



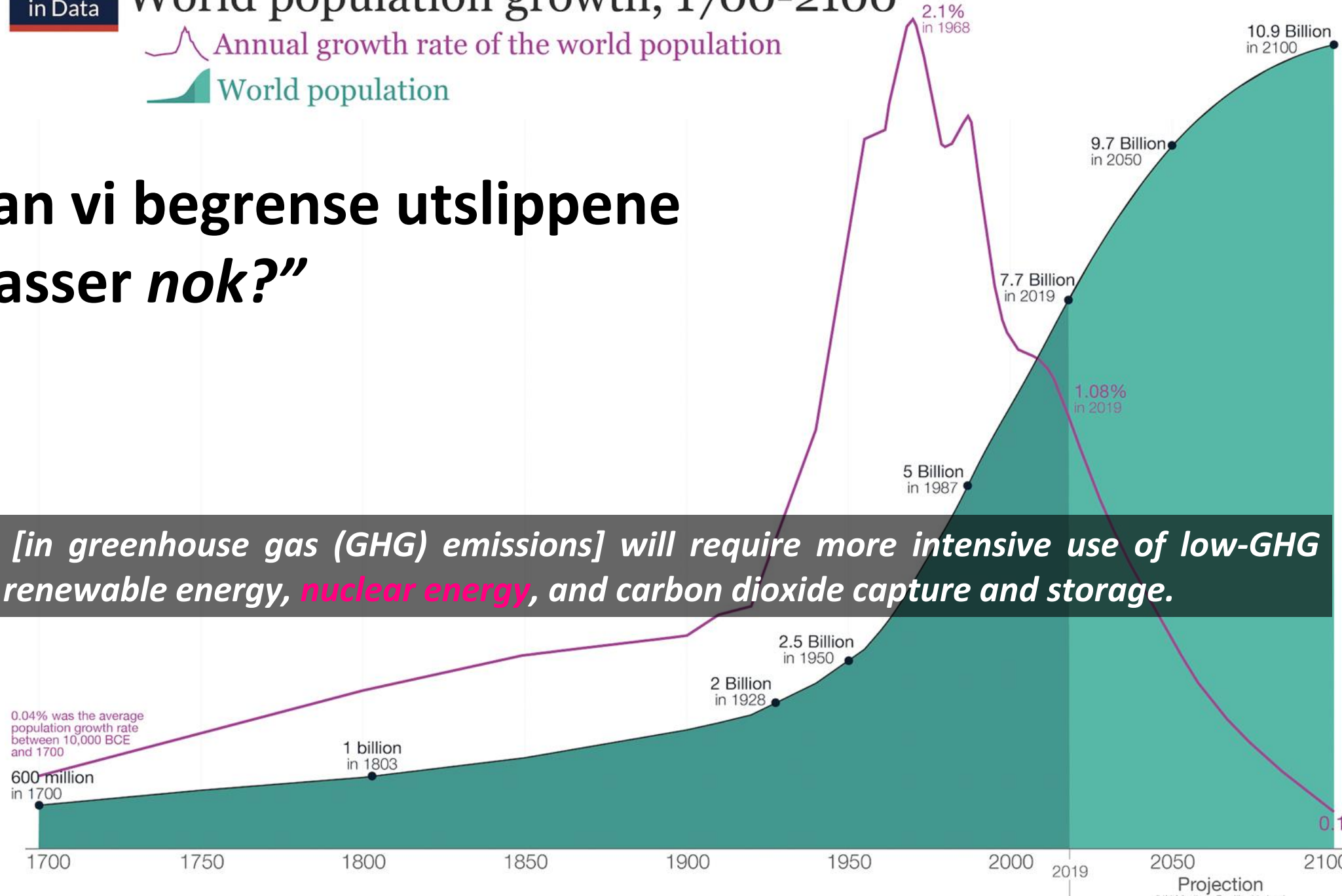
Kjernekraft, vindmøller eller vannkraft... Hvordan skal vi løse klimakrisen?

Sunniva Rose, sunniva.j.rose@gmail.com

World population growth, 1700-2100

Annual growth rate of the world population
World population

“Hvordan kan vi begrense utslippene av drivhusgasser *nok*?”



Achieving deep cuts [in greenhouse gas (GHG) emissions] will require more intensive use of low-GHG technologies such as renewable energy, nuclear energy, and carbon dioxide capture and storage.

INNFØRING I KJERNEKRAFT
– *HVA ER KJERNEKRAFT?*

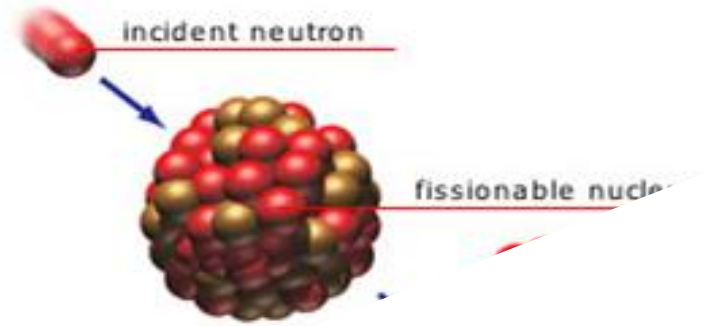
I hjertet av atomet ligger atomkjernen – det er denne vi kjernefysikere bryr oss om



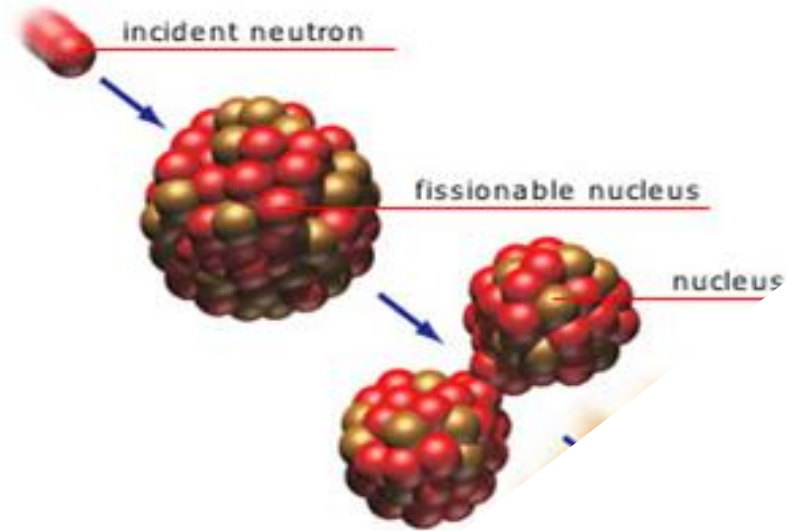
Kjernen består av
protoner og nøytroner

Elektronene svirrer rundt og gjør atomet
100 000 ganger større enn kjernen

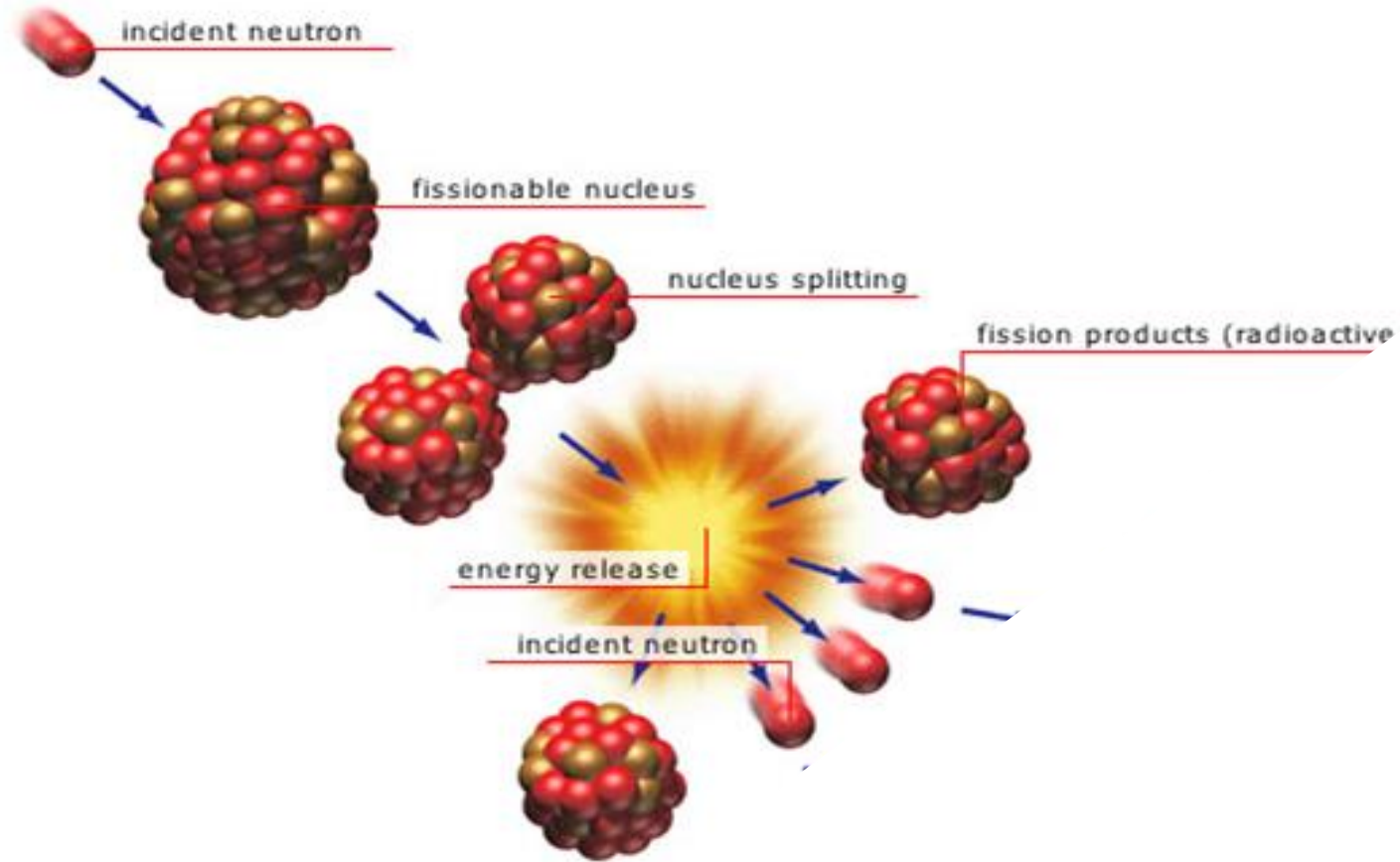
Nøytronet starter *fisjonsprosessen* (kjernespalting); der atomkjernen deles i to – og frigjør ENORME mengder energi (varme!)



Nøytronet starter *fisjonsprosessen* (kjernespalting); der atomkjernen deles i to – og frigjør ENORME mengder energi (varme!)



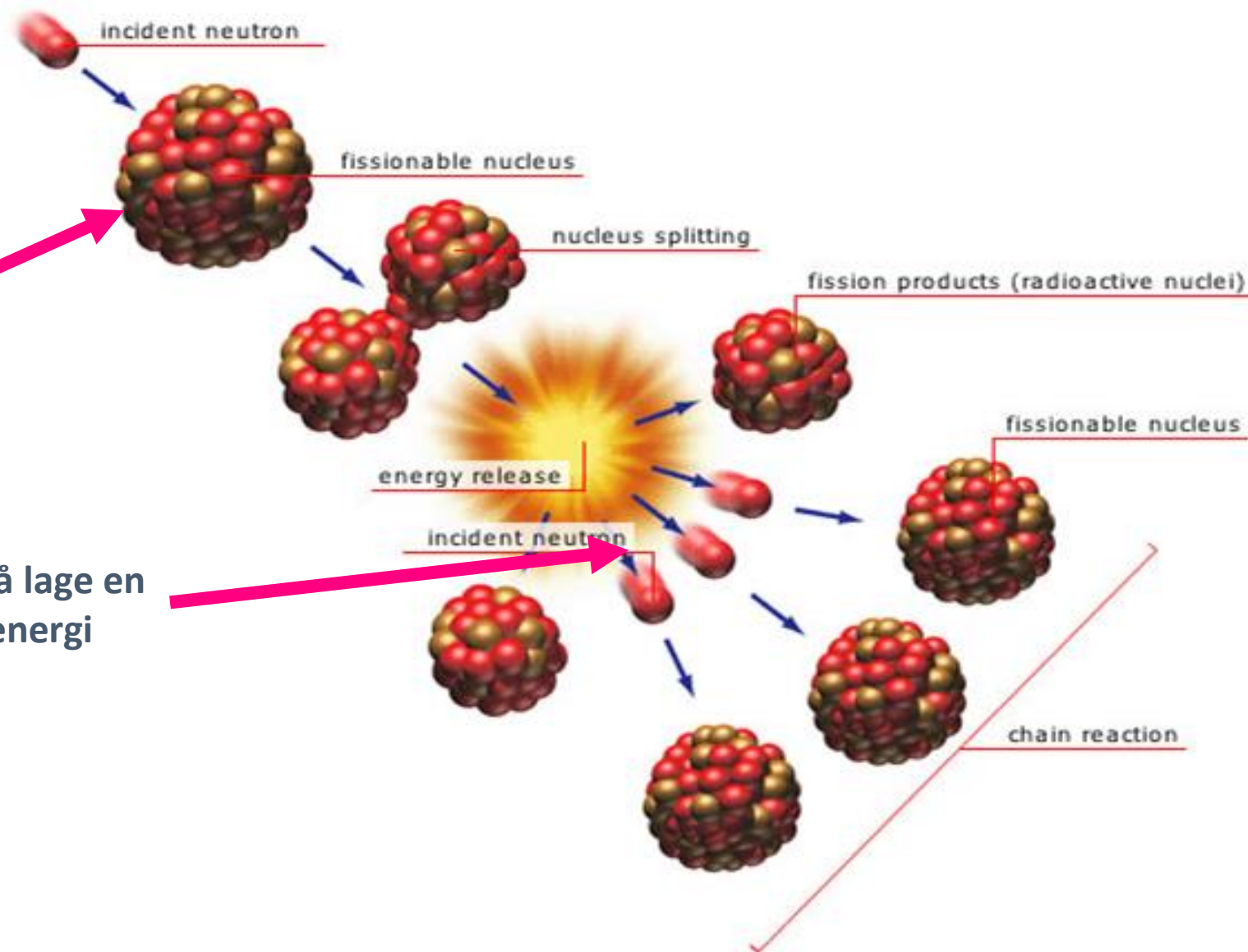
Nøytronet starter *fisjonsprosessen* (kjernespalting); der atomkjernen deles i to – og frigjør ENORME mengder energi (varme!)



Nøytronet starter *fisjonsprosessen* (kjernespalting); der atomkjernen deles i to – og frigjør ENORME mengder energi (varme!)

Fissile kjerner er uran-235, plutonium-239, og uran-233

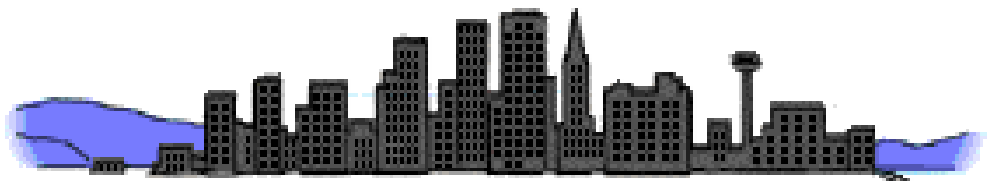
Frie nøytroner gjør det mulig å lage en *kjedereaksjon*, og produsere energi



De fleste (> 80%) av dagens kjernekraftverk er i prinsippet kjempevannkokere

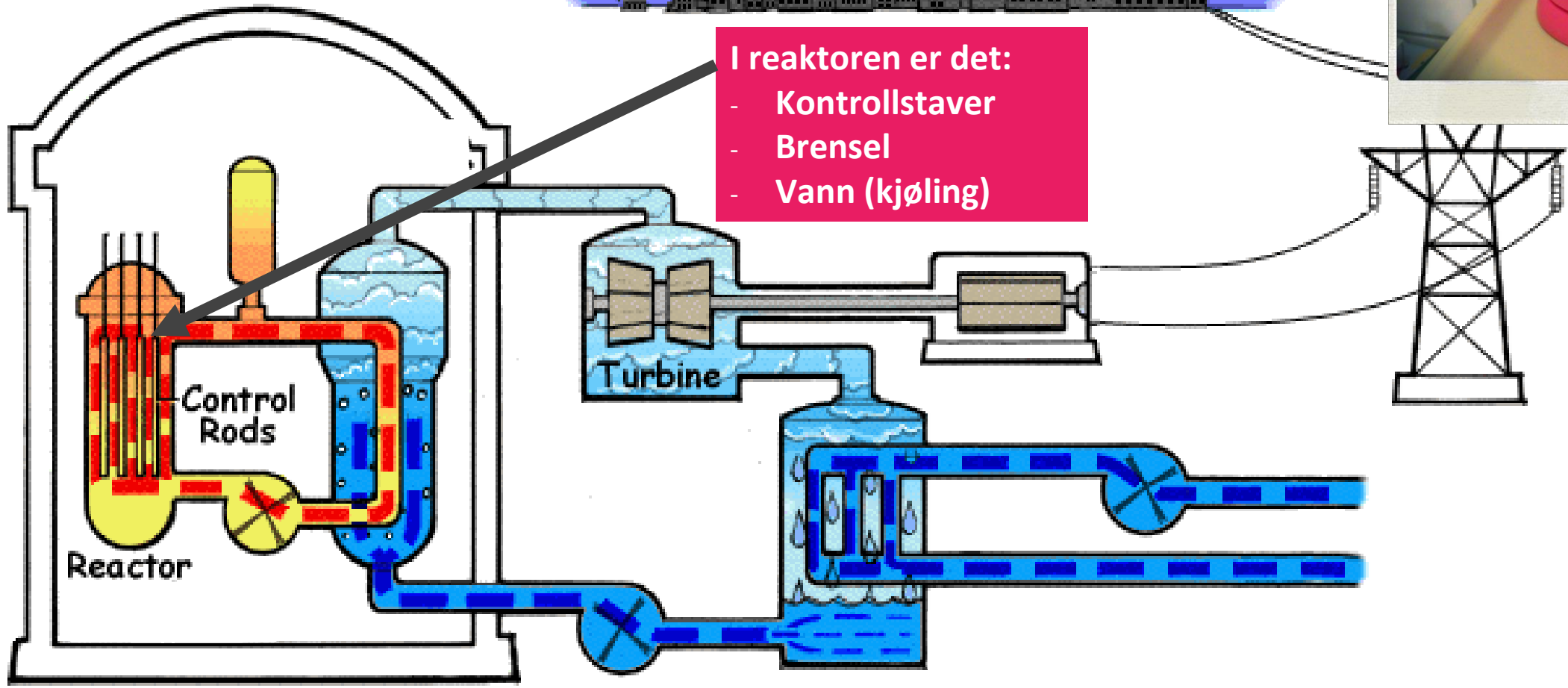


Containment Structure



I reaktoren er det:

- Kontrollstaver
- Brensel
- Vann (kjøling)



Den ytre barrieren (containment structure) skal tåle ekstreme påkjenninger – denne manglet på Tsjernobyl-kraftverket

Tsjernobyl var en spesiell type reaktor som kun ble bygget i Sovjet

Reaktorene i Vesten kan ikke løpe løpsk slik Tsjernobyl gjorde, de er trygge!

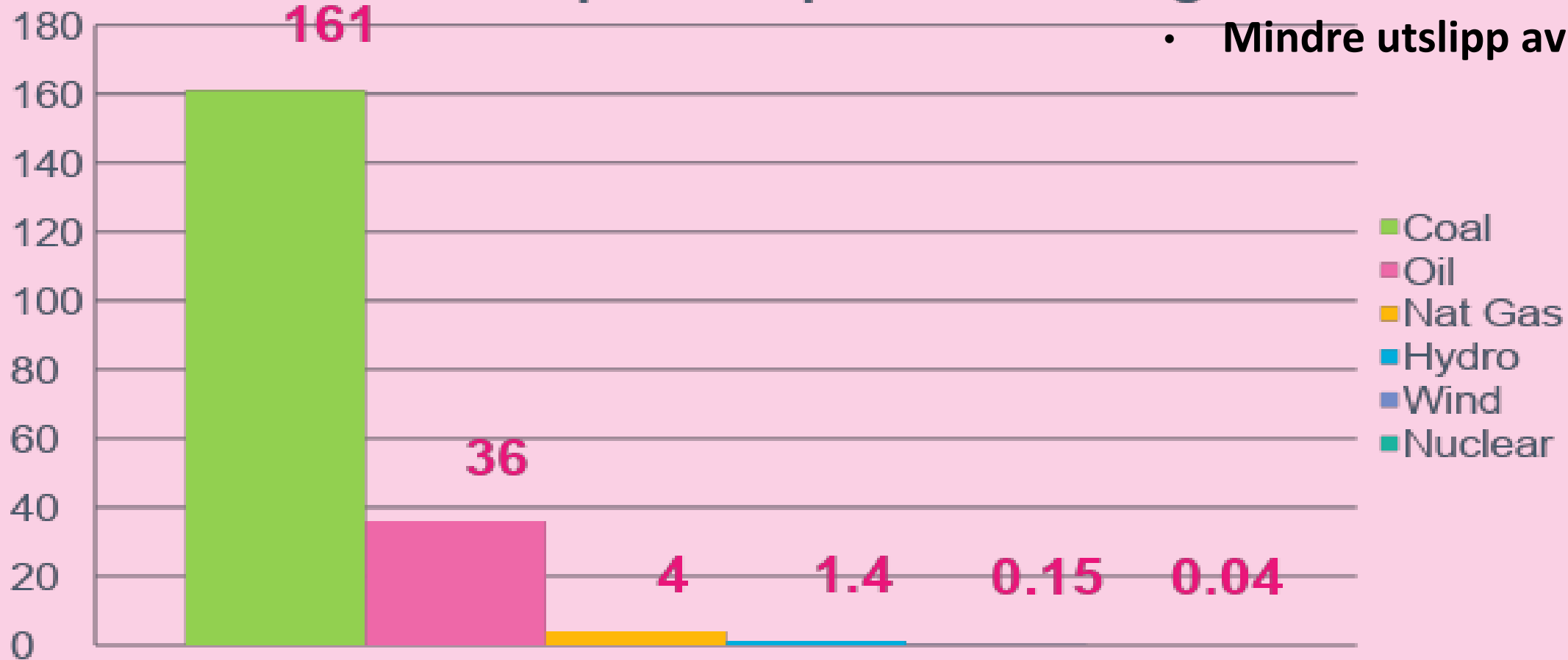


**“men er det ikke farlig, da?”,
og andre innvendinger**

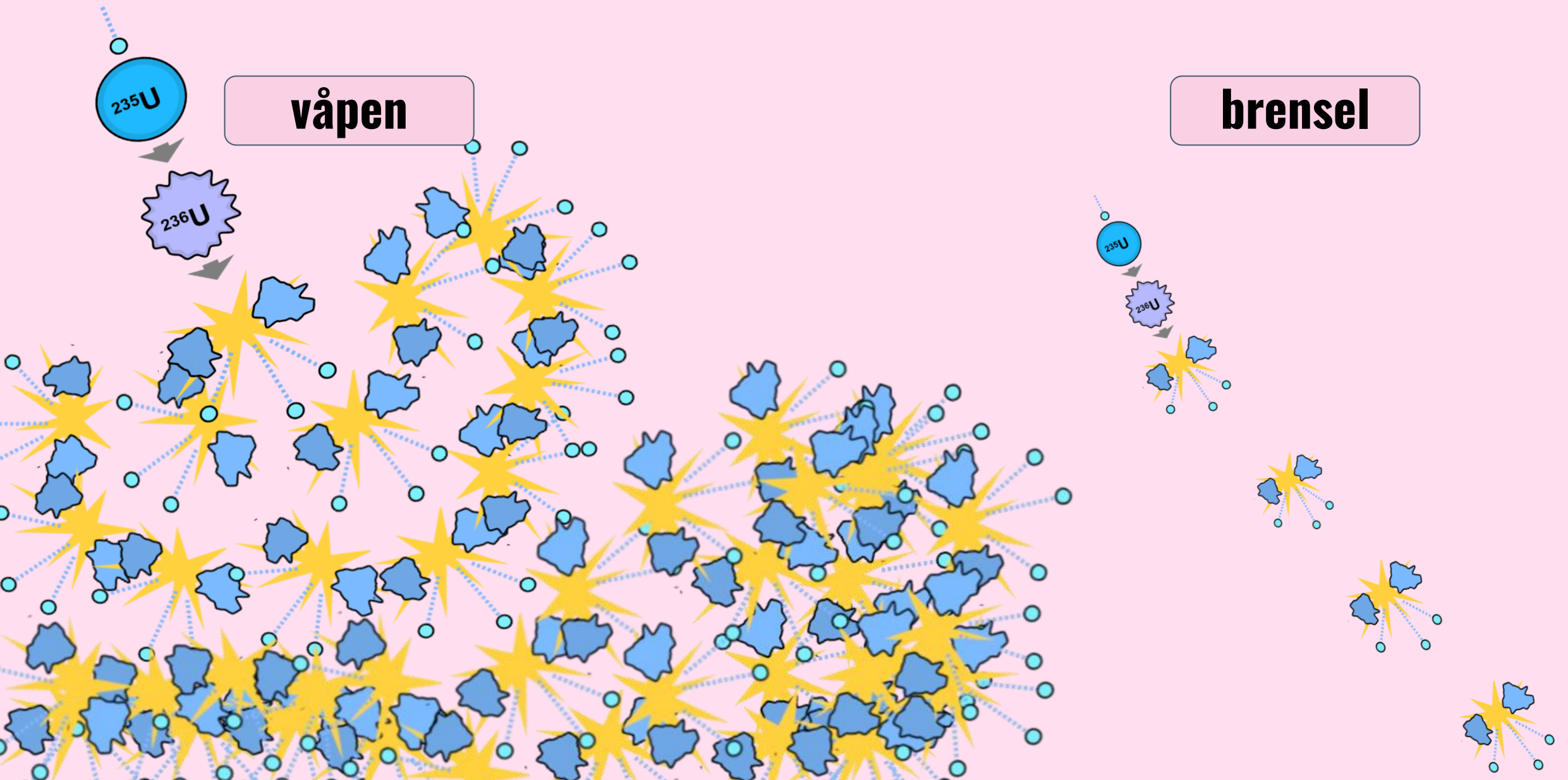
Kjernekraft er *uten tvil* den tryggeste måten å produsere energy, målt i dødsfall/TWh

- Mindre CO₂-utslipp
- Ingen svovel-utslipp
- Mindre utslipp av radioaktivitet

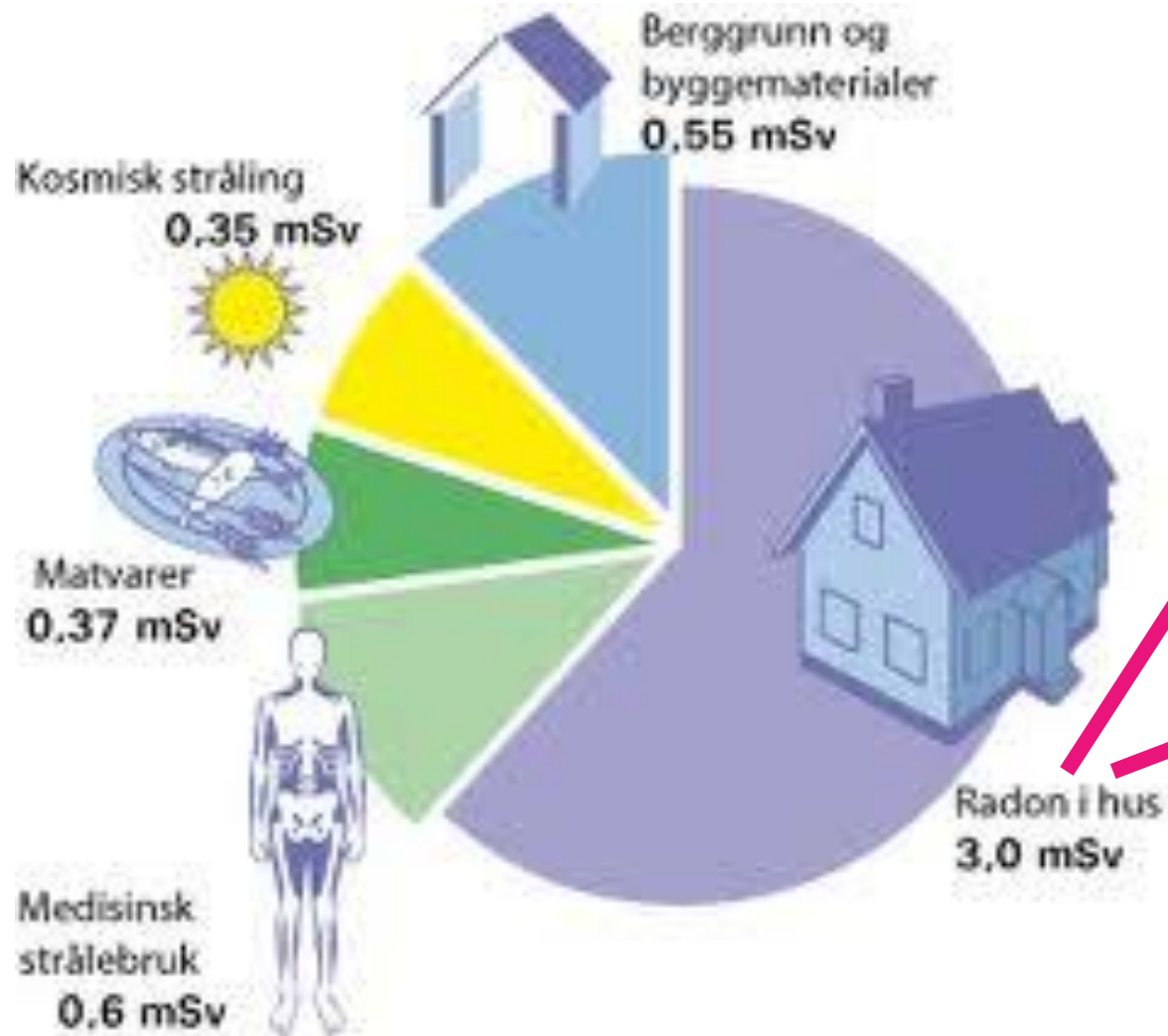
Dødsfall per TWh produsert energi



Et kjernekraftverk kan ALDRI eksplodere som en atombombe – det er fysisk umulig!



Stråling fins overalt, alltid!



I Norge får vi litt mer stråling per år enn verdenssnittet

Japanerne fikk *mindre* ståling enn nordmenn etter Fukushima-ulykken

Enkelte hevder at nedfallet fra Tsjernobyl vil gi 500 ekstra kreftdødsfall i Norge – stemmer det, og hvordan finner man dette tallet?

Er det likegyldig om én spiser 100 Paracet, eller 100 spiser én Paracet hver?

Kollektivdosen til den norske befolkningen er nok til at 500 dør av kreft



Jeg sier det er trygt... Her er seks «fun facts» om stråling

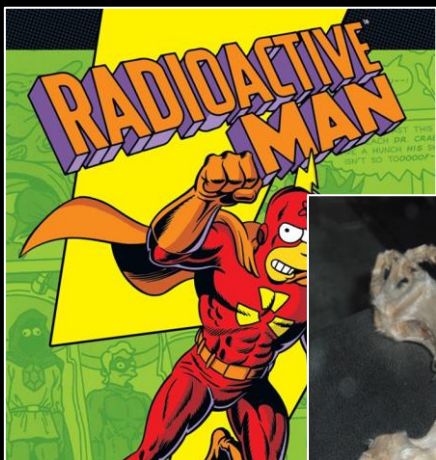


Nationalteateret stasjon ville måtte stenge hvis det var et kjernekraftverk

Stråling smitter ikke – ikke vær redd for en som har fått en dose (hun/han bør kanskje være redd for deg)



Banener inneholder mer stråling fordi de er rike på kalium



Genetisk mutasjon er aldri observert hos mennesker (men vi tror det *kan* skje)



Sør—samiske befolkningen har ikke hatt mer skader enn befolkningen forøvrig

Mat forurenset med radioaktivitet

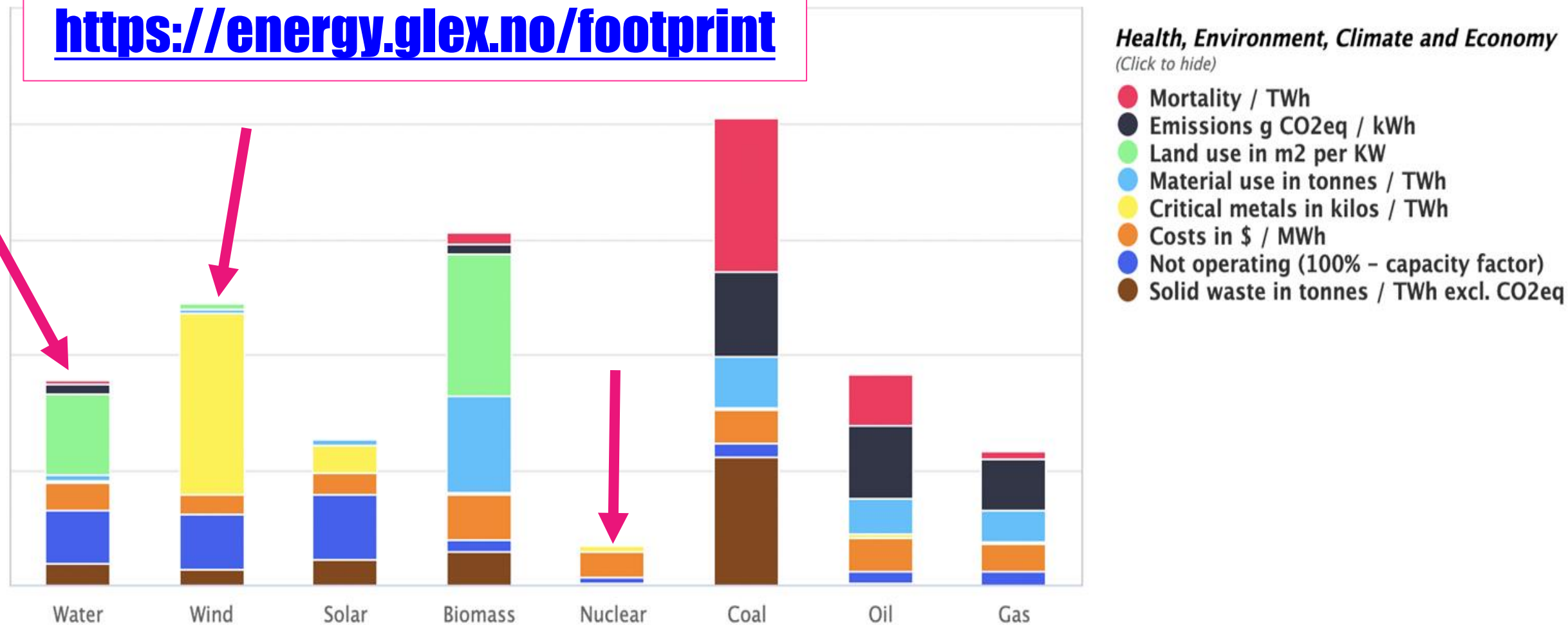
Folk flest trenger ikke å tenke på radioaktivitet når de planlegger kostholdet sitt. Det er utarbeidet egne kostholdsråd for de som spiser mye viltkjøtt og ferskvannsfisk eller plukker mye sopp og bær i områder som fikk mye radioaktivt nedfall fra Tsjernobyl-ulykken.



**Kjernekraft, vannkraft eller vindmøller
– hvilke faktorer er viktigst for deg...?**

Kjernekraft har det laveste totale fotavtrykket

<https://energy.glex.no/footprint>



The total footprint of different energy sources (per energy unit delivered)

Radioaktivt avfall blir ofte trukket frem som *grunnen* til at man ikke kan ha kjernekraft – hvor ille er det, egentlig?

Biosphere Assessment Report 2009

**Finland Onkalo-
anlegget**

Thomas Hjerpe
Saanio & Riekkola Oy

Ari T. K. Ikonen
Posiva Oy

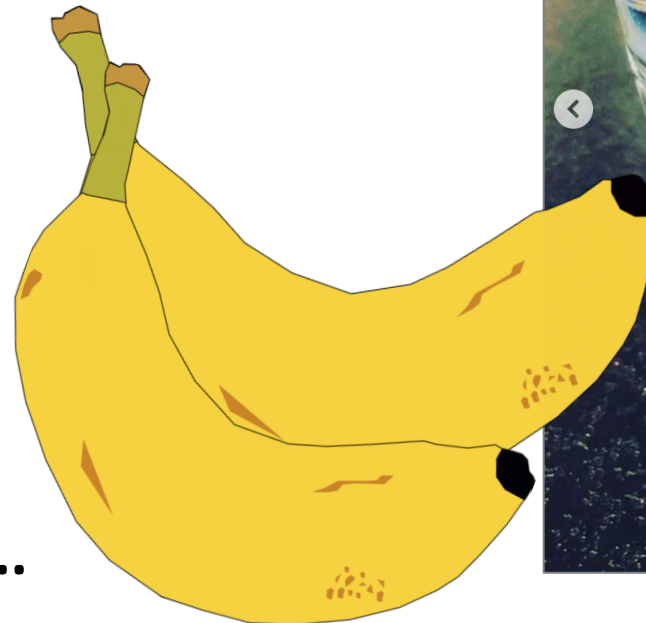
Robert Broed
Facilia AB

Først og fremst:

Hvilket volum er det snakk om?

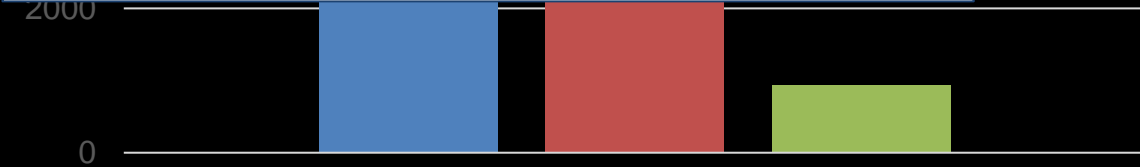
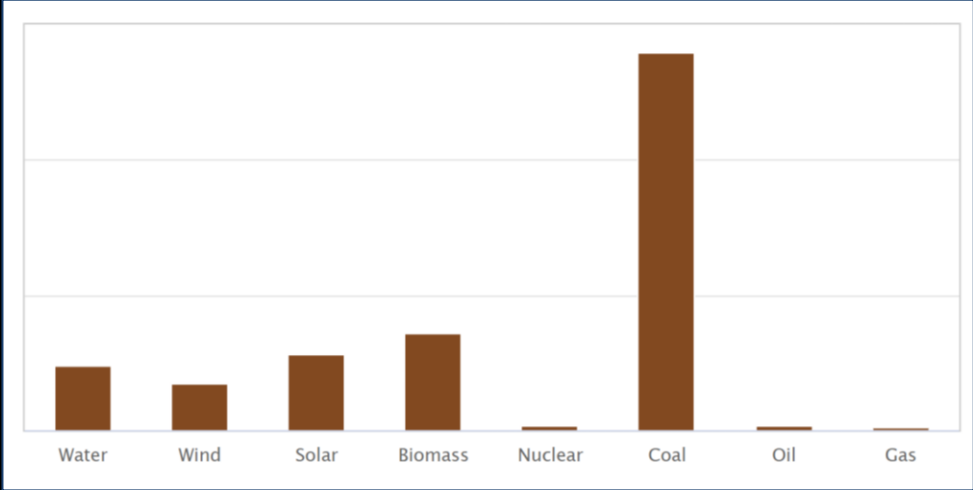
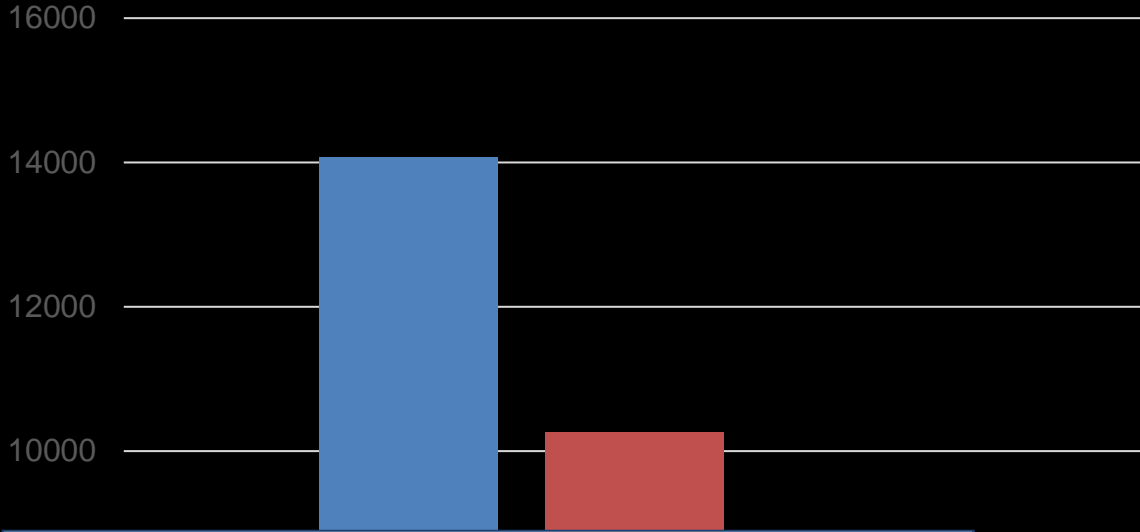
...og hvor ille er det å lagre avfallet?

- All mat
- All tid
- Alt vann
- Årlig dose tilsvarende **2 bananer...**

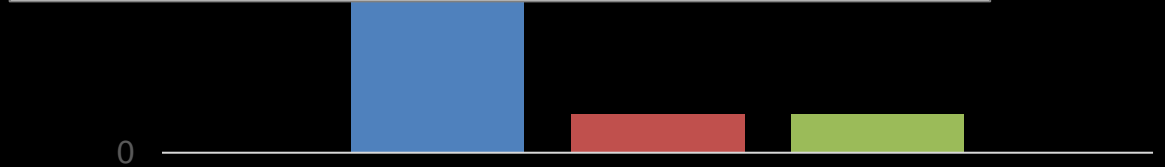
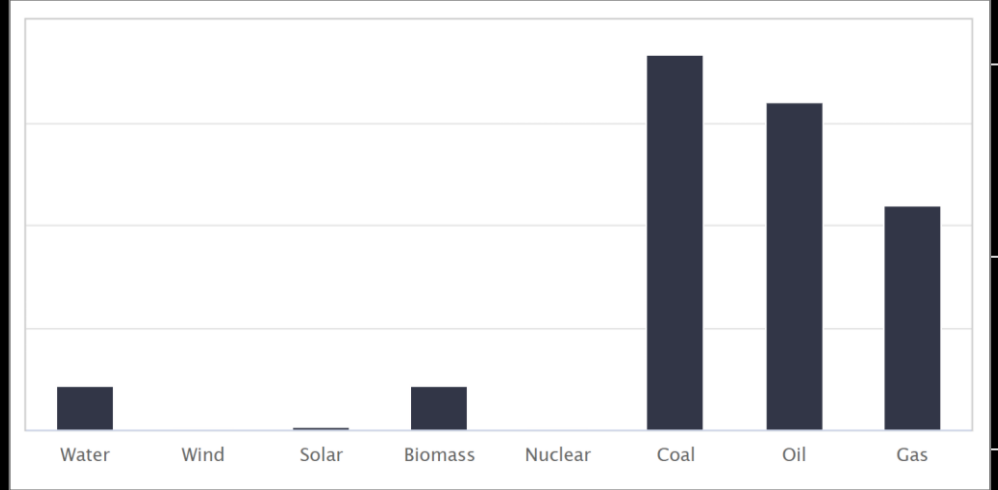
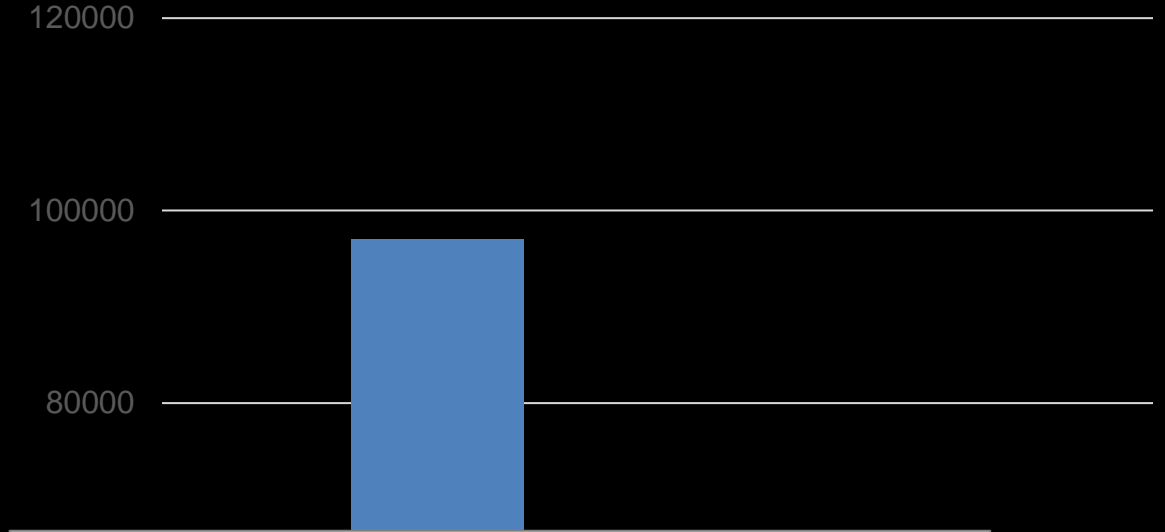


4.5 KG BRUKT
KJERNEBRENSSEL ER LIKE
MYE SOM 237 KUBIKK-CM,
ALTSÅ INNHOLDET I DETTE
LILLE MELKEGLASSET -
ELLER EN KULE MED EN
DIAMETER PÅ 7.7 CM.
DU KAN LETT HOLDE ALT
DET BRUKTE BRENSELET I
HÅNDEN DIN, MED ANDRE
ORD...

Avfall (solid waste)



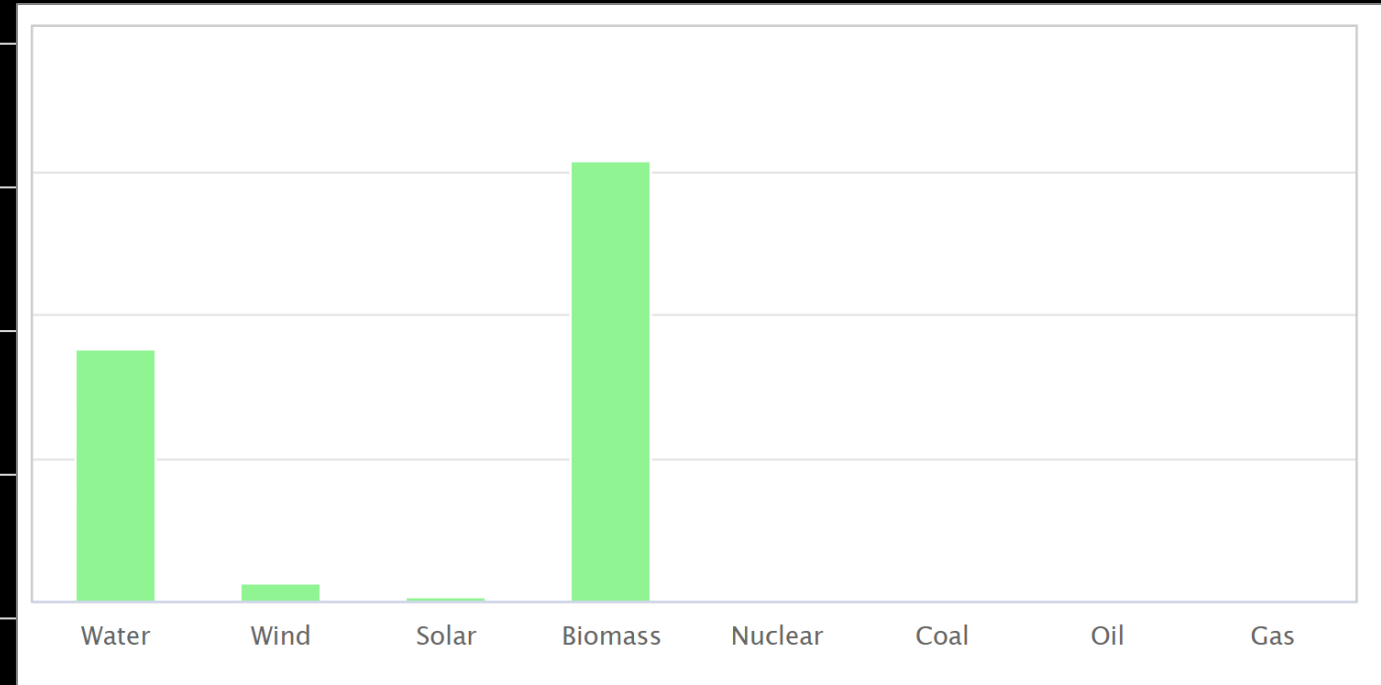
Utslipp av CO2



vann vind kjerne

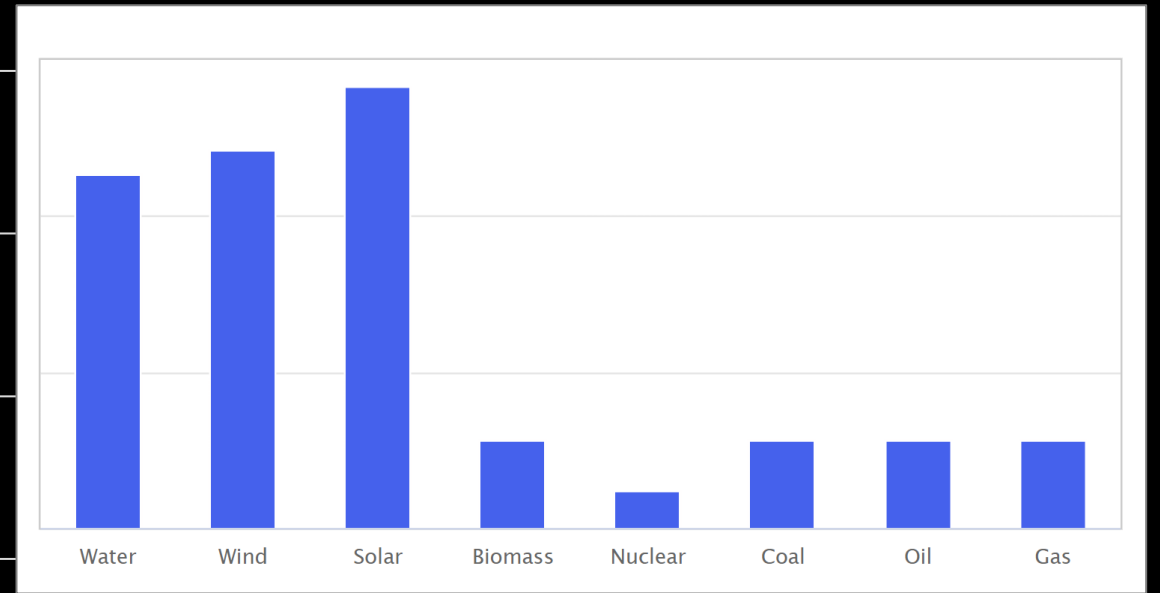
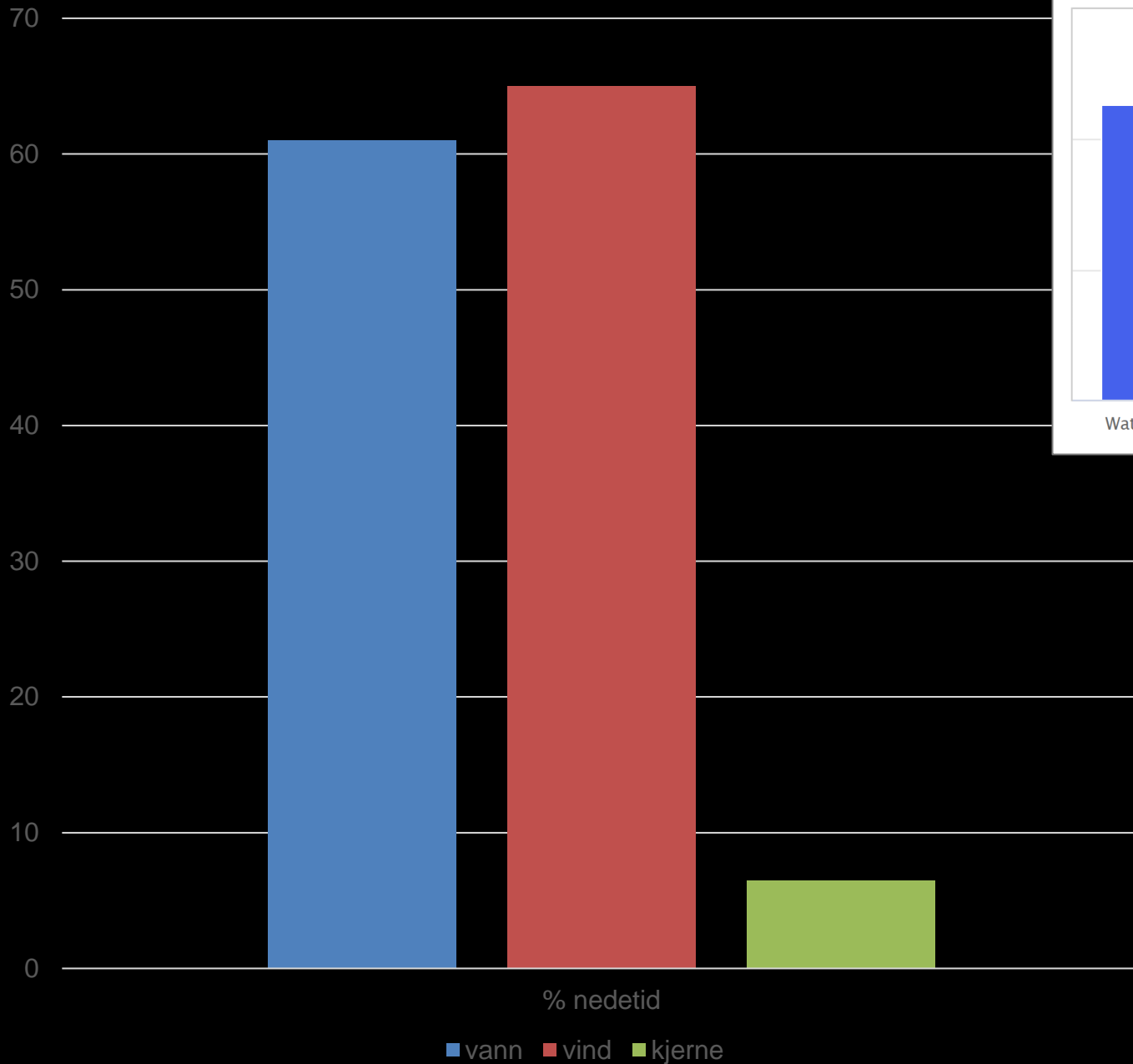
vann vind kjerne

Areal



Fornybare kilder trenger mye mer plass enn både kjerne og fossile kilder

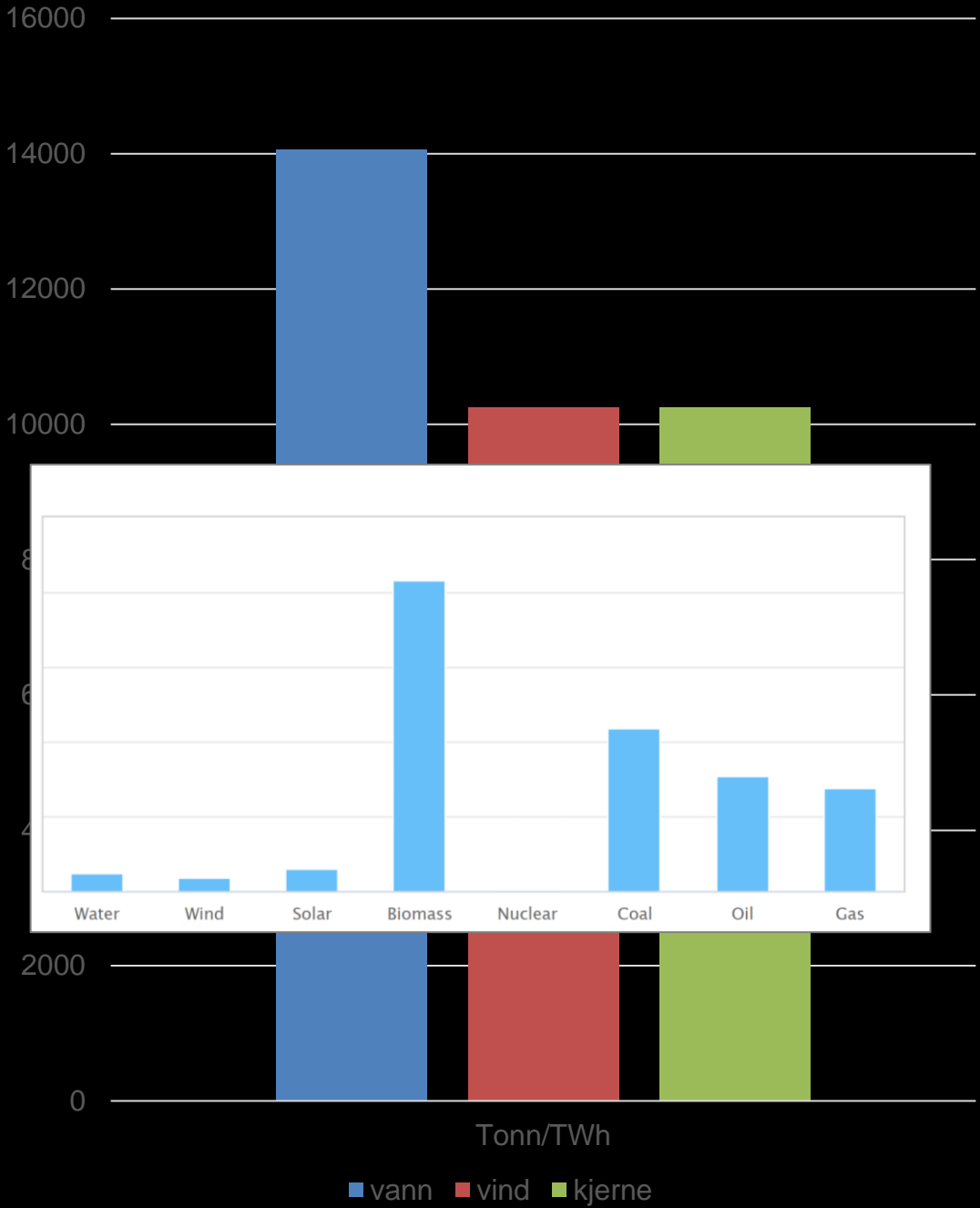
Produserer ikke



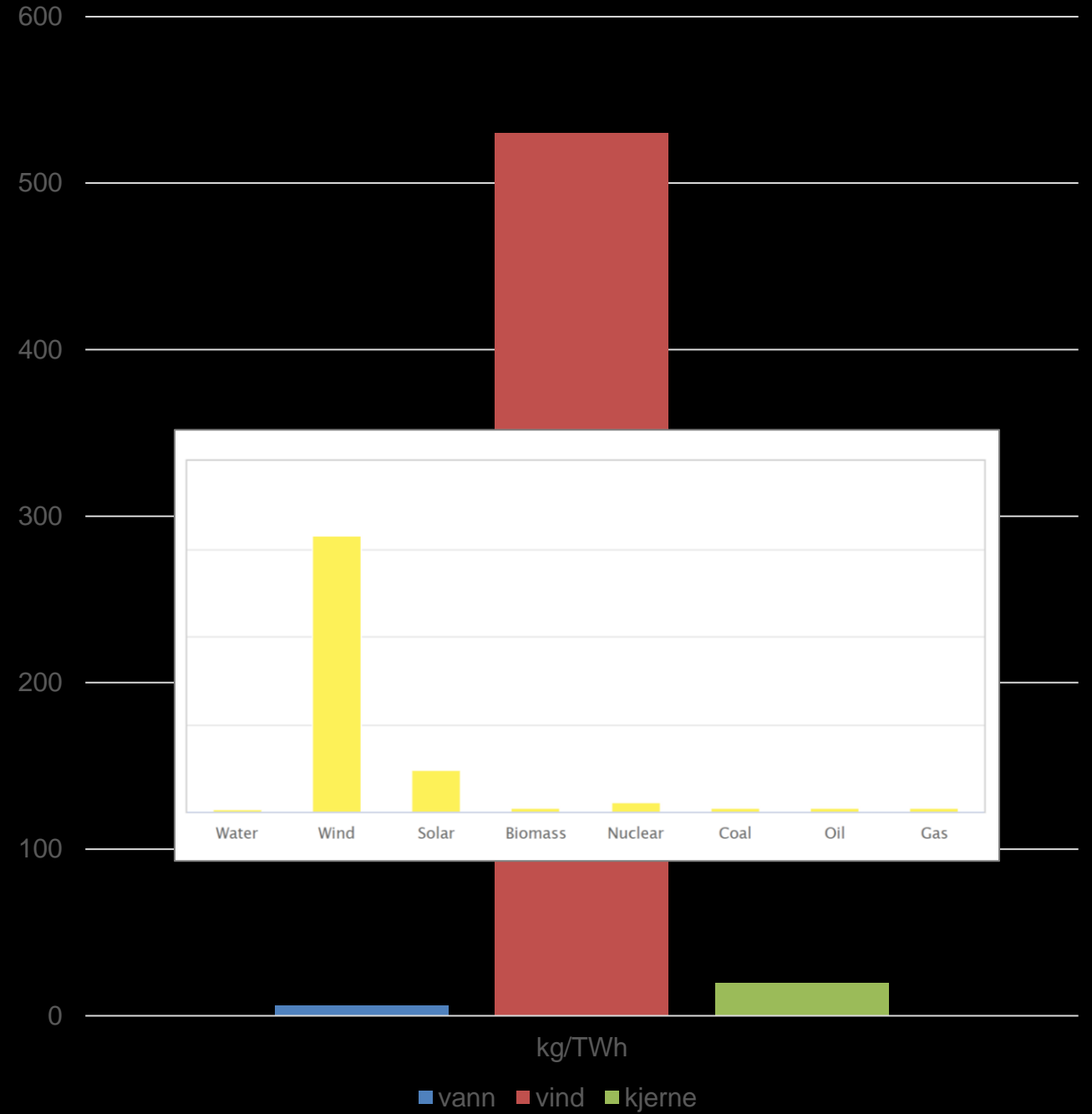
Kjernekraft produserer ca 95% av tiden

Vann, vind (og sol) har langt over 50% nedetid – vinden blåser ikke alltid...

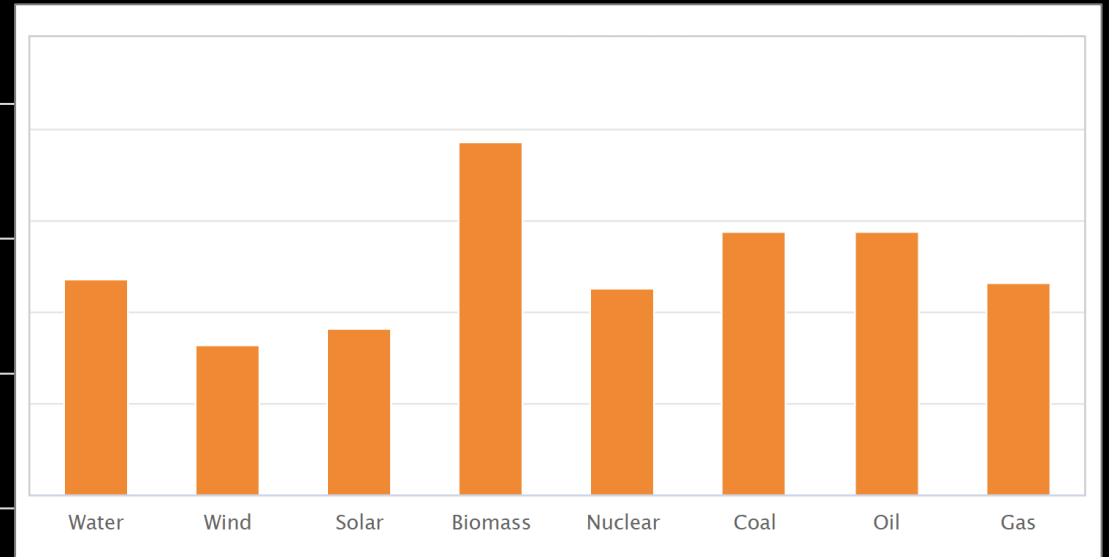
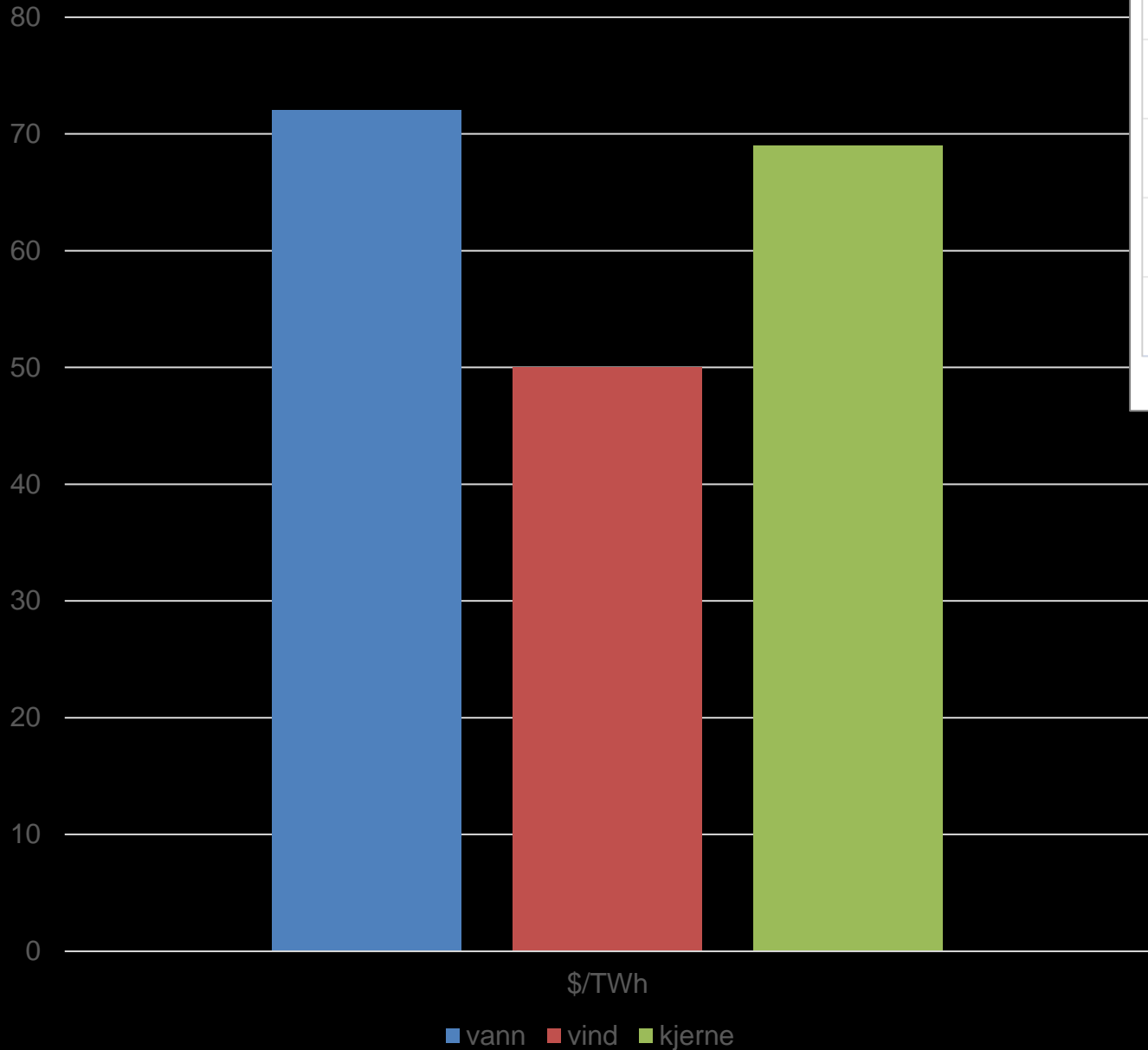
Materialbruk



Kritiske metaller



Kost



Å sammenlikne worst case fra kjerne med best case fra fornybart blir galt

Kjernekraft har priset inn avfallshåndtering

Kjernekraft, vannkraft eller vindmøller...?

Ja, jeg heier på kjernekraft...

Tusen takk for oppmerksomheten!

Sunniva Rose, sunniva.j.rose@gmail.com

| | Vann | Vind | Kjerne |
|---|--------|-------|--------|
| Dødsfall/TWh | 1.4 | 0.15 | 0.07 |
| CO ₂ eq (tonn/TWh) | 4000 | 4000 | 4000 |
| Arealbruk (m ² /kW) | 7142.9 | 543.5 | 4.2 |
| Materialbruk (tonn/TWh) | 14068 | 10260 | 930 |
| Kost (\$/TWh) | 72 | 50 | 69 |
| Kapasitetsfaktor (% nedetid) | 61% | 65% | 6.5% |
| Avfall (solid waste) tonn/TWh eks CO ₂ eq | 14068 | 10260 | 932.5 |

Kjernekraft er den eneste kilden som har til «utslippsfri» energi

Kjernekraft har (uten tvil) det laveste totale fototrykket

...men det kan være uakseptable faktorer for enkeltpersoner...