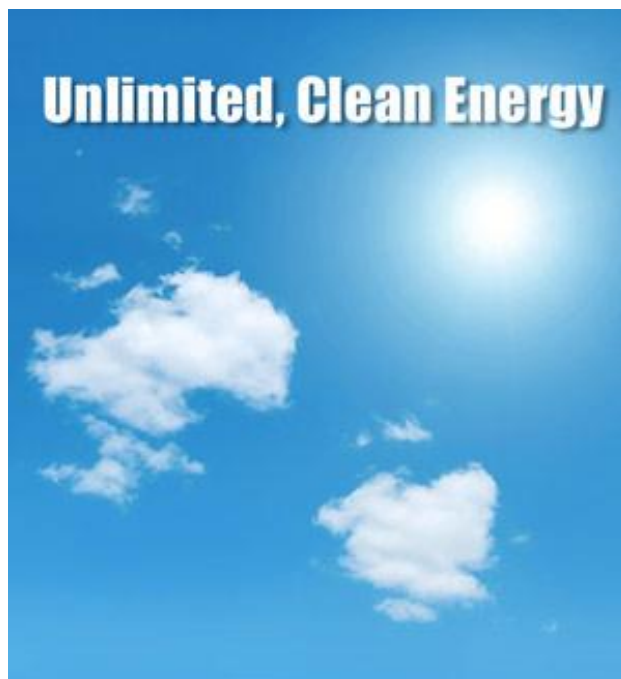


NILU: F 03/2008  
REFERANSE: Q-301  
DATO: JANUAR 2008

# Fornybar energi og miljø

*Bjarne Sivertsen*

Holdt ved fagdag for realfaglærere  
Arrangert av Kunnskapsbyen Lillestrøm, Kjeller





## Innhold

|                                                                        | Side     |
|------------------------------------------------------------------------|----------|
| <b>1 Innledning .....</b>                                              | <b>2</b> |
| <b>2 Verdens energibehov .....</b>                                     | <b>2</b> |
| <b>3 Utslipp fra energiproduksjon .....</b>                            | <b>2</b> |
| <b>4 Brensel fra biomasse .....</b>                                    | <b>3</b> |
| <b>5 Deponigass gir kraft .....</b>                                    | <b>4</b> |
| <b>6 Gasskraftverkene og klimagassutslippene .....</b>                 | <b>4</b> |
| <b>7 Vindkraft.....</b>                                                | <b>4</b> |
| <b>8 Solenergi.....</b>                                                | <b>5</b> |
| <b>9 Geotermisk energi .....</b>                                       | <b>5</b> |
| <b>10 Bølgekraftverk .....</b>                                         | <b>5</b> |
| <b>11 Avslutning .....</b>                                             | <b>6</b> |
| <b>Vedlegg A Kopi av lysbildene til Fornybar energi og miljø .....</b> | <b>7</b> |

# Fornybar energi og miljø

## 1 Innledning

Foredraget ble holdt i forbindelse med fagdag for realfaglærere arrangert av Kunnskapsbyen Lillestrøm 31. Januar 2008. Fornybar energi inkluderer energikilder som ikke fører til utarming innenfor en menneskelig tidsskala og som er avhengige av begrensede ressurser, som for eksempel fossil energi og atomkraft.

Fornybare energikilder er for eksempel

- solenergi,
- vannkraft,
- vindkraft,
- bølgekraft,
- geotermisk energi,
- biobrensel

Fossile energikilder er ikke fornybare i det vi tapper en ressurs som har vært lagret i millioner av år.

Presentasjonen inneholdt en gjennomgang av fornybare energikilder og deres utslipp av forurensninger. Konsekvensene for miljøet av de fornybare energibærerne bør ses i sammenheng med eksisterende bruk av fossile brensler. I denne sammenhengen er det viktig å ikke fokusere ensidig på globale miljøkonsekvenser, men også veie disse opp mot lokale effekter pga utslipp av andre forurensende stoffer.

## 2 Verdens energibehov

Verdens energibehov vil fordobles i perioden 2004 til 2030. En vesentlig del av denne økningen kommer i utviklingsland. Det er derfor begrenset hvilken effekt våre nasjonale tiltak vil ha i en global sammenheng.

Kun ca. 9,5 % av energiproduksjonen i verden er basert på fornybare energikilder. Da er vannkraft, vind, sol og biomasse inkludert.

## 3 Utslipp fra energiproduksjon

Utslippene fra fossilfyrte energiproduksjon inkluderer forurensninger som SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, svevestøv og en rekke karbonholdige forbindelser. Svevestøvet inneholder også en rekke toksiske elementer.

Bruk av biomasse og avfall, som vanligvis er inkludert i gruppen av fornybare kilder, fører også til utslipp av NO<sub>x</sub>, PAH-forbindelser, sot og partikler.

Hele 60% av svevestøvutslippet (PM<sub>10</sub>) i Norge stammer fra vedfyring (SSB/SFT 2007). I 2005 var totalutslippet av PM<sub>10</sub> 56 000 tonn/år. Tilsvarende NO<sub>x</sub>-utslipp

er 210 000 tonn/år. Her har Norge gjennom Gøteborgprotokollen forpliktet seg til å redusere utslippene til 150 000 tonn.

All forbrenning fører til utslipp av NO<sub>x</sub>. Hovedkildene til NO<sub>x</sub> er den kystnære båttrafikken (fiske, ferger, frakt etc.), veitrafikk og oljebasert industri. Staten har inngått en avtale med 14 næringsorganisasjoner om inntil 21 % kutt i utslippene av NO<sub>x</sub>. Blant avtalepartnerne er Norges Rederiforbund, Norges Industriforbund og Norges Fiskarlag.

Klimagassutslippene representerer den største miljøtrusselen knyttet til energiproduksjonen. Av disse representerer CO<sub>2</sub> utslippet 80 %. Det slipper ut ca. 45 millioner tonn CO<sub>2</sub> pr. år i Norge. Dette fordeler seg på ca. en tredel fra mobile kilder, en tredel fra olje- og gassutvinning og en tredel fra stasjonære kilder på land.

Utslipet av CO<sub>2</sub> pr innbygger er relativt lavt i Norge. Dette kommer av at hele 55% av energien som produseres er basert på fornybar vannkraft. Når det gjelder produksjonen av elektrisitet er 100% vannkraftbasert i et normalår i Norge. Det ble i 2006 produsert ca. 120 TWh.

Det er enda et stort potensial for mer fornybar vannkraft særlig fra utbygging av relativt små kraftverk. For å øke utbyggings-interessen har myndighetene blant annet forenklet konsesjonsbehandlingen og etablert offentlige tilskudd. Små vannkraftverk etableres ofte i bekker og mindre elver uten reguleringsmagasiner. Kraftverkenes produksjon vil da variere med tilsiget av vann. Siden småkraftverkene sjelden magasinerer vannet, kan de ofte bygges ut uten store konsekvenser for natur og miljø. Men det gjør også at kraftverkene kun produserer når det er nok vann i elva.

#### **4 Brensel fra biomasse**

Biomasse som brensel er hva vi kaller karbonnøytralt. Den mengden CO<sub>2</sub> som slipper ut i atmosfæren ved forbrenningen vil tas opp i vegetasjonen ved veksten/produksjonen av biobrenselet. Sett ut fra et klimasynspunkt er således brenning av biomasse gunstig.

I tillegg til brenning og energiproduksjon direkte fra biomasse kan det også produseres biobrensel som etanol og biodiesel. Det produseres årlig ca 15 TWh energi fra biomasse som ved, treavfall, avlut pellet og briketter. Det totalt utnyttbare potensialet for biomasse-basert energi er beregnet til 35 TWh, som er en tredel av vannkraft-basert elektrisitetsproduksjon i Norge i 2006.

Utslippene av svevestøv og tjærestoffer per produsert energienhet vil øke om en går fra fossilt brensel til biobrensel. I forhold til et gasskraftverk med rensing vil også nitrogenoksidutslippene være størst fra en biokraftverk.

## 5 Deponigass gir kraft

Fra et avfallsdeponi lekker det en rekke gasser, bl.a metan. Metan er en drivhusgass, som bidrar til å «fange» mer solvarme i atmosfæren enn CO<sub>2</sub>. Metan er en 22 ganger mer effektiv «bidragsyter» til drivhuseffekten enn karbondioksid. Ved å fange opp metan og brenne den for produksjon av varme og energi kan vi redusere utslippene av metan.

NILU har utredet et deponi, der målet var å redusere gassutlippene med over 300000 tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter per år, og produsere elektrisitet og varme av metangassen.

## 6 Gasskraftverkene og klimagassutslippene

Siden olje og gass ikke er fornybare ressurser, fratar vi gjennom gasskraftverk og økt oljeutvinning fremtidige generasjoner muligheten til å utnytte ressursene på en bedre måte enn det vi kan i dag. Likevel bygges det flere gasskraftverk på Vestlandet.

Statoil og Shell har gått sammen i et felles prosjekt for å bygge gasskraftverk på Tjeldbergodden med rensning og bruk av CO<sub>2</sub> til EOR (enhanced oil recovery) på Draugen og senere Heidrun i Norskehavet. Dette er nå skrinlagt, men prosjektet jobber videre for å realisere et gasskraftverk med CO<sub>2</sub> fangst, samt å forsyne oljeplattformer på sokkelen utenfor Midt-Norge med kraft fra land.

Naturkraft har bygd et 420 MW gasskraftverk på Kårstø. Anlegget ble åpnet i november 2007. Utslippene fra anlegget vil være på 1,3 millioner tonn/år ved full drift fram til CO<sub>2</sub> fangst anlegget er ferdig. Aker Kværner har lansert et forslag om at selskapet skal få utsette fullskala rensing av gasskraftverket på Kårstø. I stedet vil selskapet bygge et pilotanlegg på Kårstø som skal stå ferdig i slutten av 2009. Dette pilotanlegget skal bare rense 100 000 tonn CO<sub>2</sub> (ca.10 prosent av årlige utslipp). Ved begynnelsen av 2008 lanserte Aker Clean Carbon at de ville bygge et demonstrasjonsanlegg på Kårstø.

Samtidig utredes det fangst av CO<sub>2</sub> ved hjelp av absorpsjon ved hjelp av en aminløsning for å fjerne CO<sub>2</sub> i et anlegg som skal testes ved Test Center Mongstad. Dette anlegget skal kunne fange 100 000 tonn CO<sub>2</sub> per år. Anlegget skal stå ferdig i 2010. Et fullskala-anlegg vil kunne fange mer enn 2 millioner tonn CO<sub>2</sub> per år.

Det foregår med andre ord en hel del omkring gasskraftverk og CO<sub>2</sub> rensing i Norge.

## 7 Vindkraft

På global basis ble det I 2005 produsert ca 60 000 MW elektrisitet ved hjelp av vindkraft. Dette utgjør 1 % av verdens energibehov. I Danmark produseres 23 % av elektrisiteten med vindenergi, i Tyskland er 7% basert på vind.

Norge har hatt som mål å produsere 3 TWh med vindenergi innen 2010, eller opp mot 3% av all strøm. De 200 hav-vindmøllene som nå planlegges av Lyse energi vil gi totalt 4.5 TWh eller ca. 4% av Norges strømbehov.

Konsekvensene på miljøet av vindmøllene er arealbehovet, visuell påvirkning på landskapet, støy, innvirkning på fugleliv og økologi og i siste instans inngrep i områdets biodiversitet.

Vindkraft er foreløpig en dyr energikilde, men er samfunnsøkonomisk lønnsom under enkelte forutsetninger. Dette kan føre til subsidier eller investerings- eller driftsstøtte fra Staten

## **8 Solenergi**

Det er mange former for utnyttelse av solenergien. De viktigste er passiv solvarme, solfangere som konverterer solenergien til varme til forskjellig anvendelse og solceller som utnytter den fotovoltaiske effekten og omdanner sollys til elektrisitet.

Selve utnyttelsen av solenergi fører ikke til utslipp av forurensninger. Ser man derimot fra hele syklusen "fra vogge til grav" kan det være flere uheldige miljøkonsekvenser. I produksjonen brukes det en rekke kjemikalier som kadmium, tellur og andre. Avfallet etter bruk inneholder bl.a silisiumstøv, ved uhell kan det være utslipp av termiske oljer. Store anlegg er meget arealkrevende, og i enkelte anlegg brukes kjøletårn medførende fuktproblemer og vanddamp-utslipp.

## **9 Geotermisk energi**

Geotermisk energi kan også utnyttes på mange måter. Vi snakker hovedsakelig om lavenergi varme og høytemperatur geotermisk energi. Inne i jordas sentrum ligger temperaturen på rundt 4200 grader. Ved å bore seg nedover til store dyp, er det mulig å varme opp vann ved hjelp av jordvarmen. Energien omdannes til elektrisk energi ved hjelp av geotermiske energiverk. I dag produseres det strøm fra jordvarme i rundt 25 land. Særlig på Island er geotermisk energi den viktigste energikilden. Forsøk på utnyttelse av jordvarme i Norge har vist seg svært kostbart.

## **10 Bølgekraftverk**

Den fundamentale utfordringen ved bølgekraft er å konvertere bølgebevegelsene effektivt til elektrisitet gjennom anlegg som kan overleve ekstreme værforhold og sjøvannskorrosjon. Typiske problemområder er sveiser som svikter og fortøyninger som sliter seg. I lys av dette er det ofte blitt utviklet anlegg som er så overdimensjonert at anleggskostnaden ødelegger totaløkonomien. I den senere tid har økt offentlig støtte i mange land skapt en ny giv, og det finnes nå mange lovende pilotanlegg i drift.

Systemene kan ha svingende vannsøyle, forankrete flytere, bølgepumpe eller kilerenne med reservoar og tradisjonell vannkraftturbin/generator. Flere av disse kombineres med parabolisk bølgefokusering for å samle bølgekraften dvs. øke bølgehøyden der den fanges opp.

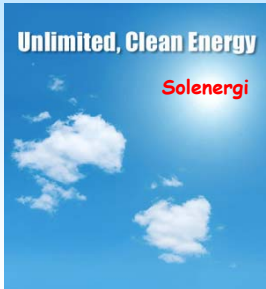
## 11 Avslutning

Ved valg av energibærere er det viktig å holde flere tanker i hodet samtidig. Arealutnyttelse og arealbruk er ett viktig element særlig når det gjelder store solkraftverk, vindmølleparker og dyrking av planter til biomasse for energi og brenselproduksjon. Her kan slike fornybare kraftverk komme i konflikt med bruk av de samme arealene til matproduksjon.

I tillegg til tilgjengelighet, teknologiutvikling og pris representerer miljøkonsekvensene viktige kriterier. I dagens debatt fokuseres det svært mye på klimagassutslipp og konsekvensene på det globale klimaet. Vi har sett at fangst av CO<sub>2</sub> på gasskraftverk kan føre til utslipp av andre toksiske elementer. Videre vil bruk av biobrensel kunne øke utslippene av svevestøv og små partikler samt kreftframkallende PAH-forbindelser. Dessuten kan økte utslipp av nitrøse gasser føre til lokale og regionale effekter på miljø, helse og trivsel. Det synes som politikere og beslutningstakere i dag helt har glemt at energiproduksjon også kan ha lokale effekter.

**Vedlegg A**  
**Kopi av lysbildene til**  
**Fornybar energi og miljø**

## Fornybar energi og miljø



**Unlimited, Clean Energy**  
**Solenergi**

Bjarne Sivertsen  
NILU

De fleste  
kildene for  
fornybar energi  
er lagret  
solenergi.

www.NILU.no

## Fornybare energikilder

Fornybar energi inkluderer energikilder som ikke står overfor utarming innenfor en menneskelig tidsskala og som er avhengige av begrensede ressurser, som for eksempel fossil energi og atomkraft.



Fornybare energikilder er for eksempel

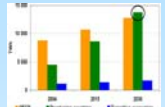
- solenergi,
- vannkraft,
- vindkraft,
- bølgekraft,
- geotermisk energi,
- biobrensel.

Vannkraft og vindkraft :  
Kort tidslagring av solenergi  
Biobrensel:  
Mer langtidslagring av solenergi, men fortsatt på en menneskelig tidsskala  
Fossilbasert energi **ikke** fornybar

www.NILU.no

## Verdens energibehov doubles i perioden 2004-2030

Hvordan løse energi/miljø-problemet ?



**Energieffektivisering** ved alle typer energibruk

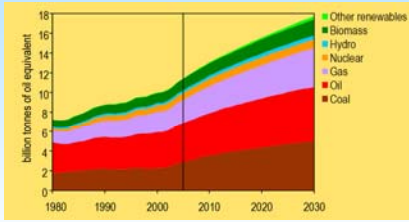
**Fornybar energi** - øke andelen sol-, vind-, vann-, bioenergi og liknende.

**Fossile brensel MED rensing av CO<sub>2</sub> (CO<sub>2</sub>-håndtering)** kull-, olje-, gass- eller biokraftverk  
CO<sub>2</sub>-håndtering kan også brukes ved produksjon av renere drivstoff som for eksempel hydrogen.

Bellona 2007

www.NILU.no

## Hvor mye er fornybar energi...?



**2006: Fornybare inkl. Hydro+Biomasse = ca . 9.5 %**

www.NILU.no

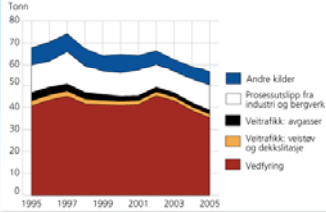
## Utslipp fra energiproduksjon

| Fornybare | Energi-bærer | Svovel-forb.    | Nitrogen-forb.  | Halogen-forb. | Karbon-forb.                      | Metaller                       | Partikler |
|-----------|--------------|-----------------|-----------------|---------------|-----------------------------------|--------------------------------|-----------|
|           | Kull         | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> | HCl           | PAH<br>Sot                        | As,<br>Cr<br>Cd<br>Hg<br>m.fl. | Svevestøv |
|           | Olje         | SO <sub>2</sub> | NO <sub>x</sub> |               | PAH<br>Sot                        | V<br>Ni                        | Svevestøv |
|           | Gass         |                 | NO <sub>x</sub> |               | Hydro-karboner                    |                                |           |
|           | Biomasse     |                 | NO <sub>x</sub> |               | PAH<br>Sot<br>Aldehyder<br>Benzen |                                | Svevestøv |
|           | Avfall       |                 | NO <sub>x</sub> | HCl<br>Org.Cl | PCBs<br>PAH<br>Dioxiner           | As, Cd,<br>Hg, Pb,<br>Zn m.fl. | Svevestøv |

www.NILU.no

## Utslipp av svevestøv (PM<sub>10</sub>)

60 % fra vedfyring i Norge ➡

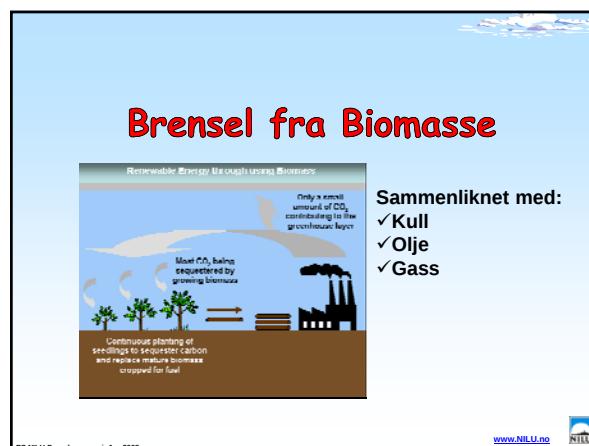
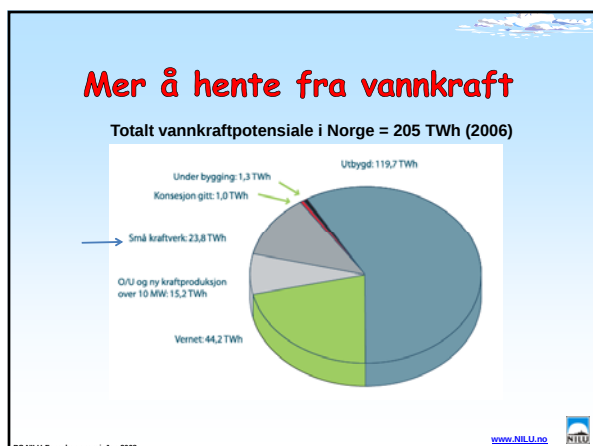
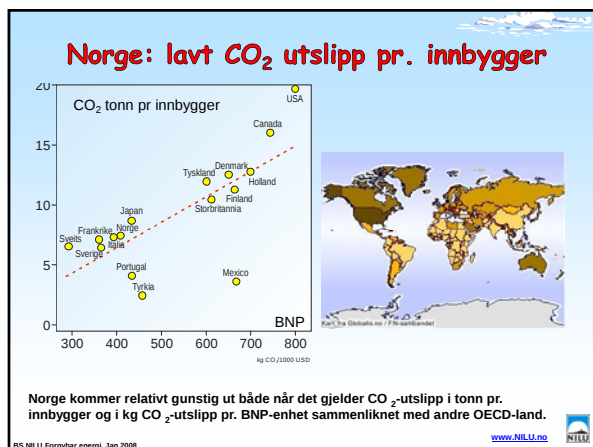
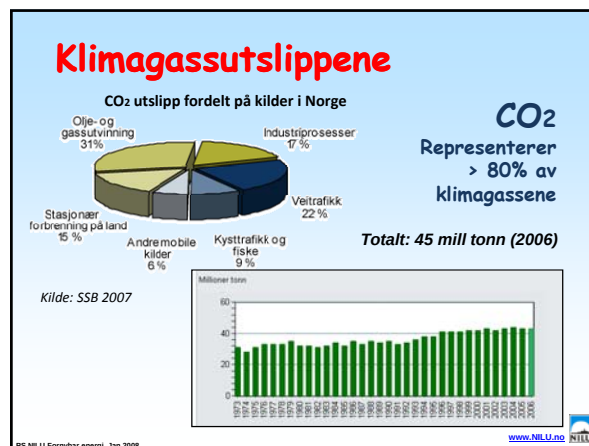
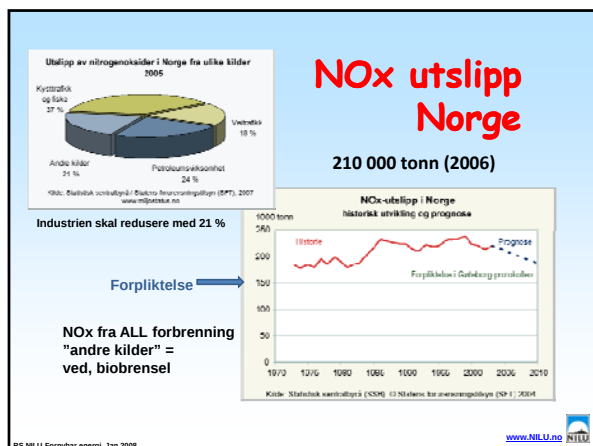



17 % kommer fra industrien  
11 % fra veitrafikken

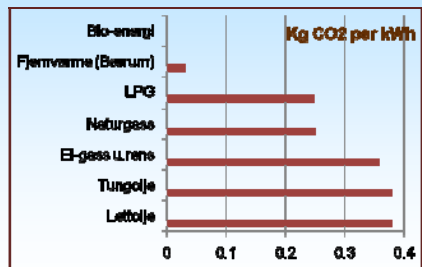
**Totalt: 56 000 tonn/lår (2005)**

Kilde: SSB/SFT

www.NILU.no



## Utslipp - forskjellige brenslar



BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Bio-basert elektrisitet og brensel



**Biomass Feedstock**

- Trees
- Grasses
- Agricultural Crops
- Agricultural Residues
- Animal Wastes
- Municipal Solid Waste

**Conversion Processes**

- Enzymatic Fermentation
- Gas/Liquid Fermentation
- Acid Hydrolysis/Fermentation
- Gasification
- Combustion
- Co-firing

**Brensel:**

- Etanol
- Bio-diesel

**Energi:**

- Elektrisitet
- Varme

**produkter**

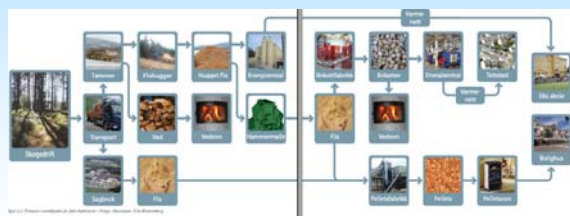
BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Biobrensel til allsidig bruk

Fra "Fornybar energi 2007"



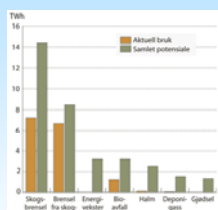
Skog → ved & flis → vedovn → briketter + pellets → pelletsovn → energisentral + biobrenslar: etanol og biodiesel

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Biomasse til energiformål i Norge



Årlig ca. 15 TWh bioenergi (ved, treavfall, avlut, pellets, briketter)

Nyttbart potensiale beregnet til 35 TWh

**Energivekster:** Må bruke noe av jordsbruksarealene til å dyrke energirikke planter som kan utnyttes som bioenergi, for eksempel til og lage etanol eller biodiesel

Biomassebasert energi: Sverige 80TWh og Finland 65TWh

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Fra fossile brenslar til Biobrensel

**Øker:** PM : Støvutslippene  
PAH : Tjærestoffene  
NOx : Nitrogenoksidene

Verdens største biokraftverk i Finland slipper ut hele 440 tonn NOx i året. Gasskraftverket på Kårstø, med rensing, slipper ut 150 tonn NOx per år. Anleggene er omtrent like store (400 MW), og begge har NOx-rensing

**Reduseres:** CO<sub>2</sub> : Klimagassene  
SO<sub>2</sub> : Svovelutslippene

Biobrensel erstatter bruk av olje men kan samlet redusere elektrisitetsforbruket med kun 3-4 prosent.

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

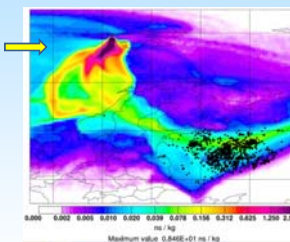
www.NILU.no



Global betydning?

## Biomassebrenning registreres på Svalbard

Høye konsentrasjoner av organiske forurensninger og PCB måles på Zeppelinfjellet



Sot kan være ansvarlig for ca 25% av den observerte globale oppvarmingen i det siste århundre

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Deponigass gir kraft



NILU utredet utslipp av klimagasser fra avfallsdeponi.

**Gasskraftverket leverer 9 GWh elektrisk strøm. Dette kan øke til 15-16 GWh.**

Gassdeponiet utbalanserer lufttrykket. Det hindrer at gass strømmet ut i atmosfæren.

Målet er å redusere gassutslippene med over 30.000 tonn CO<sub>2</sub>-ekvivalenter årlig

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



Den 23. april 1998

## "CO<sub>2</sub>-fritt" gasskraftverk lansert

Tjeldbergodden

Utslipp ved utvidelsen av den eksisterende metanolfabrikken og fra gasskraftverket



| Alternativ                            | NO <sub>x</sub> (t/år) | NH <sub>3</sub> (t/år) | CO <sub>2</sub> (t/år) | CO (t/år) |
|---------------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------|
| Dagens situasjon                      | 590                    |                        | 334 000                | 78        |
| Dagens + metanolfabrik                | 719                    |                        | 577 000                | 173       |
| D+ Metanolf. + gasskraft (5 ppm Nox)  | 1 122                  | 40                     | 3 041 000              | -         |
| D+ Metanolf. + gasskraft (15 ppm Nox) | 1 844                  |                        | 3 041 000              | -         |
| D+ Metanolf. + gasskraft (25 ppm Nox) | 2 564                  |                        | 3 041 000              | -         |

CO<sub>2</sub> rensing skrinlagt i des. 2007

Uten CO<sub>2</sub> rensing ca. 6 % av Norges utslipp

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Energiverk på Mongstad

Total utslipp av NO<sub>x</sub>

Null-alternativ : 1536 tonn/år  
Statoil Mongstad 2008  
+ Energiverk Mongstad, (15 ppm NO<sub>x</sub>) : 1896 tonn/år

Spredningsberegningene viser at 0-alternativet gir maksimal gjennomsnittlig nitrogenavsetning på **13,9 mg N/m<sup>2</sup> per år**.  
Scenariet for Statoil Mongstad 2008 + EvM, 15 ppm NO<sub>x</sub> gir størst nitrogenavsetning på **16,5 mg N/m<sup>2</sup> per år**.



Bakgrunnsnivået for total nitrogenførsel langs kysten i Hordaland og Sogn og Fjordane ligger mellom **800 og 1400 mg N/m<sup>2</sup> per år**

SO<sub>2</sub> viser en maksimal S-avsetning over 10 x 10 km<sup>2</sup> er 40,5 mg S/m<sup>2</sup> per år

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Gasskraftverk på Kårstø



Mindre NO<sub>x</sub> utslipp enn fra Biobrensel !

**Hovedproblem CO<sub>2</sub> utslippene**

"Månelanding" ble utsatt i desember 2007.

Aker Clean Carbon vil bygge demonstrasjonsanlegg på Kårstø

420 MW, produserer 3.5 TWh ( ca. 3 % av Norges behov)

-hva med Skogn?

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## Fangst og lagring av CO<sub>2</sub>



Mange alternative metoder utprøves

Absorpsjon ved hjelp av en aminløsning er den mest kjente teknologien for å fjerne CO<sub>2</sub> fra eksosgass.

Planer om å teste bruk av aminer for å fange CO<sub>2</sub> ( Test Center Mongstad )

NILU utreder konsekvenser ved mulige utslipp av aminer



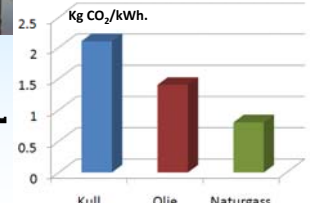
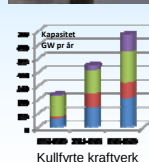
Testanlegg oppstart 2010: skal fange 100 000 tonn CO<sub>2</sub> pr. år  
Fullskala anlegg: Vil fange > 2 mill tonn CO<sub>2</sub> pr år

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## CO<sub>2</sub> utslipp fra fossilfyrte kraftverk



BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

www.NILU.no



## CO<sub>2</sub>-frie kullkraftverk bygges



Tyskland: fullskala kullkraftverket 450 MW, vil produsere ca 3,5 TWh/år. Pris for rensning og lagringen av CO<sub>2</sub> er estimert til omlag 1 milliard Euro

EU:  
Alle fossilfyrte kraftverk > 300 MW  
må fange CO<sub>2</sub>

Danskene utvikler CO<sub>2</sub>-fri kullkraft

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Klimaforliket 2008

Norge skal bli karbon-nøytralt !



Norge skal sørge for globale utslippsreduksjoner som motsvarer våre utslipp av klimagasser senest i 2030

Ca. 15 mill. tonn CO<sub>2</sub> ekvivalenter skal tas i Norge ,  
(mer enn referansen presentert i nasjonalbudsjettet for 2007)

Karbonfangst og lagring vil i framtida bli viktig for å redusere de globale utslippene  
EU diskuterer 20 % reduksjon i CO<sub>2</sub> utslippene 1990 - 2020

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Hva betyr de forurensningsfrie energikildene ?



Vind  
Sol  
Jordvarme  
Bølgekraft  
Kjernekraft?



Smøla

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Vindkraft - hvor mye ?



På global basis ble det i 2005 produsert 58,982 Megawatt vindkraft.

Utgjør 1% av verdens energiforbruk.

Av el-energiforbruket dekker

vindkraft:

i Danmark 23%

i Tyskland 7%

i Spania ca 8%



Norge har et nasjonalt mål om å produsere 3 TWh innen 2010  
Vannkraften i Norge representerer 120 TWh i et normalår

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Vindmøller til havs



- Dypt vann (100m+) - 'billig' understell
- Unngår visuell effekt fra land
- Gode vindressurser ute på havet

### Lyse energi :

Planlegger 200 hav-  
vindmøller  
Beslaglegger 200 km<sup>2</sup> areal  
Strøm til 220 000 husstander

Totalt ca. 4.5 TWh  
(~4 % av Norges  
strømbehov)

Miljøeffekter:  
Arealkrevende, landskap,  
visuell effekt, støy, økologi,  
fugler, biodiversitet

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Solenergi



### Passiv solvarme

på bygninger, vindusflater, romorientering mv.  
Utnytter innstrålt solenergi til lys, oppvarming  
eller kjøling.

For norske klimaforhold vil en god utforming  
kunne redusere oppvarmingsbehovet i et småhus  
med 15 - 25 prosent



### Solfanger

Konverterer solenergien til varme for forskjellig bruk



### Solceller

utnytter den fotovoltaiske effekten i solen  
det vil si direkte omdanning av sollys til elektrisitet.

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Konsentrert solenergi

### I stor skala :

350 MWe i Los Angeles siden 1984  
Varmelagring og fossil backup  
God tilpasning topp-behovet

Nye kraftverk i Nevada, Spania

**Arealkrevende**  
**Miljøkonsekvenser :**  
fra vogge til grav vurderinger



BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Solenergi og miljøkonsekvenser

Utslipp til luft og vann minimale



**Kjøletårn:** vanndamp, fukt  
**Uhell:** Termiske oljer/ frostvæske  
**Produksjon:** Kjemikalier, Cd, Tellur  
**Avfall:** Wafere, Silisiumstøv  
**Arealkrevende i stor skala**



Dyr energi men kostnader på vei ned.

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Geotermisk energi



Jordvarme = lavenergi

Geotermisk energi er varmeenergi  
fra jordens indre.  
En betydelig energiresurs.

Miljøvennlige energikilder.

Godt alternativ til import av elektrisitet  
basert på fossilt brensel.

Samlet installert Geotermisk energi i verden er 73 TWh

Forsøk med geotermisk energi i Norge (2006) !  
2 MW til Rikshospitalet viste seg **for kostbart**



BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Høytemperatur Geotermisk energi



Store ressurser i vulkanske områder,  
som for eksempel  
Island, Tyrkia og Japan.  
Produserer både varme og strøm.

I Island skjer 85% av  
husoppvarmingen ved  
utnyttelse av geotermisk energi.



**Jordvarme kombinert med varmepumpe**  
kan være en vellykket løsning på lokal skala.  
Totalt 150 000 varmepumper i Norge gir et netto  
varmebidrag på 4 TWh pr år (2006)

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Bølge- og tidevannsverk



### Bølge-energi:

- Svingende vannsøyle,
- forankrete flytere,
- bølgepumpe eller
- kilerenne med reservoar og vannkraftturbin/generator.

Karmøy: 220 husstander, 22 øk/Wh

Flere av disse kombineres med parabolisk bølgefokusering for å samle  
bølgekraften dvs. øke bølgehøyden der den fanges opp



### Tidevannsenergi:

1. Utnytter vannets fallhøyde. Tidevannet demmes og kontrolleres inn mot et skovlehu (inn og ut).
2. Den andre måten er ei undersjøisk mølle

Max utnyttbar energi 13 TWh?  
Ikke konkurransedyktig på pris..

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



## Kan kjernekraft erstatte fossile brenslere ?



NA24 påstår: **Norsk atomkraft kan erstatte oljen**  
Ny atomteknologi kan løse verdens energikrise. Og Norge kan bli storleverandør

15 prosent av verdens kjente forekomster av thorium ligger her i Norge, og prof. Samseth spår kjernekraft i Norge om 50 år.

**Storbritannia:**  
I 2006/2007 tilsvarte kjernekraften en reduksjon av CO<sub>2</sub> på:  
33.7 millioner tonn CO<sub>2</sub> (MtCO<sub>2</sub>)  
samme som halvparten av utslipp fra Storbritannias bilpark

NRK 23 Jan 2008: Halvparten av det svenske folk ønsker kjernekraft

BS NILU Fornybar energi, Jan 2008

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



