det er den ikke. Den kræver dyre anlæg med høje vedligeholdelses- og driftsomkostninger, herunder energitab.

Problemet med bortskaffelse af kuldioxid er det samme som ved de andre metoder, og den fremstillede brint kan heller ikke brændes af i konventionelle kraftværkskedler, så disse vil skulle udskiftes med gasturbiner, eller brændselsceller, hvis det ellers lykkes at udvikle en brugbar sådan.

På EOn.s hjemmeside kan man finde følgende:

Ein anderes Verfahren zur Abtrennung von CO₂ ist das Pre-Combustion-Capture-Verfahren - die Abscheidung von Kohlendioxid vor der Verbrennung. Dazu muss zunächst Luft in Stickstoff und Sauerstoff zerlegt werden. Die Kohle reagiert dann bei hohen Temperaturen unvollständig, das heißt mit zu wenig Sauerstoff, wobei gleichzeitig Wasserdampf eingesprüht wird. Diesen Prozess nennt man Kohlevergasung. Dabei entsteht ein Synthesegas, das im Wesentlichen aus Kohlendioxid (CO₂), Kohlenmonoxid (CO) und Wasserstoff (H₂) besteht.

Im nächsten Schritt wandelt ein Katalysator das Kohlenmonoxid mit Wasserdampf zu einem Gemisch aus CO₂ und H₂. Aus diesem Gasgemisch lässt sich das CO₂ durch eine Wäsche abtrennen und für den Transport verdichten. Der verbleibende Wasserstoff wird in einem nachgeschalteten Gas- und Dampfturbinen-Kombiprozess mit hohem Wirkungsgrad zur Stromerzeugung genutzt.



Die Vergasungstechnologie für feste Brennstoffe läßt sich bereits heute unter anderem zur Gewinnung chemischer Grundstoffe und synthetischer Kraftstoffe einsetzen.

Großtechnische Anlagen zur CO₂-armen Stromerzeugung müssen noch in Demonstrationsanlagen erprobt werden. Forschungsschwerpunkte liegen hier derzeit im Bereich der Gasturbine für die Wasserstoff-Verbrennung sowie der Verknüpfung und Optimierung der Vergasungs-, Gasreinigungs- und Kraftwerksteile.

3.3.6. Normtal iflg. Energistyrelsen for brændværdi og kuldioxidudvikling for forskellige brændsler.

Brændsel		Kul	Heavy fuel	Brunkul	Gas
Enhed		kg	kg	kg	m ³
Brændværdi	MJ per enhed	24,8	40,65	18,3	39,54
Kuldioxidudvikling	kg/MJ	0,095	0,078	0,097	0,0569
	kg/enhed	2,356	3,171	1,775	2,250

Under pkt.1 oplystes det, at forsøgsanlægget hos Vestkraft er kommet ned på at anvende 3,7 MJ til absorption/desorption af et kg kuldioxid.

Hver gang der indfyres 1 kg kul indfyres der altså 24,8 MJ, der udvikler 2,356 kg Kuldioxid. Hvert kg kuldioxid kræver i absorptions/desorptionsprocessen 3,7 MJ, i alt $3,7 \cdot 2,356 = 8,717$ MJ/kg kul.

Af de indfyrede 24,8 MJ skal altså de 8,7 MJ anvendes til kuldioxid udskillelse. Eller 35%. Nogle af disse 35% kan måske tages fra det varmetab, der altid forekommer på et elværk, men at der vil være et tab er givet.

3.3.7. Avedøreværket

"Avedøreværket ligger på Avedøre Holme syd for København og består af to kraftværksblokke, Avedøre 1 fra 1990 og Avedøre 2 fra 2001. Den samlede produktionskapacitet for Avedøreværkets to blokke er på 810 Megawatt el og 861 Megawatt varme. Avedøre 1 benytter primært kul, mens Avedøre 2 kan fyre med mange forskellige former for brændsler: naturgas, olie, halm og træpiller. Avedøre 2's anlæg består af flere dele, som i kombination med hinan-

den giver en rekordhøj udnyttelse af energien i brændslerne. Ved at fremstille både el og varme samtidigt, udnytter Avedøre 2 helt op til 94% af energien i brændslerne, dertil kommer Avedøre 2's elproduktionsevne, som ligger på ca. 49%, hvilket gør blokken til en af verdens mest effektive.”

(<http://www.dongenergy.com/DA/Forretningsaktiviteter/generation/elproduktion/Centrale+kraftvaerker/Avedoerevaerket.htm>)

På basis af disse oplysninger kan vi nu opstille nedenstående tabel:

Generelle forudsætninger Uden kuldioxidabsorbtion		
Indfyret kul	MJ/sek	1778
Dannet kuldioxid	kg/GJ kul	95
	kg/sek	169
	Mio t/år	5,327
Varmevirkningsgrad	Beregnet	0,48
Elvirkningsgrad	Beregnet	0,46
Skorstenstab+kølevand	Beregnet	0,06
Produceret varme iflg. opgivelse	MW	861
Bruttoproduktion el iflg. opgivelse	MW	810
Skorstenstab beregnet	MW	107
Energiforbrug til Kuldioxidabsorbtion		
Varmeandel af energiforbrug til absorbtion	Skøn	0,515
Elandel af energiforbrug til absorbtion	Skøn	0,485
Energiforbrug CO₂ absorbtion	MJ/kg CO ₂	3,70
Varneforbrug t. CO ₂ abs.	MW	322,02
Elforbrug t. CO ₂ abs.	MW	302,95
Nettoproduktion før kompression og pumpning		
Nettoproduktion Fjernvarme	MW	539
Nettoproduktion El	MW	507
Tab el		
Absorbtion el	MW	303
Kompression el	MW	61
Pumpning el	MW	21
Eltab i alt	MW	384
Elproduktion Netto	MW	426
Nødvendig forøgelse af indfyringen for uændret elproduktion	Faktor	1,90
Varmeproduktion		
Varmeproduktion efter kuldioxidabsorption og uændret indfyring	MW	539
Varmeproduktion brutto ved forøget indfyring	MW	1639
Varneforbrug til absorption ved forøget indfyring	MW	613
Nettovarmeproduktion ved forøget indfyring	MW	1026
Varmeoverskud i forhold til oprindelig produktion	MW	165

Forholdet mellem el- og varneforbrug til udvinding af kuldioxid er forfatterens skøn.. En større varmeandel vil selvsagt reducere indfyringsfaktoren. Stiger varmeandelen af energiforbruget til absorptionen til 0,58 vil man med en forøgelse af indfyringen med en faktor 1,73 opnå uændret nettovarmeproduktion.

Vil nogen indvende, at det jo kun er den kuldioxid, der kommer fra kulafbrænding, der skal isoleres, da halmafbrænding per definition er ”kuldioxidneutral” er hertil er at sige, at klimapåvirkningen fra et kg kuldioxid ikke afhænger af, om kuldioxiden stammer fra kul eller fra

nydannet biomasse. Kul er jo også en slags biomasse, om end den er mange millioner år gammel.

Det korte af det lange er, at energiforbruget til isolering af kuldioxid iflg. kendte metoder er meget betydeligt.

Beregningerne ovenfor forudsætter et energiforbrug på 360 kJ til fortætning af 1 kg kuldioxid.

Det er vanskeligere at sige noget konkret om energiforbruget til pumpning af kuldioxiden til slutdeponi. Vi har indsat en værdi på 21 MW, idet vi forudsætter, at kuldioxiden skal pumpes ned i oliefelterne i Nordsøen ca. 500 km vest for København. Muligvis kan man finde et egnet deponi nærmere ved. Men man skal være sikker på, at kuldioxiden ikke frigøres ved en eller anden naturkatastrofe, f.eks. et jordskælv. Kuldioxid er ganske vist ugiftigt i lave koncentrationer, men stiger volumen procenten til over ca. 6% er kuldioxid en kvælende gas. Energiforbruget til pumpning vil afhænge af afstanden, modtrykket i deponiet, og den valgte rørdiameter. Og det er ikke småting vi taler om. Mængden fra et kulfyret værk med Avedøreværkets kapacitet og effektivitet vil udgøre ca. 14.600 tons/dag svarende til ca. 19.000 m³/dag (I væskeform, ikke som gas) ca. 10% af Danmarks kuldioxidledning. Vi har beregnet energiforbruget til pumpning til 21 MW, men det kunne være lavere.

Det ses, at man under de angivne forudsætninger skal øge indfyringen med en faktor 1,9 for opretholde nettoelproduktionen. Stiger energiforbrugets varmeandel fra det ovenfor angivne 0,515 til 0,582 falder faktoren for stigningen i brændselsforbrug til 1,73, samtidig med, at der vil produceres den samme mængde fjernvarme.

Det ville også være gunstigt i en del af året at kunne betragte fjernvarmen som et alligevel ikke udnyttet spildprodukt.

Dette vil dog ikke kunne ændre konklusionen, at isolering og deponering af kuldioxid vil medføre en meget betydelig forøgelse af bruttoenergi-forbruget og nødvendiggøre en voldsom udbygning af kraftværkskapaciteten.

Det hører med i billedet, at brydning og transport af kul også medfører et energiforbrug

3.3.8 Forsøgsanlæg Vattenfall Schwarze Pumpe.

Det er forholdsvis enkelt at beregne, hvor meget ilt, der skal bruges til forbrænding af en vis mængde brunkul og kender man elværkets effektivitet er det heller ingen sag, at beregne, hvor meget brunkul, der skal bruges til en given elproduktion.

Kuldioxidudvikling og iltforbrug ved elproduktion		
Brændsel		Brunkul
Normtal iflg. Energistyrelsen		
Brændværdi	MJ/kg	18,30
Kuldioxidudvikling	kg/GJ	97,0
Ydelse, effektivitet og indfyring iflg. Vattenfall		
Ydelse	MW	1.600
Effektivitet	$W_{el}/kW_{indfyret}$	400
Indfyring	MW	4.000
Brændselsforbrug		
Brændselsforbrug	kg/sekund	219
	t/h	787
	tons per døgn	18.885
	kg/h/MW_{el}	492
Udvikling af kuldioxid og iltforbrug		
Kuldioxid	kg/s	388
	t/h	1.397
	t/døgn	33.523
Kuldioxid	Molvægt	44
Kul	Molvægt	12
Ilt	Molvægt	32
Ilt	t/døgn	24.381
Effektforbrug til iltproduktion	kWh/t	19
	MW	193
	% af elproduktion	12
Effektforbrug til CO2 kompression	kW/t/dag	4,2
	MW	141
	% af elproduktion	8,8
Effektforbrug til CO2 pumpning	kW/kg/s	126,7
	MW	49,2
	% af elproduktion	3,1
Ekstra elforbrug i alt	% af elproduktion	23,9
Nødvendig forøgelse af bruttoproduktion	Faktor	1,31

Det ser umiddelbart en hel del mere fornuftigt ud end at vaske røggassen med aminer, men de største kommercielle iltanlæg har i dag en kapacitet på ca. 6000 tons/døgn, og det er ikke små billige anlæg. Vi kender ikke prisen på disse anlæg.

Bare et enkelt stort elværk skal således producere 24.000 tons ilt per døgn og skille sig af med 33.500 tons kuldioxid. Det forekommer absurd urealistisk.

3.3.9 Algeproduktion i Drivhuse

I Arizona i USA arbejdes der med et projekt iflg. hvilket kuldioxiden fra et kulfyret kraftværk ledes in over bassiner med alger i et stort drivhus. Algerne kan omdannes til dieselolie og kvægfoder. (<http://www.che.com/news/3250.html>)

Sammenlignet med, hvad man ellers ser af luftkasteller, ser det ikke helt urimeligt ud. I Arizona ville et kraftværk, med en elproduktion på ca. 700 MW, svarende til Studstrupværket ved Aarhus have et arealbehov på 129 km² sv.t. 10*13 km².

Til gengæld kan man sige at solindfald og arealpriser er noget anderledes i Nordeuropa end i Arizona, så vi komme næppe til at se et tilsvarende anlæg her.

Det kunne måske være rimeligt at indskyde, at kuldioxid i høje koncentrationer fremmer plantevækst. Bryggerier kan således sælge det kuldioxidoverskud der fremkommer ved ølgæring til gartnerier, der lukker kuldioxid ind i drivhusene. Man kan yderligere anføre, at en reduktion af kuldioxidindholdet i atmosfæren til niveauet for 100 år siden, ville give en så kraftig reduktion i plantevæksten, at verden ville opleve en katastrofal fødevaremangel.

Nedenfor gengives en beregning baseret på oplysninger i den nævnte artikel.

Planlagt elværk med algedamme i drivhuse i Arizona		
Indfyret kul	MJ/sek	1600
Dannet kuldioxid	kg/GJ kul	95
	Kg/sek	152
	Mio t/år	4,793
Mængde af kuldioxid reageret til biodisel iflg. Chemical Engineering. May 2007 p.17 (tons kuldioxid optaget per arealenhed)	t/acre/år	150
	acre/km ²	247
	t/km ² /år	37050
Nødvendigt areal i Arizona til optagelse af kuldioxiden	km ²	129
Dannet Biobrændstof per år	Gal/acre	11000
	liter/gal	3,785
	m ³ /km ²	10284
Skønnet brændværdi	GJ/M ³	30
Nydannet effekt	MJ/sek	1266
Nydannet energi i forhold til forbrugt	%	79
Elvirkningsgrad	Skøn	0,45
Bruttoproduktion el	MW	720

Det ser alt i alt for godt ud til at være sandt. Men det bør indskydes, at fyrede man med gas i stedet for kul, ville der dannes væsentligt mindre kuldioxid per GJ indfyret, og dermed ville der også blive lavere algevækst. Den nydannede effekt på de 129 km² er beregnet til 1266 MW sv.t. 1,27 GW. Danmarks bruttoenergiforbrug er ca. 27 GW. Så hvis vi havde sol som i Arizona og kuldioxid nok kunne vi altså producere vort energiforbrug på ca. 2200 km² sv.t. ca. 5% af Danmarks areal. Men da solen her skinner noget mindre om sommeren end i Arizona og meget mindre om vinteren er regneeksemplet for Danmarks vedkommende rent tankespind. Til gengæld viser de historiske erfaringer, at der er god grund til at tro, at USA vil kunne præstere noget epokegørende.

3.3.10 Konklusion

Det er sandsynligt at de i teknisk målestok kendte metoder til fjernelse af kuldioxid, absorption/desorption af kuldioxid med forskellige aminer eller forbrænding af kul i ren ilt er teknisk gennemførlige. **Om en hel del år.** Men navnlig den første metode synes at ville medføre et prohibitivt stort energitab, og den anden metode vil formentlig nødvendiggøre investeringer af et helt uoverskueligt omfang.

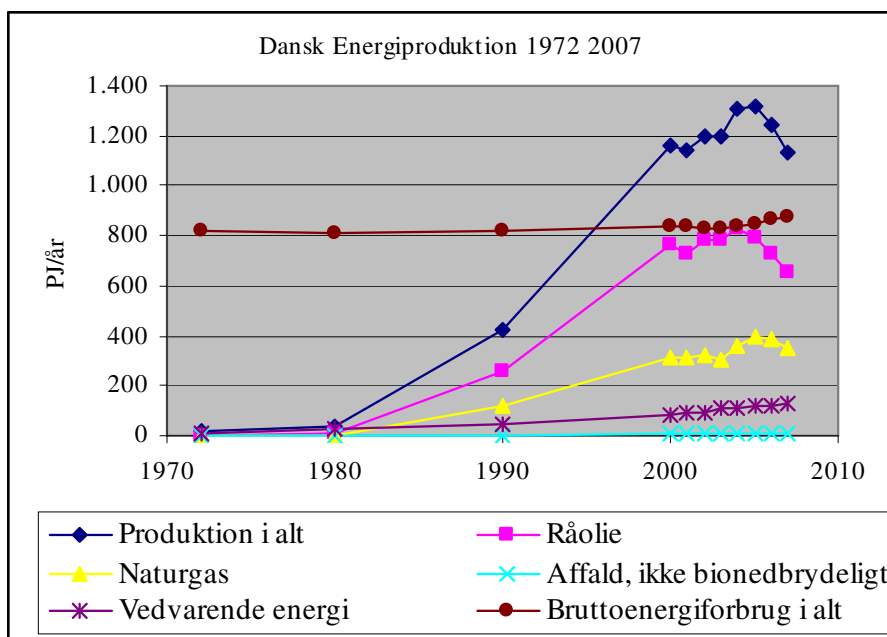
Der foreligger mig bekendt ingen grund til at tro, at det vil være umuligt at finde egnede opbevaringssteder til kuldioxiden.

Transport af store mængder kuldioxid i rør, kan derimod nok give anledning til betænkelighed. Udsivende kuldioxid vil lægge sig i lavninger eller kældre og virke kvælende, så eventuelle rørledninger vil skulle omgås med stor forsigtighed.

De amerikanske forsøg med i Arizona at opføre store drivhuse, hvor man lader alger optage kuldioxiden fra skorstensrøgen og efterfølgende omdanner algerne til brændstof, ser forbløffende overbevisende ud, men vil være helt uanvendelige i vort klima, og i øvrigt i et tæt befolket land.

3.4. Udvikling i dansk energiforsyning

År	Direkte effekt PJ/år										
	1972	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Produktion i alt	15	40	425	1.165	1.140	1.201	1.196	1.306	1.315	1.242	1.137
Råolie	0	13	256	765	726	780	780	828	796	724	652
Naturgas	0	0	116	310	318	318	302	356	393	390	346
Affald, ikke bionedbrydeligt	2	3	4	7	7	8	8	8	8	9	9
Vedvarende energi	13	24	48	83	89	95	106	114	117	119	130
Bruttoenergiforbrug i alt	816	814	819	837	835	825	831	838	848	862	874
År	Direkte effekt GW										
	1972	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Produktion i alt	0,47	1,27	13,46	36,84	36,15	38,07	37,92	41,31	41,69	39,39	36,06
Råolie	0,00	0,40	8,12	24,18	23,03	24,74	24,74	26,19	25,25	22,96	20,68
Naturgas	0,00	0,00	3,68	9,81	10,08	10,09	9,56	11,24	12,46	12,38	10,98
Affald, ikke bionedbrydeligt	0,08	0,10	0,14	0,21	0,23	0,24	0,26	0,26	0,27	0,27	0,27
Vedvarende energi	0,40	0,77	1,53	2,63	2,82	3,00	3,36	3,61	3,71	3,78	4,13



Det ses, at den vedvarende energi udgør 130 PJ/år mod forbruget på 874 PJ/år. Det bemærkes desuden, at over 35 års bestræbelser på at reducere energiforbruget, herunder systematisk og succesrig anvendelse af afgifter til at fordrive energitilgængelighed industri til Asien og Østeuropa ikke har bevirket en reduktion i energiforbruget. *Hvad får politikere og andre til at*

tro, at det der er mislykkedes i 35 år nu skal kunne lade sig gøre. Der er jo ikke ret meget mere energitilgængelighed industri at fordrive.

I de sidste 10-15 år har vi været godt og vel selvforsynende med energi, i øvrigt som det eneste EU land. Det ses også, at produktionen af olie og naturgas falder.

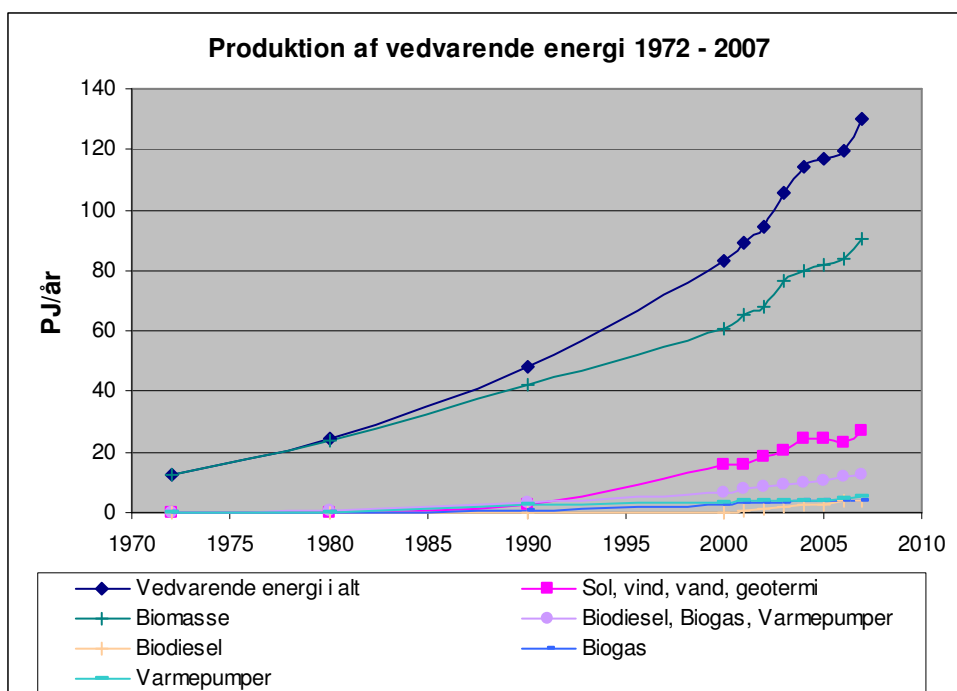
3.4.1 Vedvarende energi.

Nedenstående vises en detaljeret tabel over produktionen af vedvarende energi. Der har været en meget respektabel udvikling. **Biomassen** gav os i 2007 **90,5 PJ**. Altså godt 10 % af vort energiforbrug. Energistyrelsen oplyser på sin hjemmeside, at den tilgængelige mængde af in-

denlandsk biomasse til energiforbrug er 165 PJ/år, så den har potentiale til at give os ca. 20% af vor energiforsyning.

Man bemærke også, at vindkraften i 2007 gav 25,8 PJ svarende til **en femtedel af den vedvarende energi og ca. 3% af vor totale energiforsyning**. I øjeblikket må dog ca. halvdelen af vindproduktionen eksporteres, idet den ikke kan indpasses i det danske elsystem. Forfatteren forstår derfor ikke, hvorfor man taler om at ofre et sted mellem 50 og 100 milliarder kroner på at tredoble vindmølleparken.

År	Direkte effekt PJ/år										
	1972	1980	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007
Vedvarende energi i alt	13	24	48	83	89	95	106	114	117	119	130
Sol, vind, vand, geotermi	0,076	0,211	2,49	15,8	16,1	18,2	20,6	24,4	24,4	23,0	27,0
Solenergi	0,00	0,05	0,10	0,34	0,35	0,36	0,38	0,39	0,42	0,44	0,47
Vindkraft	0,00	0,04	2,20	15,27	15,50	17,56	20,02	23,70	23,81	21,99	25,82
Vandkraft	0,08	0,12	0,10	0,11	0,10	0,11	0,08	0,10	0,08	0,08	0,10
Geotermi	0,00	0,00	0,10	0,12	0,14	0,17	0,16	0,16	0,13	0,53	0,57
Biomasse	12,3	23,8	42,5	60,9	65,1	67,8	76,3	79,8	82,1	84,1	90,5
- Halm	0,73	4,84	12,48	12,22	13,70	15,65	16,88	17,94	18,49	18,54	18,33
- Skovflis	0,00	0,00	1,72	2,74	3,18	3,74	6,34	6,94	6,08	6,60	7,29
- Brænde	3,00	7,62	8,76	12,43	13,24	13,02	14,87	15,67	17,67	19,02	25,02
- Træpiller	0,00	0,00	1,58	2,98	3,07	2,94	3,09	3,28	3,26	2,34	2,61
- Træaffald	2,56	3,71	6,19	6,90	6,70	6,04	6,31	6,40	6,50	6,48	6,25
- Affald, bionedbrydeligt	6,00	7,59	11,06	23,60	25,03	26,31	28,42	28,95	29,35	30,10	30,13
- Fiskeolie	0,00	0,00	0,74	0,05	0,19	0,13	0,42	0,65	0,76	0,97	0,84
Biodiesel, Biogas, Varmepumper	0,16	0,49	3,21	6,50	7,65	8,57	9,00	9,97	10,56	12,13	12,72
Biodiesel	0,00	0,00	0,00	0,00	0,94	1,50	1,69	2,44	2,67	3,68	3,68
Biogas	0,15	0,18	0,75	2,91	3,05	3,36	3,58	3,74	3,83	3,92	3,91
Varmepumper	0,00	0,31	2,46	3,59	3,67	3,70	3,73	3,79	4,06	4,53	5,12
Direkte effekt MW											
Vedvarende energi i alt	396	774	1.530	2.633	2.818	2.999	3.360	3.609	3.713	3.781	4.127
Sol, vind, vand, geotermi	2	7	79	501	510	577	655	770	775	731	855
Vindkraft	0	1	70	483	492	557	635	749	755	697	819
Biomasse	0	2	3	11	11	11	12	12	13	14	15
Biodiesel, Biogas, Varmepumper	0	1	70	483	492	557	635	749	755	697	819
Biodiesel	2	4	3	3	3	4	2	3	3	3	3
Biogas	0	0	3	4	5	5	5	5	4	17	18
Biomasse	388	752	1.349	1.927	2.065	2.150	2.421	2.524	2.604	2.665	2.869



Diagrammet taler for sig selv, og det fremgår tydeligt, at biomassen er den klart vigtigste kilde til vedvarende energi.

Det vil formentlig overraske de fleste, at vindenergien kun udgør ca. en femtedel af den vedvarende energi og kun ca. 2½ % af vort energiforbrug.

4.1. Vind.

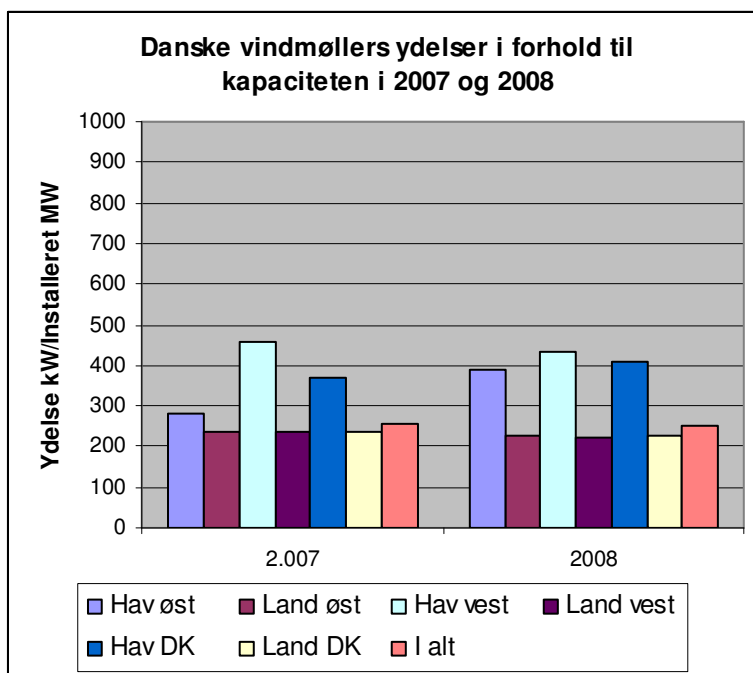
Det vil være fremgået af det foregående, at forfatteren ser med nogen skepsis på det danske vindmølleprojekt, og i øvrigt også de vindmølleprojekter, der er i gang i vore nabolande.

4.1.1. Samlet produktion og kapacitetsudnyttelse.

Tabellen herunder informerer om kapacitet, kapacitetsudnyttelse og produktion i 2007 og 2008.

Dansk vindmøllekapacitet, produktion og kapacitetsudnyttelse i 2007 og 2008									
	Øst			Vest			Danmark i alt		
	Hav	Land	I alt	Hav	Land	I alt	Hav	Land	I alt
Samlet kapacitet MW*	211	531	741	213	2217	2430	423	2748	3171
Middel per mølle kW*	2044	493	2537	1917	571	2488	1978	554	613
Antal møller*	103	1077	1180	111	3880	3991	214	4957	5171
Periode	Ydelse MW								
2.007	59	124	183	97	528	625	156	652	809
2.008	82	120	202	92	497	588	173	617	790
	Udnyttelsesgrad W/kW nominel kapacitet								
2.007	280	234	247	458	238	257	370	237	255
2008	388	226	272	431	224	242	410	224	249

*) Ved udgangen af 2008



Fremstilling af kobber, stål, beton osv. belaster miljøet. Der anvendes store mængder af disse materialer ved bygning af vindmøller. Det er derfor en ekstra miljøbelastning at disse anlæg, har en så lav udnyttelsesgrad.

Hertil kommer at udnyttelsesgraden svinger mellem 0 og omtrent 1, så man er nødt til at have 100% back up fra termiske værker. Dog med det forbehold, at Danmark i nogen grad kan trække på Svensk og Norsk vandkraft, når det er stille vejr, og omvendt lade svenskere og nordmænd spare på vandet, når

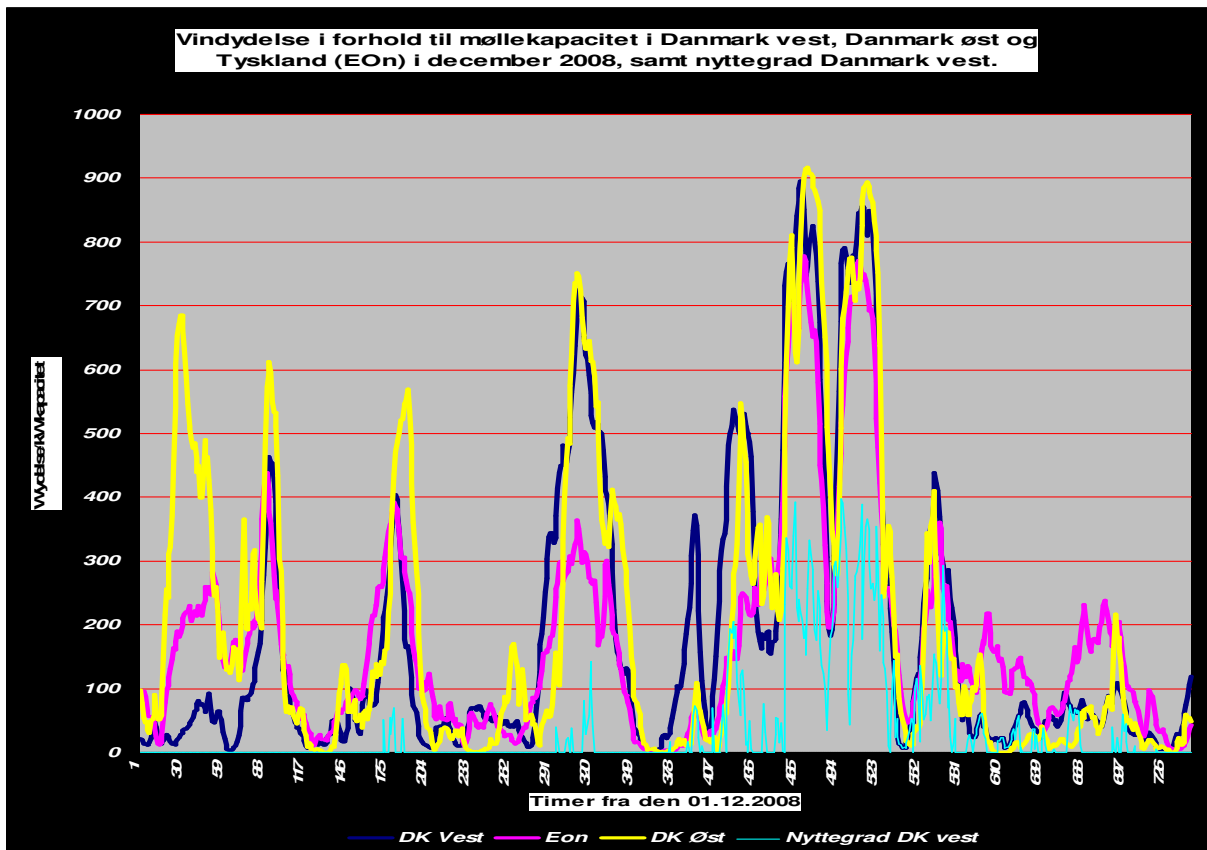
det blæser her og vi kan sende vindmøllestrøm til Sverige og Norge. Dette samspil har været en nødvendig forudsætning for det danske vindmølleprojekt. Men den nordiske vandkraftkapacitet er ikke ubegrænset, og jo flere vindmøller der bygges her og i vore nabolande, jo mindre hjælp vil der være at hente i Norge og Sverige.

4.1.2 Overføring af vindenergi over lange afstande.

Til gengæld er der ideer om, at vi bare skal trække nogle kraftige kabler på kryds og tværs af Europa, ud fra den forestilling, at når der er stille vejr et sted så blæser det et andet sted, og på den måde vil vi kunne hjælpe hinanden.

I perioden fra den 30.06.2009 til den 23.07.2009 noterede forfatteren vindhastighederne 14 gange på tilfældige tidspunkter på 27 lokaliteter så jævnt fordelt som muligt mellem Nordkap, Gibraltar og Konstantinopel, for at undersøge hvor megen udligning der kunne være tale om. Bortset fra at der i hele perioden på nær den første dag stod en strid blæst i Plymouth var det meget vanskeligt at få øje på områder med mulighed for at eksportere et overskud af vindkraft. Så det er forfatterens vurdering, at ideen om transeuropæiske HVDC kabler er et luftkastel.

Til illustration af forfatterens påstand er der herunder et diagram der viser vindproduktion i forhold til vindmøllekapaciteten i Danmark Øst, Danmark Vest og i E.ON.s tyske vindmøllepark dækkende hele december måned i 2008.



Det fremgår med stor tydelighed, at udveksling mellem de nævnte områder ikke ville have været til megen hjælp.

		DK Vest	DK Øst	Eon	Nytte vest
Udnyttelsesgrad	W/kW	183	206	177	36

De røde tal viser produktionen, medens "Nytte Vest" angiver hvor meget effekt de vstdanske vindmøller afsatte i Vstdanmark i forhold til den installerede møllekapacitet.

Så hver MW vstdansk møllekapacitet producerede altså 183 kW, af hvilke kun 36 MW, en femtedel kunne afsættes i Danmark! I årets mørkeste måned, hvor der nok kunne være brug for elektricitet fra vindmøllerne ydede de altså kun ca. 1/5 af deres nominelle kapacitet og kun godt **1/6 af denne femtedel** kunne nyttiggøres i Danmark.

4.1.3 Vindenergiens variation.

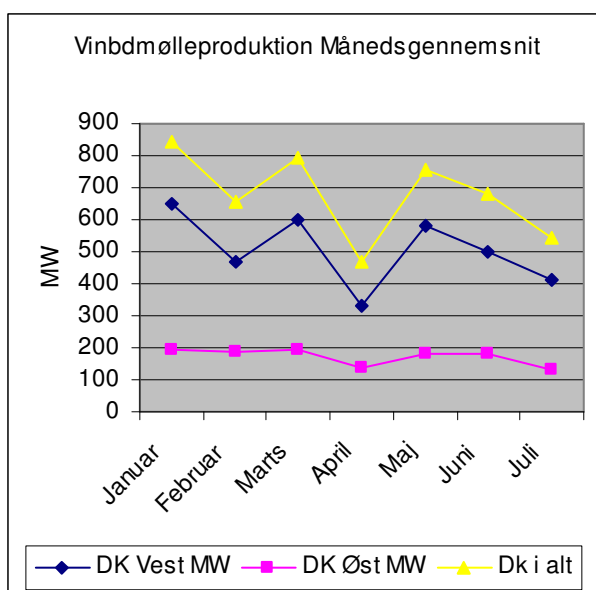
Vindenergiens akilleshæl er og forbliver dens variation og uforudsigelighed.

Nedenstående tabel angiver for hver måned middelværdien, maksimumsværdien, minimumsværdien og standardafvigelsen for vindproduktionen. Det ses, at standardafvigelsen ikke ligger langt fra middelværdien, hvilket betyder, at vindproduktionen varierer meget kraftigt. Dette fremgår også af de nedenstående kurver.

Kilden til dataene i dette afsnit er:

[http://www.energinet.dk/da/menu/Marked/Udtr%
c3%a6k+af+markedsdata/Udtr%
c3%a6k+af+markedsdata.htm](http://www.energinet.dk/da/menu/Marked/Udtr%c3%a6k+af+markedsdata/Udtr%c3%a6k+af+markedsdata.htm)

	DK Vest MW				DK Øst MW				Dk i alt
	Middel	Max	Min	Stdafv	Middel	Max	Min	Stdafv	Middel
Januar - 12. august 2009	493	2169	0,1	490	167	669	0,0	164	660
Januar	649	2169	0,6	609	195	661	0,0	202	844
Februar	469	2138	0,1	535	186	632	0,0	180	655
Marts	602	2164	0,5	523	191	661	0,1	160	792
April	329	1646	4,6	347	139	594	0,2	138	469
Maj	578	2026	12,6	496	179	669	0,1	166	757
Juni	501	1799	0,8	454	179	662	0,1	166	681
Juli	412	1894	3,3	385	130	552	0,1	127	542



Diagrammet viser, hvorledes vindkraften har varieret måned for måned i de første 7 måneder i 2009.

Det er en populær påstand, at med et stort antal elbiler vil man kunne opbevare varierende vindudbytter i bilernes akkumulatører. I marts var ydelsen i alt 792 MW i gennemsnit og i april 469 MW.

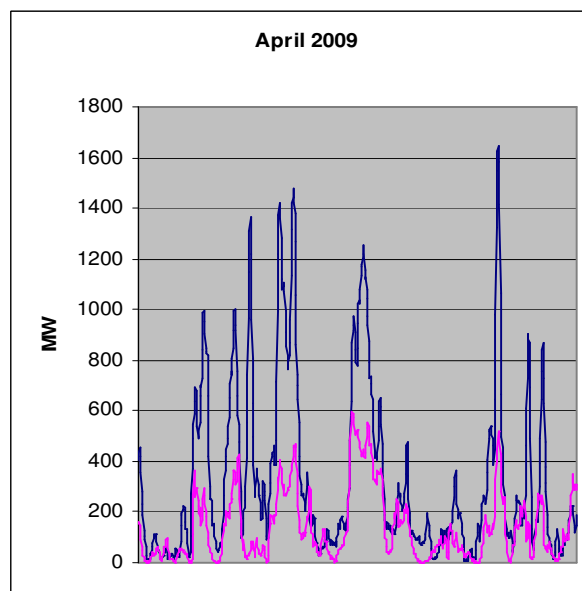
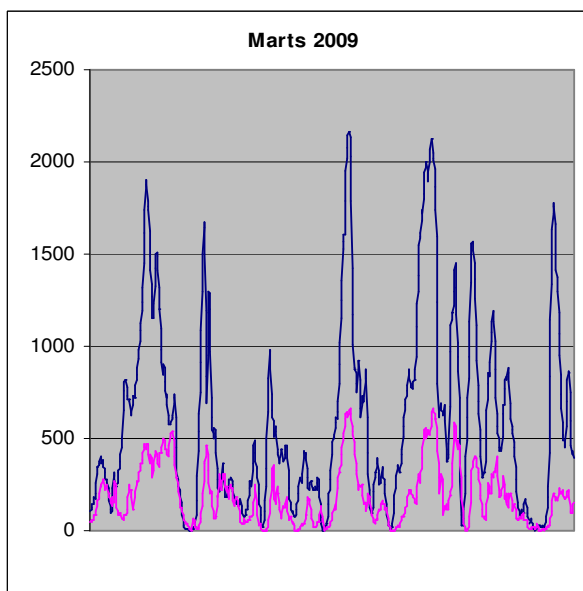
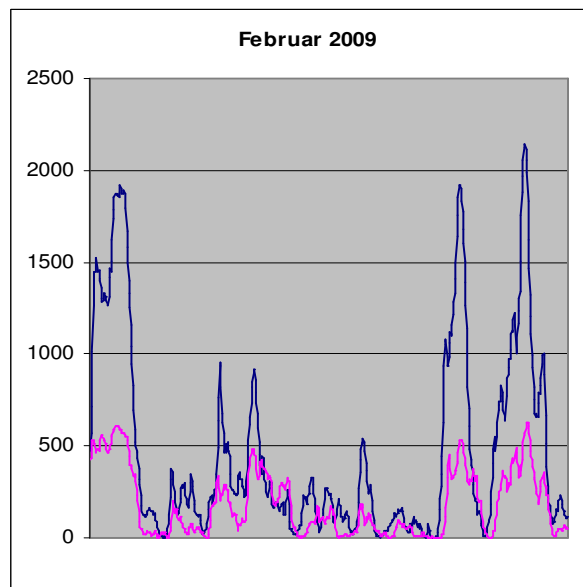
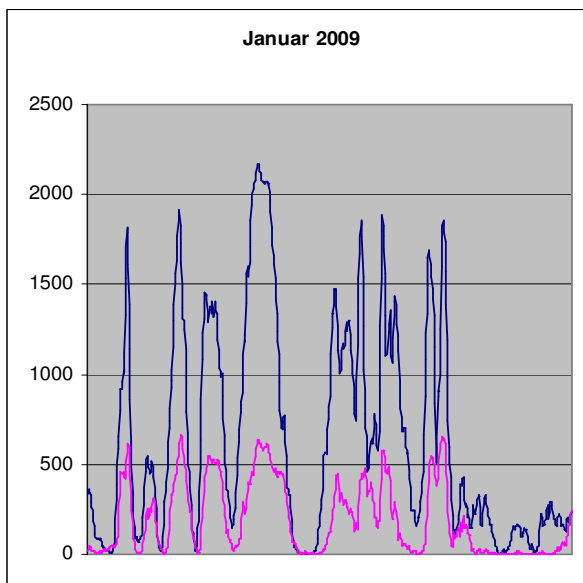
Med dagens batteriteknologi taler man om, at en bil skal kunne køre indtil 160 km på en opladning. Så hvis bilerne kun skulle køre på vind, ville der ikke blive megen kørsel i april, og heller ikke i juli.

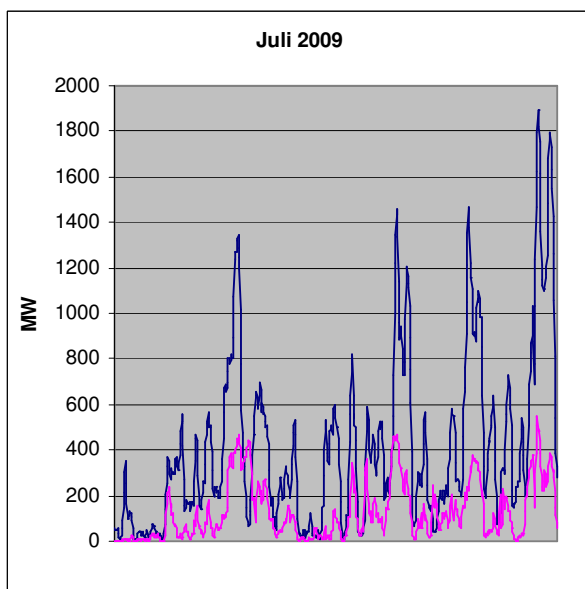
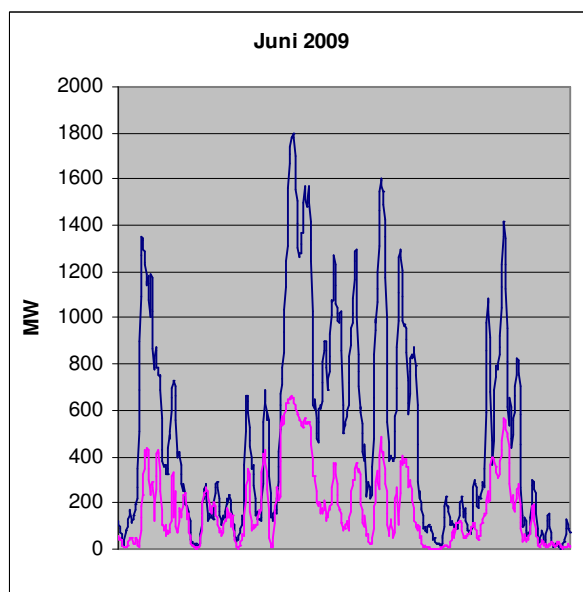
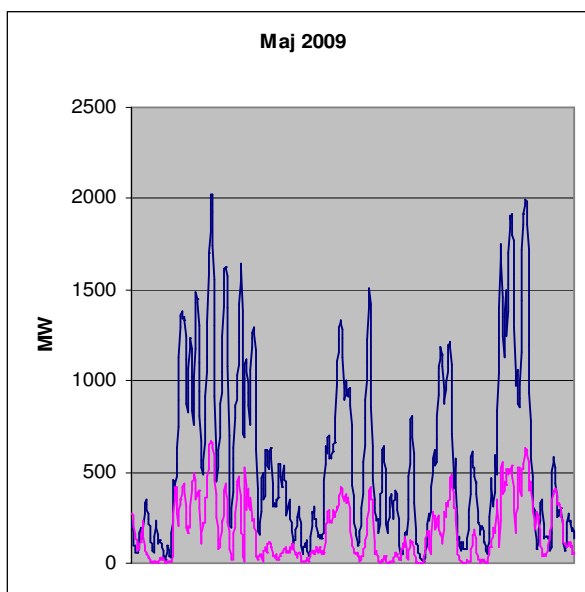
Ovenstående og de efterfølgende kurver viser samtidigheden mellem vindproduktionen i Danmark Vest og Øst. Den er betydelig. Et Storebæltskabel til at sammenbinde Øst og Vest Danmark kan være fornuftigt, idet Danmark Øst har en betydeligt lavere vindkapacitet end Danmark Vest og således burde kunne aftage noget af den elektricitet, som Danmark Vest i dag må eksportere. Men som det vil fremgå af nedenstående er det ikke således, at der er vindstille i øst, når det blæser i vest og omvendt.

Diagrammerne på denne side viser hvorledes vindproduktionen har varieret fra time til time, idet den **blå kurve** repræsenterer Danmark **vest** for Storebælt, og den **røde** kurve Danmark **øst** for Storebælt.

Y-aksen viser produktion i MW.

Diagrammerne dækker hver en måned fra januar til juli 2009.





4.1.3. Vindenergiens Nyttevirkning.

Det er kendt, at det i perioder med stort varmebehov er nødvendigt at lade de konventionelle kraftværker producere varme til opvarmningsformål, og at der samtidig hermed nødvendigvis produceres elektricitet. Blæser det samtidigt, produceres der hyppigt meget mere elektricitet, end der kan afsættes i Danmark, hvorfor elektriciteten må afsættes på det nordeuropæiske marked, ofte til meget lave priser.

Beregningsprincip for nyttevirkning.

Tabellen nedenfor med tal fra Danmark Øst viser samhandlen med Sverige og Tyskland samt vindproduktionen på de angivne tidspunkter den 1. Januar 2008.

Kl. 01.00 yder vindmøllerne **130 MW**, og der **importeres 140 MW**. Altså har vindmøllerne en **nyttevirkning** på **130 MW** idet al den producerede strøm afsættes i Danmark..

Kl. 7 **eksporteres** der netto **74 MW**, og vindmøllerne producerer **117 MW**. Altså var **nyttevirkningen** $117 - 74 = 43$ MW.

Dato	Time	MW				
		Import		Ekspor	Vind	
		Sverige	Tyskland	Ialt	Produktion	Nyttevirkning
01-01-2008	1	333	-193	-140	130	130
01-01-2008	2	195	-135	-60	155	155
01-01-2008	6	-153	69	84	106	22
01-01-2008	7	-596	522	74	117	43
01-01-2008	10	-157	208	-51	89	89

Man kan så spørge, hvad der er galt ved at producere vindenergi til eksport. Der er det galt at elprisen i perioden var **29,7 øre/kWh**, hvilket kun er ca. halvdelen af hvad, der skal betales til møllejerne. Man kan ikke skrue ned for det konventionelle værker, for de skal levere varme, man skal aftage vindmøllestrømmen, selv om den ikke leverer varme, og man skal afsætte den af møllerne producerede overskudsstrøm på eksportmarkedet til ca. halvdelen af kostprisen. Så danske elforbrugere får lov til at betale differencen, medens tyskere svenskere og nordmænd kan sidde og grine sig fordærvede over ”die dumme Dänen.”

Den vindmøllestrøm vi eksporterer bidrager til reduktion af tyskernes kuldioxidudledning – ikke svenskernes og nordmændenes for de bruger praktisk talt ikke fossile brændstoffer til elproduktion, men den bidrager ikke til at reducere danskernes kuldioxidudledning.

Tabellen nedenfor viser **Nyttevirkningen** af den vestdanske vindmøllepark, måned for måned fra Januar 2008 til og med juli 2009.

Samt udnyttelsegraden af den **2430 MW** store (ultimo 2008) vestdanske vindmøllepark.

	EI Middeltal for Vestdanmark 2008					EI Middeltal for Vestdanmark 2009				
	Per måned	Netto-eksport	Vind til Danmark Vest Nyttevirkning	Vindproduktion	DK-Vest: Forbrug	Per måned	Netto-eksport	Vind til Danmark Vest Nyttevirkning	Vindproduktion	DK-Vest: Forbrug
Jan	31	579	515	1093	2735	31	776	86	649	2667
Feb	29	399	549	956	2690	28	784	80	469	2642
Mar	31	284	511	806	2536	31	597	135	601	2465
Apr	30	50	193	299	2429	30	78	176	329	2198
Maj	31	-365	217	233	2303	31	-50	398	578	2121
Jun	30	-93	443	598	2342	30	83	280	501	2216
Juli	31	-416	339	369	2148	31	-84	309	412	2025
aug	31	-571	460	469	2293					
sep	30	-239	316	381	2390					
okt	31	394	288	682	2485					
nov	30	750	179	772	2617					
dec	31	657	90	445	2585					
Sum/gen nemsnit	366	118	341	591	2462	212	307	211	507	2330
1. Kvartal	91	421	525	952	2653	90	717	101	577	2589
2. Kvartal	91	-139	284	375	2357	91	36	286	471	2177
3. Kvartal	92	-410	372	407	2276					
4. Kvartal	92	599	186	632	2562					
I forhold til vind- kapacitet	W/kW	48	140	243	1013	W/kW	126	87	209	959
I forhold til for- brug	W/kW	48	139	240	1000	W/kW	132	91	218	1000

Det ses fra næstnederste linje, at 1000 MW installeret vindmøllekapacitet leverede **140 MW** til danske forbrugere i gennemsnit i 2008 og kun **87 MW** i gennemsnit i månederne januar til juli 2009. Til sammenligning var vindproduktionen i de to perioder henholdsvis **243 MW og 209 MW** per installeret **GW**.

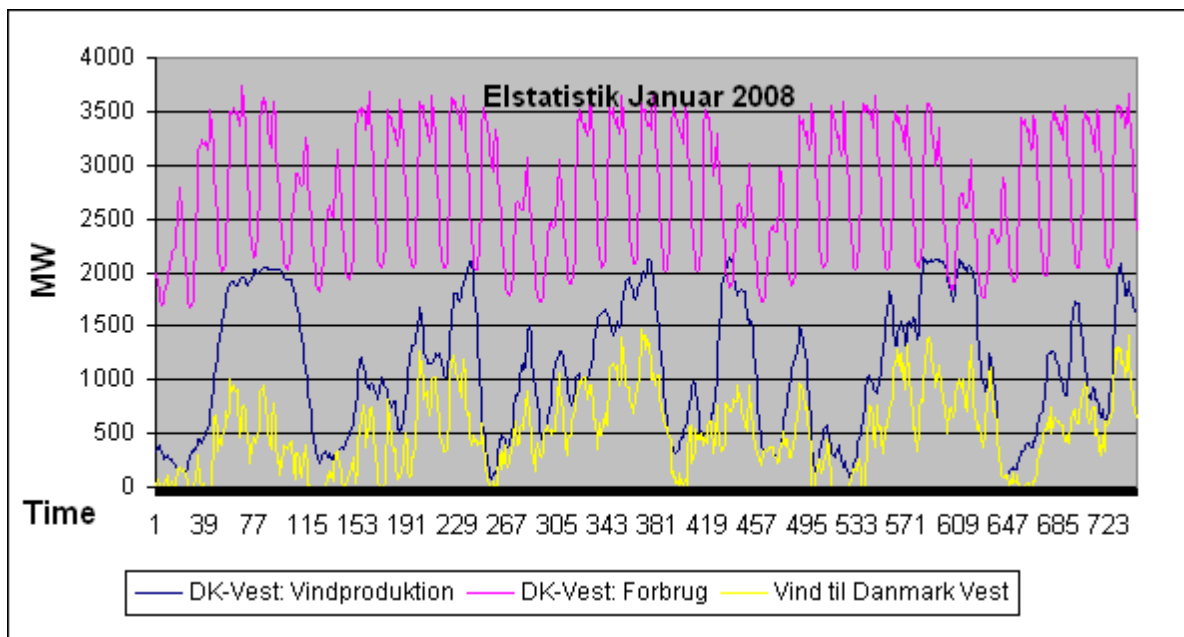
Vindstrømsandelene af elforbruget er henholdsvis **139 MW** og **91 MW** per 1000 MW forbrug 2008 og i 1. halvår 2009. Tallene skal forstås som gennemsnitstal, baseret på en måling hver time. 8744 målinger i 2008, og foreløbig 5064 målinger i 2009. Det bemærkes, at **1000 MW** installeret vindmøllekapacitet kun yder henholdsvis **243 MW** og **209 MW**

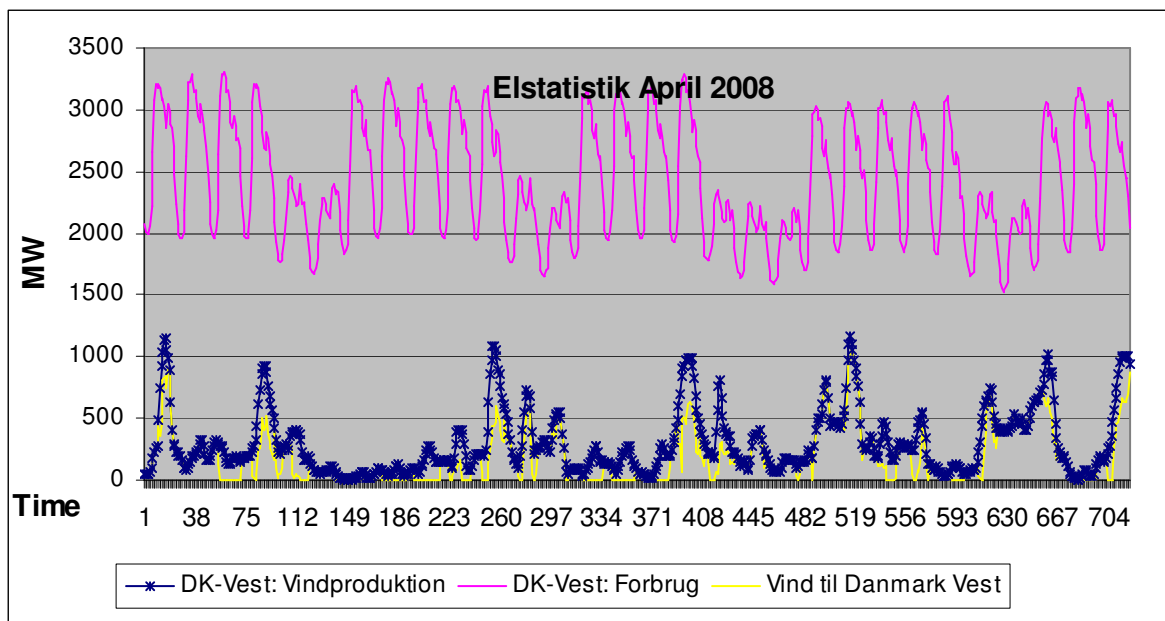
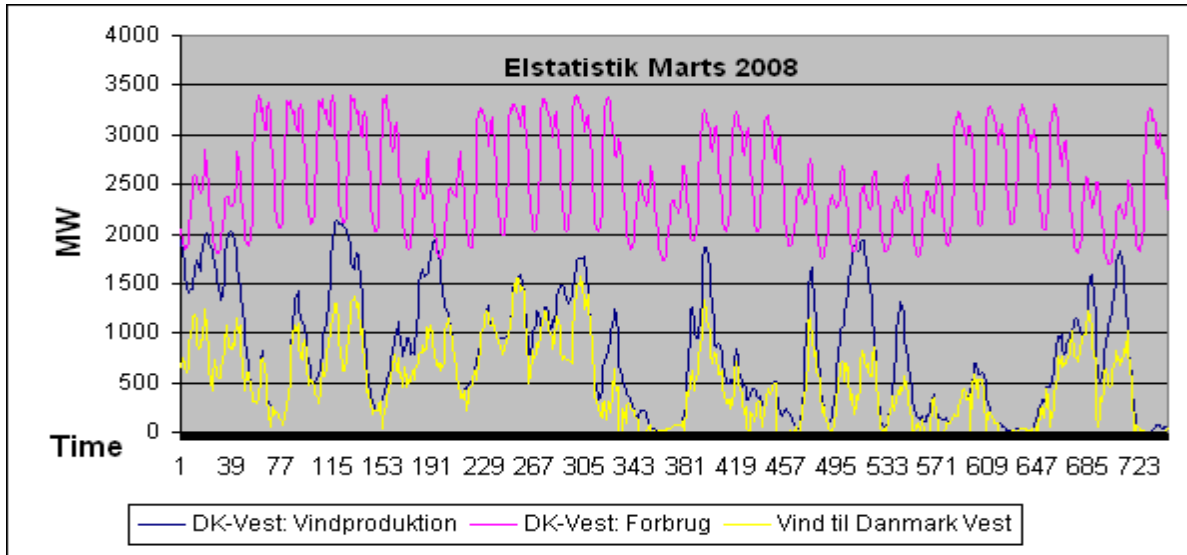
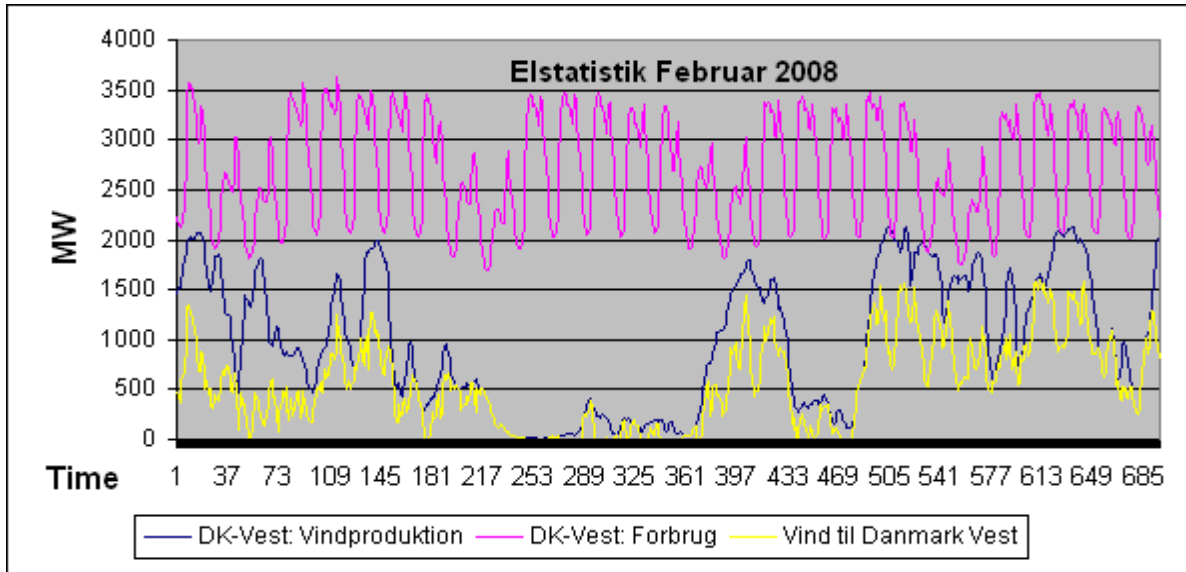
I 2008 udnyttedes **57,6%** af denne produktion i Danmark vest, og i de første 7 måneder af 2009 udnyttedes **41,6%** af produktionen.

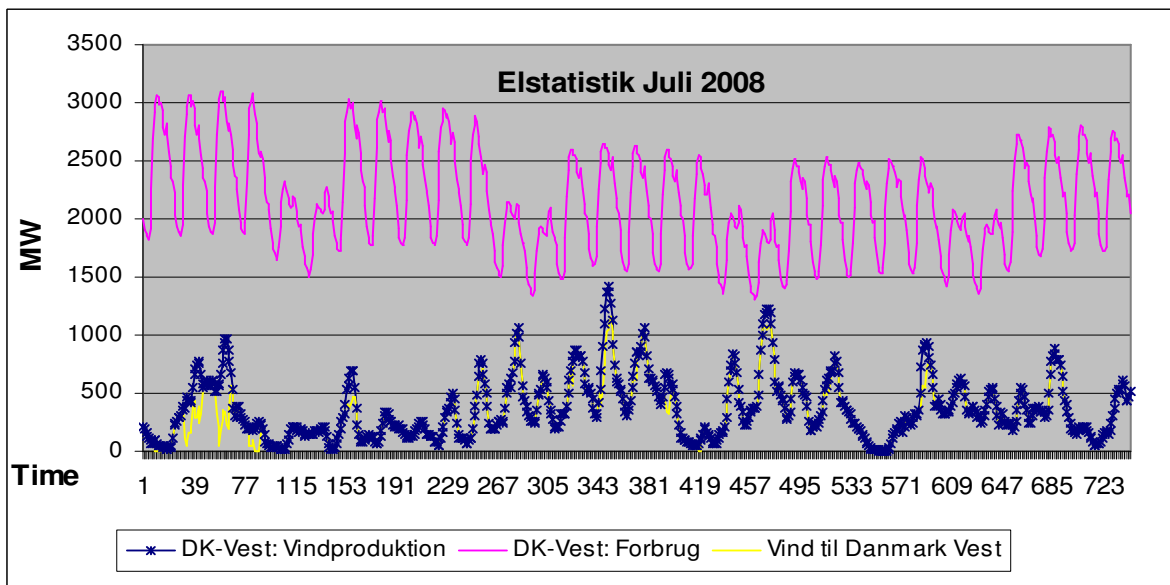
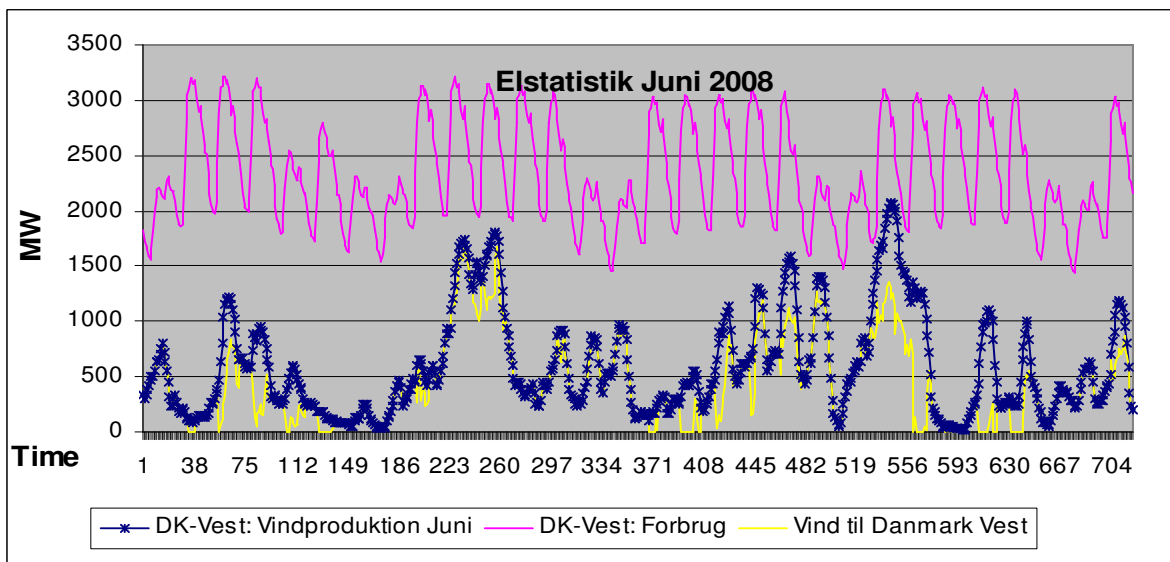
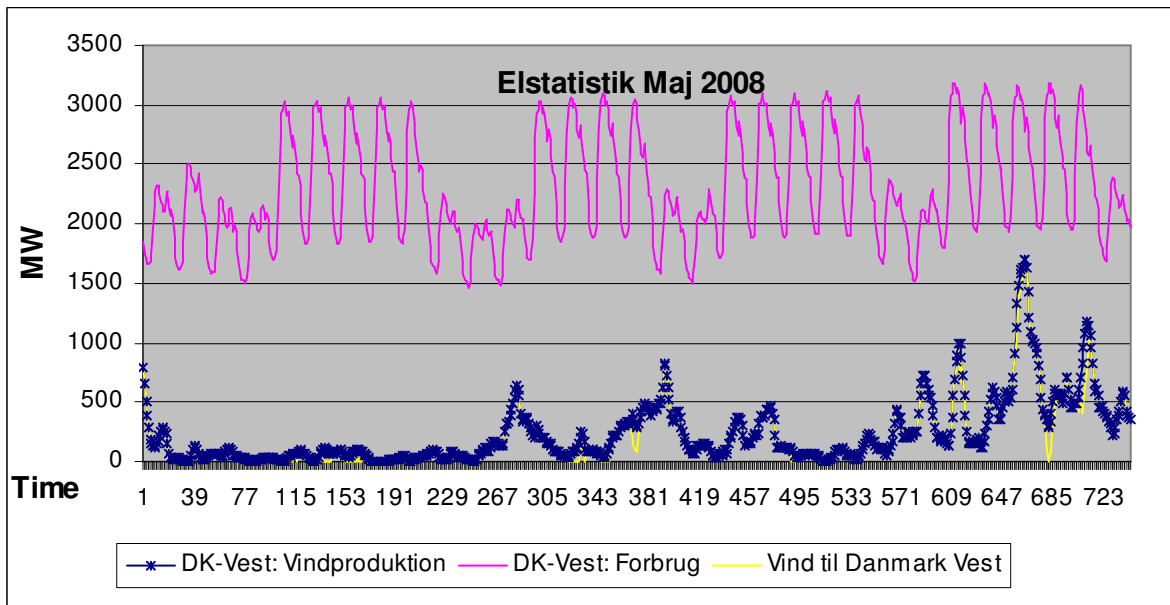
I perioden Januar 2008 til og med marts 2009 producerede den **741 MW** store østdanske vindmøllepark i gennemsnit **201 MW sv.t. 27%** af kapaciteten og i gennemsnit **154 MW** afsattes i Danmark Øst svarende til **22 %** af vindmøllernes kapacitet.

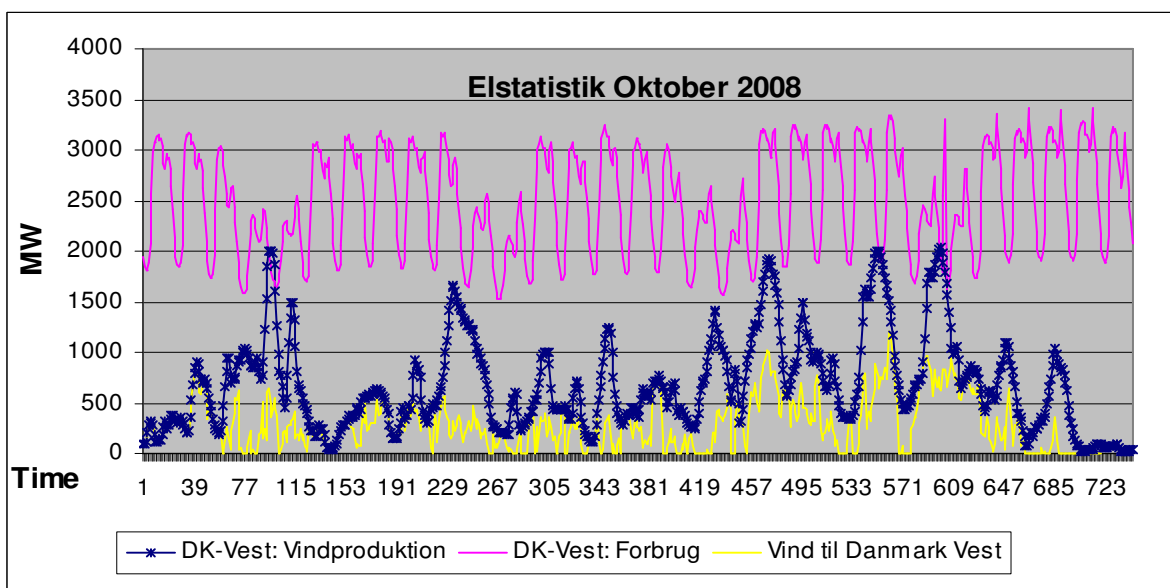
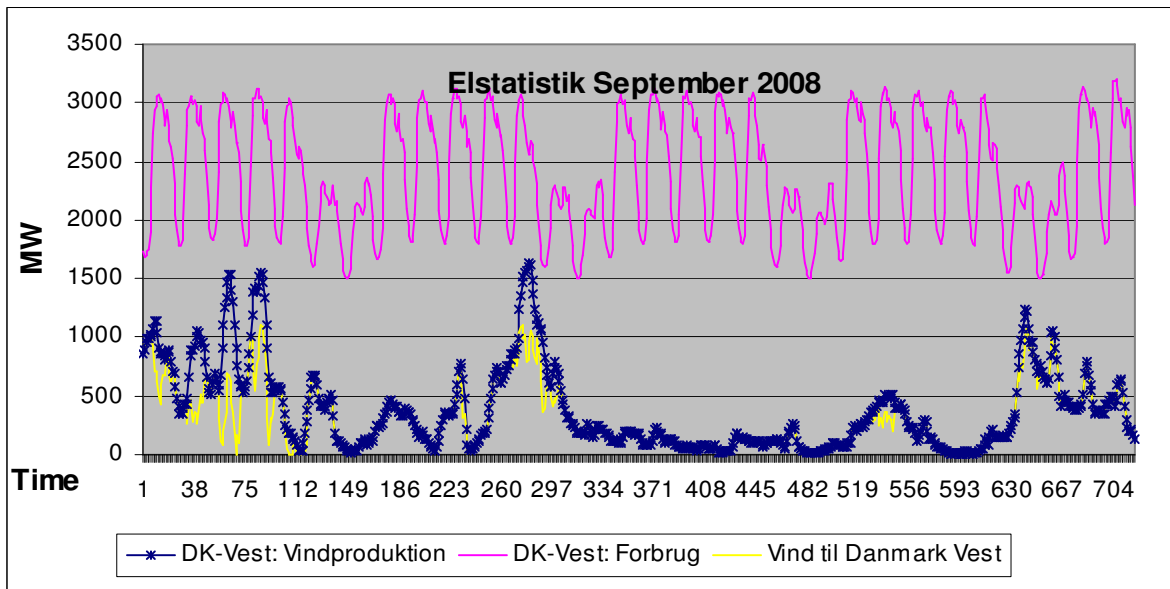
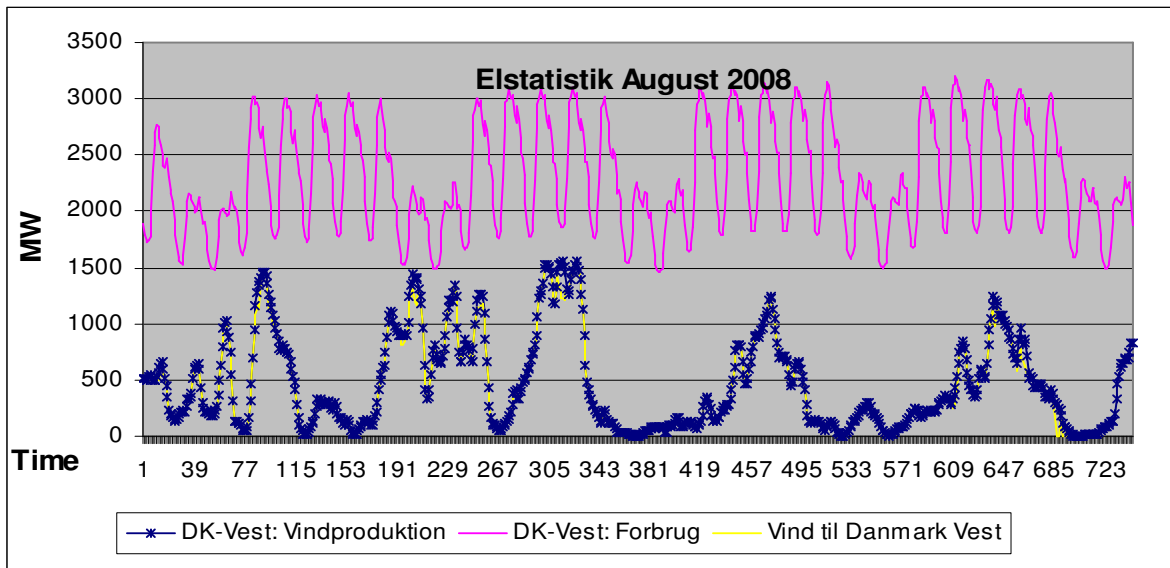
I perioden var det østdanske gennemsnitsforbrug **1687 MW**, hvoraf vindmøllerne efter fradrag af eksporten leverede **154 MW** eller **9,1 %**. Lidt mindre end i Vestdanmark.

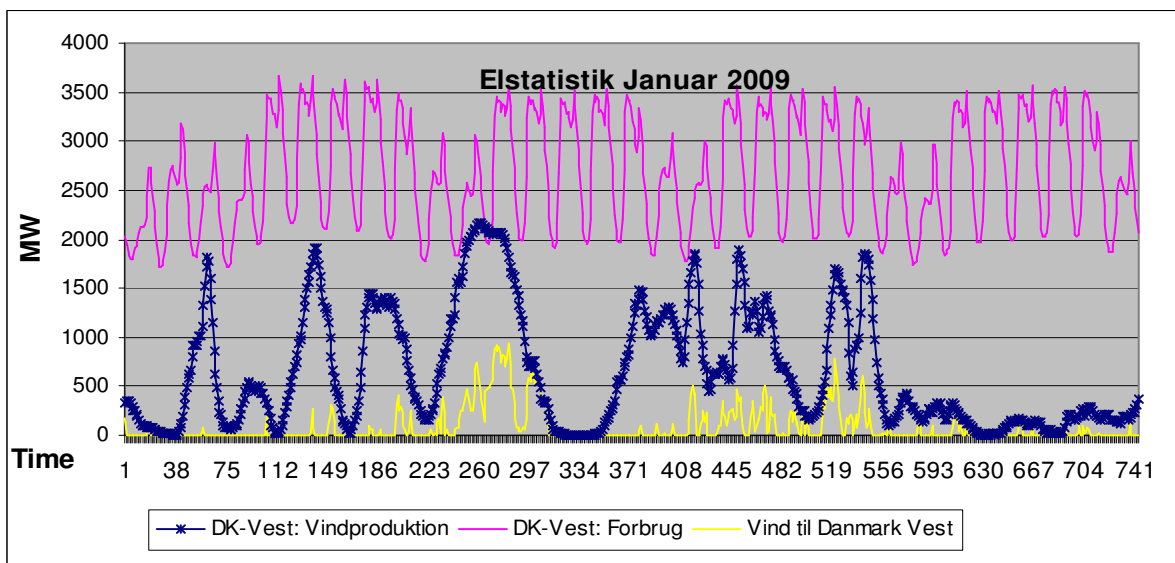
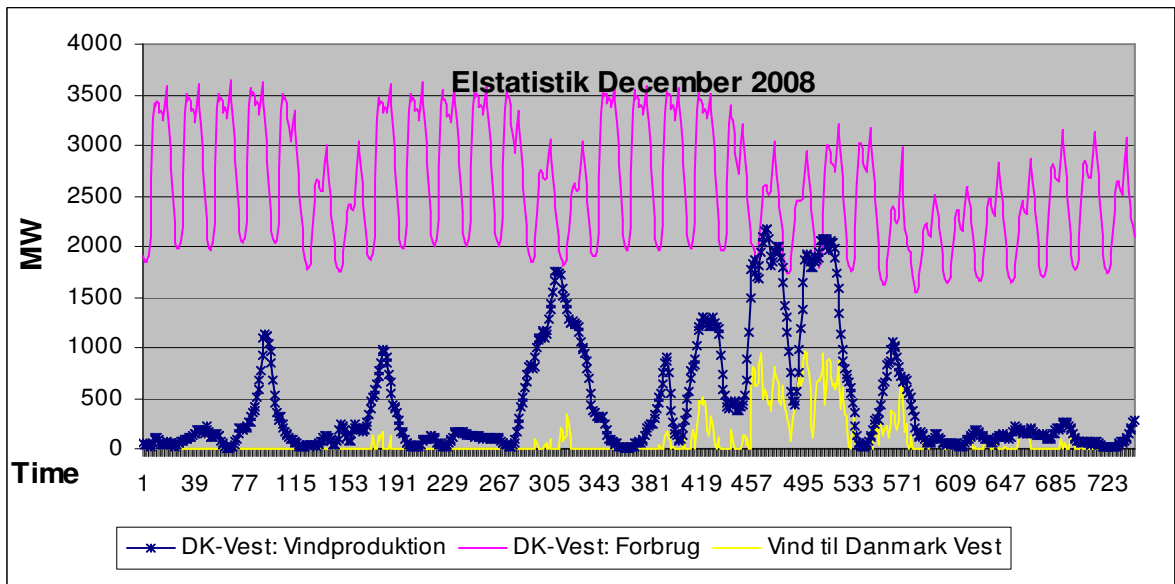
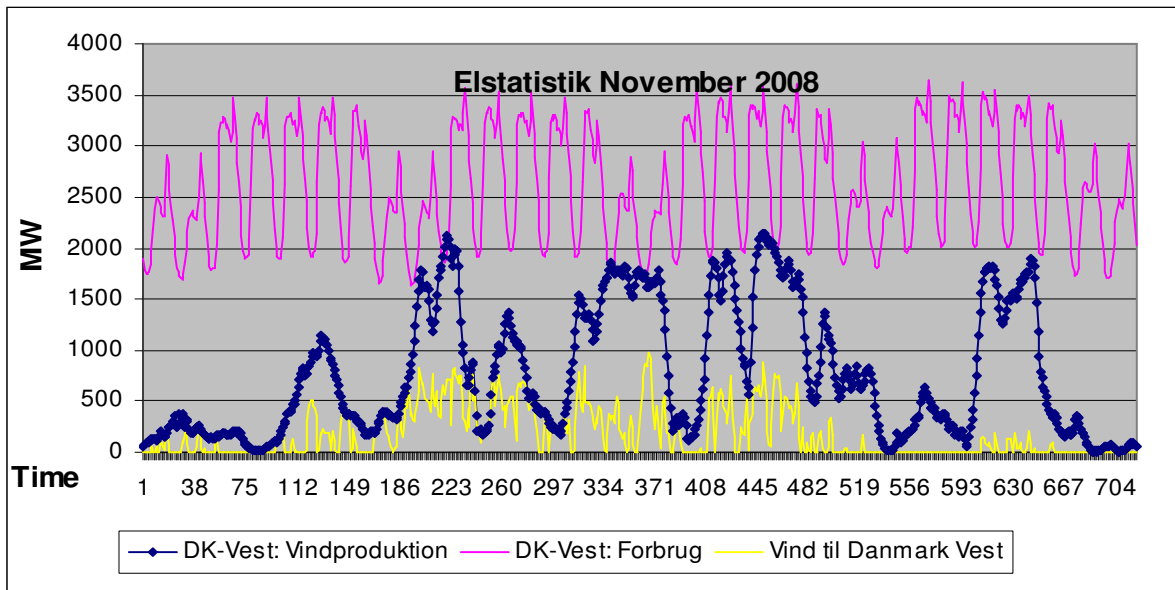
Årsagen til den lave udnyttelsesgrad er vindkraftens kraftige og uforudseelige variation. Hvis produktionen var stabil og forudsigelig kunne man sagtens anvende den internt. Nedenstående kurver fra **Danmark Vest** viser variationerne.

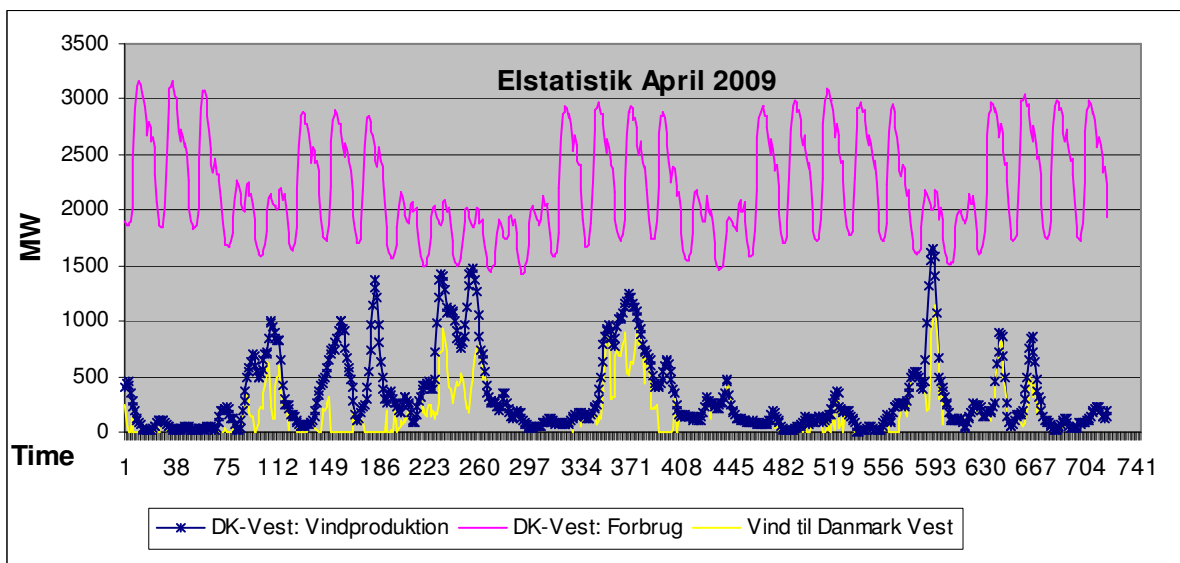
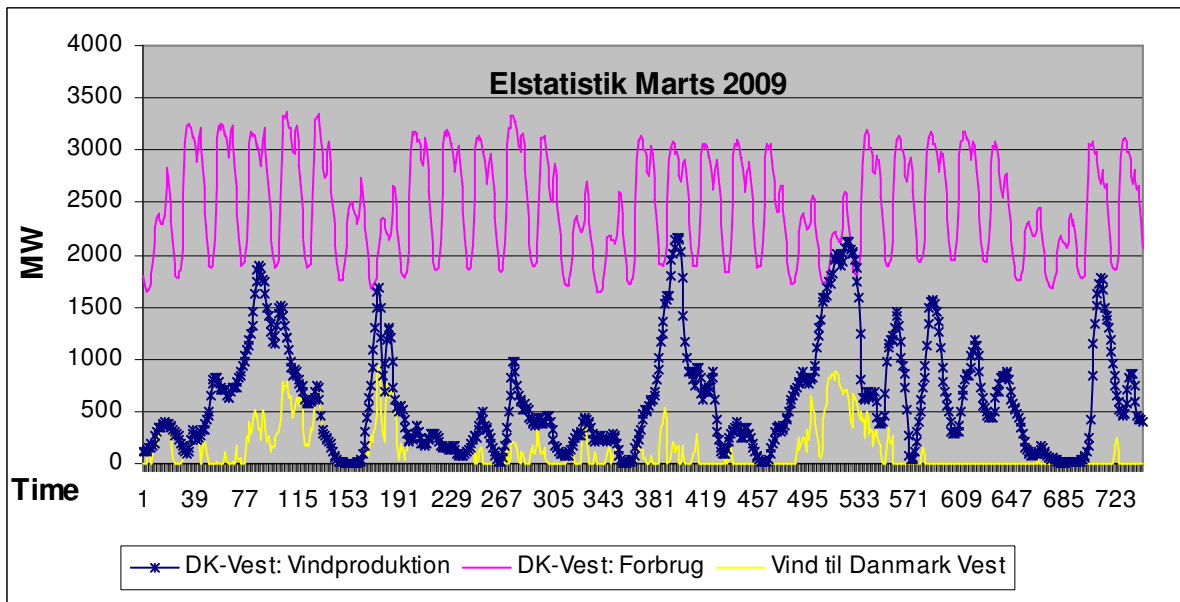
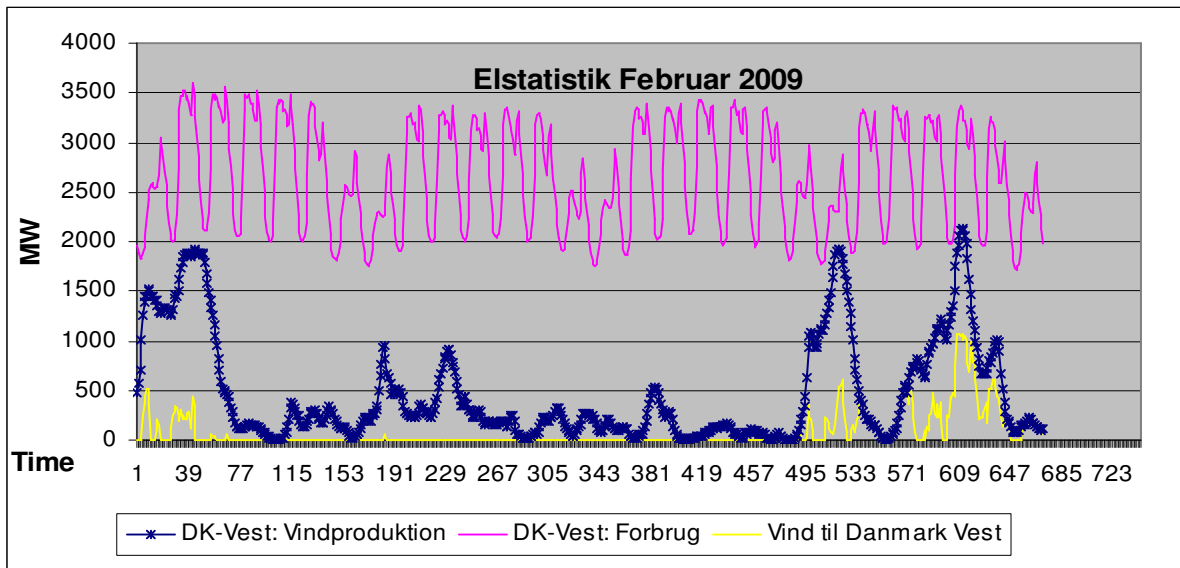


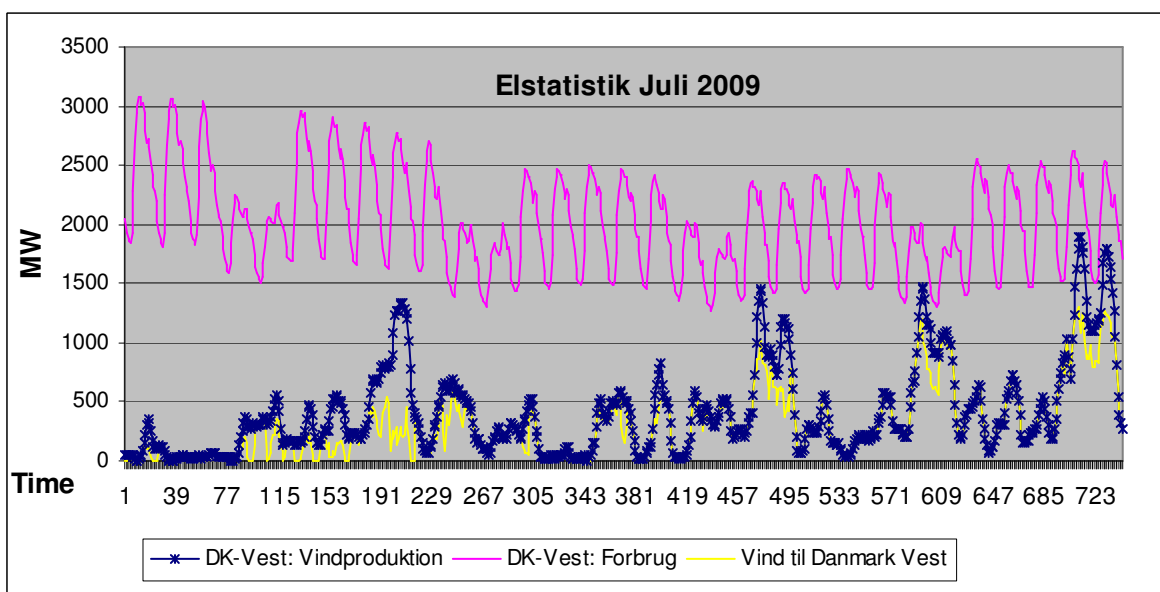
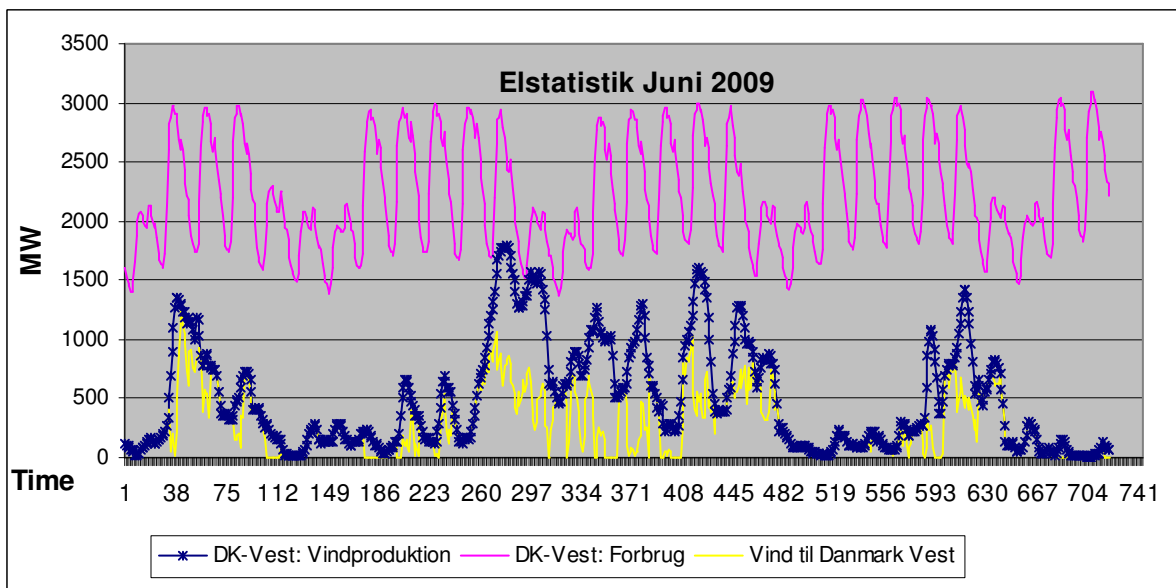
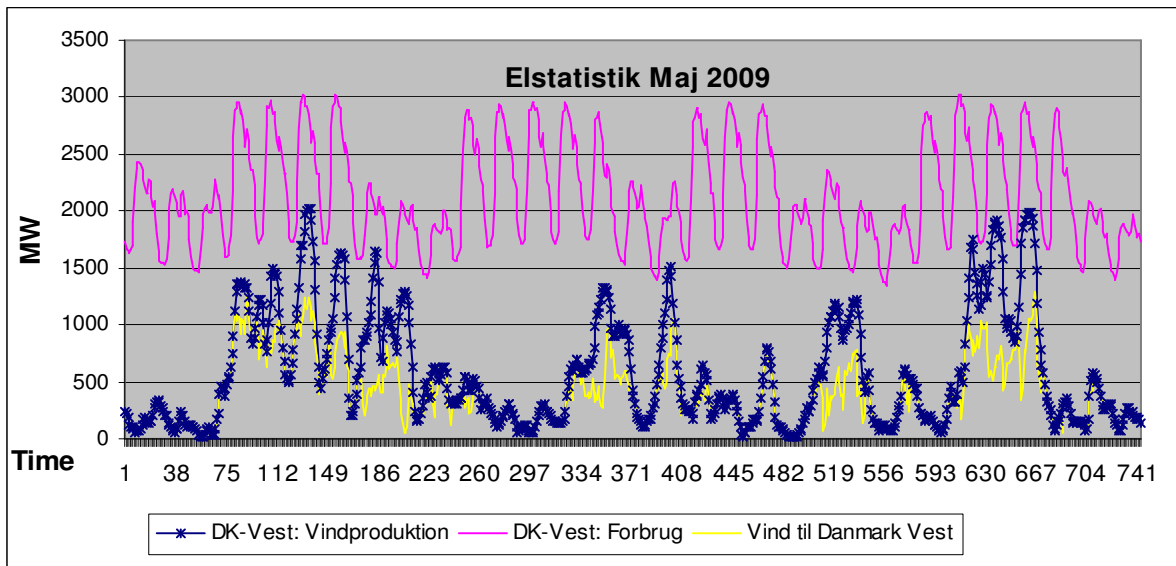












Man er i gang med en kraftig udbygning af vindmøllekapaciteten i både Danmark Øst og Vest. Den gule kurve i diagrammerne ovenfor angiver den vindeffekt, der afsættes i Danmark vest idet nettoeksporten til ethvert tidspunkt er fratrukket vindproduktionen. Den gule kurve repræsenterer den vindproduktion, der herefter er tilbage til afsætning i Danmark vest.

Det forekommer forfatteren, at det ville være fornuftigere at bekymre sig om en bedre indenlandsk udnyttelse af den producerede vindenergi, så den gule kurve kunne hæves betragteligt.

Både Norge og Sverige har som nævnt planer om en kraftig udbygning af deres vindmøllekapacitet. Det må nødvendigvis være dårligt nyt for danske vindmøller, der er afhængige af at kunne trække på variabiliteten af den svenske og norske vandkraft. For der er grænser for denne variabilitet.

Det vil være helt tåbeligt at gemme strømmen i form af brint fremstillet ved elektrolyse, idet alene selve elektrolyseprocessen er forbundet med et tab på 25%. Hertil kommer den ikke billige komprimering af brinten, så man kan opbevare den uden at anvende lagerbeholdere af astronomisk størrelse, og endelig skal den vel igen omdannes til elektricitet med et tab på ikke under 40%, som det ser ud i øjeblikket. Der tales da heller ikke nær så meget om brint i dag som for et år siden. Nu er elbiler den store mode. Kun folk med profetiske evner kan forudsige, hvad der vil være den store mode om endnu et år.

Det er til overmål vist ovenfor, at vindydelsen ofte er tæt på nul. Et moderne samfund kan ikke undvære strøm. **Vindkraft er derfor en garanti for fortsat afhængighed af fossile brændsler.**

Jo mere vi elektrificerer vort energiforbrug jo mere stabil og økonomisk overkommelig skal elforsyningen være.

Konklusion

- 1. I de kolde og mørke måneder, hvor kraftværkerne også må producere varme må en meget stor del af vindmøllestrømmen eksporteres.**
- 2. Vindproduktionen varierer voldsomt og er ofte tæt på nul**
- 3. Før man finder en metode til opbevaring af strømmen er det helt uansvarligt at ville forøge vindkapaciteten.**
- 4. Hidtil har de norske og svenske vandmagasiner i nogen grad kunnet hjælpe os, men både Norge og Sverige planlægger en kraftig udbygning af deres egen vindproduktion, så det må forudses at blive vanskeligere at hente hjælp i Norge og Sverige.**
- 5. Et så svingende produktionsapparat repræsenterer et enormt spild af bl.a. kobber, som der sikkert bliver god brug for andre steder. Og da vindeffekten ofte går i nul er man nødt til at have 100% back up, dvs. man sparer ikke en eneste kW konventionel kraftværkskapacitet ved at bygge en vindmølle. Det er tilmed overmåde tvivlsomt om man forlænger det konventionelle kraftværks levetid ved at lade det stå stille eller køre med nedsat ydelse i en del af tiden. De fleste maskiner har det bedst med en jævn belastning.**

4.1.1. Prisen for vindenergi.

Offentligheden er ikke forvænt med **regnskaber** fra vindmølleindustrien. Men man ved dog, at f.eks. Horns Rev I mølleparken har kostet 2000 millioner til selve møllerne og ca. 300 millioner i tilslutningsomkostninger. Ydelsen kan man finde på energistyrelsens hjemmeside. Derimod må man gætte sig til drifts- og vedligeholdelsesomkostningerne. Vi får mildt sagt lov til at betale regningen, men dens grundlag synes ikke at vedkomme os.

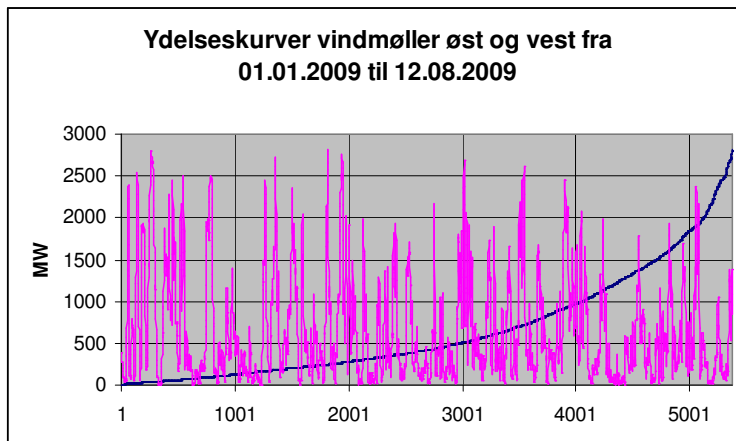
Nominel kapacitet 80 møller a 2 MW	160 MW
Levetid	25 år
Rentefod	4 % p.a.
Investering	2300 milliarder kr
Amortisering (<i>beregnet</i>)	169 millioner kr/år
Drift og vedligehold (<i>skønnet</i>)	5 % p.a. af investeringen
Drift og vedligehold (<i>skønnet</i>)	115 millioner kr/år
Samlet beregnet årlig udgift	284 millioner kr/år
Gns. Ydelse 2003 – Juli 2009	62,4 MW
Ydelse i forhold til kapacitet	39,0 %
Produktion	547 GWh/år
Grænseomkostning kapital	250 kr/MWh
Grænseomkostning drift og vedl.hold	195 kr/MWh
Grænseomkostning ialt	445 kr/MWh.
Investering i fht. Effektiv kapacitet	36,85 kr/Watt

Til sammenligning angiver BTM Consult en byggepris i dag på

For havvindmøller på	39,00 kr/Watt
For landvindmøller	32,61 kr/Watt

Tallene er beregnede af forfatteren på basis af at BTM selv opgiver henholdsvis 3000 \$ og 1380 \$ i investering per nominel kW hav- og landmøllekapacitet. Forfatteren forudsætter i sin beregning, at udnyttelsesgraden for disse er henholdsvis 40 og 22 % og at dollarkursen er 5,20 DKK/\$. Til beløbene må så lægges forbindelse til fordelingsnettet, hvilket navnlig for havmøllerne ikke er nogen ringe udgift, for slet ikke at tale om den uundværlige back-up. **Fra den 1. januar til den 12. august 2009 ydede de danske vindmøller mindre end 5% af den nominelle kapacitet i 24% af tiden. Altså praktisk ingenting.**

(Hvem ville købe en bil, der svigtede hver fjerde gang man skulle bruge den? Og som kun køre i første gear i over halvdelen af tiden?)



Kurverne repræsenterer 5376 målinger, 1 for hver time i perioden. Den blå kurve viser tallene sorteret efter størrelse. Den røde viser kronologien. Den nominelle danske vindmøllekapacitet ultimo 2008 var 3171 MW. Det ses, at i 3000 af de 5376 registrerede timer har møllerne ydet under 500 MW.

Kurverne turde underbygge forfatterens påstand om, at vindkraft er en effektiv garanti for fortsat afhængighed af de fossile brændsler, der må sættes ind, når vinden lægger sig. Dette koster både kuldioxid og penge.

Man kan nogenlunde udregne hvor meget kuldioxid. Vindkraften gør det ikke muligt at spare et eneste konventionelt kraftværk, idet disse jo skal sættes ind, når vinden lægger sig, og skal holdes varme og driftsklare. Og fornyes efterhånden som de bliver forældede. **Denne omkostning må være betydelig, men den er ikke offentligt kendt. Forfatteren er heller ikke bekendt med offentligt tilgængelige regnskaber, der viser VINDMØLLERNES DRIFTS-OMKOSTNINGER.**

Der anvendes bl.a. store mængder kobber i vindmølleindustrien. – **Et til himlen skrigende ressourcepild at opføre anlæg med en udnyttelsesgrad langt under 50%, hvortil kommer, at der også ved fuld kapacitetsudnyttelse skal anvendes mere kobber per kW i mange små dynamoer end i én stor.**

Vattenfall opgiver i sin ”Årsredovisning 2006” (*kan nedtages fra nettet som en pdf fil*) på side 19 en fremstillingspris på ca. **600 kr/MWh**. (Danske kroner) ved havmøller. Der angives dog hverken rentefod eller afskrivningsperiode. Så det er svært at vide, hvad man skal tro.

Iflg. ovenstående kostede Horns Rev møllerne 2300 millioner kr/160 MW **installeret effekt**, svarende til **14,37 mill kroner per nominel MW**, og på basis af 7 års driftserfaringer finder man en investering på ca. **36,8 mio kr per reel MW eller ca. 36,8 kr/W**

Det fremgår af afsnit 3.2 at Danmarks gennemsnitlige elforbrug er 4000 MW sv.t. ca. 800 Watt/indbygger. Skulle vi forsynes med strøm fra vindmøller skulle der altså per indbygger investeres $800 \cdot 36,8 = 29.440$ kr. Det kunne vi nok klare, men til trods for, at vi har over 5000 vindmøller med en samlet nominel kapacitet på godt 3000 MW producerede de i perioden 1. januar til den 12. august 2009 under 150 MW i 21% af tiden.

Så iflg. forfatterens opfattelse er det langt vigtigere at udvikle metoder til opbevaring af strøm end at udbygge vindmøllekapaciteten. Problemet er imidlertid, at de opbevaringsmetoder, man kan få øje på enten medfører betydelige energitab, eller har karakter af rene luftkasteller.

4.2. Biomasse.

Det danske biomassepotentiale opgives af Energistyrelsen til 165 PJ/år. Ifølge ovenstående tabel udnyttes over halvdelen allerede (92 PJ i 2006). Så biomasse kan absolut yde et bidrag til vor energiforsyning, men uden en massiv import kommer vi ikke over 20% af vort - nuværende – energiforbrug.

4.2.1. Biogas

Om **biogasanlæg** til behandling af svineproducenternes gylle er at sige, at de fungerer ikke med mindre de bliver tilført andet affald, som med fordel kunne afbrændes som det er. Helt absurd bliver det, når man giver tilskud til at omdanne den ved biogasanlæggene fremstillede biogas til elektricitet, der nødvendigvis må blive langt dyrere end konventionelt fremstillet elektricitet. Det mindste man kunne forlange var dog, at den producerede biogas blev anvendt i eksisterende forbrændingsanlæg, uanset om disse producerer både el og varme eller kun varme. Men lad dog markedet finde ud af det.

Landbruget har desværre en lang tradition for at tænke i statstilskud. Og lovgivningen fastsætter, at der skal ydes tilskud til landbrugets legetøjskraftværker. Forfatteren mener, at løsningen

på gylleproblemerne bør betales af svinekødsforbrugerne, og ikke af skatteydere eller via el-regningen. Omfattende historiske erfaringer tilsiger os at være overbeviste om, at en **skatteyderfinansieret løsning på gylleproblemerne vil være dyr og ineffektiv.**

Den danske svinegylle har et teoretisk energiindhold på ca. **5,8 PJ/år sv.t. 184 MW. 0,7% af Danmarks bruttoenergiforbrug.**

Forfatteren ved ikke, hvor stor en del af disse teoretiske 184 MW, der kan blive til biogas og derefter til elektricitet – efter fradrag af energiforbruget ved processen. Men i hvert fald langt under halvdelen. (Danmarks bruttoenergiforbrug er ca. 850 PJ/år sv.t. ca. 27 GW.)

Man kan heller ikke gå ud fra, at vi vil opretholde den store svineproduktion. Desuden bliver man stadig dygtigere til at udnytte svinefoderet, hvilket betyder, at der bliver mindre energi tilbage i gyllen. Måske bliver man bedre til at styre den biologiske nedbrydningsproces uden tilskud af andet affald.

Tallene for gylle er i øvrigt usikre. De kan godt være 50% forkerte.

I Nyhedsmagasinet *Omenergi*, efterår 2009 oplyser en begejstret artikel ”*Gylle og grønne skove*” at danske biogasanlæg i dag producerer 4 PJ per år. Og man er oven i købet ærlige nok til at oplyse, at gylleanlæggene skal have tilført slagteriaffald og andet for at fungere. Men man håber, at kunne udvikle ny teknologi, så man vil kunne ”klare sig på gylle som egentlig ikke har et ret højt energiindhold, forklarer Preben Birr Pedersen”. Så her ser vi igen en teknologi, der ikke vil kunne klare sig uden tilskud. *Tilskud*, sød musik for politikere, der får magt herved, for embedsværk der får beskæftigelse, og producenter der får penge. At samfundet samtidigt bliver fattigere synes kun at bekymre en forsvindende minoritet.

4.2.2. Bioethanol og biodiesel.

Forfatteren har ikke truffet nogen sagkyndig person, der har kunnet se nogen fornuft i at omdanne **biomasse til motorbrændstoffer** i stedet for at brænde den af, som den foreligger. Der er ganske vist også tab ved at omdanne råolie til benzin og diesel, men de er langt lavere end ved at omdanne biomasse.

Dog må det indskydes, at transportproblemer måske kan gøre lokal omdannelse af halm til flydende brændstof fornuftig. Mere herom nedenfor.

Afbrændes halm, korn eller træflis i kraftværker vil 1 MJ(oule) biomasse erstatte 1 MJ kul.

Omdannes 1 MJ biomasse til flydende brændstof vil der i det højeste spares 0,20-0,25 MJ olie. Og omdannelsesprocessen kræver et betydeligt kapitalapparat.

Det må indskydes, at hvis man omdanner fedt fra destruktionsanstalter, dvs. et produkt man ikke kan undgå at producere, ser regnskabet bedre ud. Men stadigvæk ville det være mere rationelt at brænde det, som det er, end at skulle igennem en ganske kompliceret proces for at omdanne det til biodiesel.

Den danske regering har prisværdigt strittet imod EU beslutningen om at blande biobrændsel i motorbrændstoffet, idet den synes at dele overstående betragtninger. Men den må naturligvis i sidste ende bøje sig for EU systemets trang til at demonstrere miljømæssig fromhed, for ikke at sige fromt hykleri, idet EU løsningen ikke giver maksimal kuldioxidbesparelse, og tilmed er dyr. Men naturligvis profitabel for landmænd, entreprenører, forskningsinstitutioner, embedsværk m.m.

INBICON er i gang med et ambitiøst projekt i Kalundborg for omdannelse af halm til ethanol. Den beregnede kapacitet er 60.000 tons ethanol per år svarende til 1,6 PJ eller 50,6 MW (MJ/sek), hvor det danske forbrug af motorbrændstof er ca. 7000 MW.

Forfatteren er skeptisk med hensyn til en så kompliceret proces som at omdanne halm til ethanol, men der er ikke andet at sige end, at vi med spænding imødeser de første reviderede regnskaber og energibalancer. Disse er en uundværlig forudsætning for at kunne vurdere projektet.

Forfatterens helt personlige vurdering er, at klimaministeren – og Novozymes, der leverer enzymer til processen - har grund til at være glade for, at disse regnskaber ikke kan nå at foreligge, når hun ved klimakonferencen til december skal fremvise projektet.

SCF Technologies A/S (<http://www.scf-technologies.com/default.asp?id=117>) arbejder med en interessant teknologi til omdannelse af biomasse til flydende brændstof, gående ud på at reagere biomasse med vand under højt tryk og en temperatur på et par hundrede grader. Forfatterens vurdering er, at processen er langt mere rationel end mikrobiologernes og politikernes foretrukne mikrobiologiske metoder for omdannelse af biomasse til ethanol og metan ved hjælp af mikroorganismer. Hård teknologi mod blød.

Processen ændrer dog ikke ved det fundamentale, at biomasse er en begrænset ressource, og at den mest rationelle anvendelse af denne som hovedregel vil være at brænde den af, som den er.

Dette ændrer sig først i det øjeblik vi har andre energikilder til at besørge el- og varme-produktion end fossile brændstoffer.

Ved DtU.s afdeling for kemiteknik er der arbejdet (Niels Bech: In situ flash pyrolysis of straw, 2008) med kortvarig varmebehandling dvs. nogle sekunder ved ca. 500°C, hvorved der er opnået udbytter af en brændbar olie på ca. 50% af det teoretiske. Den dannede olie er delvis blandbar med vand, men ved reaktion med brint under tryk kan den omdannes til dieselolie.

Det er forfatterens vurdering, at denne proces er den særdeles komplicerede biologiske fremstilling af ethanol ud fra halm betydeligt overlegen.

4.3. Bølgekraft

Forfatteren har i efteråret 2007 deltaget i Folkeuniversitetskurset nr. 7679 ”Vedvarende Energi” i Århus. En af forelæsningerne (06.11.2007) handlede om bølgeenergi. Forelæseren var Hans Chr. Sørensen fra Wave Dragon. Se www.Wavedragon.co.uk Bølgeenergien ud for Europas Atlanterhavskyst skulle have et potentiale på 290 GW, altså godt 10 gange Danmarks energiforbrug

I juli 2003 startede et forsøgsanlæg i Nissum Bredning en produktion på **4 kW el**, når vind og vejr var rigtige. **Ca. svarende til ydelsen fra en knallertmotor.** Anlægget har kostet **100 millioner kr.** Den nævnte hjemmeside giver en imponerende grundig beskrivelse af miljøforholdene omkring demonstrationsanlægget:

The Milford Haven Wave Dragon Pre-Commercial Demonstrator is a floating slack moored wave energy converter with a rated capacity of 4-7 MW,

der planlægges bygget ud for Wales' sydvestkyst. Men intet om omkostningerne. Men kun meget modige folk tør gå en faktor 1000 op i anlægsstørrelse.

Den 09.09.2009 oplyste Wave Dragon's hjemmeside følgende:

“Latest.....

August 25 2009

The financial crisis has caused a delay in the plans for deploying the first full scale Wave Dragon.

Wave Dragon is currently seeking venture capital.”

Danfoss har været engageret i udvikling af en anden type bølgemaskine **Wave Star**. Danfoss trak sig ud af dette projekt i midten af september 2009.

Konklusion. Det er svært at bevare troen på, at bølgeenergi vil blive en væsentlig energikilde i en overskuelig fremtid.

4.4. Solenergi

Den 13.11.2007 holdt lektor Simon Furbo, DtU, foredrag om emnet på Århus Folkeuniversitetets kursus i vedvarende energi.

4.4.1. Solvarme

Efter nogle indledende rituelle beklagelser over, at støtten til solenergi afskaffedes efter regeringsskiftet i 2001 vedgik foredragsholderen, at det faktisk går ganske udmærket med solenergien **uden** offentlig støtte. Dansk hovedaktør er Velux gruppen med firmaet SOLARCAP GROUP. Se f.eks. (<http://www.vkr-holding.dk/links.htm>)

Foreløbig fortrinsvis til opvarmning, men der eksisterer dog også i USA og Spanien egentlige solkraftværker, hvor spejle anvendes til at koncentrere solstrålerne på fordampningsanlæg. Således findes der f.eks. i Mojave ørkenen i USA et solkraftanlæg dækkende et areal på 1 km² og med en effekt på 354 MW – i dagtimerne. Denne type kraftværker kan imidlertid kun komme på tale i ørkenområder betydeligt nærmere ækvator end Danmark.

Spanien har ved Sevilla bygget Verdens største solkraftanlæg med en kapacitet på 11 MW – når solen skinner. Til sammenligning producerede de spanske kernekraftværker i 2006 i gennemsnit 6000 MW. Ca. 1,5 gange Danmarks elforbrug.

4.4.2. Solceller

Det kan ikke udelukkes, at det vil lykkes at udvikle solceller, der kan levere elektricitet til en rimelig pris, men jo stadig med den begrænsning, at solen ikke skinner om natten.

Den 02.04.2009 hørte forfatteren Arne Nylandsted Larsen, Århus Universitet, tale om solceller. Verdens effektforbrug i 2009 er 13 TW, der forventes at være steget til 30 TW i 2050 og 50 TW i 2100. (3-5 kW/indbygger) Foredragsholderen konkluderede, at fremtiden tilhører solcellen, men en solcelle, der er god nok, er ikke opfundet endnu, men måske om 10 – 20 år.

Forfatterens anbefaling vil være, at man lader forretningslivet om solenergien, og ikke giver den anden støtte end at undlade subvention til både den og til mulige konkurrenter.

Den 20.09.2009 kunne man høre i TV avisen kl. 21, at i Tyskland afregnes strøm fra solceller med en pris på 3,20 kr/kWh. Middeleffektforbruger af al energi er ca. 5 kW per dansker. Skulle denne effekt skaffes ved hjælp af solceller til en pris af 3.20 kr/kWh ville udgiften blive 16 kr/indbygger/time. Eller **140 tusinde** kroner per indbygger per år. Spædbarn og olding medregnet. Så det er i orden at forsøge, men praktisk anvendelse i mærkbart omfang er naturligvis fuldstændigt uansvarlig.

4.4.3. Alger

Der arbejdes med at lade alger udnytte solenergien til fremstilling af olie. I princippet er det meget vel muligt i solrige egne at opnå en produktion svarende til 50 g olie/m²/dag. Svarende til 18.000 tons per km²/år. Et tropisk ørkenområde på ca. 10 x Danmarks størrelse ville således

være fuldt tilstrækkelig til fremstilling af Verdens energiforbrug. Der er bare det lille problem, at 50 gram olie vil indeholde ca. 43 gram kulstof. Kulstoffet skal hentes ud af atmosfæren og denne mængde kulstof svarer til kulstofindholdet i ca. 220 m³ luft. I løbet af dagen skal hver kvadratmeter vandoverflade altså gennembobles af teoretisk 220 m³ luft, i praksis en del mere, for man får ikke al kuldioxiden overført fra luften til vandet. Det kan simpelthen ikke lade sig gøre i større målestok.

4.4.4. Solkraftværker

Derimod arbejdes der i Arizona med planer om at lade skorstensrøg fra kraftværker passere over algedamme, der så vil kunne absorbere kuldioxiden fra skorstensrøgen under dannelse af brandbart organisk materiale. Dette er muligvis fornuftigt, men det er ikke **løsningen**. Man vil jo næppe standse kraftværket ved solnedgang. Processen er detaljeret beskrevet under pkt. 3.3.9.

4.4.5. Havalger

Tang vokser meget hurtigt i tropisk havvand, hvis mineralforsyningen er tilstrækkelig. Denne tang vil naturligvis kunne anvendes som energikilde, så her er der måske nogle muligheder. Men bliver nettoeffekten at kuldioxid overføres fra havet til luften er vi lige vidt.

Tidsskriftet Chemical Engineering, September 2009, bringer en artikel om et eksperiment i Massachusetts iflg. hvilken man i et lavvandet kystområde på 100 acres ved hjælp af alger per år vil fremstille 2 millioner gallons dieselolie.

Kunne vi opnå samme produktivitet i danske farvande behøvede vi kun et lavvandet kystområde på 1441 km² eller 2 algedamme med en kantlængde hver på 27 km til dækning af hele det danske energiforbrug.

Der må dog indvendes, at Massachusetts ligger ca. 1400 km nærmere ækvator end Danmark og derfor får et tilsvarende større solindfald. Den anden og iflg. forfatterens opfattelse nok så tungtvejende indvending er, at der vil indgå ca. 20 millioner tons kulstof til dannelse af den tænkte oliemængde.

Til forfatterens meget store overraskelse, lykkedes det ikke at finde et brugbart tal for havvands kuldioxidindhold og dermed kulstofindhold, så det har ikke været muligt at beregne, hvor meget havvand, der skal strømme igennem algedammene for at levere den nødvendige kulstofmængde, men forfatteren skønner, at den nødvendige gennemstrømning er prohibitivt stor.

Men det kan nok undre, at det ikke er en let sag, at finde ud af, hvorledes havets kuldioxidindhold har ændret sig i de sidste hundrede, eller i hvert fald 20 år? Forfatteren vil på ingen måde afvise drivhusgashypotesen. Men dens fortalere har ikke gjort deres arbejde ordentligt, hvis de ikke har undersøgt variationerne i havets kuldioxidindhold.

4.5. Brint.

Forfatteren medtager kun brint her, fordi det er almindeligt antaget, at brint er en kilde til vedvarende energi. **Dette er en alvorlig misforståelse. Brint findes ikke i fri form på Jorden og kan dermed ikke være en energikilde.** Men den kan fremstilles ved elektrolyse af vand. Desværre bliver ca. 25% af den indsatte elektricitet til varme i stedet for til kemisk energi, og det er heller ikke tabsfrit at omdanne brinten til elektricitet igen. I det højeste kan man vel opnå et eludbytte på 60% af det teoretiske. Totalt $0,75 \cdot 0,6 = 0,45$. Før andre driftsomkostninger. Man taber altså over halvdelen af den strøm, der, hvis den fremstilles ud fra vindmøller, i forvejen er alt for dyr.

4.5.1. Brændselsceller

Der udføres et stort arbejde med brændselsceller for omdannelse af brint og naturgas til elektricitet, hvorved man kan håbe på at fremstille motorer med en væsentlig bedre udnyttelse af brændstoffet end konventionelle eksplosionsmotorer.

En vis skepsis synes på sin plads, idet man med al den teoretiske og teknologiske viden vi har i dag – 50 eller 100 gange mere end for 50 år siden – efter 10-20 års intensiv forskning ikke har været i stand til at fremstille noget, der er kommercielt interessant undtagen til specielle anvendelser, hvor energiprisen er uden betydning. Teknologihistorien rummer masser af eksempler på, at væsentlige nye teknologier er kommercielle ca. 20 år efter den teoretiske erkendelse eller efter første prototype. Når vi derfor i dag ikke kan få en i princippet simpel proces, der har været kendt i over 200 år til at fungere ved et par årtiers forskning, kan man tvivle på, at processen overhovedet har nogen muligheder.

Endelig er at sige, at hvis brint skal fremstilles, skal den også kunne både opbevares og frigives til forbrug. På baggrund af 25 års industriel erfaring med brint, kan forfatteren sige, at brint på gasform under tryk ikke er en mulighed. Der arbejdes med forskellige måder at binde brint kemisk, så den kan frigives efter behov. De vises sten er ikke fundet. Der kan f.eks. henvises til lektor Troels R. Jensen, Kemisk Institut Aarhus Universitet, som forfatteren hørte den 20.11.2007.

Brint kan også fremstilles ud fra kul, olie, naturgas og alt andet brændbart, hvilket er billigere end at fremstille den ved hjælp af elektricitet, men dette gør ikke brint til en energikilde.

Ovenstående om brændselsceller er skrevet for godt 1½ år siden. Dengang taltes der meget mere om brændselsceller end i dag (September 2009). Forfatteren kan ikke få øje på fidusen ved brændselsceller, undtagen til specielle formål, hvor prisen er underordnet.

4.5.2. Vandspaltende solceller.

Der arbejdes med metoder til spaltning af vand til ilt og brint ved hjælp af solenergi. **Lykkes dette kan Verden komme til at se helt anderledes ud. Man må dog på det kraftigste advare mod at overlade arbejdet til selvreproducerende mikroorganismer, der kunne begynde at spalte jordens vand i ilt og brint, sluttelig med det resultat, at Jorden blev lige så tør som Mars. Brinten ville forsvinde ud i verdensrummet, og den tilbageblivende ilt sætte alt i brand.**

4.5.3. Brint og biomasse til motorbrændstof.

Brint kunne være interessant, hvis elektriciteten var billig nok, idet man så kunne reagere brint med biomasse eller kul til dannelse af flydende kulbrinter, altså olie og benzin. Metoden udvikledes af den tyske kemiker Bergius til industriel målestok allerede i 1913. Se f.eks. (<http://www.friedrich-bergius-schule.de/bergius.html>) (Nobelpris 1931).

(Biomasse har bruttoformlen -HCOH- , hvor kulbrinter har bruttoformlen -HCH- . Man kunne sige, at biomasse er delvis oxideret -forbrændt - kulbrinte. Deraf den mindre brændværdi per kulstofatom.

Planterne kan trække en vis mængde kulstof ud af atmosfæren. Kulstof i forbindelse med brint bliver til kulbrinter – olie- der er og forbliver den mest effektive **energibærere**. Har vi billig energi i form af atomkraft, har vi også billig brint, og for den moderne kemiske industri vil det ikke være noget problem derefter at omdanne biomasse til kulbrinter.)

Reagerede man f.eks. den danske biomasse mængde på 165 PJ/år med brint ville der dannes kulbrinter med en brændværdi på ca. 230 PJ/år. Lidt mere end det danske behov for motorbrændstof. Sjovt nok er der ingen, der finder det interessant at forske i denne proces. Det er måske dog ikke så underligt, for den vil kun give mening, når atomkraft har for-

trængt gas, olie og kul fra el- og varmeproduktionen. Og hvilken forsker pådrager sig frivilligt det politiske etablissemets vrede?

Dog kan forfatteren ikke se andre muligheder end den ovenfor nævnte for at løse vort energiproblem.

4.6. Atomkraft.

Man vil pådrager sig stor vrede ved at kalde atomkraft for en vedvarende energikilde, og vil desuden blive forsøgt nedgjort med en påstand om, at uranreserverne er meget begrænsede.

4.6.1. Uranreserver

Der er ingen grund til at rode sig ud i en diskussion om de tilgængelige reserver af uranmalme. Man kan nøjes med at henvise til, at den påviste urankoncentration i oceanerne er 3 mg/m³. Dette svarer til en reserve på 4,5 milliarder tons uran. Desuden er det blandt geologer en udbredt tommelfingerregel, at en fordobling af prisen for et mineral medfører en 8-dobling af de kommercielt udnyttelige reserver. Desuden vejer uranprisen meget lidt i prisen for kernekraft. Mere herom nedenfor.

Det vil sandsynligvis lykkes at udvikle metoder til at udvinde uran i havvand for en rimelig omkostning, og ved beregning af reserven er der nedenfor gået ud fra, at halvdelen vil kunne udvindes. For beregning af energiindholdet per ton Uran henvises til

<http://www.aps-pub.com/proceedings/1452/Perry.pdf>

og for uranudvinding af havvand til

http://www.mines-energie.org/Dossiers/Nucl2003_16.pdf på fransk og

<http://ing.dk/artikel/63691> fra Ingeniøren den 27.04.2005.

På basis heraf kan opstilles nedenstående regneark:

Urans teoretiske energiindhold	TJ/kg	75	
	MWår/kg	2,378	
Teoretisk uranforbrug ved en kraftværkseffektivitet på 0,345	kg/MWår	1,219	
Dansk Netto Energiforbrug ca.	GW	20	
Teoretisk dansk uranforbrug	t/år	24,38	
Påviste uranreserver i oceanerne	mg/m ³	3	
	t/km ³	3	
Oceanernes volumen	Mia km ³	1,5	
Uranmængde i oceanerne	Mia tons	4,5	
Effektivitet i Tysklands største og nyeste reaktor i Lingen (varme til el)		0,345	
Skønnet udvindingsgrad af marin uran		0,5	
Danmarks andel af verdens energiforbrug (skøn)		0,001	
		Konventionel reaktor	Formeringsreaktor
Udnyttelsesgrad af uran		0,015	0,65
Dansk årsforbrug	t Uran	1.625	37,50
Marin uran til verdens totale energiforsyning	År	1.385	59.998

Ovenstående beregning forudsætter, at **hele energiforbruget dækkes med atomkraft, og at resten af Verden vil få det samme energiforbrug per indbygger som Danmark.**

Den franske formeringsreaktor Super Phenix fungerede effektivt i adskillige år, men blev ifølge mine informationer lukket ved en studehandel med nogle populistiske, ængstelige og reaktionære socialister og miljøaktivister. Selvfølgelig vil den kunne anvendes. Se f.eks. <http://generationsfutures.chez-alice.fr/energie/superphenix.htm>

Formeringsreaktoren har oven i købet nogle yderligere fordele i forhold til konventionelle kernekraftreaktorer. De er mere regulerbare, og formodentlige sikrere idet brændselsstavene køles med flydende natrium under langt lavere tryk, end hvis man anvender vand som kølemiddel. Natrium kan ganske vist brænde og reagere med vand, men det problem kan let kontrolleres. Til gengæld har forfatteren engang stået i nærheden, da der brast en pakning i en 40 bar dampledning. Det var en rystende og livsfarlig oplevelse.

Det er interessant, at **Indien forventer at starte sin første formeringsreaktor på 500 MW i løbet af 2010 i Kalkappam i Tamil Nadu.** Der oplyses, at man forventer en byggepris på 1360 \$/kW. Med en skønnet effektfaktor på i gennemsnit 0,9, og en dollarkurs på 5,2 bliver den effektive investering da 7,86 kr/W – **1/5 af den under pkt. 5.1.1. nævnte pris for vindmøllekapacitet. Og så vil reaktoren ikke blot yde som vinden blæser.**

I øvrigt kan henvises til <http://www.reo.dk/> iflg. hvilken eksisterende lagre af udbrændt uran ved anvendelse i en hurtig formeringsreaktor ville svare til 3000 milliarder tons olie. I dag er verdens olieforbrug af størrelsesordenen 3 milliarder tons/år. Nyttig information findes også på www.akraft.dk/.

Konklusionen må være, at der er uran nok i Verden meget langt frem i tiden. 60.000 år burde være tilstrækkeligt til at udvikle fusionsenergien. Endelig kan man også anvende thorium som nukleart brændstof, og heraf er forekomsterne også meget betydelige.

Af speciel relevans for Danmark kan anføres, at der i Kvanefjeldet i Sydgrønland findes påviste uranreserver svarende til Danmarks totale energiforbrug i 5000 år. Oparbejdning af malmen til yellow cake (uranoxid) er gennemført på Risø i halvt teknisk målestok. Se f.eks.

102 *Sørensen, E.; Kofoed, S.; Lundgaard, T.*, Uranudvinding ved udludning med natriumkarbonat under højt tryk og høj temperatur. (Forsøgsanlæg Risø, Roskilde, 1983) 86 pp.

4.6.2. Atomkraftens pris.

Venstre side af Folketingssalen gentager utrætteligt: "Atomkraften er for dyr". Fra Ringhals' informations afdeling, Sigvald Hallberg, har forfatteren i august 2008 og april 2009 modtaget følgende tal:

Driftsudgifter Ringhals			
		2007	2008
Skat	SEK/MWh	46,0	64,0
Affaldsfond	SEK/MWh	8,9	10,0
Brændsel	SEK/MWh	27,0	30,0
Vedligehold og Drift	SEK/MWh	54,2	86,0
Kapital + nyinvest	SEK/MWh	20,9	30,0
Kostpris	SEK/MWh	157,0	220,0
Excl. Skat	SEK/MWh	111,0	156,0

Omregnes til danske kroner med faktoren 0,811 og trækkes skatten fra ser det således ud:

Driftsudgifter Ringhals			
		2007	2008
Skat	DKK/MWh	37,3	51,9
Affaldsfond	DKK/MWh	7,3	8,1
Brændsel	DKK/MWh	21,9	24,3
Vedligehold og Drift	DKK/MWh	43,9	69,7
Kapital + nyinvest	DKK/MWh	16,9	24,3
Kostpris	DKK/MWh	127,4	178,4
Excl. Skat	DKK/MWh	90	126
Horns Rev jvf 4.1.1	DKK/MWh	445	445

Omregnes til pris per kWh bliver det henholdsvis 9 øre/kWh, 12,6 øre/kWh og 44,5 øre/kWh.

Kapitaludgift ny Finsk Reaktor			
Investering	Mia kr	30	35
Kapacitet el	MW	1.600	1.600
Specifik Investering	kr/W	18,75	21,88
Skønnet udnyttelsesgrad		93%	93%
Levetid	År	60	50
Rentefod	p.a.	4%	5%
Ydelse	MW	1.488	1.488
Produktion	GWh/år	13.035	13.035
Amortisering	Mio kr/år	1.326	1.917
Kapital udgift	kr/MWh	102	147
Kapitaludgift Horns Rev jvfr. 4.1.1.	Kr/MWh	250	

Afhængigt af levetid, rentefod og endelig opførelsesudgift bliver kapitaludgiften for nævnte reaktor mellem 10,2 og 14,7 øre/kWh.

Det bemærkes, at der er meget langt fra uranmalm til et brændselement, så selve uranmalmens pris udgør kun en ringe del af brændselsprisen.

Driftsudgifterne kan kun blive mindre end Ringhals'. Vi ender således på en samlet strømpris på mellem **19 og 25 øre/kWh**. Dette er i pæn overensstemmelse med **Vattenfalls Årsredovisning 2006**, p.18, hvor omkostningen ved fremstilling af atomkraft i et nyopført kraftværk angives til ca. **30 øre/kWh**. Forfatteren gætter på at uoverensstemmelsen primært skyldes, at Vattenfall regner med en noget kortere afskrivningsperiode.

4.6.3 Atomkraftens pålidelighed.

Uforudsigeligheden og ydelsesvariationen fra 0% til omtrent 100% af den nominelle kapacitet er **vindkraftens akilleshæl**. Var den blot pålidelig, kunne man måske affinde sig med at den er dyr, men vindkraften er ikke pålidelig. Derfor kan den ikke blive en væsentlig faktor i et moderne samfunds energiforsyning.

Om Verdens første kommercielle atomreaktor Calder Hall oplyser Wikipedia følgende:

Calder Hall was the world's first commercial nuclear power station. The design was codenamed PIPPA (Pressurised Pile Producing Power and Plutonium) by the UKAEA to denote the plant's dual commercial and military role. Construction started in 1953.^[6] First connection to the grid was on [27 August 1956](#), and the plant was officially opened by [Queen Elizabeth II](#) on [17 October 1956](#).^[7] When the station closed on [31 March 2003](#), the first reactor had been in use for nearly 47 years.^[8]

Teknologihistorien rummer ikke mange eksempler på, at en prototype kunne fungere effektivt på kommercielle vilkår i 47 år.

De 4 reaktorer på Ringhals har en nominel kapacitet på 3670 MW og har i de sidste 5 år, iflg. Ringhals' hjemmeside i gennemsnit ydet 3014 MW, sv.t. **82%** af den nominelle kapacitet. Net uden at være pralende, men dog udtryk for en høj grad af pålidelighed. Reaktorerne er bygget i perioden 1975 til 1983.

Det 3. største franske atomkraftværk Cattenom med 4 stk 1300 MW reaktorer sattes i drift i årene 1979-91. I 2005 produceredes 38.200 GWh elektricitet svarende til $38.200/365/24 = 4,36$ GW svarende til **84%** af den nominelle kapacitet.

« Cattenom dispose de quatre réacteurs nucléaires à eau légère ([REP](#)) d'une puissance de 1300 MW électriques chacun. Le chantier des réacteurs de la centrale a débuté en [1979](#) et s'est terminé en [1991](#). »

« Cattenom est actuellement (2006) la troisième centrale de France par sa production d'électricité, avec 34 TWh produit en 2001, derrière [Gravelines](#) (34,4 TWh) et [Paluel](#) (34,9 TWh). En 2005, elle a produit 38,2 TWh, soit 7.8% de la production nationale d'EDF. »

Den største tyske reaktor på 1400 MW i Lingen i Emsland producerer med stor regelmæssighed 11.000 GWh/år sv.t. 1,26 GW sv.t. **90%** af den nominelle kapacitet.

Konklusionen kan kun være, at moderne atomkraftværker er meget driftssikre.

4.6.4 Affaldet

Både svenskere og finner hævder at have en forsvarlig løsning på dette problem. Enten tror man dem, eller også gør man ikke. Det tjener ikke noget formål at diskutere sagen med overbeviste atomkraftmodstandere. Men se f.eks.

http://www.vattenfall.se/www/vf_se/vf_se/518304omxva/518334vxrxv/523254forsk/523314kxrnk/558019hante/index.jsp

Det kan vel også med rimelighed anføres, at vore stenalderforfædre kunne bygge gravkamre tæt på jordoverfladen, der forblev forseglede i over 5000 år. Altså burde det vel ikke være umuligt for os i dag at forsegle affald forsvarligt flere hundrede meter nede i stabilt grundfjeld.

4.6.5 Terrorisme

Det er ikke så lige en sag at trænge ind til en reaktor omgivet af en metertyk skal af jernbeton. Det moderne samfund rummer talrige installationer som meget lettere vil kunne anvendes til at foranstalte store ulykker. Fremstilling af en atombombe er stadig en kompliceret operation, som en terrororganisation kun vil kunne klare med understøttelse fra en statsmagt. Endelig bør det vel også nævnes, at de første atombomber detonerede 11 år før det første atomkraftværk begyndte at producere strøm. Så der går altså ikke en lige linie fra atomkraftværket til atombomben.

4.6.6 Windscale, Tre Mile Øen og Tjernoby.

I oktober 1957 udbrød der brand i en reaktor i **Windscale** i Storbritannien og radioaktivt materiale spredtes i omgivelserne. Der var ingen direkte dødsopfre, og det er siden blevet diskuteret, hvor mange ramte, der ville dø eller er døde af kræft som følge af ulykken.

Det kan med sikkerhed siges, at dette aldrig ville kunne afgøres med sikkerhed. På internettet finder man tal mellem 50 og hundrede, men ingen fik tilkendt erstatning.

Det bør nævnes, at Windschalereaktoren ikke havde megen lighed med en moderne kraftreaktor, idet dens hovedformål var at producere plutonium til atombomber. Reaktoren var en født usikker konstruktion i lighed med Tjernobyl reaktorerne.

Om ulykken på **Tre Mile Øen** oplyser Wikipedia følgende :

The **Three Mile Island accident** was the most significant accident in the history of the [American](#) commercial [nuclear power](#) generating industry. It resulted, however, in no deaths or injuries to plant workers or members of the nearby community.^[1]

The accident began on Wednesday, [March 28, 1979](#), and ultimately resulted in a partial core [meltdown](#) in Unit 2 of the [nuclear power plant](#) (a [pressurized water reactor](#) manufactured by [Babcock & Wilcox](#)) of the [Three Mile Island Nuclear Generating Station](#) in [Dauphin County, Pennsylvania](#) near [Harrisburg](#).

The scope and complexity of this reactor accident became clear over the course of five days, as a number of agencies at the local, state and federal levels tried to solve the problem and decide whether the on-going accident required a full [emergency evacuation](#) of the local community, if not the entire area to the west/southwest. In the end, the reactor was brought under control, although full details of the accident were not discovered until much later.

Although 25,000 people lived within five miles (8 km) of the site at the time of the accident,^[2] no identifiable injuries due to radiation occurred, and a government report concluded that "There will either be no case of [cancer](#) or the number of cases will be so small that it will never be possible to detect them. The same conclusion applies to the other possible health effects."

Opslag af « **Tjernobyl** » på Google angav, at der var ca. 155.000 artikler om emnet. Nedenstående bringes en enkelt.

”Natten til den [26. april 1986](#) skete en stor [kernekræftulykke](#) i Tjernobyl, idet [atomreaktor nr. 4](#) på Tjernobyl-værket nedsmeltede (kernen løb ud af kontrol). Det var, mens [Ukraine](#) endnu var en del af [Sovjetunionen](#). Lige efter ulykken meddelte man ikke, at der var sket noget. Der blev dog målt en så kraftig stigning af [radioaktivitet](#) i både Danmark og Sverige, at russerne måtte erkende, at der var sket en ulykke. Det blev meldt, at der kun var 2 døde, men det viste sig senere, at der var hele 32 omkomne. I alt skønnes 56 at være omkommet som direkte følge af ulykken (uofficielle rapporter nævner langt flere dødsfald), men derudover rantes flere tusinde børn mere end normalt af [skjoldbruskkirtelkræft](#). Disse overlevede dog stort set alle. En dags tid efter ulykken påbegyndte man rømningen af et område på 30 km i radius omkring Tjernobyl-værket, fordi radioaktiviteten var for stor. 20 år efter kæmpes der stadig mod eftervirkningerne af katastrofen.

I dag er 30-kilometerzonen omkring kraftværket stadig erklæret for ubeboelig og livsfarlig, men et fåtal ukrainere bor der dog stadig. Der er ingen fare ved at opholde sig inden for zonen en enkelt dag, men ved udgangen vil man typisk blive tjekket med en [geigertæller](#). Man bør kontrollere, hvor man opholder sig. På åbne steder er der ingen fare, men nærmer man sig enkelte steder, kan man blive udsat for livsfarlig stråling. Man bør f.eks. ikke bade i områdets floder.

Ingen ved sin fornufts fulde brug vil bestride at der var tale om en regulær katastrofe. Dertil er at sige, at reaktoren var elendigt konstrueret og elendigt drevet og var beregnet på at fremstille plutonium til atombomber.

Ulykken var heller ikke uforudset. Således skriver professor Bent Jensen f. eks. på side 45 i sin lille bog : **Sovjetunionen**, udgivet i november 1985 – et halvt år før Tjernobykatakstrofen :

»Vestlige iagttagere er af den opfattelse, at de sovjetiske sikkerhedsforanstaltninger i forbindelse med bygning og drift af atomkraftværker er helt utilstrækkelige. »

Sammenligner man atomkraften med alle mulige andre former for energi, må konklusionen dog stadig være, at den kræver langt færre dødsopfre end både kul, olie og gas. (Forfatteren var for 25 år siden Senior administrator hos Dansk Boreselskab i Esbjerg, så han ved, hvad han taler om.)

4.7. Kul.

Verdens kulforekomster er meget store, og kul kan anvendes både som energikilde og som basis for den organisk kemiske industri. Det er også værd at betænke, at Europa for 200 år siden stod overfor et økologisk sammenbrud, som følge af at skovene næsten var forsvundet, og at kun overgangen til fyring med kul, gjorde det muligt at genskabe skovene og undgå udbredt ørkendannelse. For 30-40 år siden fandtes der stadig store ubevoksede områder i Jylland f.eks. Grene Sande lidt sydvest for Billund.

Men kul danner ubestrideligt kuldioxid ved forbrænding. Det er teknisk muligt at ekstrahere kuldioxid fra kraftværksrøg. Det er straks mere tvivlsomt, om det også er muligt at deponere den. Det sidste nummer af Dansk Kemi, 89, nr. 2. 2008, p. 19-22, bringer således en beskrivelse af korrosionsproblemerne ved transport af kuldioxid. De er ikke små.

DTU.s publikation DYNAMO bragte i nummer 11, 2007 p. 36-39 en beskrivelse af processen for udvinding af kuldioxid fra kraftværksrøg. På side 37 angiver forfatteren at processen vil medføre en nedgang af kraftværkets elvirkningsgrad fra 45 til 35 %. Kulforbruget per produceret MWh elektricitet vil altså stige med en faktor $45/35 = 1,29$. Dertil vil komme et særdeles mærkbart energiforbrug til at få kuldioxiden pumpet til slutdeponi.

Artiklen slutter rituel med et ønske om større forskningsbevillinger. Må det til slut være forfatteren af dette skrift tilladt at opfordre vore politikere til at skabe et styringssystem for vore universiteter, der ikke tvinger begavede og flittige forskere til ustandseligt at jage bevillinger. Dette ville medføre en markant forbedring af den rådgivning forskerne herefter kunne give det politiske system.

4.8 Nødvendige investeringer for at ”redde klimaet”.

Klimaminister Connie Hedegaard anfører i sin bog *Da klimaet blev hot*, på side 110.

”Der er angivet et investeringsbehov på 22 000 milliarder dollars, sv.t. ca. 150.000 milliarder kr”.

Man kan da opstille nedenstående regneark:

Hele Verdens effekt af fossilt brændsel i 2006/2007	GigaWatt	15.137
Bruttoeffektforbrug Danmark i 2006	GigaWatt	27,1
Verden/Danmark	faktor	561
Halvdelen af effekten som atomkraft eller vindkraft	GigaWatt	7.569
Skønnet befolkningstal i relevante lande	Mia	3
Atomkraft		
Specifik investering atomkraft	Mia kr/GW	20
Investeringsbehov Atomkraft	Mia kr	151.372
Løbetid	år	40
Rentefod	% pa	4%
Kapitaludgift	Mia kr/år	7.648
Driftsudgift A kraft	kr/GWh	90.000
	Mia kr/år	5.967
Udgift atomkraft i alt	Mia kr/år	13.615
Udgift per indbygger	kr/år	4.538

Reaktorbehov ved atomkraft		
Nettoeffekt per reaktor	GW	1,5
Nødvendigt antal reaktorer		5.046
Antal reaktorer i drift Januar 2009		266
Faktor	Tænkt/aktuel	19
Vindkraft		
Specifik investering vindkraft	Mia kr/GW	30
Back up hertil skøn	Mia kr/GW	15
Vindkraft i alt	Mia kr/GW	45
Investeringsbehov vindkraft + back up	Mia kr	340.587
Løbetid	år	30
Rentefod	% pa	4%
Kapitaludgift	Mia kr/år	19.696
Driftsudgift vindkraft	kr/GWh	200.000
	Mia kr/år	13.260
Udgift vindkraft i alt	Mia kr/år	32.956
Udgift per indbygger	kr/år	10.985

I ovenstående regneark forudsættes det at halvdelen af Verdens nuværende forbrug af fossile energi erstattes af henholdsvis kernekraft og vindenergi, og at udgiften fordeles på de rigeste 3 milliarder mennesker.

I det første scenarie bliver investeringen lig med de 150.000 milliarder kroner klimaministeren nævner i sin bog. I det andet det dobbelte.

Det ligger forfatteren fjernt at påstå, at tallene er præcise, men størrelsesordenen er næppe helt forkert, så det tør konkluderes, at problemerne vil kunne løses, men kun hvis man tør skære igennem vrøvlet og satse på kernekraft.

Der er indregnet en betydelig omkostning til back up til vindmøllerne, dog ikke driftsudgifter til back up. Men at en betydelig back up vil være nødvendig fremgår med al ønskelig tydelighed af det foregående.

5. Konklusion

5.1 Vind. Som følge af sin ustabilitet og høje pris bør vindkraften opgives.

5.2 Biomasse. Biomasse rummer interessante muligheder, men mængden er begrænset. Indtil vi ved hjælp af atomkraft kan producere billige elektricitet og dermed brint, vil det fornuftigste være at anvende biomasse direkte som brændsel. Derefter bør den ved hjælp af brint omdannes til flydende brændstof til dækning af transportens behov.

5.3 Bølgekraft. Der findes endnu ikke bølgekraftanlæg der på nogen måde er kommercielle. Og bølgekraften kan aldrig blive en stabil energikilde.

5.4 Solenergi. Der er med sikkerhed et betydeligt uudnyttet potentiale til opvarmningsformål. Muligvis vil det lykkes at fremstille solceller der kan producere elektricitet til en overkommelig pris.

5.5 Brint. Der er måske stadig en og anden, der tror, at brint er en energikilde. Dette er en misforståelse. Brint findes ikke eller næsten ikke i fri form på jorden.

5.6 Atomkraft. Forfatteren har søgt at samle relevante oplysninger om atomkraft, både på nettet og ved at besøge både svenske og tyske atomkraftværker. **Forfatterens konklusion er at vor eneste mulighed for at sikre energiforsyningen, opnå uafhængighed af slyngelstater og væsentligt reducere udledningen af kuldioxid, er at satse massivt på atomkraft. Vi bør vise mod til at tænke tanken helt igennem og konkludere, at vi har brug for ca. 10 stk. 1600 MW reaktorer, der sammen med vor egenproduktion af biomasse vil kunne dække hele vort energiforbrug.**

Det kan tilføjes at det er både teknisk og økonomisk muligt at transportere fjernvarme over meget lange afstande. Baseret på svenske erfaringer kan man dog tvivle på, om fjernvarme i virkeligheden kan konkurrere med atomkraftbaseret elopvarmning.

5.7 Kul. Der er masser af kul, og det er teknisk muligt at opsamle den ved forbrænding dannede kuldioxid. Men energiforbruget er iflg. forfatterens oplysninger prohibitivt. Og det er tvivlsomt, om det bortset fra enkelte områder er overkommeligt at lagre kuldioxiden.

5.8 Forfatteren har ingen personlige økonomiske interesser i ovenstående løsningsmodeller, og jeg er ikke medlem af nogen interesseorganisation ud over Ingeniører i Danmark. Jeg har kun skrevet dette i håbet om at kunne bidrage til at bevare Danmark som et frit og velstående samfund.

Forfatteren vil gerne takke lektor Allan Tarp, Grenaa, for råd og vejledning under udarbejdelse af dette lille skrift.

Søren Kjærsgård.

Grenaa den 03.10.2009.