

**Nascholingsmiddag
Stralingsbescherming voor
coördinerend
stralingsbeschermingsdeskundigen**

23 november 2023

Vraagstukken

In dit document treft u twee examenvraagstukken uit het examen voor coördinerend stralingsbeschermingsdeskundigen van 8 mei 2023 aan. In het eerste vraagstuk staat de beoordeling van een RI&E uit een dierenartspraktijk centraal. Het tweede vraagstuk gaat over aspecten detectie van de alfa-emitter ^{241}Am . U kunt ter voorbereiding op het maken van de vraagstukken eerst de onderdelen uit de hoofdstukken 11, 12 en 14 uit het boek 'Stralingshygiëne voor stralingsbeschermingsdeskundigen' lezen die als cursusmateriaal zijn bijgevoegd.

Vraagstuk 1: Beoordeling risico-inventarisatie en –evaluatie dierenartspraktijk met een C-boog [13 punten]

Een dierenarts wil een tweedehands C-boog aanschaffen voor het uitvoeren van veterinaire verrichtingen onder doorlichting.



Zij vraagt aan u als stralingsbeschermingsdeskundige om hiervoor de registratie te regelen.

Het is uw taak om te beoordelen of de door haar toegestuurde informatie volledig en correct is, alvorens de aanvraag te doen.

Gegevens:

- **Bijlage 1:** brief van de dierenarts
- **Bijlage 2:** RI&E van de dierenarts
- **Bijlage 3:** Stappenplan wanneer vraagt u een registratie of vergunning aan?
www.autoriteitnvs.nl

Vraag 1 [2 punten]

Beargumenteer op basis van het stappenplan in de bijlage of voor dit toestel en de geplande toepassing een registratie nodig is (zoals de dierenarts zegt) of dat dit een vergunning moet zijn.

Vraag 2 [3 punten]

Controleer **paragraaf 1. Blootstelling en indeling medewerkers in röntgenkamer** van de RI&E van de dierenarts (zie **Bijlage 2**) en som op wat hier mis gaat. Hierbij wordt 1 punt per aangewezen fout toegekend tot een maximum van 3 punten.

In dit vraagstuk mag u uitgaan van de veronderstelling dat de eerste, tweede en volgende halveringsdiktes gelijk aan elkaar zijn. Ga ervan uit dat de halveringsdikte van lood bij deze röntgenstraling gelijk is aan 0,10 mm.

Vraag 3 [3 punten]

Controleer en corrigeer de berekening van het loodequivalent van de muur die in **paragraaf 3. Loodequivalent** van de RI&E is uitgevoerd.

Vraag 4 [3 punten]

Corrigeer de berekening in **paragraaf 4. Afschermings- en dosisberekening baliemedewerker** uit de RI&E en de daarop gebaseerde conclusie voor de indeling van de baliemedewerker als blootgestelde werknemer. Doe dit door zelf een berekening uit te voeren en (uitsluitend) daarop deze indeling te baseren.

De stralingsbeschermingsdeskundige wil naast de RI&E ook de multifunctionele individuele dosis (MID) berekenen om toe te voegen aan de aanvraag die aan de ANVS wordt gericht.

Vraag 5 [2 punten]

Schrijf een verzoek (vraag) om aanvullende informatie aan de dierenarts om de berekening van de MID mogelijk te maken.

Puntenwaardering:

Vraagstuk 1	
Vraag	Punten
1	2
2	3
3	3
4	3
5	2
Totaal	13

Bijlage 1: Brief dierenarts

Beste stralingsbeschermingsdeskundige,

Hierbij vraag ik u om voor onze dierenartspraktijk een registratie voor een C-boog aan te vragen. Het gaat om een tweedehands systeem, aangeschaft bij de fabrikant. Deze 80-kV-C-boog vervangt de huidige 80-kV-röntgenopstelling.

De C-boog zal vooral gebruikt worden voor orthopedische operaties bij honden. Naar verwachting zal het gaan om 150 verrichtingen per jaar met een gemiddelde doorlichttijd van 10 seconden per verrichting.

De C-boog gaat gebruikt worden in onze röntgenkamer. Tijdens de verrichtingen zullen een dierenarts en een assistent aanwezig zijn, die allebei een loodschort dragen. Om de stroostralingsdosis zo laag mogelijk te houden wordt het toestel altijd gebruikt met een verticale bundel met de röntgenbuis onder de tafel.

Om uw arbeidsuren laag te houden heb ik alvast een risicoanalyse opgesteld. Hiervoor heb ik metingen gedaan met de oude opstelling, om de afscherming van onze röntgenkamer vast te stellen.

Als meer gegevens nodig zijn kan ik die uiteraard opsturen.

M.v.g., de dierenarts

Bijlage 2: RI&E van de dierenarts

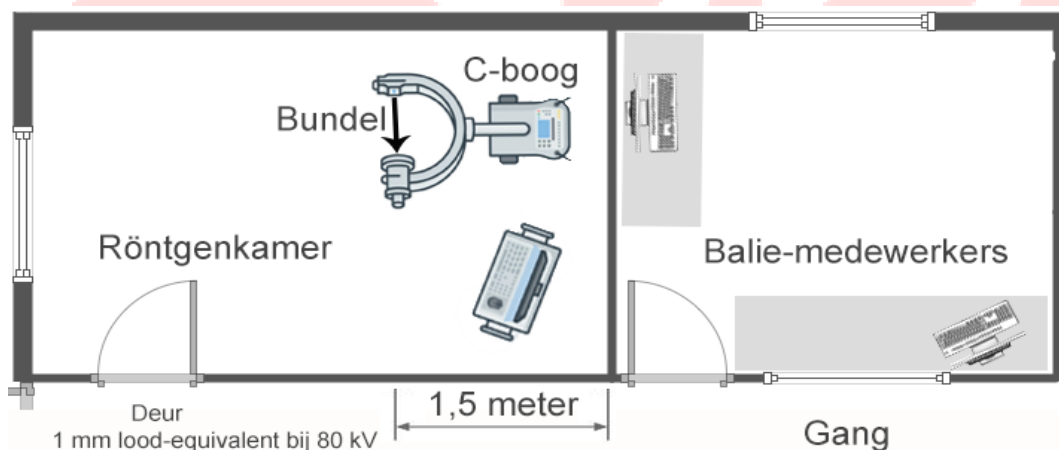
1. Blootstelling en indeling medewerkers in röntgenkamer

- Totale doorlichttijd is 150×10 seconden = 1500 seconden
- Volgens de fabrikant is het omgevingsdosisequivalenttempo haaks op de röntgenbundel van het nieuwe toestel maximaal $\dot{H}^*(10) = 1 \text{ mSv} \cdot \text{h}^{-1}$ op 1 meter afstand
- Maximale jaardosis is $1 \text{ mSv/uur} / (1500 / (60 \times 60)) = 2,38 \text{ mSv}$

Mensen in de röntgenkamer moeten dus worden ingedeeld als B-werkers. Deze mensen dragen nu al TLD-badges en een loodschort. De hoogste badgeuitslag is tot nog toe 0,32 mSv/jaar geweest.

2. Meting aanwezige afscherming en overzicht van de ruimte

Strooistraling uit een emmer water, gemeten met geleende detector met NaI-kristal.



Locatie	Wijzeruitslag
Gemeten in de deuropening	4000 cps
Gemeten achter de muur, net naast de deur	30 cps
Gemeten achter de looddeur	10 cps
Gemeten met uitgeschakeld toestel	5 cps

De 5 cps is gelijk bij alle metingen en kan dus verwaarloosd worden.

Zie volgende pagina voor het vervolg van de RI&E.

3. Loodequivalent

Op de deur staat een sticker met “1 mm loodequivalent bij 80 kV”. Dit geldt voor de stroostraling die vrijkomt bij het doorstralen van een fantoom met een bij 80 kV opgewekte röntgenbundel.

De muur laat 3x meer straling door dan deze deur en is dus minder dan 1 mm loodequivalent. Het loodequivalent van de muur is $1 \text{ mm} \times (10/30) = 0,33 \text{ mm}$.

4. Afschermings- en dosisberekening baliemedewerker

De halveringsdikte van lood bij deze röntgenstraling is 0,10 mm. De muur laat dan dus nog $100\% \times 0,5^{(0,33/0,1)} = 10\%$ van de straling door.

De dichtstbijzijnde muur is op 1,5 meter van de bundel. Achter deze muur zit een baliemedewerker. De baliemedewerker ontvangt dus maximaal $0,10 \times 2,38 \text{ mSv} \times (1/1,5)^2 = 0,16 \text{ mSv}$ per jaar.

Dit is onder de limiet voor niet-blootgestelde medewerkers.

Bijlage 3: Stappenplan wanneer vraagt u een registratie of vergunning aan?

Het stappenplan is een weergave van de tekst in het hoofdstuk 3 van het Besluit basisveiligheidsnormen stralingsbescherming. (<https://www.autoriteitnvs.nl/binaries/anvs/documenten/publicatie/2018/01/30/stappenplan/Stappenplan+controlestelsel.pdf>)

NB Dit is een deel van het stappenplan, niet-relevante stappen zijn weggelaten.



Vraagstuk 2: Detectie van americium-241 met een ionisatiekamer [11 punten]

Met een met stikstof (N_2) gevulde detector (een ionisatiekamer) wordt alfastraling gemeten. Een medewerker wil met behulp van ^{241}Am enkele eigenschappen van de detector bestuderen en rekent daarvoor wat karakteristieken van de detector door.

Gegevens:

- De energie van de uitgezonden alfadeeltjes (yield = 1) is 5,5 MeV
- **Bijlage 4:** De ionisatie-energie W voor elektronen, protonen en alfadeeltjes in verschillende gassen
- 1 elektron heeft een elektrische lading van $1,6022 \cdot 10^{-19}$ Coulomb

Vraag 1 [3 punten]

Bereken de hoeveelheid vrijgemaakte negatieve lading (in Coulomb) dat een alfadeeltje van ^{241}Am veroorzaakt in het detectievolume (hint: bereken eerst het aantal vrijgemaakte ion-elektronparen).

De detector is direct boven de americiumbron geplaatst. Neem aan dat alle alfadeeltjes die de detector bereiken gemeten worden.

Indien u bij onderdeel 1 het antwoord schuldig bent gebleven, mag u aannemen dat een alfadeeltje $2,4 \cdot 10^{-14}$ C aan negatieve lading vrijmaakt.

Vraag 2 [4 punten]

Bereken de activiteit van de bron (in Bq) die nodig is om een ionisatiestroom van $5 \cdot 10^{-12}$ A (= 5 pA) te produceren?

Een meting aan een americiumbron, met een activiteit van 4 kBq, geeft een bruto teltempo van 885 cps, gemiddeld over een meettijd van 5 minuten. Het achtergrondteltempo bedraagt 45 cps, gemiddeld over een meettijd van 10 minuten.

Vraag 3 [4 punten]

Bereken het netto teltempo voor deze meting en het bijbehorende 95%-betrouwbaarheidsinterval.

Puntenwaardering:

Vraagstuk 2	
Vraag	Punten
1	3
2	4
3	4
Totaal	11

Bijlage 4: De ionisatie-energie W voor elektronen, protonen en alfadeeltjes in verschillende gassen

Gas	Elektronen $E > 10 \text{ keV}$	α-deeltjes $E = 5,3 \text{ MeV}$	Protonen $E = 1 \text{ MeV}$
CH	27,3	29,1	30,0
C ₂ H ₂	25,8	27,4	
C ₂ H ₄	25,8	27,9	
H ₂	36,5	36,4	
N ₂	34,8	36,4	36,5
O ₂	30,8	32,2	
H ₂ O	29,6		
CO ₂	33,0	34,2	34,5
Ar	26,4	26,3	26,5
Droge lucht	33,97	35,1	35,2

Gemiddelde energie W in eV, nodig om een ion-elektronpaar te creëren (ontleend aan ICRU 31).