

# Stråling i hverdagen / baggrundstråling

Baggrundsstråling består hovedsageligt af kosmisk stråling fra verdensrummet, fra radioaktive stoffer på jorden, samt fra menneskeskabte kilder.

**Kosmisk stråling** er stråling fra verdensrummet - hovedparten stammer fra vor egen Galakse.

Kosmisk stråling er uhyre energirig og meget stærk gennemtrængende.

En del af denne stråling består af forskellige partikler der er berøvet for en stor del af sine elektroner, med uhyre stor hastighed. Jordens magnetfelt og atmosfære er med til at beskytte os mod denne type stråling. I Jordens atmosfære vekselvirker disse kosmiske partikler med atmosfærens molekyler, og partikelstrømmens intensitet aftager derfor ned gennem atmosfæren. Ved vekselvirkningerne dannes sekundær stråling og radioaktive stoffer, der evt. kan nå jordoverfladen.

**Jordstråling:** Radioaktive stoffer har dog også været på Jorden siden dens dannelse og findes stadig i undergrunden, i vand, i luft, i byggematerialer, i fødemidler og i mennesker. Det er stoffer med en meget lang halveringstid (op til flere mia. år) samt deres radioaktive henfaldsprodukter. Disse stoffer vil gennem indånding og føde kunne optages i mennesker. Det strålingsmæssigt mest betydningsfulde af de naturligt forekommende radioaktive stoffer er radon, der er en luftart, som kan trænge ind i huse fra undergrunden og fra byggematerialer.

**Link til Radon kort over Danmark - <http://www.radon-maaling.dk/Lidt-om-radon.html>**

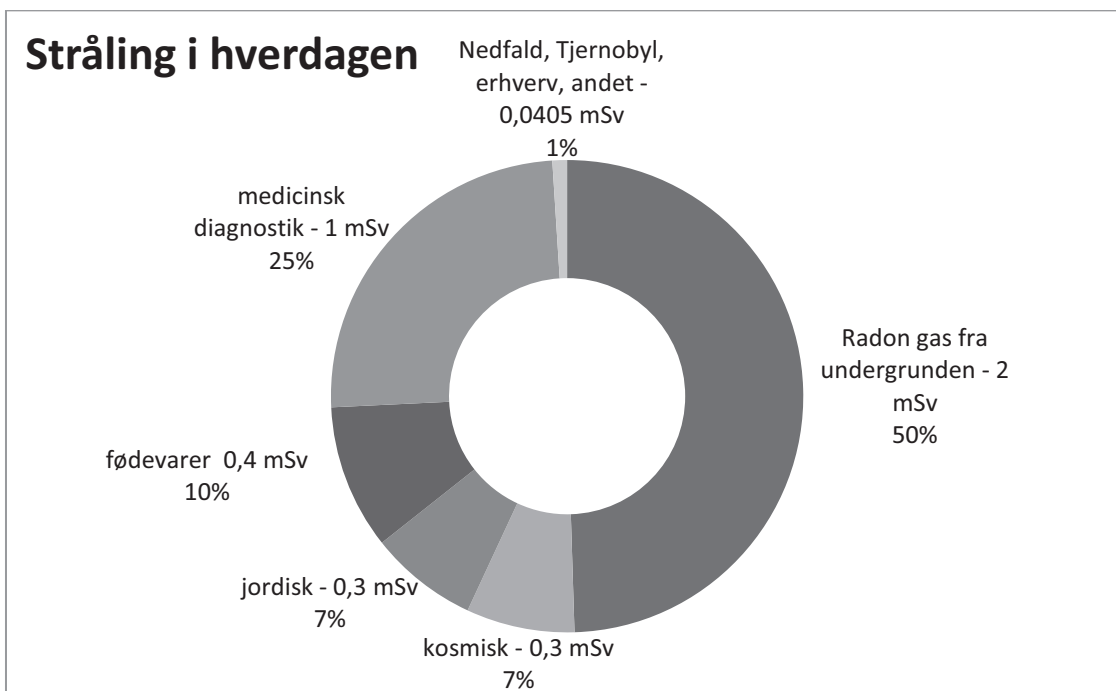
Den modtagne effektive strålingsdosis til den danske befolkning fra baggrundstrålingen varierer mellem 2 og 20 millisievert pr. år (mSv/år), afhængig af bopælen. Bornholm har f. eks. et højere baggrundsstrålingsniveau, på grund af den meget klippeholdige undergrund.

**Røntgenstråling** (til medicinsk brug) er af samme natur som gammastråling, men med langt mindre energi og længere bølgelængde. Derfor er den meget mindre skadelig for kroppen.

**Neutronstråling** opstår kun i forbindelse med kernespaltninger, f.eks. i et kernekraftværk under drift. Neutronstråling er meget stærkt gennemtrængende.

Den kan skade den levende organisme direkte ved energioverførsel.

Indirekte kan der ske skader ved at neutroner, der indfanges i atomkerner kan fremkalde radioaktivitet.



## Halveringstid / henfald

*Henfaldstid* er et statistisk mål for, hvor længe atomkerner af en ustabil isotop kan eksistere, før de henfalder og evt. derved forvandles til en anden isotop.

*Halveringstid*  $T_{1/2}$ , findes ved at betragte en stofmængde, hvis atomkerner alle er af samme radioaktive isotop, så vil halvdelen af atomkernerne være henfaldet efter én halveringstid. Efter endnu en halveringstid (i alt det dobbelte af halveringstiden) er der "halvdelen af halvdelen", dvs. en fjerdedel af de oprindelige kerner tilbage osv.

Det er karakteristisk for en radioaktiv kerne, at sandsynligheden for, at den henfalder inden for det næste tidsrum, er konstant, uafhængigt af hvordan kernen er dannet, hvor længe den har eksisteret, stoffets kemiske form samt tryk og temperatur. Denne sandsynlighed pr. tidsenhed kaldes *henfaldskonstanten*  $\lambda$  / ( $k$ ).

Aktiviteten,  $A$  (henfald pr. sekund), fra en radioaktiv kilde er proportional med antallet af radioaktive kerner,  $N$ . Jo flere kerner der er des større er aktiviteten. Dette kan samles i følgende sammenhæng:

$$A = \lambda * N$$

Hvor  $A$  = aktiviteten med enheden Bequerel ( $Bq=1/s$ ),  $\lambda$  = henfaldskonstanten med enheden  $1/s$  og  $N$  = antallet af radioaktive kerner.

Henfaldskonstanten,  $\lambda$ , er forskellig for hver enkelt radioaktiv kerne. Der eksisterer følgende sammenhæng mellem henfaldskonstanten og halveringstiden,  $T_{1/2}$ , for en given radioaktiv kerne:

$$\lambda = \frac{0,693}{T_{1/2}}$$

Hvor  $\lambda$  har enheden  $1/s$  og halveringstiden,  $T_{1/2}$ , har enheden sekund (s).  $0,693 = \ln(2)$ .

### **Henfaldsloven:**

$$N = N_0 \times \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}}$$

Hvor  $N$  = antallet af radioaktive kerner til tiden  $t$ ,  $N_0$  = antallet af radioaktive kerner til tiden  $t=0$  (altså til begyndelsestidspunktet),  $t$  = tiden og  $T_{1/2}$  = halveringstiden.

Henfaldsloven udtrykker, at antallet af radioaktive kerner aftager eksponentielt med tiden.  $N_0$  er antallet af radioaktive kerner til tiden  $t = 0$ . For  $t = \ln 2/\lambda \approx 0,693/\lambda$  bliver eksponentialfunktionen i henfaldsformlen  $= 1/2$ , og antallet af radioaktive kerner falder derfor til det halve i løbet af dette tidsrum, som kaldes *halveringstiden*.

Link – animation af halveringstid: [http://www.walter-fendt.de/ph14dk/lawdecay\\_dk.htm](http://www.walter-fendt.de/ph14dk/lawdecay_dk.htm)

$$A = \left(\frac{1}{2}\right)^{t/T_{1/2}} \times A_0$$

Hvor  $A$  = aktiviteten til tiden  $t$ ,  $A_0$  = aktiviteten til tiden  $t=0$  (altså til begyndelsestidspunktet),  $t$  = tiden og  $T_{1/2}$  = halveringstiden. I de to ovenforstående formler skal man huske at tiden og halveringstiden skal have samme enhed.

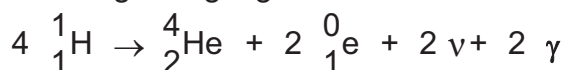
Halveringstiden for nogle radiaktive stoffer			
Atomkerne		Halveringstid	Hvor støder vi på dem
Kulstof 14	$^{14}_6\text{C}$	5.730 år	I kroppen
Uran 238	$^{238}_{92}\text{U}$	4,5 milliarder år	Brændstof i kerneraeaktorer
Thorium 232	$^{232}_{90}\text{Th}$	4,5 milliarder år	Brændstof i kerneraeaktorer
Thorium 228	$^{228}_{90}\text{U}$	1,92 år	
Radon 222	$^{222}_{86}\text{U}$	3,8 døgn	Radongas siver fra undergrunden op i vore huse
Plutonium 239	$^{239}_{94}\text{U}$	24.000 år	Atombombe
Kalium 40	$^{40}_{19}\text{U}$	1,28 milliarder år	I kroppen, i fødevarer

## Fusion

- Fusion er en kernereaktion, hvor to lette atomkerner smeltes sammen til én atomkerne med større masse under frigivelse af energi.

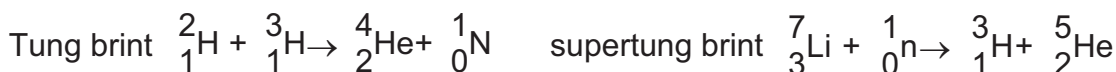
### Fusion i Solen

Det er fusionsprocesser, der i Solen producerer de enorme energimængder, der udstråles. En af processerne er at fire protoner omdannes til en heliumkerne og nogle andre partikler under samtidig energifrigørelse.



### Fusion på Jorden

I laboratoriet forsøger man at producere energi ved at få deuterium (tung brint) og tritium (supertung brint) til at fusionere



Deuterium kan udvindes fra havvand. Tritium kan fremstilles ved at lade neutroner kolliderer med lithium-7. Denne proces kræver en neutronkilde (se neutronstråling).

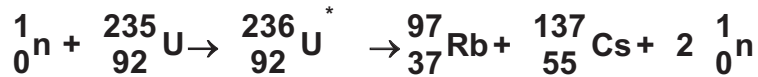
## Fission

- Fission er en kernereaktion, hvor en tung atomkerne spaltes til lettere atomkerner under frigivelse af energi.

Fission udnyttes i atomkraftværker og atombomber.

Oftest spaltes uran-235. Da denne atomkerne kun i ringe grad er i stand til at fissionere spontant er det nødvendigt at starte processen med en neutronkilde. Man taler om neutroninduceret fission. Atomkernen uran-236<sup>\*</sup>, der dannes som en mellemtilstand, er i en eksiteret tilstand. Denne eksisterer kun i en meget kort tidsrum, hvorefter den fissionerer.

Spaltningen resulterer ikke hver gang i de samme fissionsprodukter. Herunder er der et eksempel. Normalt dannes to kerner med massetal omkring 90 og 140 samt to eller tre neutroner. Samtidig frigøres en energi på ca. 190 MeV. Energien fra denne proces bruges til at producere fjernvarme og elektricitet.



Link – fissionsprocesser i en reaktor. <http://phet.colorado.edu/en/simulation/nuclear-fission>

Link – atomkraftværk: <http://da.wikipedia.org/wiki/Fil:BoilingWaterReactor.gif>

## Kædereaktioner

Ved neutroninduceret fission af uran-235 dannes der 2 - 3 neutroner - i gennemsnit 2,5 neutroner - ved hver kernespaltning. Hvis der er tilstrækkeligt mange uran-235 kerner til stede er det muligt, at disse frigjorte neutroner kan spalte flere urankerner. Disse frigør så endnu flere neutroner, der kan spalte endnu flere urankerner. Denne proces kaldes en kædereaktion. For at en kædereaktion kan forløbe skal to betingelser være opfyldt. Der skal produceres mere end én fissionsinducerende neutron pr. kernespaltning. Desuden skal der være en vis mindste mængde fissionsmateriale til stede. Denne mindste mængde kaldes den **kritiske masse**.

Link – kædereaktioner :

[http://www.visionlearning.com/library/flash\\_viewer.php?oid=3602](http://www.visionlearning.com/library/flash_viewer.php?oid=3602)

## Fussions- og Fissionsenergi

- Bindingsenergien er den energi, der frigøres, når en kerne sættes sammen af nukleoner og den energimængde der skal bruges for at splitte kernen i nukleoner (protoner og neutroner).
- Der kan vindes energi ved at kerner med et nukleontal større end 56 spaltes (Fission) eller ved at kerner med et nukleontal mindre end 56 smeltes sammen (Fussion).

*Fussions-energi:* Uran-236 splittes ad i protoner og neutroner og disse samles derefter til krypton-92 og barium-144.



Uran-236 har en bindingsenergi på 7,59 MeV/nukleon. Det vil derfor koste en energi på 7,59 MeV/nukleon · 236 nukleoner = 1791 MeV at splitte denne kerne ad i protoner og neutroner. Krypton-92 har en bindingsenergi på 8,62 MeV/nukleon mens barium-144's er 8,27 MeV/nukleon. Samles krypton-92 af nukleonerne fra uran-236 frigøres der en energimængde på 8,62 MeV/nukleon · 92 nukleoner = 793 MeV mens der frigøres 8,27 MeV/nukleon · 144 nukleoner = 1191 MeV når barium-144 samles. Den vundne energi ved at spalte en uran-236 kerne er da 1191 MeV + 793 MeV - 1791 MeV = 193 MeV.

*Fissions-energi:* Deuterium (tung brint) og tritium (supertung brint) smeltes sammen til helium-5.



Deuterium og tritium har en bindingsenergi på henholdsvis 1,11 MeV/nukleon og 2,83 MeV/nukleon. Det vil altså koste en energimængde på 1,11 MeV/nukleon · 2 nukleoner + 2,83 MeV/nukleon · 3 nukleoner = 2,22 MeV + 8,49 MeV = 10,71 MeV at splitte disse to kerner ad i deres bestanddele. Da helium-5s bindingsenergi er 5,48 MeV/nukleon frigøres der en energimængde på 5,48 MeV/nukleon · 5 nukleoner = 27,40 MeV ved at samle denne kerne. Den vundne energi ved at smelte deuterium og tritium sammen til helium-5 er altså 27,40 MeV - 10,71 MeV = 16,69 MeV.