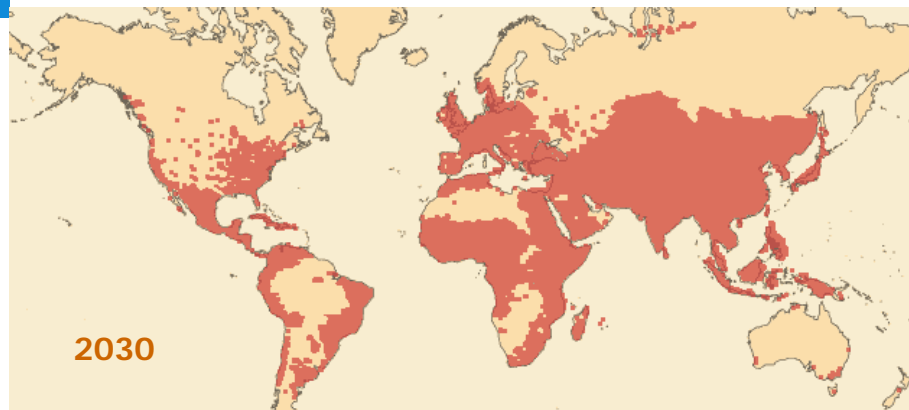


Kernsplijting en kerncentrales

Jan Leen Kloosterman, TU-Delft
11-5-2009

Wereldbevolking

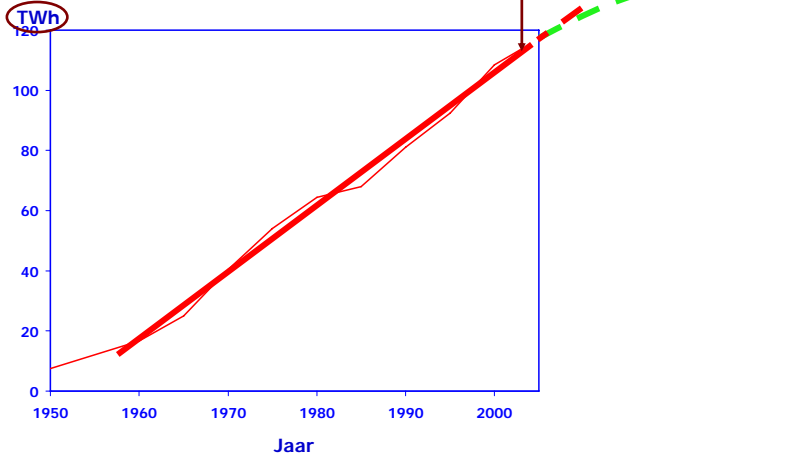
■ = 1 miljoen mensen



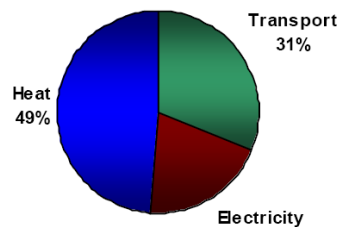
Electriciteitsverbruik in Nederland

TWh = TeraWattHour = 10^{12} Watt uur

800 Watt/inwoner



Energieverbruik in de EU



Energie-besparing leidt tot hoger *electriciteits*-verbruik:

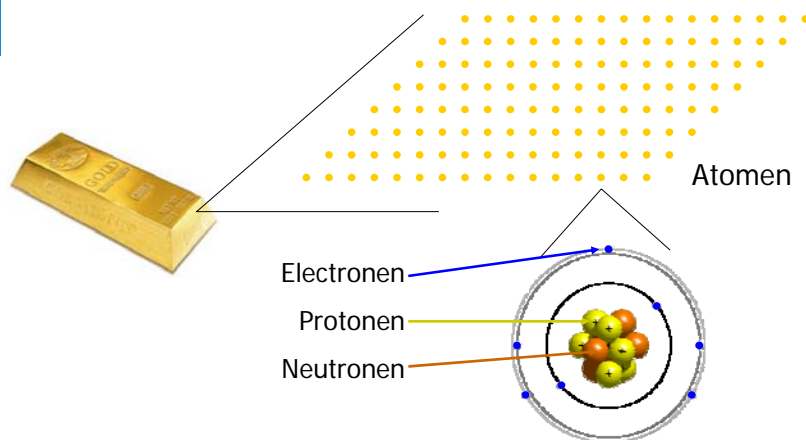
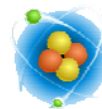
- Meer automatisering
- Meer elektrisch vervoer
- Meer lage-temperatuur verwarming (warmtepompen)
- Enzovoorts

Verder:

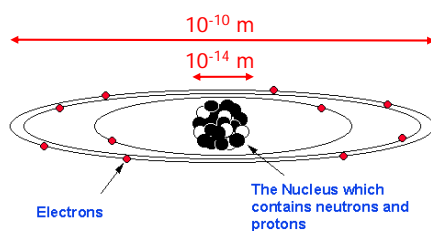
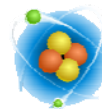
- Meer elektronische apparatuur zoals airco's



Opbouw van materie



Atomen



- Diameter van het atoom is 10000 keer die van de atoomkern
- Een atoom is dus vooral "lege" ruimte
- Vrijwel alle massa zit in de atoomkern (electronen wegen bijna niets)

Uranium

- Een uraniumkern bevat 92 protonen
- Uranium is het zwaarste element dat in de natuur voorkomt
- Uranium is veel zwaarder dan lood (19 g/cm³)



Uranium isotopen

In de natuur komen twee soorten Uranium voor:

Zware isotoop

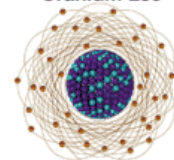
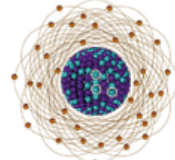
Lichte isotoop

Moeilijk
splitsbaar

Makkelijk
splitsbaar

Uranium-238

Uranium-235



92 protons 146 neutrons

92 protons 143 neutrons

extra neutrons - heavier

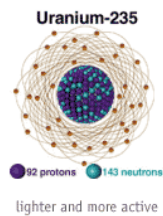
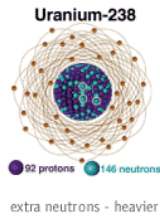
lighter and more active

92 protonen
146 neutronen

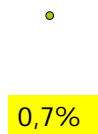
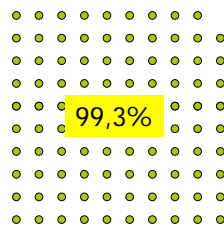
92 protonen
143 neutronen

Uranium isotopen

Moeilijk
splitsbaar

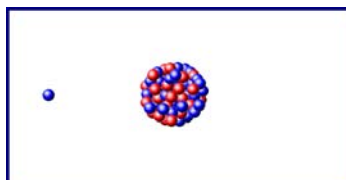


Makkelijk
splitsbaar

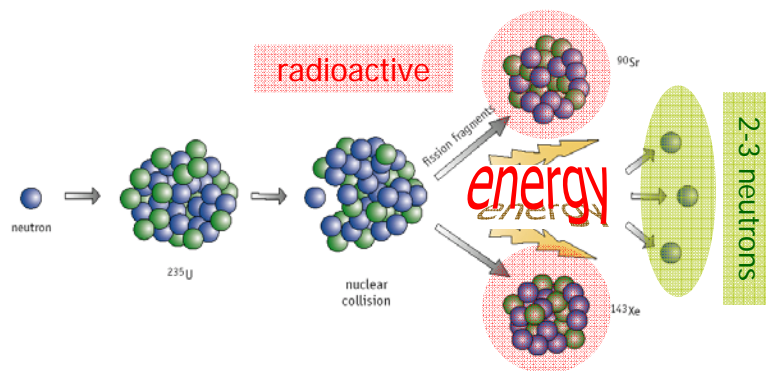


Kernsplijting

- Uraniumkernen zijn zo zwaar, dat ze vanzelf vervallen of in twee brokstukken splitsen. Vooral U-235 is instabiel.
- kernsplijting gaat nog makkelijker als ze worden geraakt door een "kogel". De beste kogel is een neutron. *Waarom?*

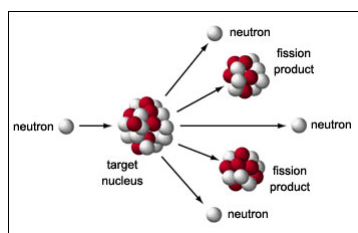


Kernsplijting



Honderden verschillende splijtingsproducten
waarvan de meeste radioactief zijn

Energie uit kernsplijting



Eén splijting levert:

- Splijtingsproducten (radioactief)
- Gamma- en betastraling
- 2-3 nieuwe neutronen

} 200 MeV /
splijting

Energie uit 1 gram Uranium

Benzine



2500 liter

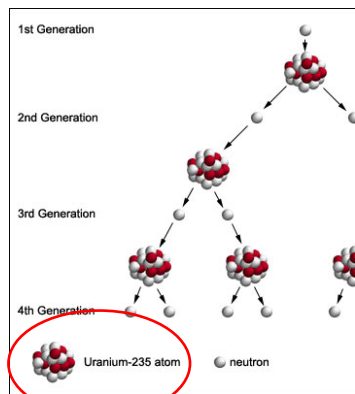
Steenkool



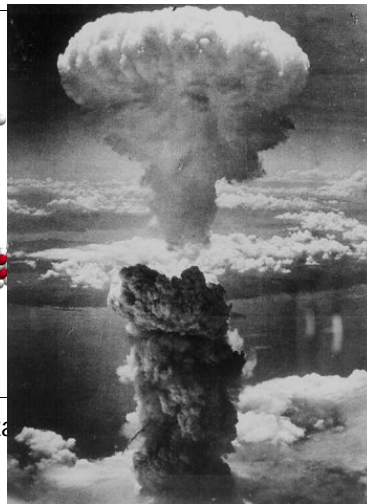
3000 kg

Ongecontroleerde kettingreactie

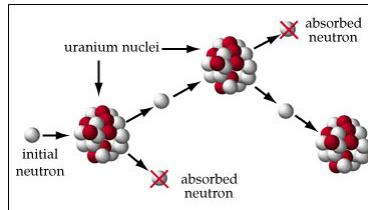
Werkt
alleen
met puur
uranium-
235



Als elke neutron een splijting veroorzaakt
tijd heel veel energie → atoombom



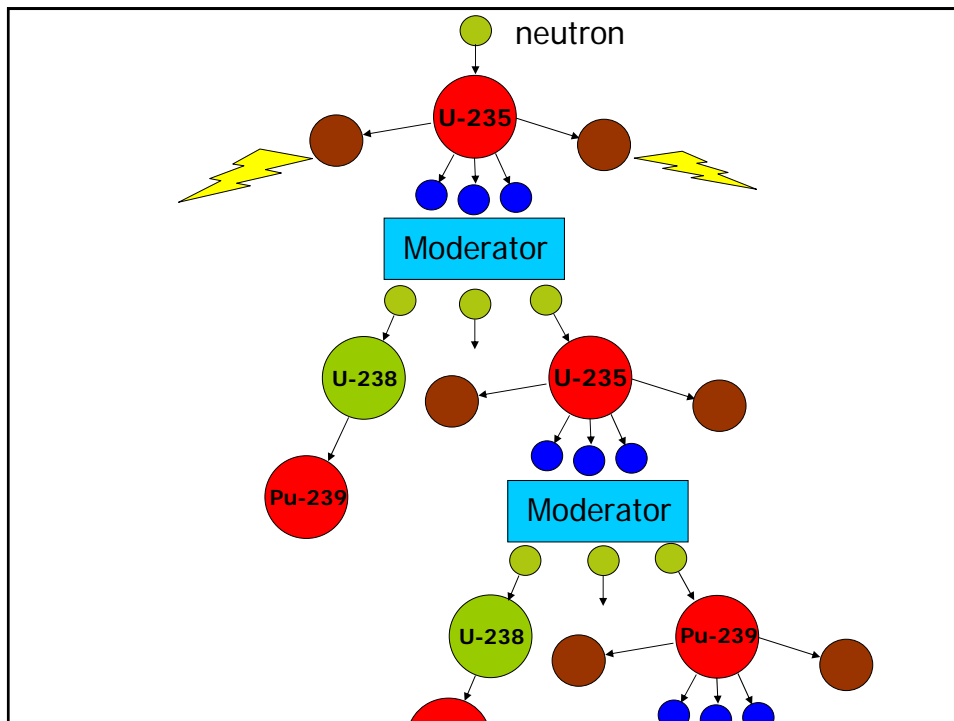
Gecontroleerde kettingreactie



Een kerncentrale bevat

- Laagverrijkt uranium (mengsel van 96% U-238 en 4% U-235)
- Regelstaven om het overschot aan neutronen weg te vangen
- Een "moderator" (remstof) om neutronen af te remmen

Een kerncentrale kan **NOOIT** ontploffen als een atoomwapen

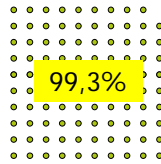


Splijstofsamenstelling

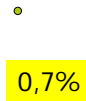


natuurlijk uranium

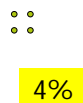
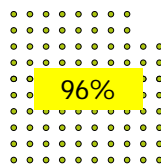
U-238



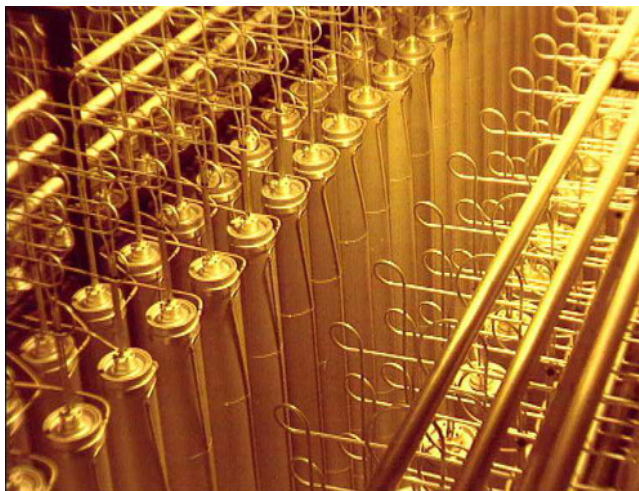
U-235



4% verrijkt uranium voor kernreactoren

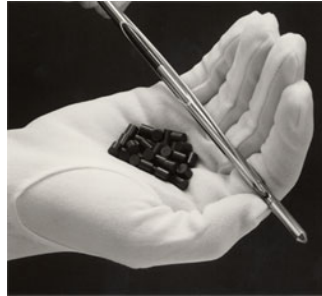


Uraniumverrijking



Splijstoftabletten

- Bevat 4% Uranium-235 en 96% uranium omdat het meer "goed"



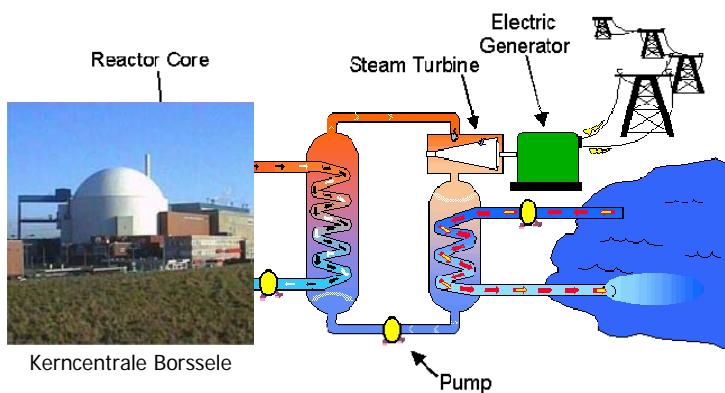
Energie in splijstoftabletten

Hoeveel energie zit er in twee splijstoftabletten?



Antwoord: Genoeg voor alle electriciteit die een Nederlands gezin in een jaar verbruikt

Kerncentrale

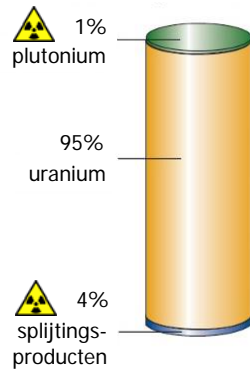


Kerncentrale Borssele

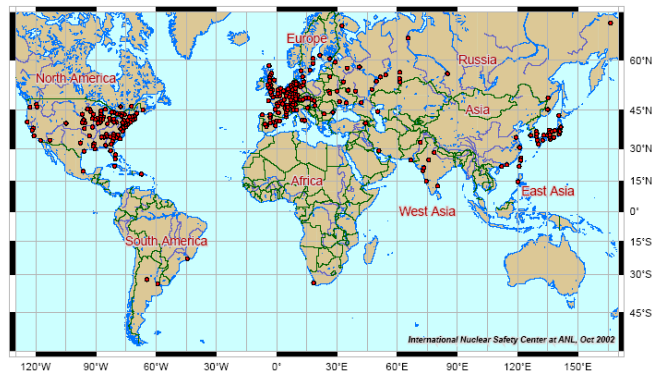


Kernafval

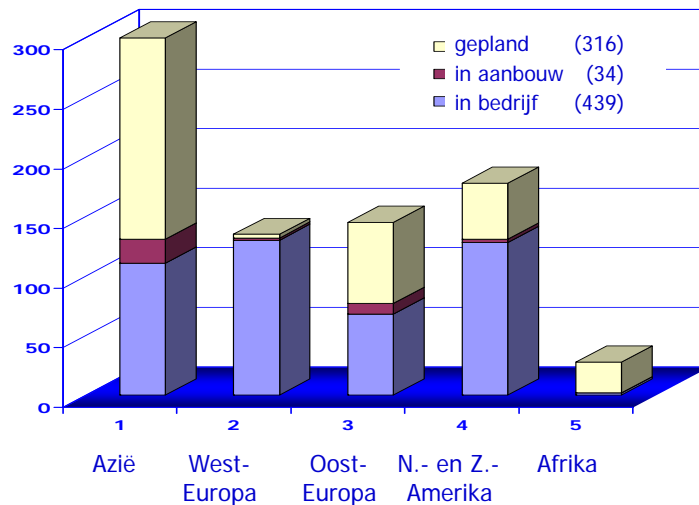
gebruikte splijtstof



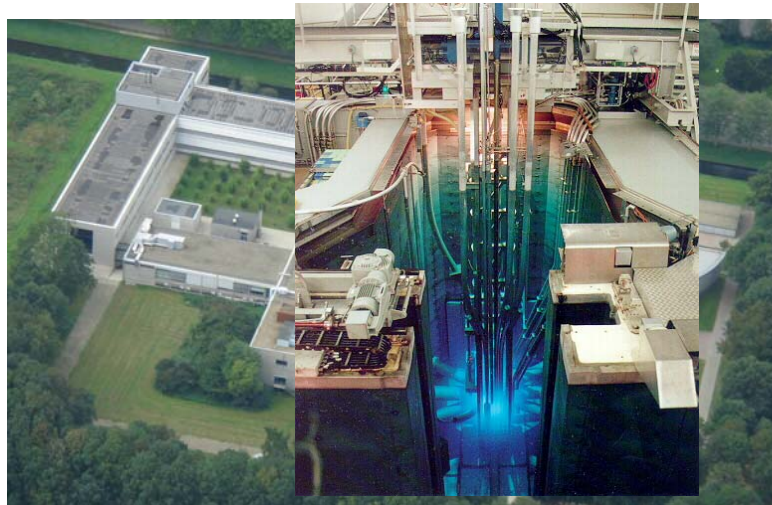
Kerncentrales in de wereld



Kerncentrales in de wereld



Reactor Instituut Delft



Kernenergie en



Hoger Onderwijs Reactor

