

Hva er radioaktivitet?

Fagdag CBRNE 27.oktober 2021

Bente Konst

Medisinsk fysiker spesialist ved Radiologisk avdeling

Strålevernkoordinator ved SiV

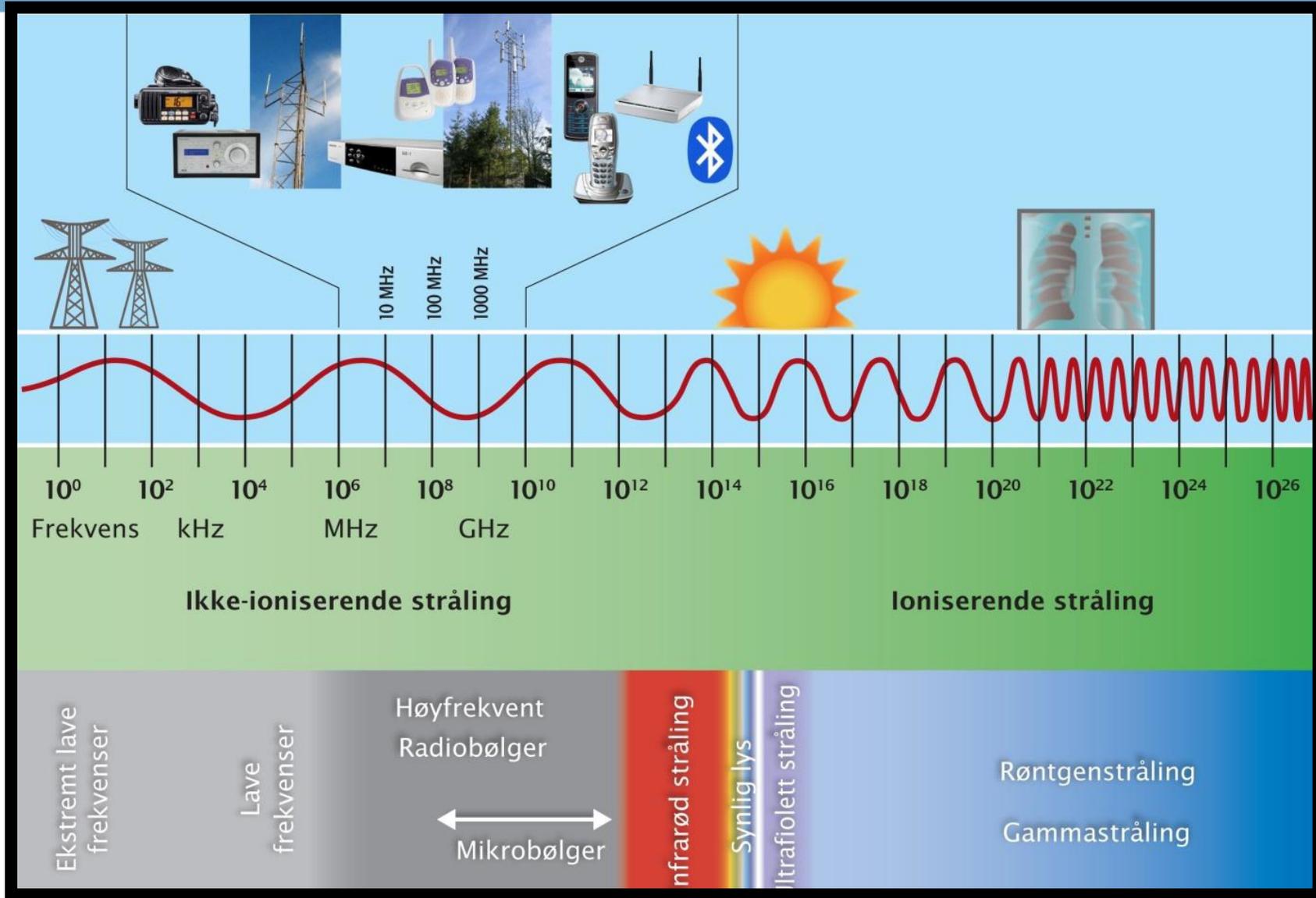
Medlem av atomberedskapsrådet.

På agendaen

1) Fundamentalt om stråling



Hva er elektromagnetsik stråling?



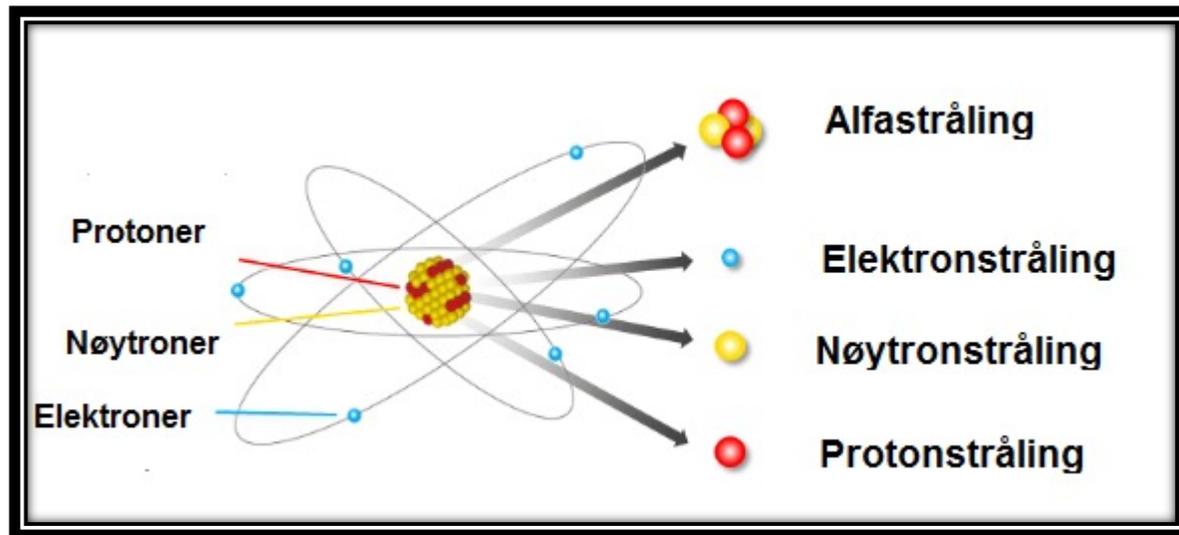
Energipakker



- Røntgen og gamma stråling er fotoner som er "pakker" av elektromagnetisk energi. Pakkene går med lysets hastighet.
- Stråling kan vi ikke se.
- Stråling kan vi ikke lukte.
- Stråling kan vi ikke føle umiddelbart.

Partikkelstråling

- Type ioniserende stråling som skapes ved kjernefysisk nedbrytning
- Består av subatomære partikler protoner, nøytroner, elektroner, beta-partikler og alfa-partikler

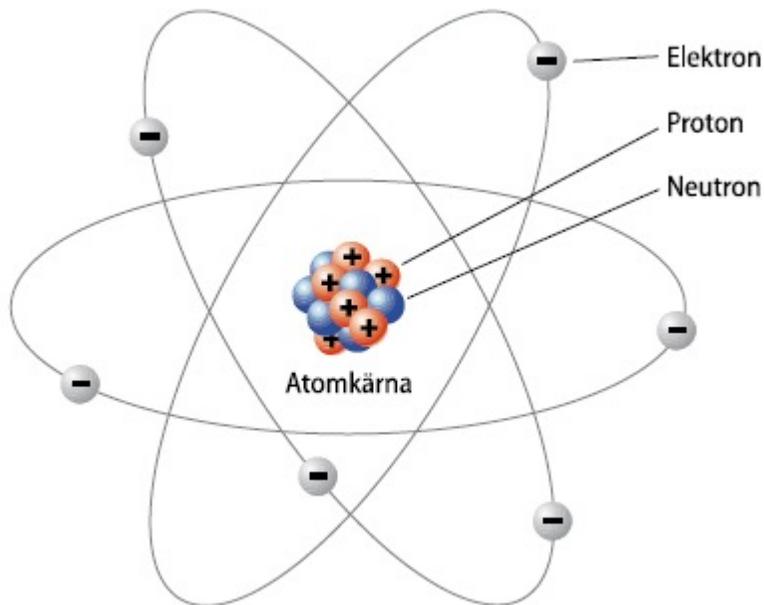


På agendaen

- 2) Hva er radioaktivitet?
Atomets oppbygning



Oppbygning atom

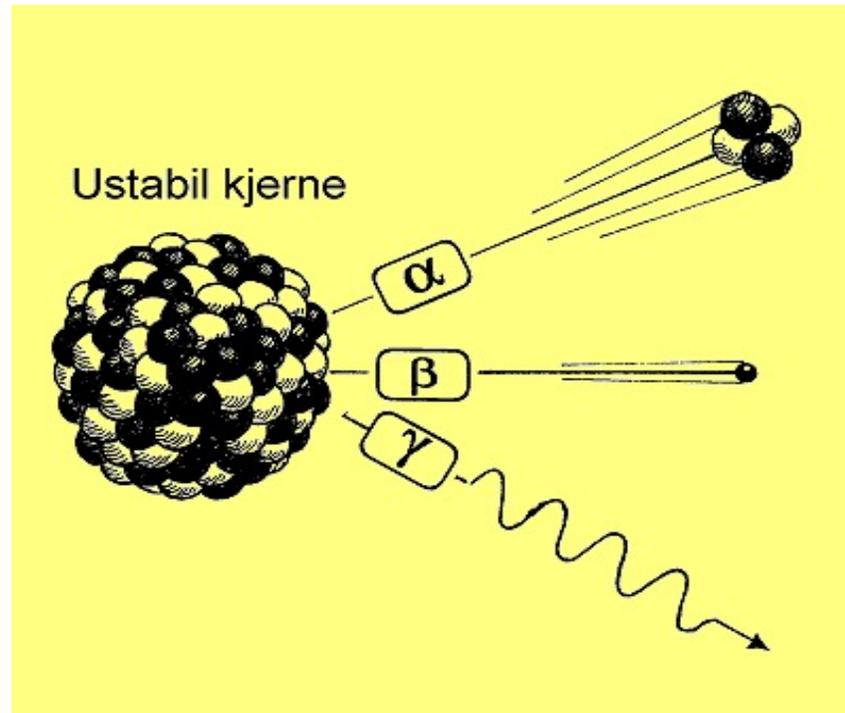


- Antall protoner som bestemmer type materiale.
- Overskudd / underskudd på nøytroner avgjør stabilitet.
- Energioverskudd sendes ut som stråling

Hva er radioaktiv stråling?

Smør på flekk!

En radioaktiv kilde består av atomer med ustabile kjerner.



Eksempler nedbrytning

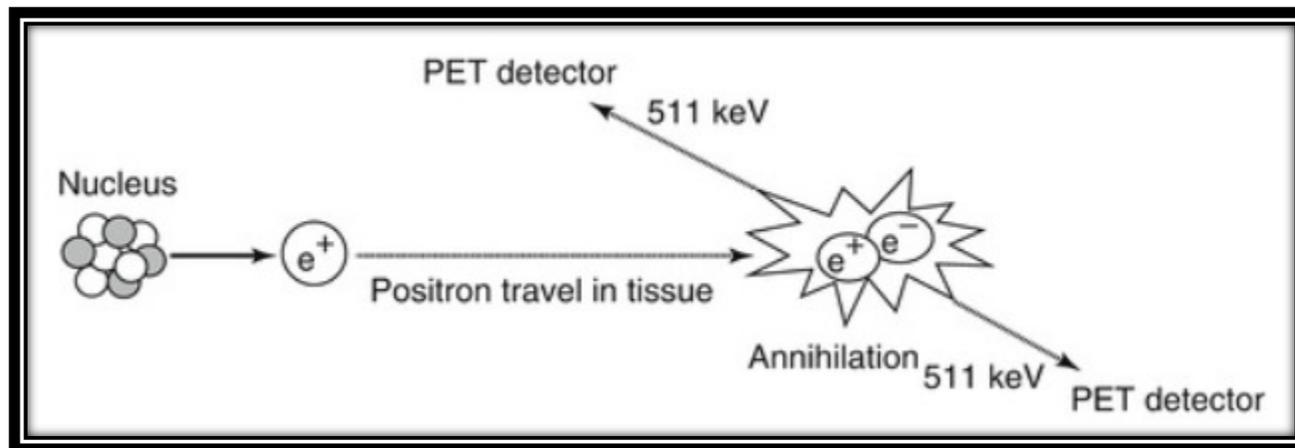
$^{239}\text{Pu} \rightarrow ^{235}\text{U} + \alpha$ (98 %, 5100 keV, halveringstid 24 100 år)

$^{238}\text{U} \rightarrow ^{234}\text{Th} + \alpha$ (4267 keV, halveringstid 4.4 billioner år)

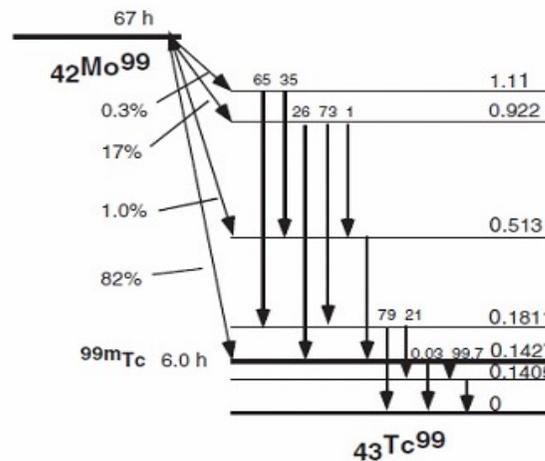
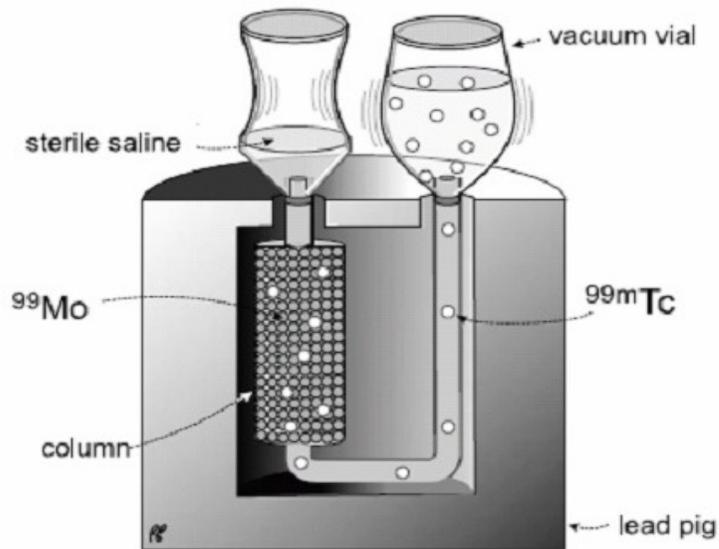
$^{99}\text{Mo} \rightarrow ^{99\text{m}}\text{Tc} + \beta$ (Halveringstid 66 timer)

$^{99\text{m}}\text{Tc} \rightarrow ^{99}\text{Tc} + \gamma$ (140.5 keV, halveringstid 6 timer)

$^{18}\text{F} \rightarrow ^{18}\text{O} + \beta^+$, $\beta^+ + \beta^- \rightarrow \gamma + \gamma$ (511 keV, halveringstid 110 min)



99mTc generator

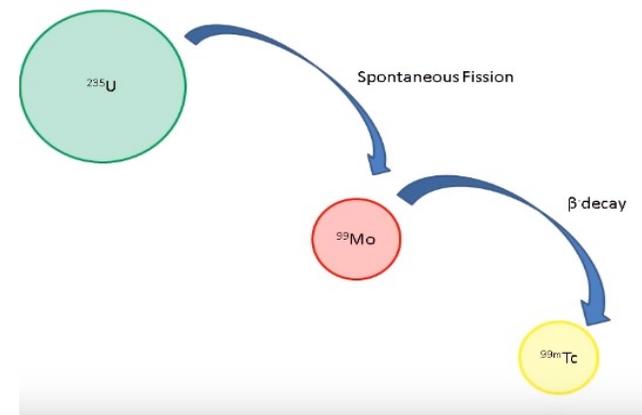


99mTc - generatoren 37 GBq ved mottak:

1.2 mSv/time uten skjerming

0.11 mSv/time 2 cm blyskjerming

0.014 mSv/time 4 cm skjerming



Eksempel Isotoper

Isotoper - samme grunnstoff men ulikt antall nøytroner



Radon (Stråleverninfo 14:12)

- Radon utgjør en helserisiko - økt sannsynlighet for lungekreft

Alle bygninger bør ha så lave radonnivåer som mulig og innenfor anbefalte grenser:

- Tiltaksgrense på 100 Bq/m³
- Så lave nivåer som mulig – tiltak kan også være aktuelt under tiltaksgrensen
- Grenseverdi på 200 Bq/m³

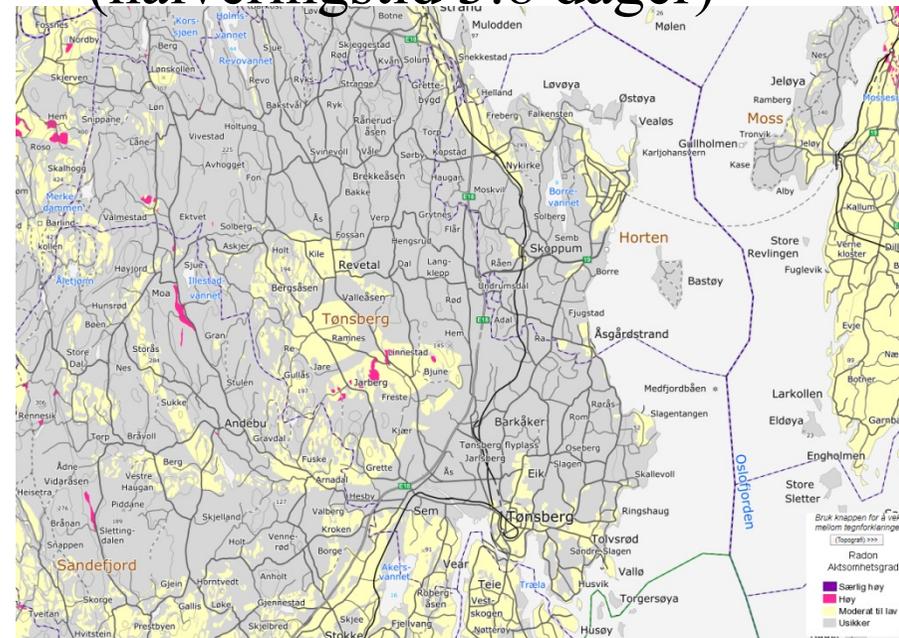
Bergart	Aktivitetskonsentrasjon av radium-226 (Bq/kg)
Normal granitt	20-120
Uranrik granitt	100-600
Gneis	20-100
Dioritt	1-10
Sandstein	5-60
Kalkstein	5-20
Skifer	10-120
Alunskifer fra:	
- midtre kambrium	120-600
- øvre kambrium – nedre ordovicium	600-5000
Alunskiferrik jord	100-2000
Morenejord	20-80
Leire	20-120
Sand og silt	5-25

Tabell 2: Konsentrasjon av radium i noen vanlige nordiske bergarter og løsmasser. (Strålevernhefte 3, 1998)

Radon (²²²Rn) kommer fra Radium (²²⁶Ra)



(halveringstid 3.8 dager)



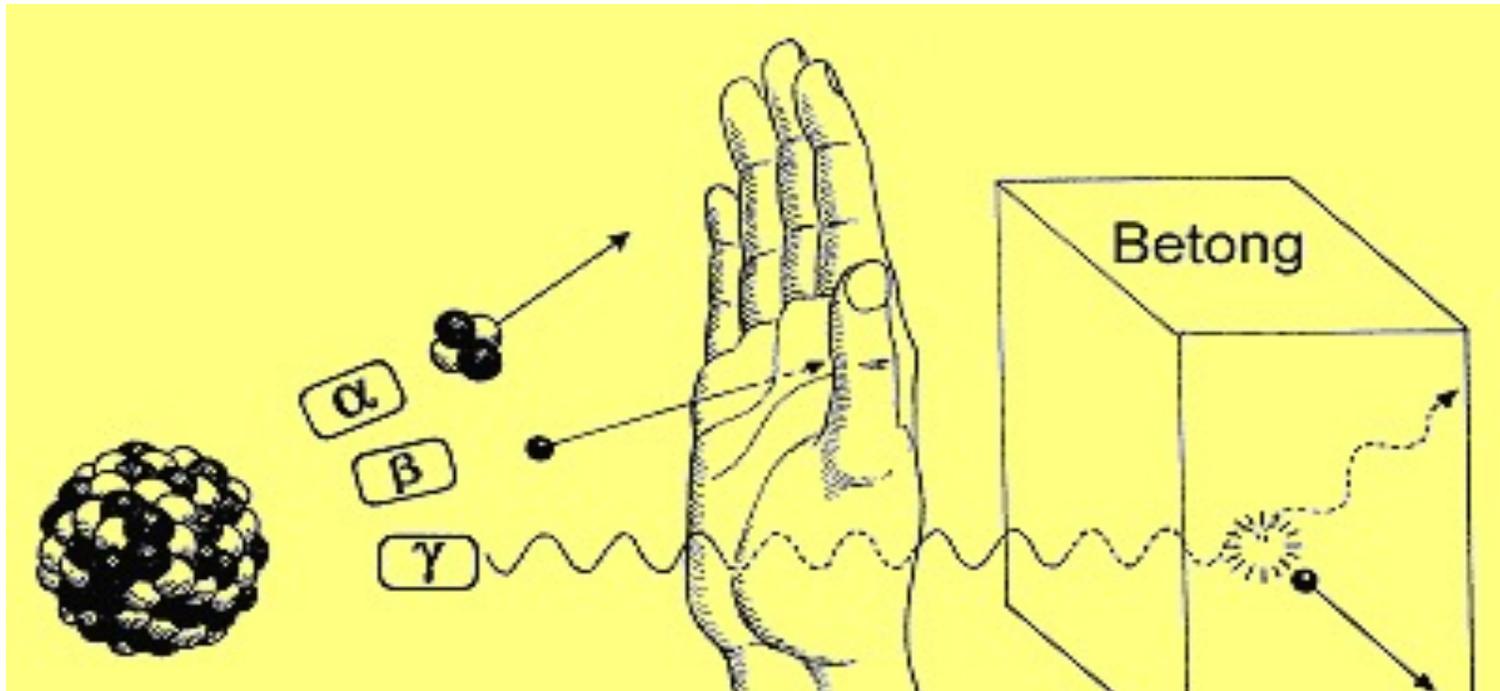
<http://www.ngu.no/no/hm/Geofarer/Radonfare/>

På agendaen

3) Vekselvirkning

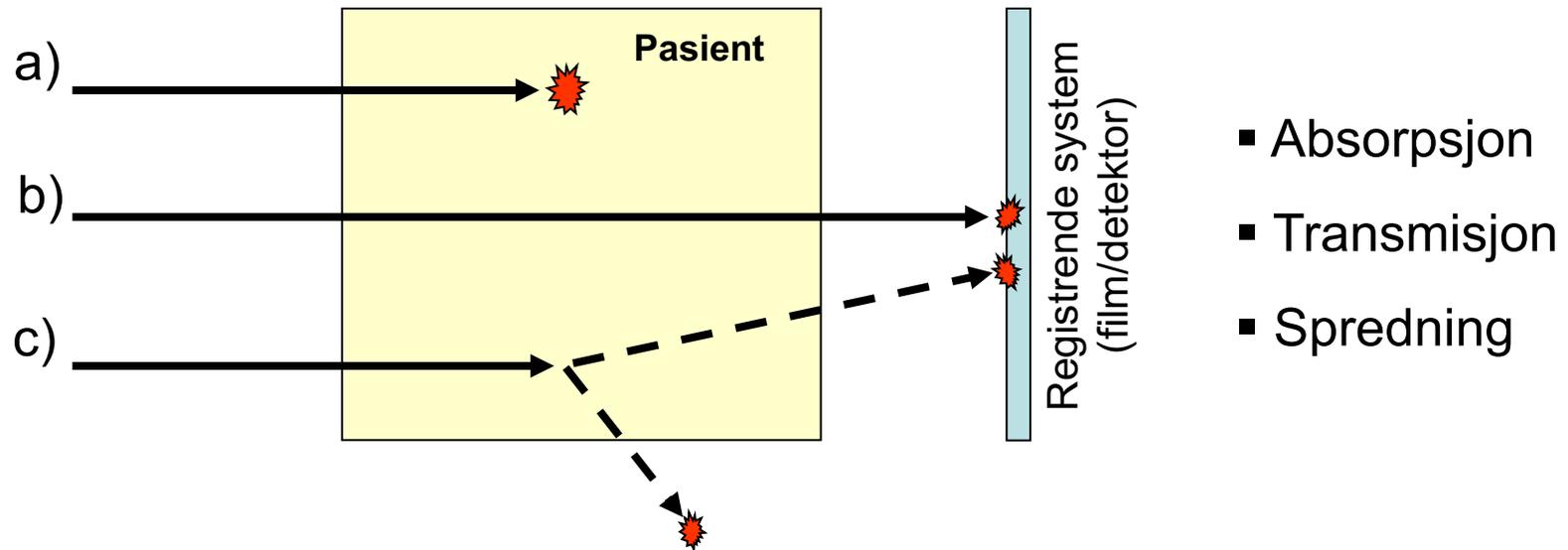


Strålingens gjennomtrengelighet



Antall utsendelser per sekund- Becquerel (Bq)

Røntgenstråling: vekselvirkning med materie



a) Denne strålen absorberes i pasienten

b) Denne strålen transmitteres gjennom pasienten, men absorberes i registrende system (bidrar til billedannelsen)

c) Denne strålen blir spredt i pasienten og deretter absorbert i registrerende system. Dette gir støy i bildet samt reduksjon i bildekvalitet. Strålen kan også spres ut av pasienten å gi dose til personalet.

Forholdet mellom prosessene avhenger av materialet som bestråles.

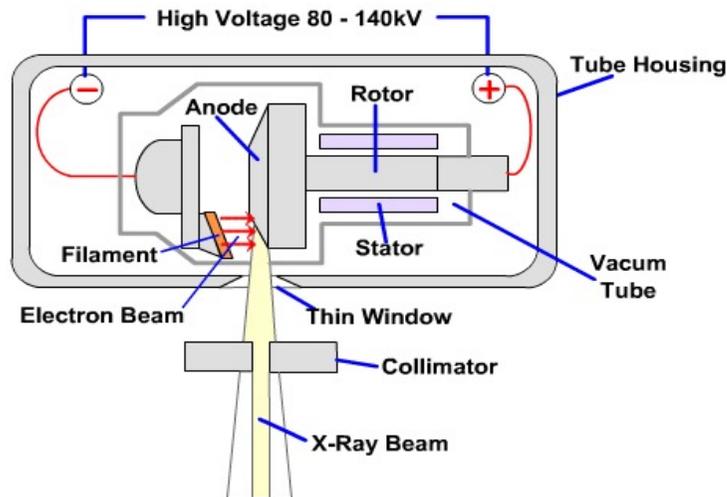
På agendaen

4) Kilder til ioniserende stråling



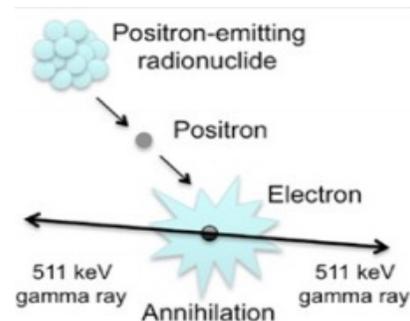
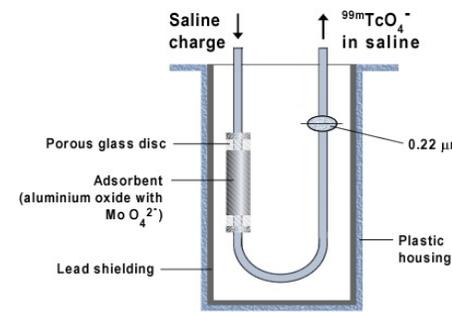
Kilder - ioniserende stråling

Røntgenrør



Ulike filtre gir ulikt spektrum

Ustabile nuklider ^{99m}Tc og ^{18}F



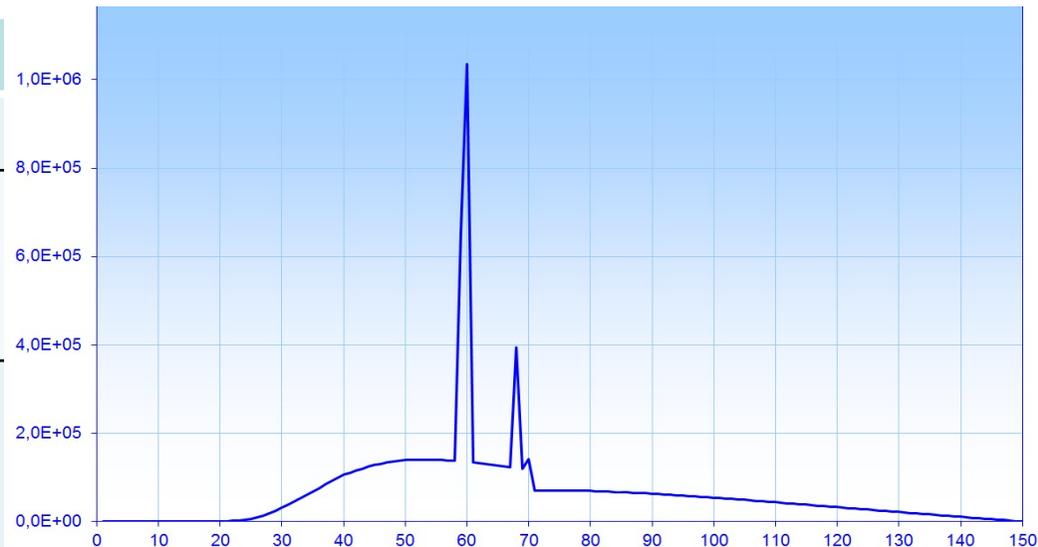
https://humanhealth.iaea.org/HHW/Radiopharmacy/VirRad/Eluting_the_Generator/Generator_Module/Design_principles/index.html

FDG-PET/CT-based Assessment of Hematologic Toxicity in Anal Cancer Patients During Chemoradiation Joakim Kalsnes 2018

Røntgenspekter

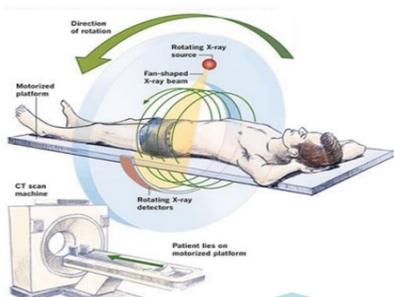
- Antall røntgenfotoner per energi.
- Avhengig av rørspenning, strøm og filtrering.
- Maks bremsestråling = rørspenningstoppen
- Flest fotoner har energi lik 1/3 av maksenergi.

kVp	Sammensetning
≤ 70	≈ 100 % bremsestråling
80	10% karakteristisk stråling K-skall. 90% bremsestråling.
150	28% karakteristisk stråling K-skall. 72 % bremsestråling.



SPEKTRUM 10 Jacob Nøtthellen

Røntgenapparater



CT



Angio/intervensjon



Flatrøntgen



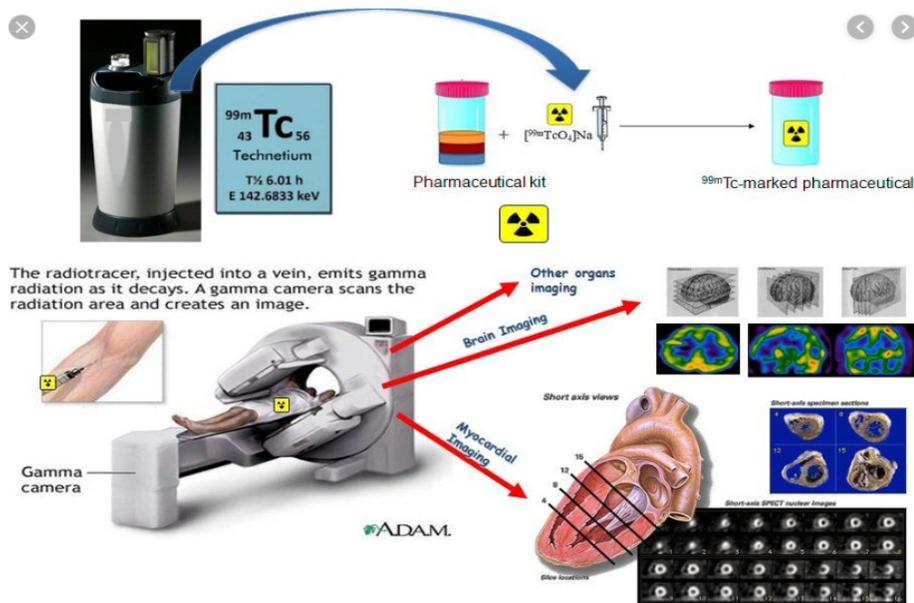
C-buer

<https://www.medicalexpo.com/prod/ca-non-medical-system-europe/product-70354-758057.html>

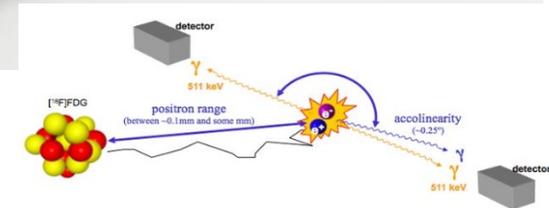
<https://www.decotron.no/produkter/roentgen/varekort/triathlon-t3>

Nukleærmedisinsk apparatur

Gammakamera



PET



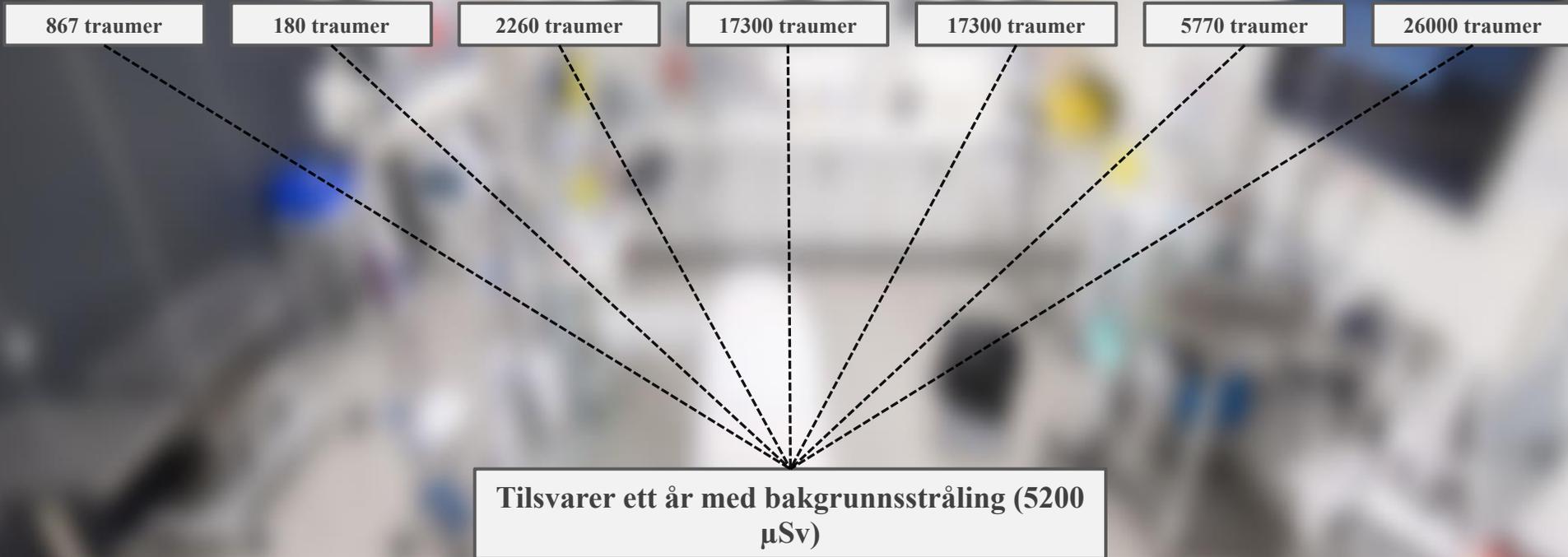
https://www.google.com/search?q=99mtc+radiation+from+patient&rlz=1C1GCEU_noNO819NO819&sxsrf=ACYBGNRn2-IyK-KICS36ys3nl-RiZBw2nA:1580200148597&source=lnms&tbm=isch&sa=X&ved=2ahUKEwiLwZ-k8KXnAhVkpYsKHf0yB5EQ_AUoAXoECAwQAw&biw=1920&bih=1048#imgrc=Lk-LgULzMzvVBM:

På agendaen

4) Hvor mye stråling er det?



Anestesi/hodeende	Undersøkende kir	Fotende	Ved døra	I hjørnet	Teamleder	Akuttmottak
THX: 1,7 μSv PE: 4,3 μSv TOT: 6,0 μSv	THX: 2,3 μSv PE: 26,6 μSv TOT: 28,9 μSv	THX: 0,1 μSv PE: 2,2 μSv TOT: 2,3 μSv	THX: 0,0 μSv PE: 0,3 μSv TOT: 0,3 μSv	THX: 0,0 μSv PE: 0,3 μSv TOT: 0,3 μSv	THX: 0,2 μSv PE: 0,7 μSv TOT: 0,9 μSv	THX: 0,0 μSv PE: 0,2 μSv TOT: 0,2 μSv



Stor takk til fagradiograf Pål Granheim og fysiker Helene Heier Baardson fra Østfold Kalnes.

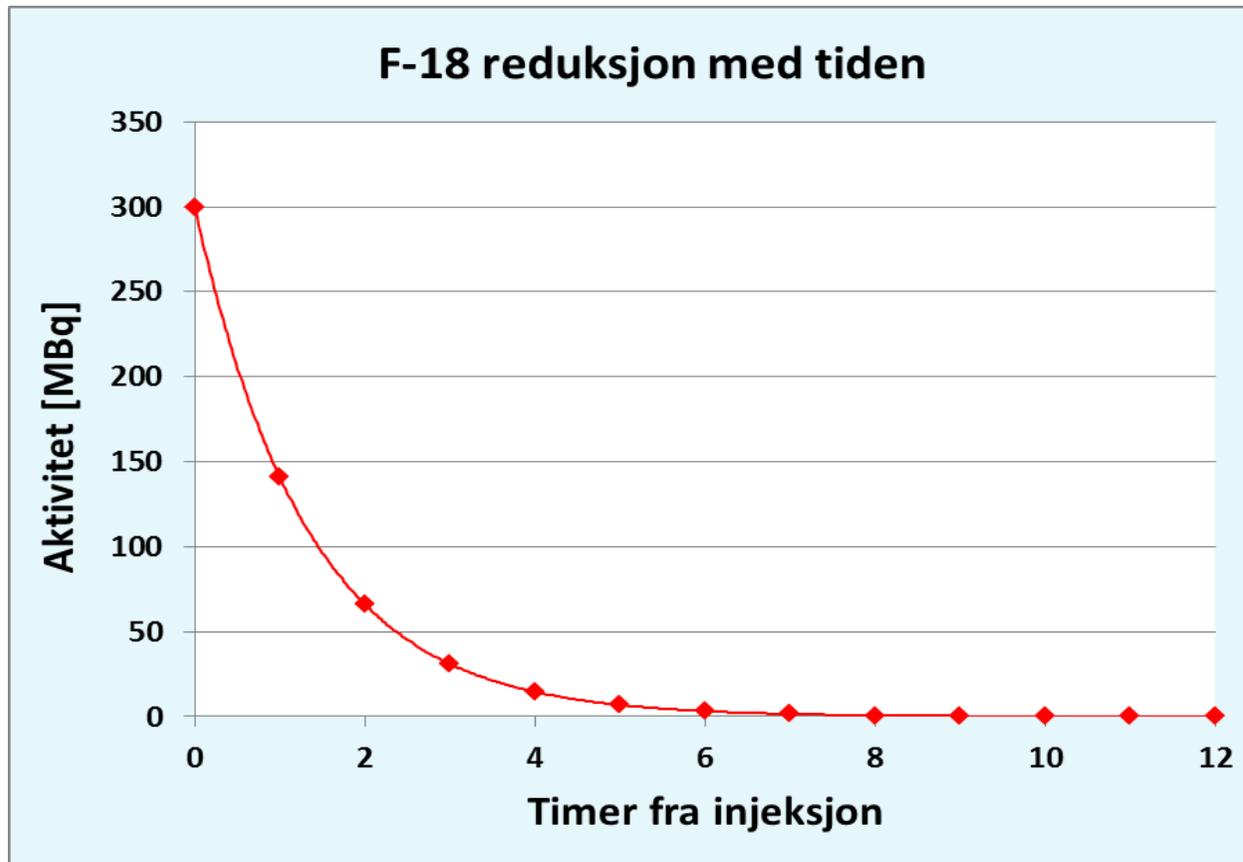
*Målingene er tatt på standard fantom og kun én gang.
Dosene representerer persondoser i høyde med hjertet uten bruk av blyfrakk.
Målingene er gjort ved omtrentlige plasseringer i rommet.
Det er ikke medberegnert gjentak av bilder.*

OVERSIKT OVER ULIKE STRÅLEKVALITETER

Stråling	Foton-energi	Rekkevidde i luft	Rekkevidde i vev	Andel fotoner som en blyfrakk tar bort (0.5 mm)
Røntgenstråling	70 keV	320 m	35 cm	90%
Stråleterapi	6 MeV (maks-energi)	2100 m	250 cm	2,5%
Technetium-99m T_{1/2} = 6 h	140 keV	410 m	45 cm	80%
Lutetium-177 T _{1/2} = 6.7 dager	113/208 keV	470 m	51 cm	60%
Indium-111 T _{1/2} = 2.7 dager	171/245 keV	500 m	55 cm	45%
Jod-131 T _{1/2} = 8 dager	364 keV	580 m	63 cm	15%
Fluor-18 T_{1/2} = 110 min	511 keV	670 m	71 cm	9%
Cesium-137 T _{1/2} = 30 år	662 keV	730 m	78 cm	6%

HVOR LENGE STRÅLER PASIENTEN?

- - Kort halveringstid 110 min!
- - Utskillelse av aktivitet via nyrer-blære



Måling fra St. Olavs Hospital

Table 1: Rate in $\mu\text{Sv}/\text{h}$ from patients by examination and distance immediately after injection

Examination	Distance			
	0,25m	0,5m	1m	2m
Bone Scintigraphy (99mTc)	69 \pm 13	34 \pm 7	16 \pm 3	6 \pm 1
MUGA (99mTc)	92 \pm 26	44 \pm 12	19 \pm 4	7 \pm 1
Octreotide scintigraphy (111-In)	31 \pm 9	15 \pm 3	7 \pm 1	2 \pm 0,5
Mean \pm SD)				

Table 2: Rate in $\mu\text{Sv}/\text{h}$ from patients by examination and distance 2 hours after injection

Examination	Distance			
	0,25m	0,5m	1m	2m
Bone Scintigraphy (99mTc)	40 \pm 11	20 \pm 7	10 \pm 3	4 \pm 1
MUGA (99mTc)	81 \pm 24	36 \pm 12	17 \pm 5	6 \pm 1
Octreotide scintigraphy (111-In)	22 \pm 4	11 \pm 2	5 \pm 1	2 \pm 0,5
Mean \pm SD)				

En halv meter fra pasient må du stå 50 timer for å få 1 mSv eller 1000 timer for å få 20 mSv

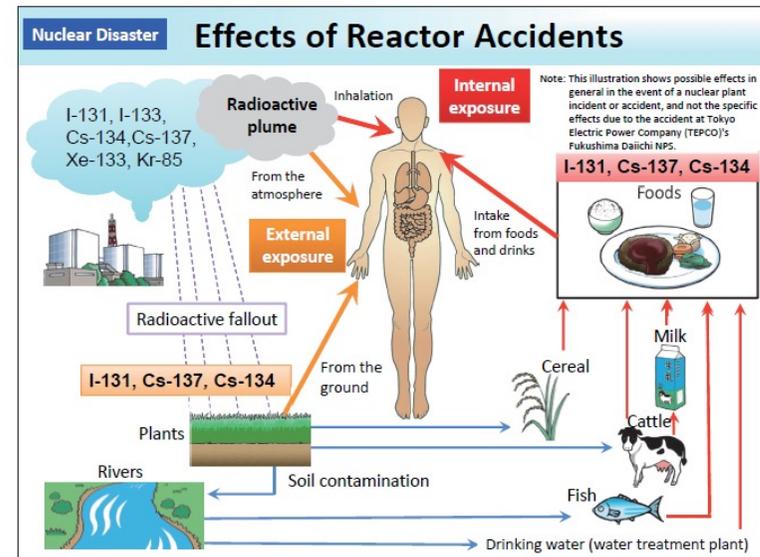
På agendaen

5) Uhell



Uhell - eksponering

- Kartlegge strålefarene
 - Kilden til stråling
 - Doseraten folk kan bli utsatt for
 - Hvem kan bli utsatt?
 - Skjerme kilden/folk
- Ekstern bestråling
 - Redusere antall eksponerte
 - Skjerme / evakuere
- Intern bestråling
 - Inntak
 - Inn pust
 - Gjennom hel hud, gjennom sår



Uhell - eksponering

Nuclear Disaster		Radioactive Materials Derived from Nuclear Accidents				
	H-3 Tritium	Sr-90 Strontium-90	I-131 Iodine-131	Cs-134 Cesium-134	Cs-137 Cesium-137	Pu-239 Plutonium-239
Types of radiation	β	β	β, γ	β, γ	β, γ	α, γ
Biological half-life	10 days ^{*1 *2}	50 years ^{*3}	80 days ^{*2}	70-100 days ^{*4}	70-100 days ^{*3}	Liver: 20 years ^{*4}
Physical half-life	12.3 years	29 years	8 days	2.1 years	30 years	24,000 years
Effective half-life <small>(calculated from biological half-life and physical half-life)</small>	10 days	18 years	7 days	64-88 days	70-99 days	20 years
Organs and tissues where radioactive materials accumulate	Whole body	Bones	Thyroid	Whole body	Whole body	Liver and bones

Effective half-life: The time required for the amount of radioactive materials in the body to reduce to half through biological excretion (biological half-life) and the physical decay (physical half-life) of the radioactive materials; The values are cited from the "Emergency Exposure Medical Text" (Iryo-Kagaku Sha).
Effective half-lives are calculated based on values for organs and tissues where radioactive materials accumulate as indicated in the table of biological half-lives.

*1: Tritium water; *2: ICRP Publication 78; *3: JAEA Technical Manual (November 2011); *4: Assumed to be the same as Cesium-137; *5: ICRP Publication 48

^{137}Cs Halveringstid 30 år



Kalibreringskilde:

- 7.4 MBq
- 1 m fra 0.0005632 mSv/time dvs må stå i 1775 timer får å få 1 mSv
- (kalibreringskilde)

Blodbestråler:

- 24.1 TBq = 24 100 000 000 MBq
- 1 m fra er det 183429 mSv/time. Dosegrensen på 20 mSv nådd på 0.4 sekunder.

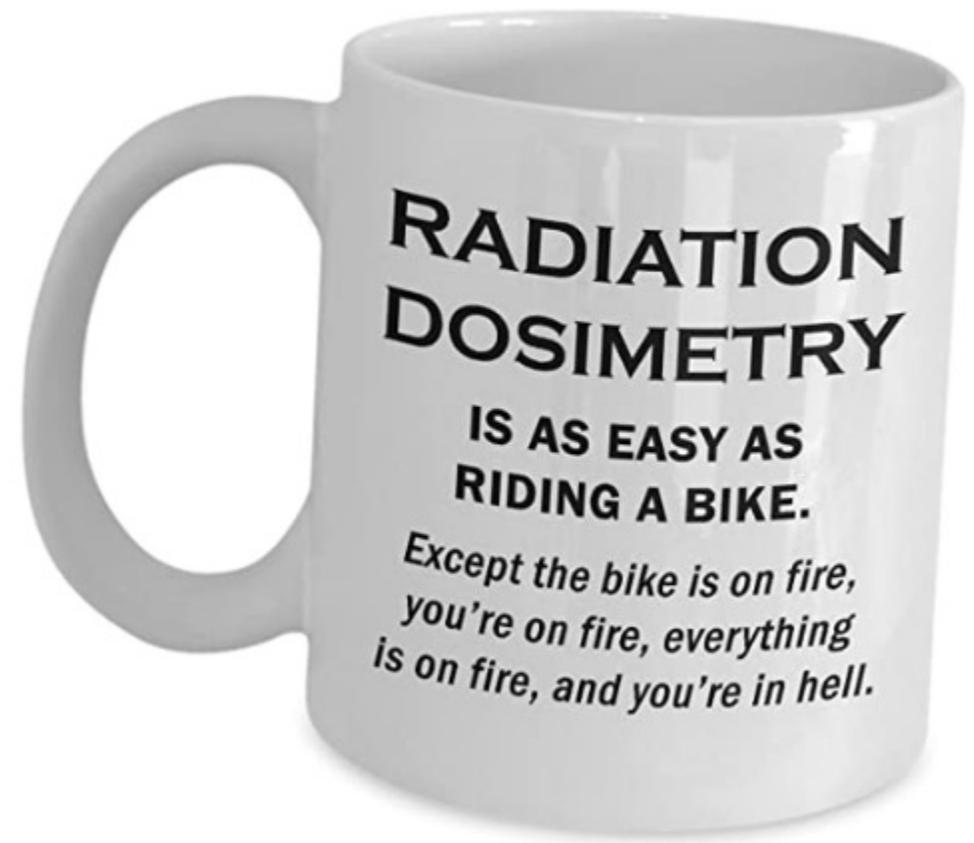
Viktig for strålebeskyttelse



På agendaen

6) Hvordan beskrive stråledoser?

Typiske enheter og størrelser.

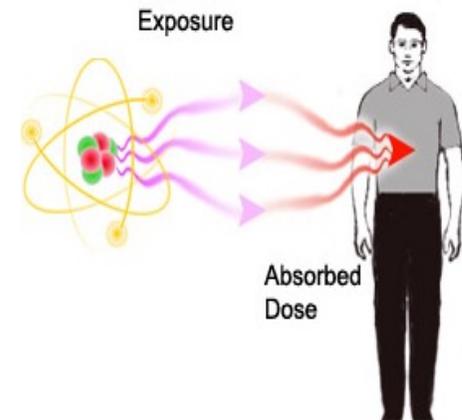


Dosebegreper

- Absorbert dose [Gy]
- Effektiv dose [mSv]
- Bequerel [s^{-1}]

Absorbert dose - D_T

- Absorbert dose - et mål på hvor mye stråling eller energi kroppen har absorbert per kilo.
- Enhet Gy (J/kg)
- D_T tar ikke hensyn til biologisk effekt. Kan ikke brukes til beregning av risiko.



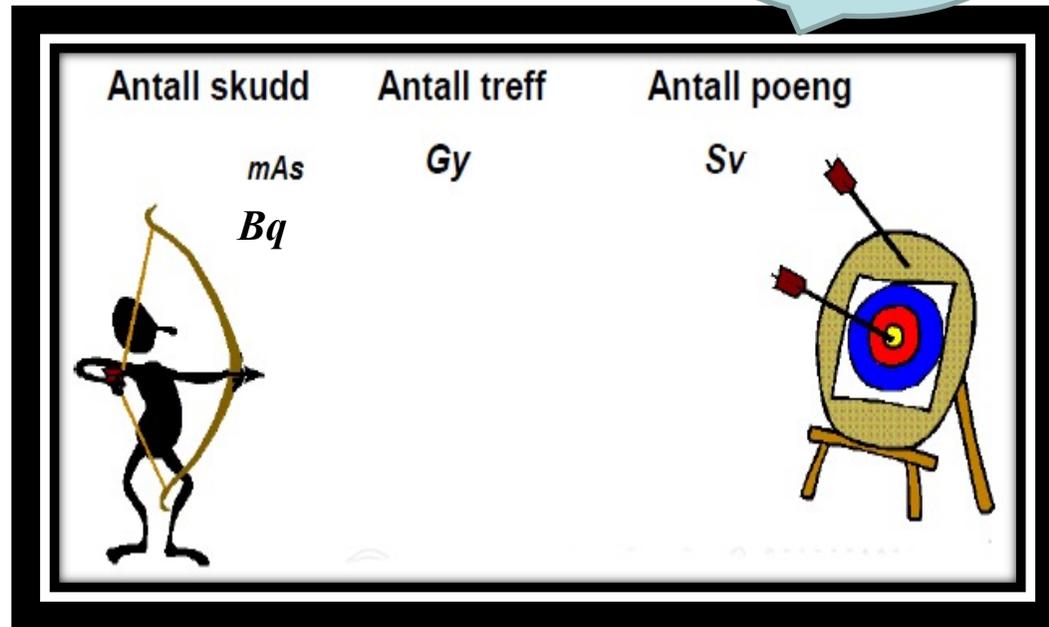
Effektiv dose (mSv)

- "Oversetter" risikoen ved en ikke uniform dose fordeling til en uniform helkroppsbestråling.
- Alder og kjønnsespesifikk?
- Utrykker risiko ved undersøkelsen. Ikke risiko for aktuell pasient.
- Kan ikke måles direkte, men beregnes på grunnlag av målinger.

Oppsummert -dosebegreper

Absorbert dose

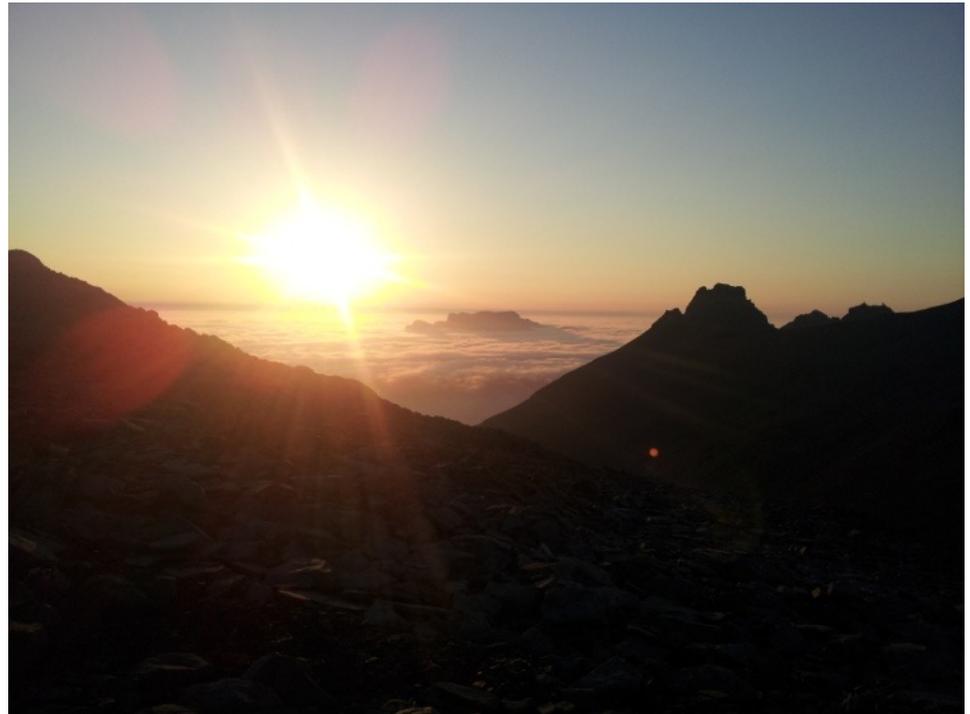
Effektiv dose



På agendaen

7) Typiske doser og dosegrænser

- Personell
- Pasienter



Effektiv årsdose til en som bor i Norge

Naturlig ekstern gammastråling 0.5 mSv

Naturlig intern gammastråling: 0.4 mSv

Kosmisk stråling: 0.3 mSv

Medisinsk industri: 1.1mSv

Tsjernobyl : 0.3 mSv

Radonstråling: 2-4 mSv

Totalt: 5.6 mSv

For enkeltmedlemmer i befolkningen er årlig dosegrense 1 mSv.

Dosegrenser for yrkeseksponerte

- Effektiv helkroppsdose: 20 mSv/år
- Øyelinse :20 mSv/år
- Hud, hender og føtter : 500 mSv/år
- Foster - dosen skal ikke overstige 1 mSv etter oppdaget graviditet.
- Redningsarbeid som over. Arbeid som kan medføre effektive doser over 50 mSv skal bare utføres av frivillige med tilstrekkelig informasjon om farer. Effektive doser over 500 mSv skal unngås.
- ALARA

Spørsmål?

Takk for meg!

