

Oppgavesett 6

Oppgave 1

Utslipp av technetium-99 (Tc-99) fra det Engelske reprosesseringsanlegget i Sellafield var mye framme i media for noen få år tilbake, og det kan i den forbindelse være interessant å se litt på betydningen av disse utslippene for Norge når det gjelder aktivitetsmengder og stråledoser. I følge Statens Strålevern var den høyeste verdien målt for ^{99}Tc i sjøvann fra Nordsjøen 8.5 Bq/m^3 i 1998.

Vanlig havvann inneholder en del naturlige radioaktive isotoper, kalium-40 (K-40), uran-238 (U-238), og radium-226 (Ra-226). I gjennomsnitt er aktiviteten på ca 12 Bq pr liter havvann. Det aller meste (96%) skyldes kalium-40. Havene inneholder totalt omlag $1.35 \cdot 10^{18} \text{ m}^3$ vann. Den fysiske halveringstiden til Tc-99 er $2.1 \cdot 10^5$ år. Den fysiske halveringstiden til K-40 er $1.3 \cdot 10^9$ år.

a) Hvor høy var den målte aktiviteten av technetium-99 sammenliknet med den naturlige aktiviteten til havvannet?

b) Hvor mye K-40 (gitt i kg) er løst i havvannet?

Den kjemiske formen på ^{99}Tc i miljøet er stort sett $^{99}\text{TcO}_4^-$, og dette anrikes bl.a. i tang og skalldyr, særlig hummer. En hummer fra Sunnhordland inneholdt 42 Bq Tc-99 pr. kg utørket kjøtt.

Tc-99 emitterer β - og γ -stråling. Den biologiske halveringstiden for mennesker er på ca 2 døgn.

c) Forklar forskjellen på fysisk og biologisk halveringstid, og kommenter hvilken som er viktigst ved doseberegninger?

d) Hvor lang tid vil det ta før det er igjen mindre enn 1% av Tc-99 i kroppen til en som har spist en anriket hummer?

I følge ICRP vil én Bq Tc-99 spist av en voksen person gi en total energiavsetning på $4.48 \cdot 10^{-8} \text{ J}$.

e) Finn den effektive dosen fra en hummer med aktivitet på 42 Bq/kg , dersom en antar at energiavsetningen spres jevnt utover kroppen, at personens vekt er 70 kg , og at en spiser én kg av den nevnte hummeren.

f) Vil et (svært sultent) lite barn som spiser én kg hummer med aktivitetsnivå på 42 Bq/kg motta den samme stråledosen som den voksne personen ovenfor som spiste én kg? Begrunn svaret.

g) Hvor mye hummer (med aktivitet 42 Bq/kg) må en person på 70 kg spise i løpet av ett år for å få omtrent samme stråledose fra hummer som han/hun får fra naturlig bakgrunnstråling i løpet av ett år?

Oppgave 2

Den 7. april 1989 sank den sovjetiske u-båten Komsomolets i nærheten av Bjørnøya. Da u-båten sank inneholdt den $3.1 \cdot 10^{15}$ Bq av Cs-137 og $2.8 \cdot 10^{15}$ Bq av Sr-90. Både Cs-137 og Sr-90 har halveringstider på ca 30 år. Anrikningsfaktorene for fisk i saltvann er 48 for Cs-137 og 0.43 for Sr-90. Strontium-90 er en rein β -emitter med en β_{\max} energi på 0.55 MeV. Cesium-137 har to desintegrasjonsveier: 1) ved 5.4 % av desintegrasjonene emitteres det kun β ($\beta_{\max} = 1.172$ MeV); 2) ved 94,6 % av desintegrasjonene emitteres det en β ($\beta_{\max} = 0.512$ MeV) og en γ (0.662 MeV). $1 \text{ eV} = 1.6 \cdot 10^{-19} \text{ J}$.

- a) Vi antar at båten ligger på en dybde på 1000 meter og at all Cesium og Strontium slipper ut og umiddelbart fordeles jevnt i de vannmassene som er innen en radius på 10 km fra båten. Hvilken spesifikk aktivitet (Bq/l) vil det være i vannmassen fra Cs-137 og Sr-90?

(Fasit: Cs-137: 9.9 Bq/l Sr-90: 8.9 Bq/l)

- b) Fisk som oppholder seg i det forurensede området vil bli radioaktiv. Vis at fisken vil få en total spesifikk aktivitet i kroppen på ca 480 Bq/kg, hvorav ca 475 Bq/kg skyldes Cs-137.
- c) Vis at hver desintegrasjon av Cesium-137 (inne i fiskens kropp) avsetter i snitt ca 0.5 MeV; og at hver desintegrasjon av Strontium-90 (inne i fiskens kropp) avsetter i snitt ca 0.2 MeV.
- d) Beregn de absorberte dosene som fisken forventes å få i løpet av ett år som følge av henholdsvis Cs-137 og Sr-90. Du kan for enkelthetskyld anta at den spesifikke aktiviteten i fisken holder seg konstant hele året. (Fasit: Cs-137: 1.2 mGy/år Sr-90: 3.8 μ Gy/år)
- e) Anta at det radioaktive materialet i u-båten ikke slipper ut før etter 15 år (dvs i år 2004). Hvilken absorbert dose vil fisken i området forventes å motta i perioden 2004-2005 som følge av Cs-137 og Sr-90 i fiskekroppen? (Anta på samme måte som i pkt. d. at den spesifikke aktiviteten i fisken holder seg konstant i løpet av året, dvs perioden 2004-2005.)

Fasit: Cs-137: 0.85 mGy/år Sr-90: 2.7 μ Gy/år