

**Uitwerkingen
Gecoördineerd examen stralingsbescherming
Deskundigheidsniveau 3**

14 mei 2007

Vraagstuk 1 Oppervlaktebesmetting

Vraag 1

1 mm lood is 50 halveringsdiktes voor ^{125}I , deze is dan niet meer te meten.

1 mm lood is 5 halveringsdiktes voor $^{99\text{m}}\text{Tc}$, dit geeft een verzwakking van 32 maal, dit komt overeen met de gemeten waarde.

1 mm lood is $\frac{1}{2}$ halveringsdiktes voor ^{51}Cr , dit geeft een verzwakking van 1,4 maal, dit komt niet overeen met de gemeten waarde.

De besmetting bevat dus $^{99\text{m}}\text{Tc}$.

Vraag 2

$$950 \text{ cps} / 2,4 \cdot 10^6 \text{ Bq} = 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ cps/Bq}$$

Vraag 3a

$$\text{Activiteit is } (25 \cdot 10 \text{ cps}) / 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ cps/Bq} = 3,8 \cdot 10^4 \text{ Bq}$$

$$\text{Besmettingsgraad: } 3,8 \cdot 10^4 \text{ Bq} / 10 \times 10 \text{ cm}^2 = 380 \text{ Bq/cm}^2$$

Vraag 3b

De berekende waarde zal een onderschatting zijn, omdat de randen van de besmetting minder efficiënt worden gemeten door de grotere afstand tot de detector.

Vraag 4

$$\sigma_{abs} = \sqrt{\frac{R_1}{t_1} + \frac{R_{ag}}{t_{ag}}} = \sqrt{\frac{25}{5} + \frac{10}{5}} = 2,6 \text{ cps}$$

$$\text{absolute fout in de activiteit is } 2,6 \text{ cps} / 4,0 \cdot 10^{-4} \text{ cps/Bq} = 6,6 \cdot 10^3 \text{ Bq}$$

$$\text{absolute fout in de besmettingsgraad: } 6,6 \cdot 10^3 \text{ Bq} / 10 \times 10 \text{ cm}^2 = 7 \cdot 10^1 \text{ Bq/cm}^2$$

Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1	4
2	2
3a	4
3b	3
4	4
Totaal	17

Vraagstuk 2 Afscherming van een 15 MV lineaire versneller

Vraag 1

$$\dot{H}_{\max, week}^* (10) = \frac{\dot{E}_{\max, j}}{\text{weken/ jaar}} = \frac{1 \cdot 10^{-3} [\text{Sv/j}]}{52 [\text{w/j}]} = 19 \cdot 10^{-6} \text{ Sv/week}$$

Neemt men 50 weken/jaar dan bedraagt het omgevingsdosisequivalenttempo 20 $\mu\text{Sv/week}$

Vraag 2

$$\dot{D}_A = \dot{D}_{\text{isocentrum}} \times \frac{r_{\text{target-isocentrum}}^2}{r_{\text{target-A}}^2} \times 10^{-\frac{d_d}{TVT_{\text{beton}}}} \times 10^{-\frac{d_d}{TVT_{\text{ijzer}}}}$$

$$\dot{D}_A = 0,25 \times 1000 [\text{Gy/w}] \times \frac{1^2 [\text{m}^2]}{7^2 [\text{m}^2]} \times 10^{-\frac{114 [\text{cm}]}{41 [\text{cm}]}} \times 10^{-\frac{36 [\text{cm}]}{11 [\text{cm}]}}$$

$$\dot{D}_A = 5,1 [\text{Gy/w}] \times 1,66 \cdot 10^{-3} \times 5,37 \cdot 10^{-4} = 4,5 \cdot 10^{-6} \text{ Gy/week}$$

Met de gegeven conversiefactor van 1 Sv/Gy bedraagt het omgevingsdosisequivalenttempo achter de afscherming $4,5 \cdot 10^{-6}$ Sv/week. De afgeleide limiet voor het omgevingsdosisequivalenttempo bedraagt $19 \cdot 10^{-6}$ Sv/week, dus de afscherming is voldoende dik.

Vraag 3a

$$\dot{H}_{\text{neutronen isocentrum}}^* (10) = \dot{D}_{\text{fotonen isocentrum}} \times 0,7 [\text{mSv/Gy}] = 1000 [\text{Gy/w}] \times 0,7 [\text{mSv/Gy}] = 700 \text{ mSv/week}$$

Vraag 3b

Afstand van het target tot punt B bedraagt:

$$\sqrt{500^2 + 300^2} = 583 \text{ cm}$$

omgevingsdosisequivalenttempo ter hoogte van B:

$$\dot{H}_B^* (10) = \frac{\dot{H}_i^* (10) \times r_{t-I}^2}{r_{\text{target-P}}^2} = \frac{700 [\text{mSv/w}] \times 1^2 [\text{m}^2]}{5,83^2 [\text{m}^2]} = 20,6 \text{ mSv/week}$$

Vraag 4

Afstand tussen B en C = 300 + 550 + 250 = 1100 cm

$$\dot{H}_{n,C}^* (10) = \dot{H}_{n,B}^* (10) \times 10^{-\frac{d_{B,C}}{5[m]}} = 20,6 [\text{mSv/w}] \times 10^{-\frac{11[m]}{5[m]}} =$$

$$20,6 [\text{mSv/week}] \times 0,0050 = 130 \mu\text{Sv/week}$$

De afgeleide limiet van 19 $\mu\text{Sv}/\text{week}$ wordt dus ruimschoots overschreden.

Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1	2
2	5
3a	2
3b	4
4	4
Totaal	<i>17</i>

Vraagstuk 3 Bèta-lights als vluchtwegaanduiding

Vraag 1

De activiteitsconcentratie na het incident is $800 \text{ (GBq)} / 500 \text{ (m}^3\text{)} = 1,6 \text{ GBq m}^{-3}$.

De geïnhaleerde activiteit bedraagt $1,2 \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}\text{)} \times 8 \text{ (h)} \times 1,6 \text{ (GBq m}^{-3}\text{)} = 15,4 \text{ GBq}$.

$$E_{\text{inh}}(50) = 15,4 \cdot 10^9 \text{ (Bq)} \times 1,8 \cdot 10^{-15} \text{ (Sv Bq}^{-1}\text{)} = 28 \cdot 10^{-6} \text{ Sv} = 28 \text{ } \mu\text{Sv}$$

Vraag 2a

In de longen bevindt zich gedurende 8 uur $3,9 \cdot 10^{-3} \text{ (m}^3\text{)} \times 1,6 \text{ (GBq m}^{-3}\text{)} = 6,2 \text{ MBq}$.

Dit leidt tot $6,2 \cdot 10^6 \text{ (Bq)} \times 8 \text{ (h)} \times 3600 \text{ (s h}^{-1}\text{)} = 1,8 \times 10^{11}$ desintegraties.

Vraag 2b

Elke desintegratie leidt tot een energieafgifte van gemiddeld:

$$5,7 \text{ (keV)} \times 1,6 \cdot 10^{-16} \text{ (J keV}^{-1}\text{)} = 9,1 \cdot 10^{-16} \text{ J}$$

In totaal wordt dus $1,8 \cdot 10^{11} \times 9,1 \cdot 10^{-16} \text{ (J)} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ J}$ geabsorbeerd.

Massa longweefsel is 1,0 kg.

De geabsorbeerde dosis bedraagt dus $D_{\text{long}} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ (J)} / 1,0 \text{ (kg)} = 1,6 \cdot 10^{-4} \text{ Gy}$.

Vraag 3

De effectieve dosis tengevolge van deze bestraling bedraagt:

$$D_{\text{long}} \cdot w_{\beta} \cdot w_{\text{long}} = 1,6 \cdot 10^{-4} \times 1 \times 0,12 = 1,9 \cdot 10^{-5} \text{ Sv} = 19 \text{ } \mu\text{Sv}.$$

Vraag 4

De activiteitsconcentratie na incident is $500 \times 800 \text{ (GBq)} / 500 \text{ (m}^3\text{)} = 800 \text{ GBq m}^{-3}$.

De opgenomen activiteit bedraagt $1,8 \text{ (m}^3 \text{ h}^{-1}\text{)} \times (3 / 60) \text{ (h)} \times 800 \text{ (GBq m}^{-3}\text{)} = 72 \text{ GBq}$.

Merk op: vanwege opname door de huid bedraagt innametempo 1,5 maal het ademvolumetempo. Als de bedrijfshulpverlener beschermende kleding draagt, zal de huidopname vermoedelijk minder zijn.

$$E_{\text{inh}}(50) = 72 \cdot 10^9 \text{ (Bq)} \times 1,8 \cdot 10^{-11} \text{ (Sv Bq}^{-1}\text{)} = 1,3 \text{ Sv (!)}$$

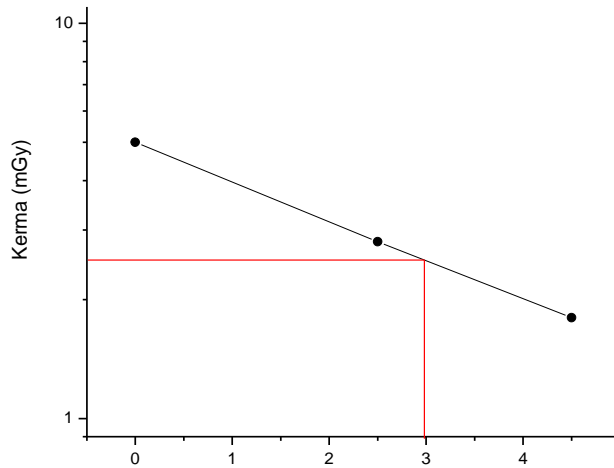
Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1	4
2a	3
2b	4
3	3
4	3
Totaal	17

Vraagstuk 4 Embryo-dosis bij een röntgenonderzoek

Vraag 1

De gevraagde HVL vinden we door de logaritme van de luchtkermawaarden, gemeten tijdens de periodieke kwaliteitscontrole, uit te zetten tegen de dikte van het aluminium. Interpolatie bij 2,5 mGy ($\frac{1}{2} \times 5,0$ mGy) geeft HVL = 3,0 mm Al.



Vraag 2

De huid van de patiënt bevindt zich op $100 \text{ cm} - 5 \text{ cm} - 20 \text{ cm} = 75 \text{ cm}$ vanaf het focus. De ionisatiekamer bevindt zich op $100 \text{ cm} - 5 \text{ cm} - 30 \text{ cm} = 65 \text{ cm}$ vanaf het focus. Als we veronderstellen dat de huiddosis omgekeerd evenredig is met het kwadraat van de afstand tot het focus dan volgt voor de huiddosis bij 0 mm Al:

$$D_{\text{intree huiddosis}} = (65 \text{ cm}/75 \text{ cm})^2 \times 5 \text{ mGy} = 3,7 \text{ mGy}$$

Vraag 3

Uit tabel 1 volgt bij 3,0 mm Al en een AP-bestralingsgeometrie: $330 \mu\text{Gy}/\text{mGy}$ en bij een PA-geometrie een: $174 \mu\text{Gy}/\text{mGy}$. Hiermee vinden we

$$D_{\text{embryo}} = 3,7 \text{ mGy} \times 330 \mu\text{Gy}/\text{mGy} + 3,7 \text{ mGy} \times 174 \mu\text{Gy}/\text{mGy} = 1,85 \text{ mGy}$$

Vraag 4

De bestraling heeft plaatsgevonden in de vroege periode (week 1) van de zwangerschap. In deze fase is er sprake van een alles-of-niets effect. Voor de 6 maanden zwangere vrouw is (aangenomen dat ze nog steeds zwanger is) er dus geen reden tot ongerustheid.

Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1	4
2	5
3	5
4	2
Totaal	16