

# Limits to Growth for PV & Wind Energy

J.P. Hansen,<sup>1,\*</sup> P. A. Narbel,<sup>2,†</sup> and D. L. Aksnes<sup>3,‡</sup>

<sup>1</sup>*Department of Physics and Technology, Allegt. 55,*

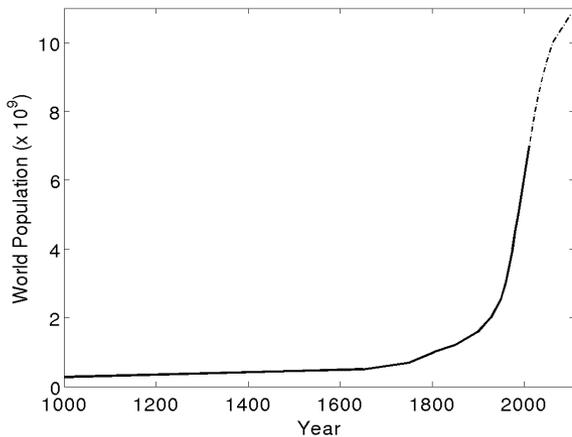
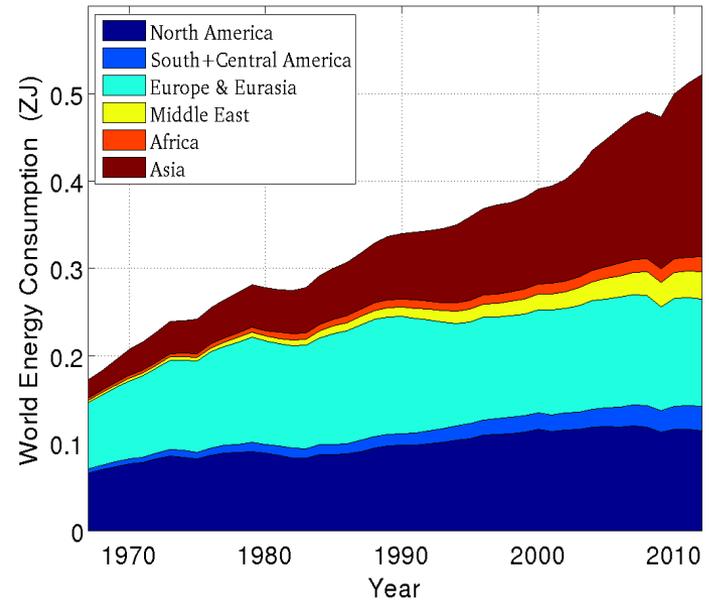
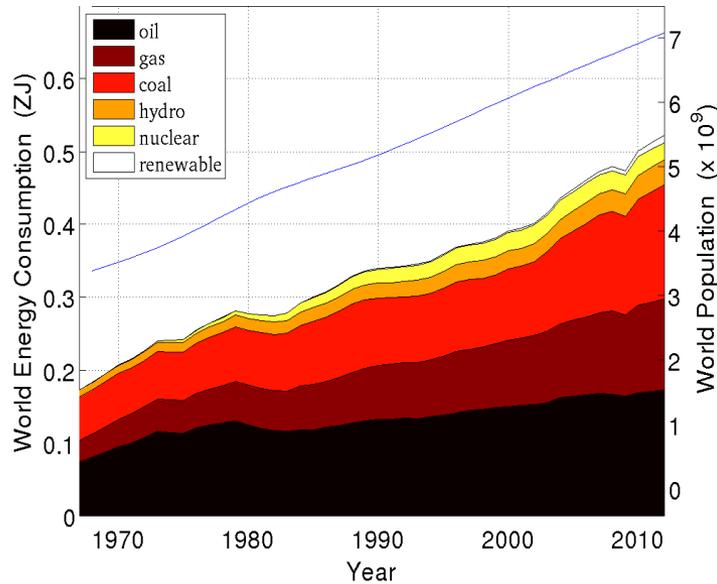
*University of Bergen, N-5007 Bergen, Norway\**

<sup>2</sup>*ADAPT Consulting, Ruseløkkveien 6, N-0114 Oslo, Norway*

<sup>3</sup>*Department of Biology, University of Bergen, Thormøhlensgt 53, N-5020 Bergen*



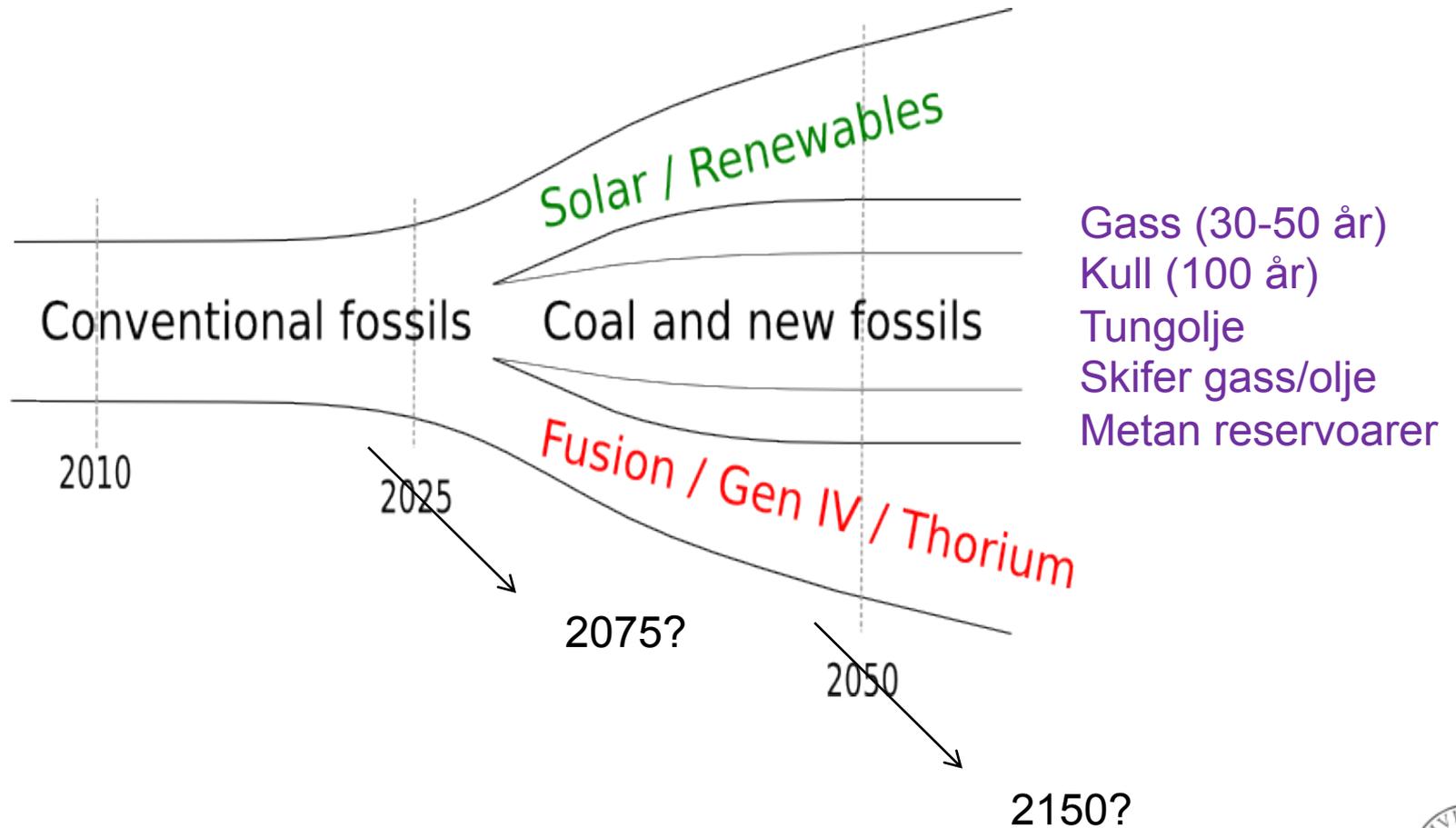
# Global energiforsyning:



- **17TW -> 35-40 TW!**
- **Peak oil, peak gas, peak coal**
- **Kamp om ressurser...**



DET RØDGRØNNE SKIFTET: Energimiksen må endres og energiproduksjonen må økes -> 30-40TW:





VENSTRE

Folk først.

[venstre.no](http://venstre.no) [facebook](#) [meld meg av nyhetsbrevet](#)

Dela



**Bli medlem**

Statsbudsjettet 2016:

**- Det grønne skiftet går for sent.**



# Eventyret om «det grønne skiftet»

Vi har i dag ingen energikilder som kan måle seg med oljen. En økonomisk krise forårsaket av oljemangel er nærmere forestående enn et grønt skifte.



Oljeplattformen Statfjord B ble fraktet til og montert i Yrkjesfjorden i 1981. Om 20 til 30 år kan vi ha nådd et punkt hvor etterspørselen etter olje ikke dekkes, hevder kronikkforfatteren.

FOTO: NTB SCANPIX



Professor ved Institutt for fysikk og teknologi, Universitetet i Bergen

**Jan Petter Hansen**

● MER OM **KLIMA OG MILJØ**

● MER OM **YTRING**

🕒 Publisert 06.12.2014, kl. 08:53



Under klimaforhandlingene i Peru, [som pågår nå](#), vil flere sikkert nevne «det grønne skiftet». Både miljøbevegelse,



[www.uib.no](http://www.uib.no)

Send oss din ytring



## Fart og akselerasjon

Hansen mener det vil ta mange hundre år å erstatte all fossil energi om det skjer i dagens tempo. Vel, som fysikkprofessor får vi anta han kan skille mellom fart og akselerasjon. Årlig tilførsel av nye solceller øker med 20–30 prosent i året. På vindkraft er økningen mer moderat, men også der er det vekst.

“ Om markedet fortsetter å vokse i samme fart i ti år, vil fornybar fortrenge all fossil kraft omkring 2040.

└ MARIUS HOLM, LEDER I MILJØSTIFTELSEN ZERO



## **Professor Jan Petter Hansen og det grønne skiftet**

15.12.2014 13:58

Jeg finner ikke sammenheng mellom kollega Jan Petter Hansens drøfting av det grønne skiftet og hans konklusjoner på:

[http://www.nrk.no/ytring/eventyret-om-\\_det-gronne-skiftet\\_-1.12077412](http://www.nrk.no/ytring/eventyret-om-_det-gronne-skiftet_-1.12077412)

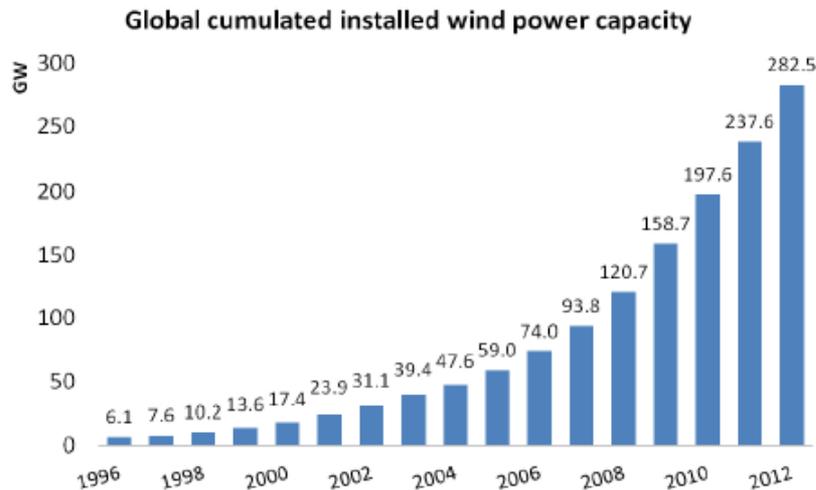
Han konkluderer med at vi må satse på redusert oljeutvinning og grønn energi, men tar som utgangspunkt at det ikke nytter. Hansen er professor, og har tidligere ledet, et institutt for fysikk og teknologi, men har tilsynelatende ikke oppdaget den eksponensielle vekstkurven som kjennetegner framvoksende teknologier. Det er for utrolig til å være sant. Forklaringen finner man nok snarere i at det i fysikkmiljøet ved Universitetet i Bergen finnes sterke forkjempere for utvikling av neste generasjon kjernekraft:

Professor Kristoffer Rypdal, UiT, 2014  
(Nils Gunnar Kvamstø, 2015)



# De nye teknologienes «eksponentielle» vekstkurve:

Vind:



Sol:

Global cumulative installed PV capacity in MW

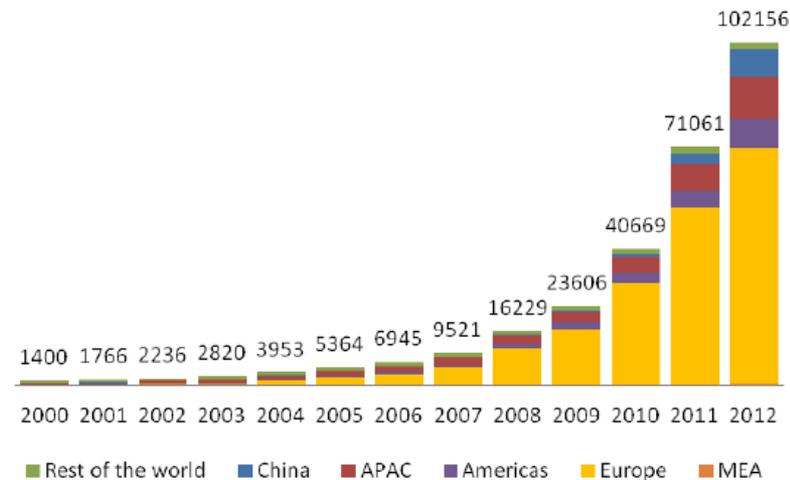


Figure 4.14: Global cumulative installed wind capacity and wind ca [GWEC, 2013].

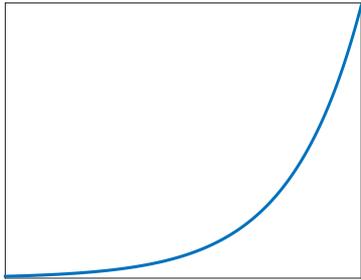
Ekspontentiell, Linear eller Logistisk ????



# Ekspontiell vs. Logistisk (begrenset) vekst:

$$\frac{dP}{dt} = aP \left( 1 - \frac{P}{P_{max}} \right) \quad (\text{Verhulst 1838 } \leftarrow \text{Malthus, kollaps})$$

Ekspontiell vekst:

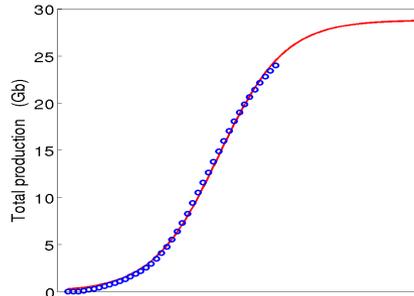


$$P(t) = P_0 e^{at}$$



$a_r$  konstant

Logistisk vekst:



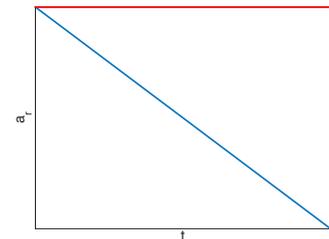
$$P(t) = \frac{P_{max}}{1 + e^{-a(t-t_p)}}$$



$a_r$  avtagende

Hvordan veksten foregår "avsløres" av vekstraten:

$$a_r = a \left( 1 - P/P_{max} \right)$$



Energy miksen er markert, ressurs og konsumbegrenset.  
Ide om Logistisk konsum/produksjonsfase går tilbake til Marchetti (1979)  
og Hubbert (1956):

# The Dynamics of Energy Systems and the Logistic Substitution Model

C. Marchetti  
N. Nakicenovic

Marchetti, Cesare, and Nebojsa Nakicenovic. 1979. *The dynamics of energy systems and the logistic substitution model*. 1979. Research Report RR-79-13, International Institute for Applied Systems Analysis, Laxenburg, Austria.

Hubbert M K. Nuclear Energy and the Fossil Fuels. In Meeting of the Southern District, Division of production, American Petroleum Institute, San Antonio, Texas, Shell Development Company (1956).

## NUCLEAR ENERGY AND THE FOSSIL FUELS\*

BY

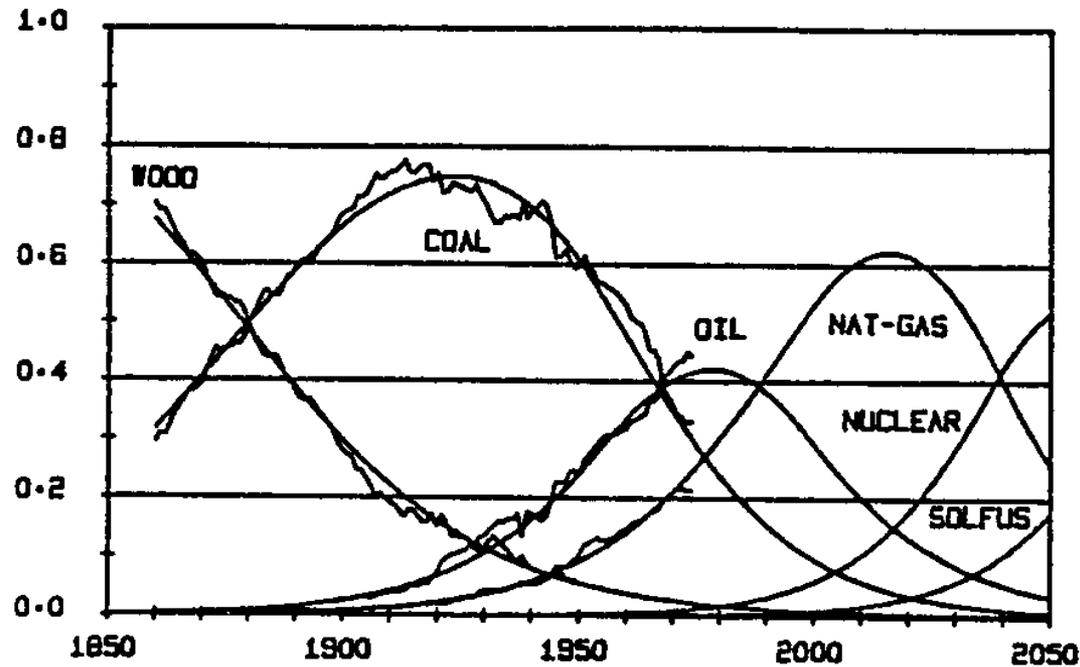
M. KING HUBBERT\*\*

The evolution of our knowledge of petroleum since Colonel Drake's discovery of oil in Titusville, Pennsylvania, nearly a century ago, resembles in many striking respects the evolution of knowledge of world geography which occurred during the century following Columbus' discovery of America. During that period several continents, a number of large islands, and numerous smaller islands were discovered, but how many more might there be? Also during that period geographical charts

"US Oil production will  
**PEAK** around 1975"

Marchetti's forecast from 1979:

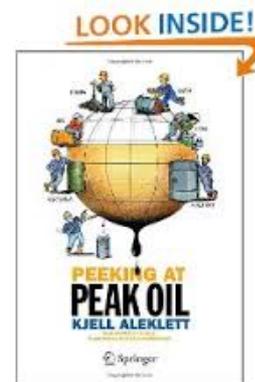
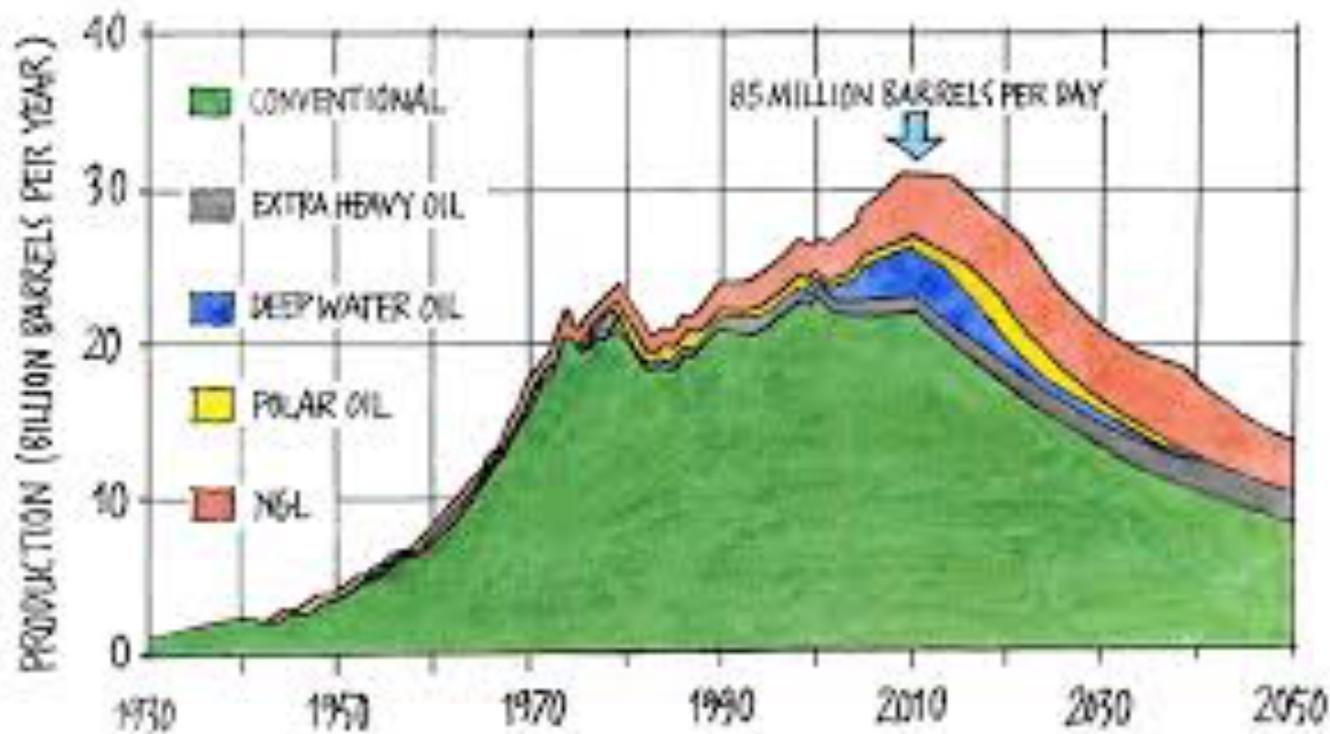
FRACTION (F)



Here the contributions of the various primary sources are shown as fractions of the total market. The smooth curves are two-parameter logistics assembled in a system of equations as described in the text. *The fitting appears perfect for historical data.*

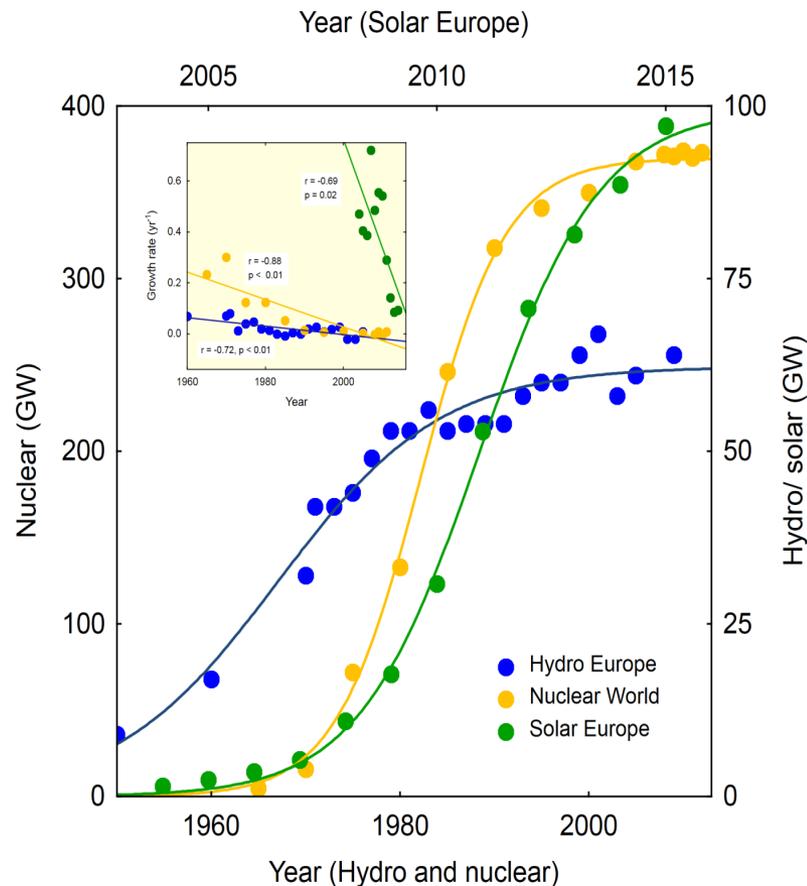


Kjell Aleklett et al: Global Peak Oil is today....



# Eksempler: Logistisk vektst historie - 35 år etter Marchetti:

HYDRO (EU),  
KJERNEKRAFT  
SOL (EU):



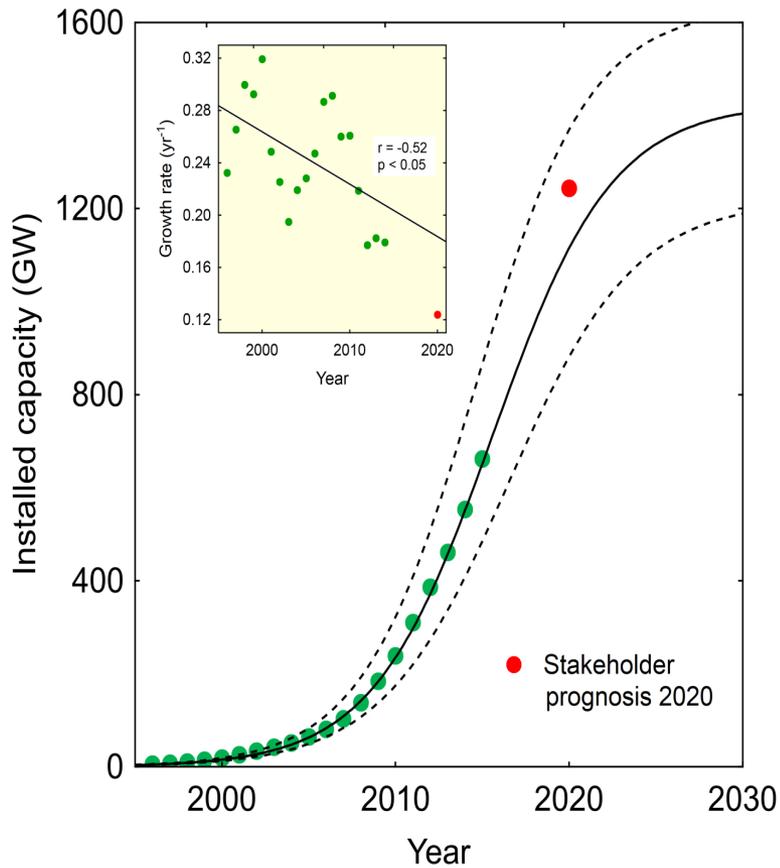
Cleveland C J and Morris M (Eds) *Handbook of Energy Diagrams, Charts, and Tables* ISBN 978-0-08-046405-3, (Elsevier 2013).

BP *Energy Outlook 2035* Available from: <http://www.bp.com/en/global/corporate/energy-economics/energy-outlook-2035.html> (cited Dec 4 2015).

48th IAEA General Conference (2004), *50 Years of Nuclear Energy*. GC(48)/INF/43 Available from <https://www.iaea.org/About/Policy/GC/GC48/Documents/> (cited Dec 4 2015).

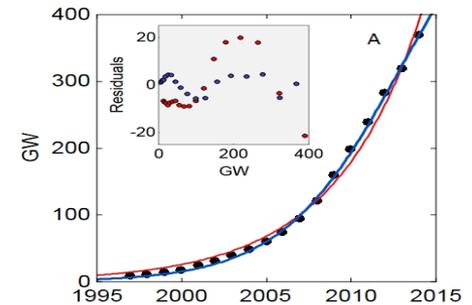


# SOL+VIND (GLOBALT) :

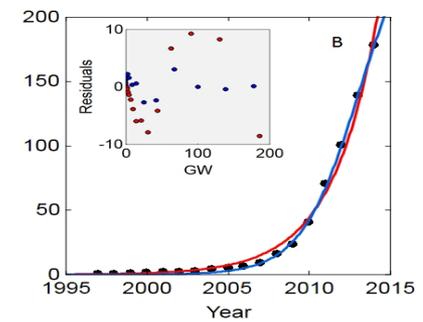


Data: bp.com, <http://pvmarketalliance.biz> (2015, sol) [www.gwec.net](http://www.gwec.net) (2015, vind)

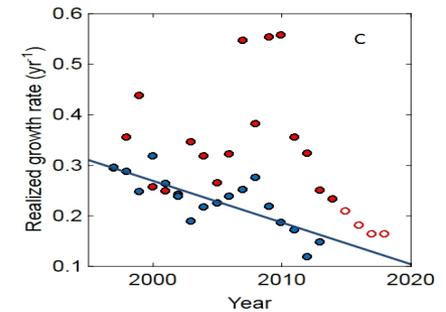
Vind:



Sol:



Vekstrater:



# Energivarsel:

- 1) De nye teknologiens eksponentielle vekst er stadig vanskeligere å tilpasse
- 2) En logistisk tilpassning blir derimot stadig klarere
- 3) Medfører ALARM:  
**SOL og VIND utgjør kun 5% av VERDENS ENERGIMIX i 2030-2040**
- 4) **Det Grønne Ordskiftet** er mer virkelig enn **Det Grønne Skiftet** (enn så lenge)
- 5) Fremtiden vet vi bare en ting om!

