

Folketingets Energipolitiske Udvalg.

Udvalgssekretær Jan Rasmussen
Christiansborg
1240 København K

Tlf. 3337 5520

*** Cd'en ligger til udlån/gennemsyn i 2.
udvalgssekretariat ved henvendelse til Gitte
Ravn Jensen, lokal 55 33.

Grenaa den 21.02.2008.

*** Det er mit håb, at dokumenterne på vedlagte CD vil kunne være til nytte og hjælp for Energiudvalget. Jeg har i en del år deltaget ivrigt i den energipolitiske debat i **Ingeniøren** og har ofte savnet at have en række informationer samlet på en overskuelig måde.

Det har jeg forsøgt med de på CD'en medfølgende dokumenter, og efter at have drøftet mit arbejde med Jyllandspostens Energipolitiske medarbejder, Michael Stenvej, har jeg besluttet at stille det til rådighed for Dem. De er velkommen til at spørge Michael Stenvei, om han finder mine dokumenter nyttige. Jeg hører naturligvis gerne en tilbagemelding fra Dem.

CD'en rummer følgende dokumenter:

1. **"Convert"**, der er et program til omregning mellem forskellige måleenheder. Det kan være et praktisk program at have på sin computer, men det egner sig ikke til udskrivning.
2. **"Kompendium 4"**, der er et word dokument på 29 sider, hvormed jeg har bestræbt mig på at samle den viden, jeg mener, man mindst må have, eller have ved hånden, før man kan udtale sig kvalificeret om energispørgsmål. Jeg begynder med en gennemgang af de mest basale måleenheder og begreber, fremlægger derefter et koncentrat af offentlige statistikker, og giver endelig min vurdering af vore muligheder.
3. **"Kompendium"**, der er et regneark indeholdende dels nogle omregningsskemaer og dels nogle udvalgte regneeksempler, som jeg ville skrive ud.
4. **"Grunddata 2006 bearbejdet"**, der er et regneark, dels indeholdende Energistyrelsens statistik for 2006 på ca. 80 sider, og dels indeholdende underarket "Koncentrat" der er min bearbejdede udgave af energistyrelsens statistik. 5 sider, som jeg ville udskrive. Og måske arket CO2..

Danmark har trods et omfattende privat, halvoftentligt og offentligt energibureaukrati, og på trods af, at vi i de sidste 15-20 år har fordrevet talrige energitunge virksomheder til Asien, **ikke** formindsket sit energiforbrug i de sidste 30 år.

Til trods for at intet andet land har relativt så meget vindkraft inde på nettet, og til trods for at vi allerede udnytter 55-60 % af den indenlandsk producerede biomasse, **udleder vi mere kuldioxid per indbygger end Tyskland, Holland, Belgien og Storbritannien.**

Til trods for disse let verificerbare omstændigheder, tror et overvældende flertal af den danske befolkning, og måske endda af vore politikere, at Danmark er et **foregangsland.**

Civilingeniør Søren Kjærsgård
Ludvig Holbergsvej 16
DK 8500 Grenaa
Tlf. 8632 0760 // 2015 4496
Mail: shk@post.tele.dk

1 af 3

Energipolitisk Udvalg 2008.02.21
Udskrevet 21-02-2008

1950-1951



Nedenfor gengiver jeg et koncentrat af nogle af de mange velordnede oplysninger, man kan finde på Energistyrelsens hjemmeside, og som enhver energipolitiker burde have present.

Dansk Energiproduktion i 2006		
	PJ	MW
Råolie	724	22.960
Naturgas	390	12.378
Sum Vedvarende energi	128	4.070
Sum	1.243	39.408
Vedvarende energiproduktion		
Sol, Vind, Vand, Geotermi	23	729
Heraf Vind	22	697
Biomasse incl bionedbrydeligt affald	92	2.930
Andet	4	128
Ikke bionedbrydeligt affald	9	283
Sum Vedvarende energi	128	4.070
Dansk Netto Energiforbrug i 2006		
Transport	217	6.871
Industri, landbrug, fiskeri, byggeri	162	5.143
Handel og offentlig og privat service	86	2.714
Enfamilie og eeatageboliger	189	5.985
Sum	653	20.714
Til rådighed værende biomasse	165	5.232
Til rådighed værende gylle	5,8	184
Elproduktion Rindhals 2006		
	95	3.014

Det er utraditionelt, men uhyre praktisk at opgive energiforbruget i Watt dvs. Joule/sekund, og ikke kun som Joule/år.

Det bemærkes, at vore højt priste vindmøller i 2006 **stod for 1/6** - ikke af vort energiforbrug, men af vor produktion af vedvarende energi.

Det fremgår af ovenstående, at vi allerede udnytter over halvdelen af den til rådighed stående biomasse, og at den meget omtale gylle før oparbejdningstab udgør under 1% af vort netto energiforbrug.

Forudsætningen for, at vi kan reducere forbruget af fossile brændstoffer betydeligt, er bortset fra mulige, men ikke særligt sandsynlige besparelser, at vi baserer vor energiøkonomi på elektricitet, men det forudsætter igen, at elektricitetsforsyningen er stabil og økonomisk overkommelig. Som det vises nedenfor kan dette opnås, og med den viden vi har i dag, kun opnås ved hjælp af atomkraft.

11



Præsentation af forfatteren.

Jeg er civilingeniør, kemi, fra 1960 og er lige blevet 70. Jeg har bl.a. arbejdet 5 år hos FDB.s Fabrikker i Viby J. som laboratoriechef på FDB.s fabrik for fremstilling af sæbe og vaskemidler. Derefter arbejdede jeg i 14 år hos Grindstedværket i Grindsted, først som driftsingeniør for 2 af vitaminfabrikkerne, derefter som produktionschef for hele medicinalafdelingen.

Derefter var jeg i 1½ år Senior Administrator hos Dansk Boreselskab i Esbjerg, og efterfølgende i 4½ år udviklingschef hos Fredericia Cellulosefabrik. Vi skulle udvikle et særdeles spændende projekt for løsning af fabrikkens spildevandsproblem, hvilket teknisk lykkedes. Derefter blev jeg ansat som produktionschef hos BASF.s Vitaminfabrik i Grenaa. I 1991 blev jeg betroet at være virksomhedens energiansvarlige iflg. den nye lov om kuldioxid afgifter, hvilket i høj grad befæstede min afsky for statslig detailstyring.

Det ville ikke være korrekt at give vor energipolitik skylden for, at vitaminfabrikken lukkede halvdelen af produktion i 1996, og at den nu er jævnet med jorden. BASF ønskede at lukke sine små produktionssteder.

Men de i Europa grasserende forestillinger om, at vi skal foregå Kina og Indien med et godt eksempel ved at spare på energiforbruget og forlægge produktionerne til Asien, kan måske have været medvirkende til, at der ikke er kommet nyt i stedet. Og det kan tilføjes, at dette gode eksempel i hvert fald ikke har bidraget til at mindske den globale kuldioxidudvikling, for produkterne bliver stadig fremstillet, men ikke nødvendigvis mere effektivt.

Så jeg forlod BASF i 1996. Jeg fandt forskellige konsulentjob og var ved min pensionering ansat i COWI.s energiafdeling i Århus. Jeg blev pensioneret i foråret 2003.

Jeg arbejder stadig som konsulent og agent for det engelsk amerikanske firma Perry Videx, der handler med brugt udstyr til den kemiske industri, og jeg har skrevet adskillige indlæg i Ingeniøren om Energipolitik.

Med venlig hilsen

Søren Kjærsgård

Søren Kjærsgård
d. 21.02.2008.



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. 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

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 slyngelstaters olie og gas.**

Det er mit håb, at dette arbejde vil være til nytte for Folketingets Energipolitiske Udvalg.

Med venlig hilsen

1. Indledning

1.1. Baggrund for min henvendelse

- 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 energiansvarlige iflg. Loven om kuldioxidafgift på BASF.s Vitaminfabrik da kuldioxidafgiften blev gennemført.

1.2. 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.

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 mølernes 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 10cm. Den engelske fysiker Joule viste for ca. 150 år siden at denne mekaniske arbejds mængde også ville kunne opvarme et gram vand $0,24^{\circ}\text{C}$.

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 4,183 med 50.

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.

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

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. I 2006 var kapaciteten ca. 3100 MW og gennemsnitsydelsen 697 MW eller 0.697 GW. **22,5 % af den nominelle kapacitet**.

Danmarks **bruttoenergiforbrug** er ca. **850 PJ/år**, hvilket svarer til $850 \cdot 3.674 / 1000 = 26,9$ **GW** (1 GW = 1000 MW) og **nettoforbruget**, dvs, forbruget eksklusivt tab i olieraffinaderier, kraftværker, fjernvarmeledninger mv. er ca. **680 PJ/år** sv.t. ca. **21,5 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 21,5/0,697 = 31**. 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 850 PJ/år kan ikke sige nogen noget. Det er lidt lettere med 26,9 GW. Dette kan man f.eks. dividere med Danmarks befolkningstal 5,3 millioner og derved finder man, at vort gennemsnitlige bruttoeffektforbrug er 5,1 kW, svarende til at vi hver især døgnet rundt var omgivet af 51 tændte 100 watt pærer.

Man erindre, at Finlands 5. atomreaktor vil få en nominal 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 $21,5/1,45 = 15$ **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 Brændværdi, massefylde, 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 gængsede 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.

Skemaet findes også som regneark på den medfølgende CD, således at man ved indsættelse af de aktuelle priser og valutakurser kan beregne dagspriserne i de nævnte konsistente enheder, kr/GJ og kr/MWh.

	Enhed	Brænd-værdi per enhed	Mas-se-fylde	CO2-emissions-faktorer		Priser per enhed og vekselkurs				
				kg /GJ	kg/MWh	Den 14.11.07.		kr/l	kr/GJ	kr/MWh
Råolie, Gennemsnit	ton	43	0,8525							
Råolie, Gennemsnit ³	barrel	5,828	0,8525			\$90,41	5,2061		80,76	291
Motorbenzin	ton	43,8	0,75	73,0	262,8	\$809	5,2061	5,62	96,16	346
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		5,2061		43,9	158
Elværkskul ²	ton	24,80		95,0	342,0	\$70,00	5,2061		14,69	53
Terminspriser el	MWh					€ 46,55	7,5822		98,04	353
El fra havmøllepark ¹	MWh					SEK 740	0,8171		167,96	605
El nyt atomkraftværk¹	MWh					SEK 370	0,8171		83,98	302
Halm	ton	14,50				kr 500	1		34,48	4
Skovflis	Rum-meter	2,80								
Skovflis	ton	9,30								
Brænde, løvtræ	m ³	10,40								
Brænde, nåltræ	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 90.41 \$ betyder "per barrel" og at benzinprisen \$ 809 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. Regneeksempler

2.4.1. 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

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

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

I 2003 udledte Danmark **58,6** 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.

2.4.2. Horns Rev

I september 2007 producerede hver af de 80 møller på Horns Rev 903 MWh.

Hvor stor var ydelsen?

September rummer 30 døgn a 24 timer i alt 720 timer.

Ydelsen bliver dermed

$$903/720 = 1,25 \text{ MW per mølle}$$

Fra januar til september var produktionen per mølle 6278 MWh. Hvad var den gennemsnitlige ydelse?

Perioden januar til september indeholder 273 døgn a 24 timer.

Ydelsen bliver dermed

$$6278/273/24 = 0,96 \text{ MW per mølle}$$

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 = 31,71 MJ/sek.

Det nødvendige antal møller bliver da $850 * 31,71 / 0,96 = 28.130$

Vil man kontrollere beregningen er det klogt at undersøge om **dimensionerne** er rigtige:

Effektforbruget er

$$850 * 31,71 = 26.953 \text{ MJ/sek}$$

Mølleeffekten er

$$0,96 \text{ MJ/sek/mølle}$$

Divideres det øverste med det nederste udgår MJ og sek mod hinanden, og tilbage bliver antal møller

$$850 * 31,71 / 0,96 = 28.130 \text{ møller.}$$

Har man glemte ovennævnte omregningsfaktor Dividerer man de 850 PJ/år med antallet af sekunder per år og finder $850 \text{ PJ/år} = 26953 \text{ MW}$, der divideret med 0,96 bliver 28.130.

2.4.3. Effektiviteten af et elværk

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

3. Statistik

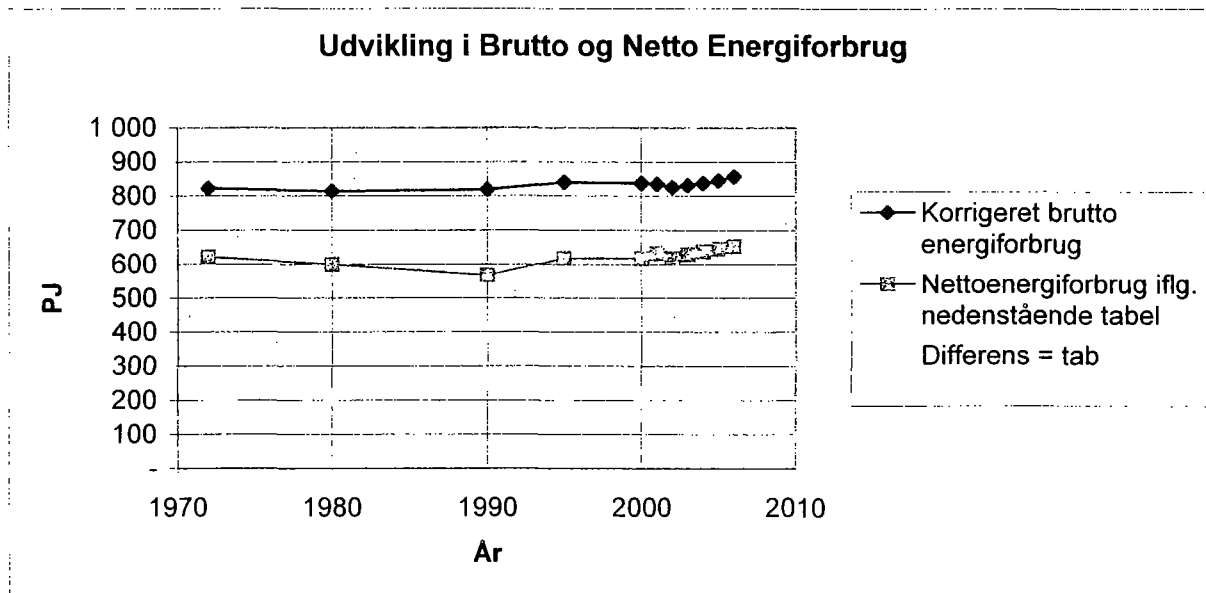
Kilde hovedsagelig

http://www.ens.dk/graphics/Energi_i_tal_og_kort/statistik/aarsstatistik/Statistik2006/Figurer_2006.xls

3.1 Udvikling i energiforbrug

Energiforbrug Brutto og Netto											
År	1972	1980	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Enhed PJ/år											
Korrigeret brutto energiforbrug	822	814	819	840	837	835	825	831	838	845	857
Nettoenergiforbrug iflg. nedenstående tabel	622	601	568	618	618	634	618	630	639	646	653
Differens = tab	200	213	252	222	219	201	207	201	199	200	204
Enhed GW											
Korrigeret brutto energiforbrug	26,0	25,8	25,9	26,6	26,5	26,4	26,1	26,3	26,5	26,7	27,1
Nettoenergiforbrug iflg. nedenstående tabel	19,7	19,0	17,9	19,5	19,6	20,0	19,6	19,9	20,2	20,4	20,7
Differens = tab	6,3	6,7	8,0	7,0	6,9	6,4	6,5	6,4	6,3	6,3	6,5

Udvikling i Brutto og Netto Energiforbrug



Det ses, at energiforbruget er næsten konstant, men dog svagt stigende trods energikrise, stigende energiskatter, et voldsomt privat og offentligt energibureaukrati, fordrivelse af et stort antal energitunge industrivirksomheder til Kina, Indien mv.

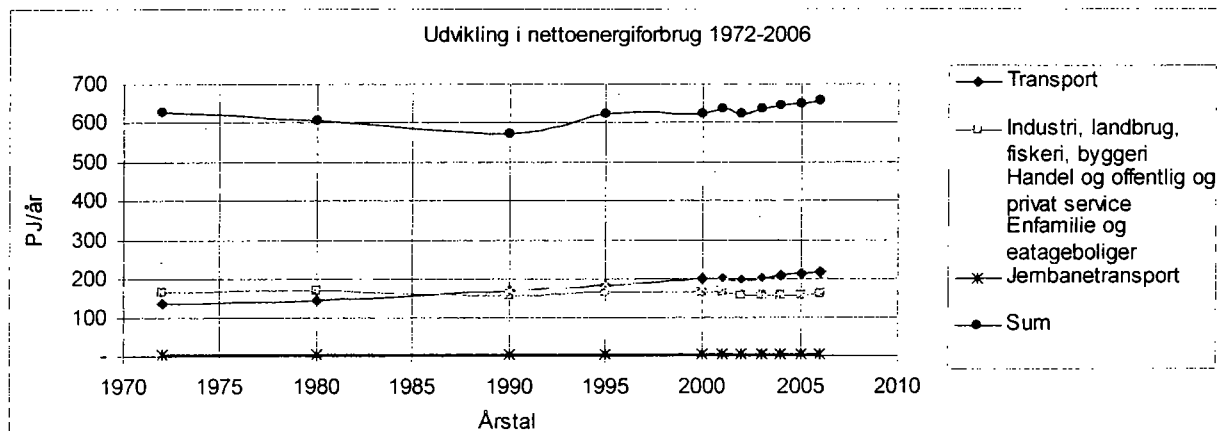
Differensen mellem Brutto og nettoenergiforbrug udgøres af tab i kraftværker, olieraffinaderier, elledninger og fjernvarmeledninger, statistiske udligninger m.m.

Konklusion: Det vil være praktisk umuligt at sænke energiforbruget væsentligt.

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.

Koncentreret Analyse af Energiforbruget.											
År	1972	1980	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Enhed PJ											
Transport	135	145	170	184	199	199	195	200	209	214	217
Industri, landbrug, fiskeri, byggeri	165	169	156	167	165	168	160	160	159	158	162
Handel og offentlig og privat service	82	80	73	77	77	80	81	83	84	84	86
Enfamilie og eetageboliger	239	207	169	189	177	187	183	187	187	190	189
Sum	622	601	568	618	618	634	618	630	639	646	653
Enhed GW											
Transport	4,28	4,60	5,38	5,83	6,30	6,29	6,18	6,32	6,61	6,76	6,85
Industri, landbrug, fiskeri, byggeri	5,22	5,35	4,93	5,29	5,22	5,31	5,05	5,05	5,04	5,00	5,13
Handel og offentlig og privat service	2,60	2,53	2,29	2,44	2,44	2,52	2,55	2,63	2,64	2,64	2,71
Enfamilie og eetageboliger	7,57	6,57	5,34	5,99	5,58	5,91	5,77	5,92	5,91	6,01	5,97
Sum	19,7	19,0	17,9	19,5	19,6	20,0	19,6	19,9	20,2	20,4	20,7
Jernbaner	0,16	0,16	0,15	0,16	0,14	0,13	0,13	0,13	0,13	0,14	0,14



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 at 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 små 20 år siden, medens statsministeren 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.

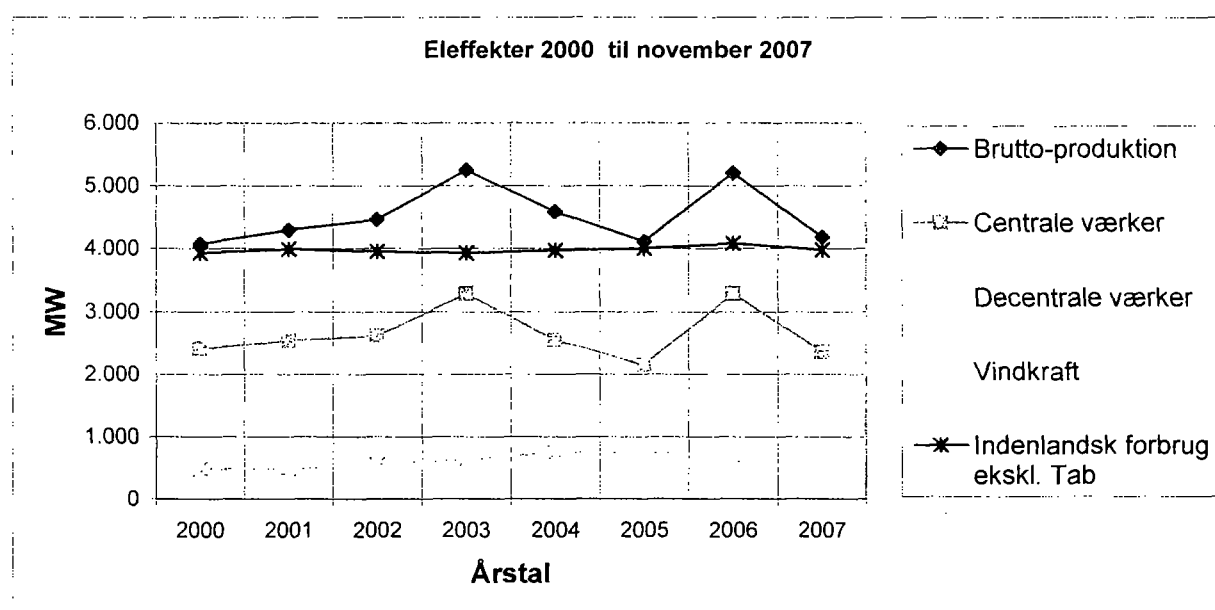
3.2. Elforbrug og -produktion

Nedenstående gengives tabeller i henholdsvis GWh og MW, den første for årene 2000-2006 og den sidste i MW fra 2000 til og med november 2007.

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.

År	Brutto- produktion	Centrale værker	Decentrale værker	Vindkraft	Indenlandsk forbrug ekskl. Tab	Vind ifht. Forbrug
GWh						%
2000	35.785	21.172	5.553	4.241	34.472	12
2001	37.605	22.235	6.251	4.306	34.917	12
2002	39.097	22.995	6.254	4.877	34.616	14
2003	45.993	28.811	6.189	5.561	34.419	16
2004	40.260	22.398	6.260	6.583	34.850	19
2005	36.027	18.855	5.513	6.614	35.016	19
2006	45.591	28.815	5.437	6.108	35.750	17
MW						%
2000	4.074	2.410	632	483	3.924	12
2001	4.293	2.538	714	492	3.986	12
2002	4.463	2.625	714	557	3.952	14
2003	5.250	3.289	706	635	3.929	16
2004	4.583	2.550	713	749	3.967	19
2005	4.113	2.152	629	755	3.997	19
2006	5.204	3.289	621	697	4.081	17
2007	4.241	2.450	507	797	3.931	20

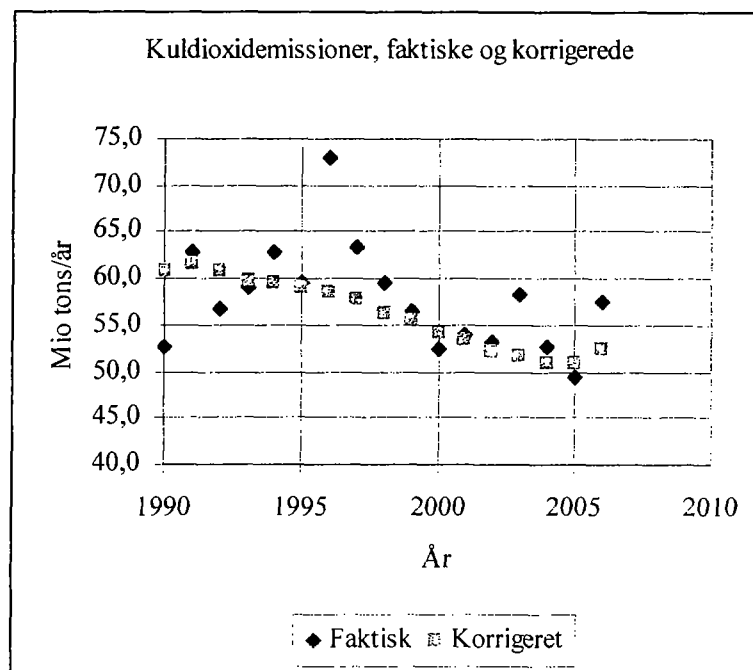
Det er indregnet, at GWh per år omregnes til MW, ved at dividere med antallet af timer per år 8760 og gange med 1000.



3.3 Kuldioxidudledning

Nedenfor vises udviklingen i Danmarks kuldioxidudledning.

År	Faktisk	Korrigeret
1990	52,7	60,8
1991	62,8	61,5
1992	56,7	60,8
1993	58,9	59,7
1994	62,7	59,6
1995	59,6	59,1
1996	73,0	58,5
1997	63,2	57,7
1998	59,4	56,2
1999	56,5	55,4
2000	52,5	54,2
2001	53,9	53,6
2002	53,1	52,2
2003	58,2	51,7
2004	52,8	50,9
2005	49,4	51,0
2006	57,4	52,5



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. Vindkraftes rolle, er som det vil fremgå nedenfor marginal. Og selv en tredobling af vindkraften synes ikke at kunne påvirke kuldioxidudledningen mærkbart.

År	1990	1995	2000	2006	Emission
	Mio tons CO₂/år				kg CO ₂ /GJ
Olie	25,0	26,4	26,6	24,4	78
Naturgas	4,6	7,6	11,0	10,8	56,9
Kul	31,1	25,2	16,7	17,3	95
Sum CO₂	60,8	59,1	54,2	52,5	
	Energitilgang PJ				
Olie beregnet	321	338	341	313	
Naturgas beregnet	82	134	193	190	
Kul beregnet	327	265	176	182	
Sum beregnet energitilgang	730,0	736,5	709,1	685,2	
Biomasse	43	54	64	92	
Sum PJ ved forbrænding	773,0	790,5	773,1	777,2	
Vind	0	4	15	22	
Sum vind + forbrænding	773	795	788	799	
Bruttoenergiforbrug	819	840	837	857	

De i ovenstående tabel med rødt skrevne tal er hentet fra Energistyrelsens statistik. Ud fra tallene for kuldioxidudvikling/GJ er energiudviklingen derefter beregnet. Hvis man derefter adderer tilgangen fra biomasse, ser man at forbrænding af biomasse og fossile brændsler har givet en næsten uændret energiudvikling. **Konklusionen** må være at den opnåede kuldioxidbesparelse må skyldes brændselsomlægning. I hvert fald vil jeg opfordre Energiudvalget til at lade en matematiker se på, hvor meget kuldioxidbesparelse vor vindmøller har medført, og navnlig vurdere, hvad en væsentlig udbygning af vindkraften kunne bevirke.

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 2004 per capita fossil-fuel CO2 emission rates. National per capita

Source: Gregg Marland, Tom Boden, and Bob Andres

Oak Ridge National Laboratory

Kuldioxidudledning, tons per indbygger I 2004

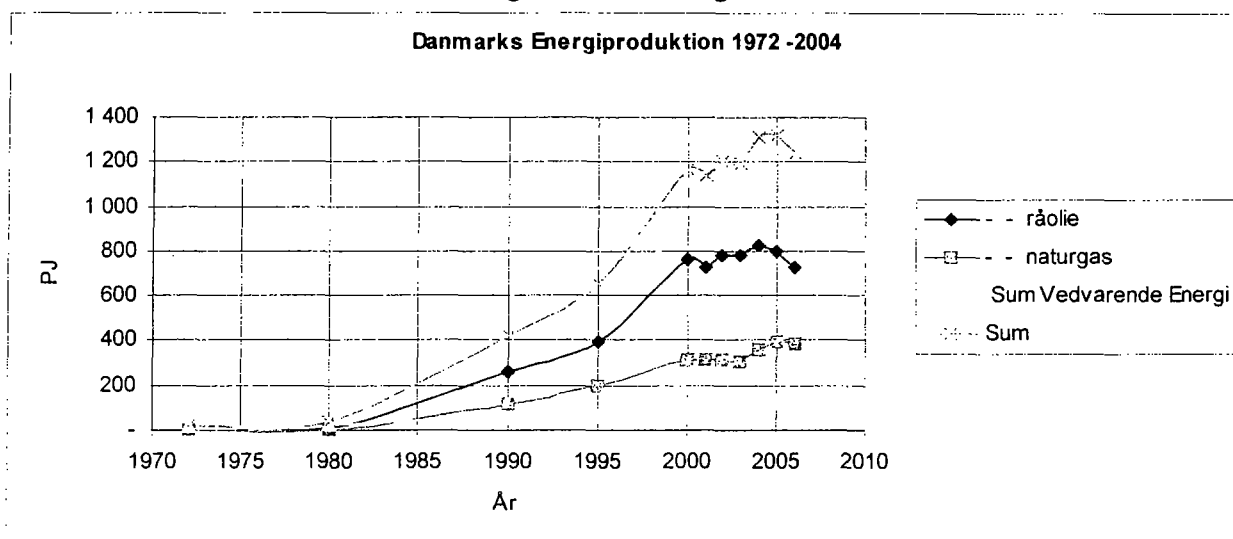
35 DENMARK	9,83
36 GERMANY	9,79
37 UNITED KINGDOM	9,79
38 BELGIUM	9,7
45 NETHERLANDS	8,7
52 SPAIN	7,6
53 ICELAND	7,6
66 FRANCE (INCLUDING MONACO)	6,0
67 SWEDEN	5,9

Hvad angår kuldioxidudledning indtager danskerne en 35. plads, foran tyskere og englændere, der har langt mere energitung industri, end vi har, og langt foran franskmænd og svenskere, der også har meget mere energitung industri end os. Og en ikke ringere levestandard.

Forklaringen ligger lige for. Danmark har ikke atomkraft. Derimod er det ikke så let at forklare, hvordan det er lykkedes det politiske establishment at bilde danskerne ind, at Danmark er et **foregangsland**.

3.4. Udvikling i dansk energiforsyning

På grund af talmaterialets størrelse har forfatteren valgt kun at gengive diagrammer i dette afsnit, medens selve tabellerne findes i regnearkene i bilaget



Kurverne viser en imponerende udvikling i den danske energiproduktion i de sidste 35 år. Men de viser også, at **den meget omtalte udvikling i vindenergien ikke spiller nogen betydende rolle. Mere herom nedenfor.** I 2006 var energiproduktionen 1200 PJ og forbruget ca. 850 PJ.

Produktion af vedvarende energi 1972 – 2006

År	1972	1980	1990	1995	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006
Enhed PJ											
Sol, Vind, Vand, Geotermi	0	0	2	5	16	16	18	21	24	24	23
Vind	-	0	2	4	15	16	18	20	24	24	22
Biomasse incl bionedbrydeligt affald	12	24	43	54	64	69	73	82	86	91	92
Ikke bionedbrydeligt affald	2	3	4	5	7	7	8	8	8	9	9
Sum Vedvarende Energi	15	28	53	67	90	96	102	114	122	128	128
Enhed MW											
Sol, Vind, Vand, Geotermi	2	7	79	148	501	510	577	655	770	773	729
Vind	-	1	70	134	483	492	557	635	749	755	697
Biomasse incl bionedbrydeligt affald	393	757	1376	1722	2022	2196	2310	2593	2725	2871	2930
Ikke bionedbrydeligt affald	76	96	141	170	215	228	240	259	263	278	283
Sum Vedvarende Energi	472	870	1670	2130	2847	3046	3239	3620	3873	4049	4070

Det erindres at vort samlede energiforbrug i 2006 var 857 PJ svarende til 27,2 GW. Det bemærkes også at vindenergien i 2006 kun udgjorde 17% af den vedvarende energi og 2,56% af vort totale energiforbrug. Det må dog tilføjes, at tabene ved forbrænding af biomasse formodentlig er større end tabene ved at producere vindenergi, selv om man tager hensyn til, at halvdelen af vindenergien må afsættes i vore nabolande. Se f.eks. www.reo.dk/aktuelt

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

4.1. Vind.

Vindenergien har det fundamentale problem, at den foreligger som vinden blæser. Dette illustreres klart af de to nedenstående diagrammer, der viser produktionen af vindenergi hos det tyske E.On i ugerne 1 og 46 i 2007. Ugerne er tilfældigt valgt, og kurverne er en gengivelse af de produktionstal, der foreligger hvert kvarter. På:

http://www.eon-netz.com/frameset_german/law/ene_windenergy/ene_windenergy.jsp

kan man finde bl.a. følgende:

„Windkrafteinspeisung

Die Einspeisung der Windkraft war auch 2006 sehr volatil. Insgesamt betrug die Schwankung zwischen niedrigster und höchster Einspeisung 6.779 MW. Das entspricht ca. 30 Prozent der Netzhöchstlast von 22.985 MW.

In Zeiten geringer Windkrafteinspeisung mussten so konventionelle Kraftwerke die Versorgung übernehmen.

Installierte Windkraftleistung in Deutschland 2006 20.423 MW

- davon in E.ON Netz-Regelzone 8.112 MW

Windstromproduktion in Deutschland 2006 30,2 TWh

(Dette svarer til 3,4 GW, og 16,7% kapacitetsudnyttelse)

- davon in E.ON Netz-Regelzone 12,9 TWh

Durchschnittlich eingespeiste Windkraftleistung **1.483 MW** in E.ON Netz-Regelzone 2006.

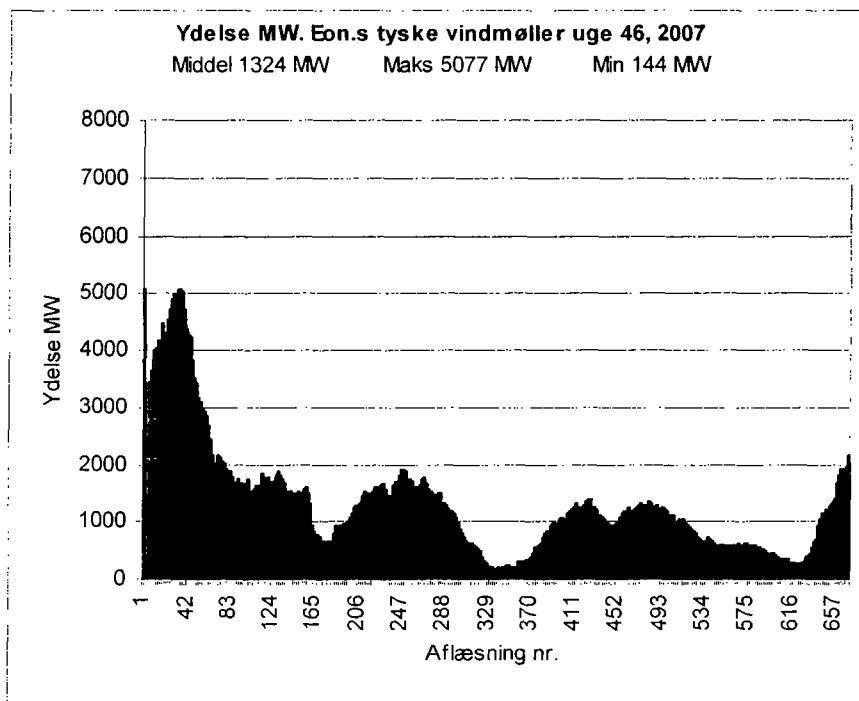
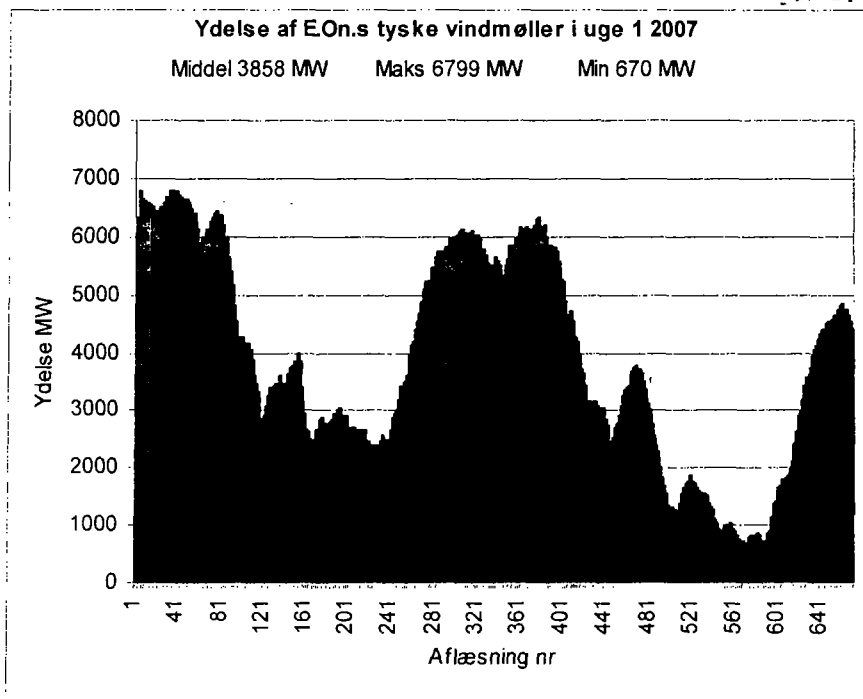
Höchste Windenergieeinspeisung 6.798 MW in E.ON Netz-Regelzone 2006 (am 1.11.2006, 6:30 Uhr)

Geringste Windenergieeinspeisung 19 MW in E.ON Netz-Regelzone 2006 (am 11.2.2006, 19:00 Uhr)

Quelle: ISET.”

Det ses altså, at E.ON.s 8112 MW i gennemsnit har ydet 1483 MW eller 18% af kapaciteten.

Den danske vindmølleydelse i 2006 var til sammenligning 697 MW svarende til ca. 22,5% af den installerede kapacitet.



Der tales om en tredobling af den danske vindmøllekapacitet til ca. 9000 MW. Ovenstående diagrammer burde gøre det klart, at denne snak er fuldstændig uansvarlig, før man har fundet ud af, hvordan man vil gemme den vindenergi, der produceres, når det blæser. Kapacitetsudnyttelsen kan komme nært på 100% altså i givet fald 9000 MW, hvor gennemsnits elforbruget i Danmark er ca. 4000 MW.

Det er tænkeligt, at Norge og Sverige vil kunne gemme strømmen ved at lukke for nogle vandkraftværker og købe strøm i Danmark, når det blæser, og så levere den tilbage igen i stille vejr. Men helt gratis kan det ikke være at etablere et sådant system. Og i givet fald vil det kun være muligt fordi Danmark er et lille land.

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.

Og selv om vi tredoblede vindmøllekapaciteten ville vi stadig komme ned på en ydelse på 0 engang imellem. Siden 2003 har vindmøllekapaciteten været uforandret ca. 3100 MW. De årlige gennemsnitsydelser har varieret mellem 635 MW i 2003 og 797 MW i de første 11 måneder i 2007.

Stiger vindmøllekapaciteten fra de nuværende 3100 MW til 9000 MW må man nok regne med noget mere end en tredobling af ydelsen. Dels blæser det mere i stor højde, og dels blæser det mere til havs. Men erfaringen viser, at også vore havmøller kan gå helt i stå, og det forekommer meget usandsynligt, at vindmøllerne vil kunne yde mere end ca. 40 % af den nominelle kapacitet i gennemsnit.

Til illustration af ovenstående kan opstilles følgende tabel, der beskriver situationen i skrevne stund:

Dansk strømproduktion og forbrug onsdag den 12.12.2007. kl. 17,29	
Produktion og forbrug	MW
Central produktion	5.070
Decentral produktion	1.562
Vind	16
Eksport	419
Forbrug	6.229

Man erindre at vore brutto og netto **energiforbrug** er henholdsvis ca. 27 GW og ca. 21 GW.

Havvindmøllernes samlede kapacitet er ca. 400 MW, så de kan altså også stå stille.

I princippet kunne vi udføre al opvarmning med elektricitet, og transporten kunne også i vidt omfang elektrificeres. Det er endda en forudsætning for at reducere forbruget af fossile brændstoffer og dermed kuldioxidudledningen mærkbart. **Men elektrificerer vi vort energiforbrug skal elforsyningen være stabil og økonomisk overkommelig.**

4.1.1. Prisen for vindenergi.

Offentligheden er ikke forvænt med **regnskaber** fra vindmølleindustrien. Men man ved dog, at f.eks. Horns Rev 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	20 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 – September 2007	61,5 MW
Ydelse i forhold til kapacitet	38,4 %
Produktion	538 GWh/år
Grænseomkostning kapital	314 kr/MWh
Grænseomkostning drift og vedl.hold	214 kr/MWh
Grænseomkostning ialt	528 kr/MWh.

Hertil kommer så, at møllerne jo også skal rives ned en dag, og at der er tab forbundet med at transportere strømmen fra møllerne til det overordnede fordelingsnet, for slet ikke at tale om at tabet ved at sende den frem og tilbage over Kattegat og Skagerrak. Endelig bør det heller ikke overses, at de konventionelle kraftværker, der skal sættes ind, når vinden lægger sig, skal holdes varme og driftsklare. Og fornyes efterhånden som de bliver forældede. **Denne omkostning må være betydelig, men den er ikke offentligt kendt.**

Vindmøller er ikke blevet billigere i de senere år. Dette hænger bl.a. sammen med, at der anvendes store mængder kobber i vindmølleindustrien. Og imponerende nok, var man allerede for 10 år siden omtrent så tæt på det teoretiske maksimum for vindmøllers udnyttelse af vindenergien, som man kan komme. Møllerne bliver altså ikke mere effektive, end de allerede er. – **Et til himlen skrigende resourcespild 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. Der er rimeligt god overensstemmelse med ovenstående beregning.

Så det forekommer derfor gådefuldt, at man kan høre vindmølleindustrien nævne fremstillingspriser for vindel på omkring 30 øre/kWh. (**300 kr/MWh**).

Iflg. ovenstående kostede Horns Rev møllerne 2300 millioner kr/160 MW **installeret effekt**, svarende til **14,37 mill kroner per nominel MW**, ca. **35 mill kr per reel MW**. Vindmøller er som nævnt ikke blevet billigere i de senere år, og deres levetid angives stadig til 20 år. Med en møllepark på 9000 MW skulle vi altså per år nyinstallere 450 MW à **mindst 15 millioner kr i alt 6,75 milliarder kr/år**. Med en ydelse på 40% af den nominelle kapacitet vil vi så få 3600 MW, noget mindre end ydelsen fra 3 moderne atomreaktorer. Disse vil i runde tal koste 100 milliarder kr, men have en levetid på 60 år, svarende til en årlig investering på 1,7 milliarder kr **¼ af hvad vindmøller ville koste.**

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 elregningen. 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.)

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.

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.

Dog må det 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 front hykleri, idet EU løsningen ikke giver maksimal kuldioxidbesparelse, og tilmed er dyr. Men naturligvis profitabel for landmænd, entreprenører, forskningsinstitutioner, embedsværk m.m.

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.**

4.3. Bølgekraft

Forfatteren har i efteråret 2007 deltaget i Folkeuniversitetskurset nr. 7679 "Vedvarende Energi" i Århus. En af forelæsningserne (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 miljøforholdende 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.

4.4. Solenergi

Den 13.11.2007 holdt lektor Simon Furbo, DtU, foredrag om emnet på Århus Folkeuniversitets 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 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.

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.

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.

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 kuldioxid 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 kuldioxid 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.

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.

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.

4.5.2. Vandspaltende solceller.

Dog arbejdes der 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 **energibærer**. 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 fortrængt gas, olie og kul fra el- og varmeproduktionen. Og hvilken forsker pådrager sig frivilligt det politiske etablissemments 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.

Det vil sandsynligvis lykkes at udvikle metoder til at udvinde denne uran 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>

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.

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' informationsafdeling, Stig Halberg, har forfatteren i august 2007 modtaget følgende tal:

Driftsudgifter Ringhals		
Skat	SEK/MWh	46,0
Affaldsfond	SEK/MWh	8,9
Brændsel	SEK/MWh	27,0
Vedligehold og Drift	SEK/MWh	54,2
Kapital + nyinvest	SEK/MWh	20,9
Kostpris	SEK/MWh	157,0
Excl. skat	SEK/MWh	111,0

Omregnes til danske kroner og trækkes skatten fra ser det således ud:

Driftsudgifter Ringhals		
Skat	DKK/MWh	37,3
Affaldsfond	DKK/MWh	7,3
Brændsel	DKK/MWh	21,9
Vedligehold og Drift	DKK/MWh	43,9
Kapital + nyinvest	DKK/MWh	16,9
Kostpris	DKK/MWh	127,4
Excl. skat	DKK/MWh	90,1
Horns Rev jvf 4.1.1	DKK/MWh	214

90 kr/MWh svarer til 9 øre/kWh, men udgør altså kun selve driftsudgiften

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	314	

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

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 Tjernobyl.

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 Windscalereaktoren 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 kernekraftulykke 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 ramtes 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 Tjernobylkatastrofen :

»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 rituelt 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.

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 egneproduktion 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. Det er straks mere tvivlsomt om det 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

Søren Kjærsgård.

Grenaa den 20.02.2008.



Energi og arbejde

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

De månedlige elstatistikker angiver elproduktionen i GWh.

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

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

BTU (British Thermal Unit = 1,054 kJ) er medtaget fordi den ofte anvendes i amerikansk litteratur.

Konvertering af energienheder, regneark			
kJ	kWh	kcal	BTU
1,00	2,778E-04	0,2391	0,9488
3,600	1,00	860,63	3,416
4,183	1,162E-03	1,00	3,969
1,054	2,9278E-04	0,2520	1,00

Forklaring til konverteringsskema for energienheder

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

Ønsker man at omregne fra et andet tal indtastes dette i øverste venstre felt, dvs feltet lige under kJ.

Forklaring til konverteringsskema for effektenheder

Effekt er defineret som energi per tidsenhed. Når energistyrelsen f.eks. angiver vort energiforbrug som TJ/år, og elproduktionen i GWh/måned eller per år, så opereres der med samme **dimension**, og man kan således med en omregningsfaktor omregne fra den ene enhed til den anden.

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 ikke mange vindmøller gør, yde 0,0315 PJ/år, hvilket så kan sammenholdes med vort totale energiforbrug på ca. 850 PJ/år. Ydelsen kan også udtrykkes som 8,76 GWh/år, der kan sammenholdes med vort totale elforbrug på ca. 35000 GWh/år.

35000 GWh/år svarer til 3995 MW.

Vindmøllers ydelser svinger mellem 0 og den nominelle kapacitet. I 2006 var kapaciteten ca. 3100 MW og gennemsnitsydelsen 697 MW. 22,5% af den nominelle kapacitet.

Konvertering af effektenheder			
PJ/år	MW	GWh/år	Mia BTU/år
1,00	31,71	277,8	948,8
3,154E-02	1,00	8,760	29,92
3,600E-03	1,142E-01	1,00	3,416
1,054E-03	3,342E-02	0,2928	1,00
J/BTU	1054		

Søren Kjærsgård

11-11-53
11-11-53



**Data for brændværdi, massefylde og kuldoxidudvikling for forskellige brændsler. Dataene er hentet fra Energistyrelsens Energistatistik.
Data for energipriser fra dagspresse og internet**

	Enhed	Kilde	Brændværdi per enhed	Massefylde	Volumen	CO ₂ -emissionsfaktorer		Markedspriser per enhed, valuta og vekselkurs			Energipriser		
						kg/GJ	kg/MWh	Valuta/enhed	Dato	Pris per enhed	Vekselkurs	kr/GJ	kr/MWh
Råolie, Gennemsnit	ton		38.528	0,8528	58,89								
Råolie, Gennemsnit ³	barrel		5,828	0,8528	58,89								
Motorbenzin	ton		46,9	0,75		10,3	30,26	\$	20.02.2008	97,00	5,0857	84,64	304,71
Gas-/dieselolie	ton		47,7	0,84		7,19	28,4	\$	20.02.2008	859	5,0857	99,74	359,06
Fuelolie	ton		40,85	0,93		7,86	25,9	\$/GJ	20.02.2008	8,43	5,0857	42,9	154,38
Naturgas	1000 m ³	Nettet, usikker pris	38,54			5,9	23,9	DKK		3000	1	75,87	273,14
Naturgas	1000 m ³	Gættet pris	39,3			5,9	23,9	\$		70	5,0857	14,35	51,68
Eleværskul	ton	Nettet, usikker pris	34,7			3,9	16,2	€		52,80	7,4536	109,32	393,55
Terminspriser ei 2009	MWh		34,7			3,9	16,2	SEK	20.02.2008	740	0,7998	164,40	591,85
Ei fra havmøllepark	MWh		34,7			3,9	16,2	SEK	20.02.2008	370	0,7998	82,20	295,93
Ei nyt atomkraftværk	MWh	Vattenfall Årsredovisning 2006 p. 18-19	34,7			3,9	16,2	DKK	20.02.2008	500	1	34,48	124,14
Halm	ton		15,30										
Skovflis	Rummeter		7,90										
Skovflis	ton		7,90										
Brænde, løvtræ	m ³		10,4										
Brænde, nåltræ	m ³		7,4										
Træpiller	ton		17,30										
Træaffald	ton		14,3										
Træaffald	Rummeter		3,3										
Biogas	1000 m ³		22,00										
Affald	ton		15,30										
Bioethanol	ton	Gættet pris	37,4	0,79							4	189,64	682,6
Biodiesel	ton	Gættet pris	37,4	0,84							4	126,65	455,93
Naturgas	8	\$/mill BTU											
	1,054	GJ/mill BTU											
	8,432	\$/GJ											

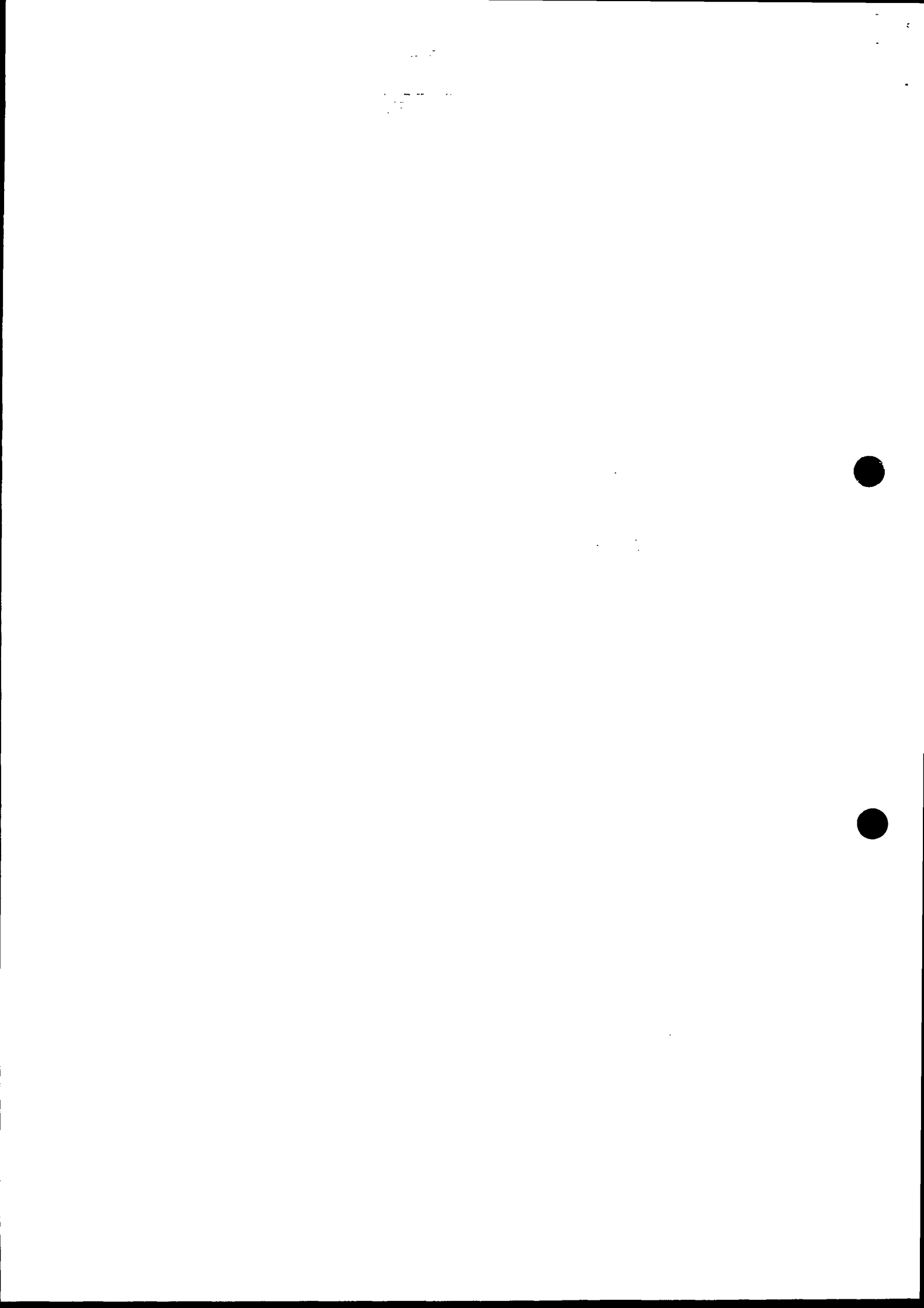
Konstanter er angivet med orange farvning i originalen. For yderligere oplysninger om energistatistik, se www.energi.dk

Beregnete størrelse er angivet med mørkegrøn

Uafhængige variable er markeret med blå



Kuldioxidudvikling efter lukning af Barsebäck		
Dansk Vindproduktion i 2206	MW	697
Ydelse Barsebæk i 1998	GWh	8200
Ydelse Barsebæk i 1998	MW	936
Atomkraft	t CO ₂ /GWh	0
Naturgas	t CO ₂ /GWh	205
Elværkskul	t CO ₂ /GWh	342
Elvirkningsgrad max		0,45
Kuldioxidbesparelse i forhold til kulfyring	Mio t/år	6,23
Kuldioxidbesparelse i forhold til gasfyring	Mio t/år	3,73
Dansk kuldioxidudledning 2003	Mio t	58,6
<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; margin-top: 10px;"> <p>Konklusion Begrænsning af kuldioxidudledningen har ikke nogen høj prioritet blandt danske politikere.</p> </div>		



Nedenstående tabel gengiver informationer om omkostningen ved fremstilling af atomkraft modtaget fra Stig Halberg, Ringhals' informationsafdeling i august 2007.

Tallet 20,9 SEK/MWh for kapital og nyinvestering er ikke meget relevant, idet det kun viser, at anlægget stort set er betalt.

Derimod er det interessant, at de øvrige omkostninger, i.e. affaldsfond til slutdepopnering af affald, brændsel, drift og vedligeholdelse kun udgør 73,1 DKK/MWh.

For et nyopført værk kommer hertil naturligvis kapitalomkostningen. For Oulkiuoto vil dette beløb være ca. 147 DKK/MWh så vi ender altså med en elpris fra et nyt atomkraftværk på maksimalt 220 kr/MWh eller 22 øre/kWh.

Til sammenligning kostede råolie den 12. februar 2008, som det vises nedenfor, 323 kr/MWh.

Som det vil være læseren bekendt er der betydelige omkostninger ved at omdanne råolie til elektricitet.

Ringhals		
Nominel kapacitet	MW	3.670
Ydelse ifht. Kapacitet	kW/MW	871
Reel kapacitet 2006	MW	3.196
Elproduktion	GWh/år	28.000
Medarbejdere	antal	1500
Skat	% af fremstillingspris	29,3
Affaldsfond	% af fremstillingspris	5,7
Brændsel	% af fremstillingspris	17,2
Vedligehold og Drift	% af fremstillingspris	34,5
Kapital + nyinvest	% af fremstillingspris	13,3
Kostpris	SEK/MWh	157
Skat	SEK/MWh	46,0
Affaldsfond	SEK/MWh	8,9
Brændsel	SEK/MWh	27,0
Vedligehold og Drift	SEK/MWh	54,2
Kapital + nyinvest	SEK/MWh	20,9
Kostpris	SEK/MWh	157,0
Excl. skat	SEK/MWh	111,0
Excl. Skat, kapital og nyinvest	SEK/MWh	90,1
<i>Vekselkurs</i>	<i>DKK/SEK</i>	<i>0,8113</i>
Skat	DKK/MWh	37,3
Affaldsfond	DKK/MWh	7,3
Brændsel	DKK/MWh	21,9
Vedligehold og Drift	DKK/MWh	43,9
Kapital + nyinvest	DKK/MWh	16,9
Kostpris	DKK/MWh	127,4
Excl. skat	DKK/MWh	90,1
Excl. Skat, kapital og nyinvest	DKK/MWh	73,1

Råolie den 20.02.2008		
Pris	US\$/tønde	97,00
Kurs	DKK/US\$	5,0857
Kurs	DKK/EU	7,4536
Volumen	l/tønde	159
Massefylde	kg/l	0,85
Per tønde	kg	135,15
Pris	DKK/kg	3,650
Brændværdi	MJ/kg	40,65
DKK/MWh		323
EU/MWh		43,4

Nedenstående er det forsøgt beregnet, hvad det vil koste briterne at satse på vindkraft i stedet for atomkraft med udgangspunkt i Finlands nyeste atomkraftværk og den planlagte vindmøllepark LONDON ARRAY.

Beregningen forudsætter at UK fremstillede al sin elektricitet vha. vindkraft. Dette er utænkeligt og beregningen er mangelfuld, idet der ikke er taget højde for, at vinden som bekendt ikke blæser konstant, og at vindkraft derfor nødvendigvis skal suppleres med konventionel back up kapacitet. Danske og tyske erfaringer viser, at vindmøllernes ydelse kan falde til nul eller approximativt nul. Der er altså behov for **fuld back up kapacitet**.

El forsyning Storbritannien

Elforbrug 2006	TWh	406
Elforbrug 2006	GW	46,3
Befolkning	Mio	60,6
Elforbrug/indbygger	kW	0,765
Elforbrug/indbygger	kWh/år	6.700

Sammenligning af London Array med Oulkiuoto

London Array Vindmøllepark		London Array	Oulkiuoto
Nominel kapacitet	MW	1.000	1.600
Virkningsgrad. London Array sættes til 0,368 , middeltallet for Horns Rev og Nysted havmølleparkene i disse tilsammen 8½ årige levetid. Virkningsgraden for Finlands nyeste akraftværk sættes til 0,90 præcist svarende til virkningsgraden for Kraftwerk Lingen i Emsland.		0,368	0,90
Ydelse	MW	368	1.440
Ydelse	GWh/år	3.224	12.614
Investering	Mio kr		35.000
Investering	Mio Eu	3.000	4.696
Levetid	år	20	60
Rentefod	Pro anno	0,05	0,05
Vekselkurs 20.02.2008	DKK/EU	7,4536	7,4536
Vekselkurs 20.02.2008	DKK/SEK	0,7998	0,7998
Amortisering	EU	241	248
Driftsudgift iflg. Vattenfall Årsredovisning 2006	SEK/MWh	150	
Driftsudgift Ringhals incl slutdeponering ¹⁾	SEK/MWh		90
Amortisering	Mio DKK/år	1.794	1.849
Drift	Mio DKK/år	387	909
Sum	Mio DKK/år	2.181	2.758
Amortisering (Det er indregnet at levetiderne sættes til 20 og 60 år)	kr/MWh	557	147
Drift	kr/MWh	120	72
Sum	kr/MWh	677	219
Enhedspris	kr/kWh	0,68	0,22
Elforbrug per brite	MWh/år	6.700	6.700
Udgift per indbygger	kr/år	4.533	1.465

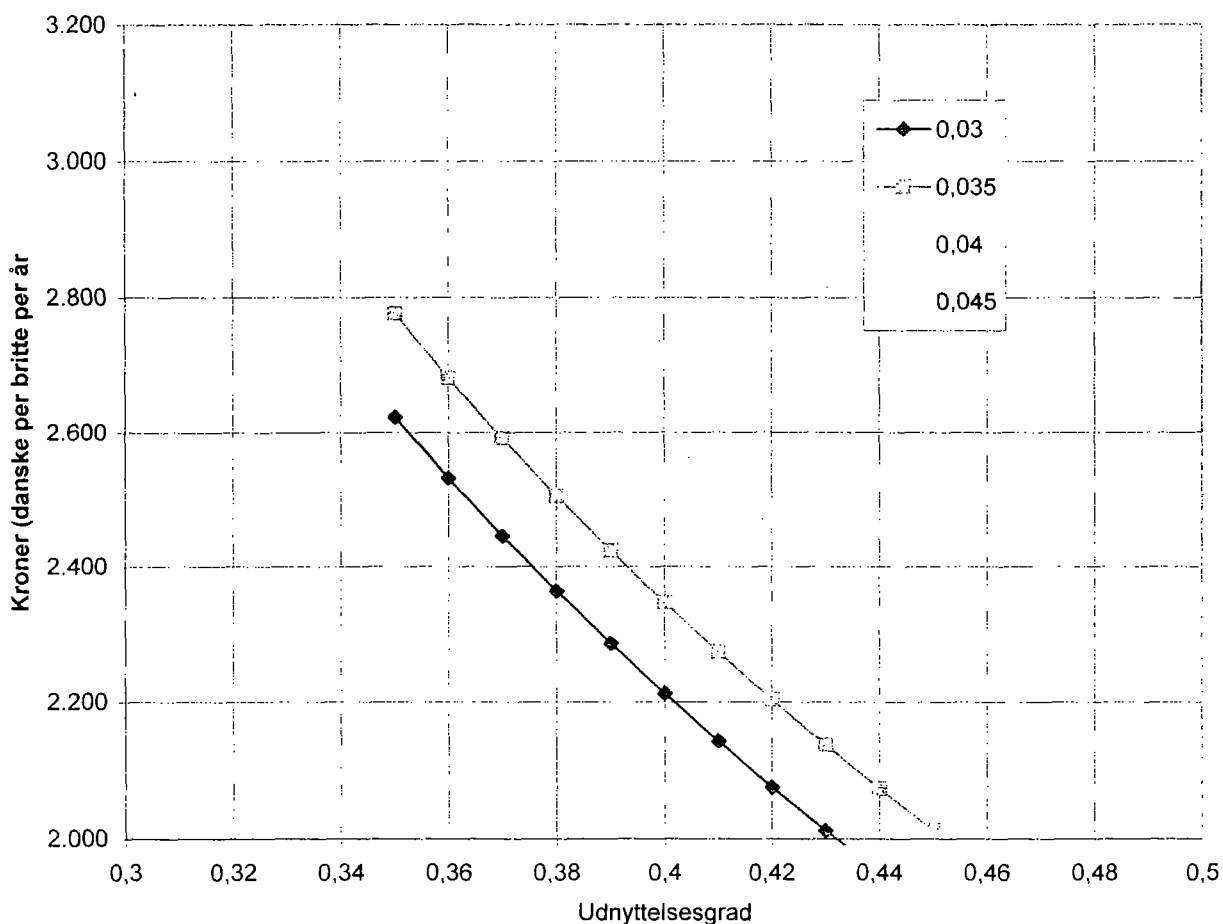
1). Det er utænkeligt, at driftsudgifterne per kWh i det nye Oulkiuoto kan være lige så høje som i det gamle Ringhals



Merudgift ved vindmøller kroner per indbygger per år

Udnyttelsesgrad	Rentefoden			
	0,03	0,035	0,04	0,045
0,35	2.623	2.777	2.934	3.095
0,36	2.532	2.681	2.834	2.991
0,37	2.446	2.591	2.740	2.892
0,38	2.364	2.505	2.650	2.799
0,39	2.286	2.424	2.566	2.710
0,40	2.213	2.347	2.485	2.626
0,41	2.143	2.274	2.408	2.546
0,42	2.076	2.204	2.335	2.469
0,43	2.012	2.137	2.265	2.396
0,44	1.951	2.074	2.199	2.327
0,45	1.893	2.013	2.135	2.261

Eludgift per britte som funktion af udnyttelsesgrad af vindmøllerne og rentefoden (0,03-0,045)



11
12
13

