



Stralingsbelasting bij een CT-scanner

Examenvraag uit het mei-examen 2019 voor coördinerend deskundige (CD)

Consequenties van de plaatsing van een CT-scanner

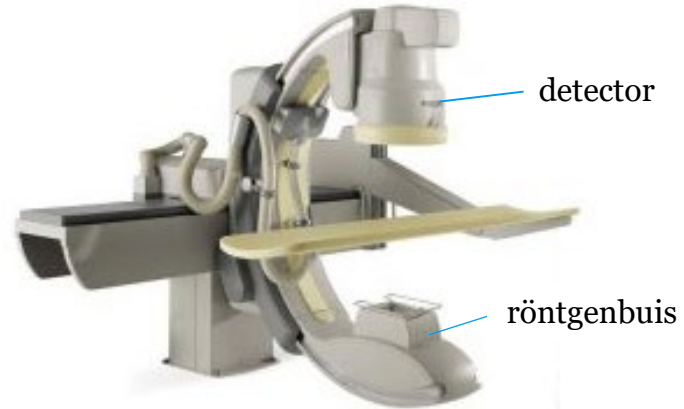
Opgave

U bent aangesteld als stralingsbeschermingsdeskundige voor een privékliniek. De kliniek heeft al een C-boog en er wordt nu een CT-scanner, met bijbehorende bedieningsruimte, geïnstalleerd in de ruimte naast de C-boog. Als stralingsbeschermingsdeskundige wordt u gevraagd de blootstelling te berekenen van het aanwezige personeel en daarnaast de vergunningsaanvraag te verzorgen.

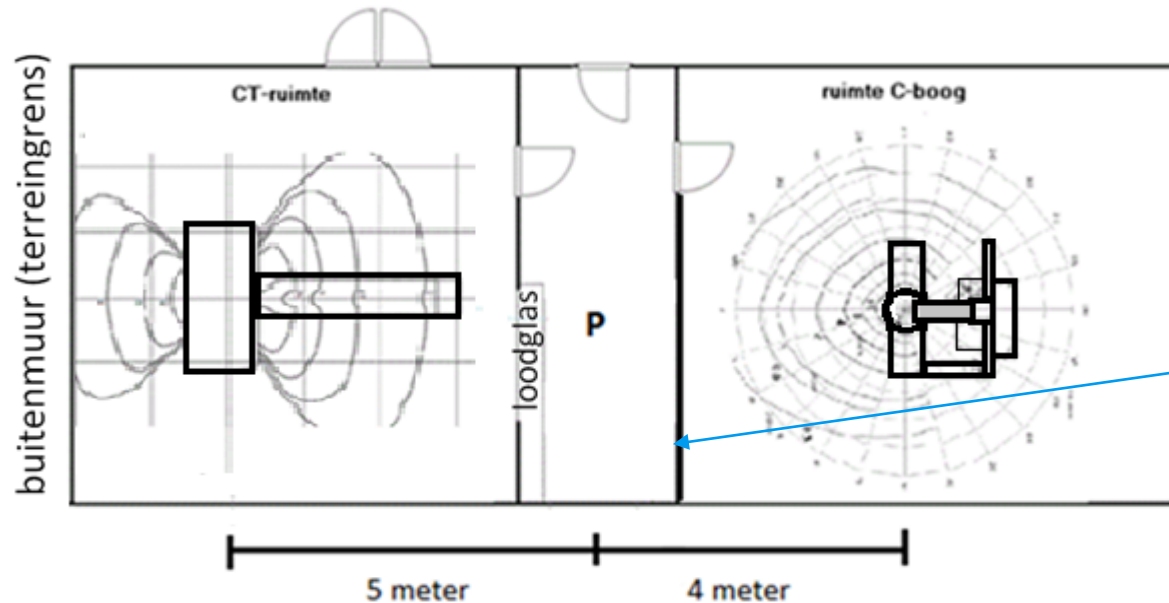
Toestellen met de iso-kerma verdelingen



CT-scanner



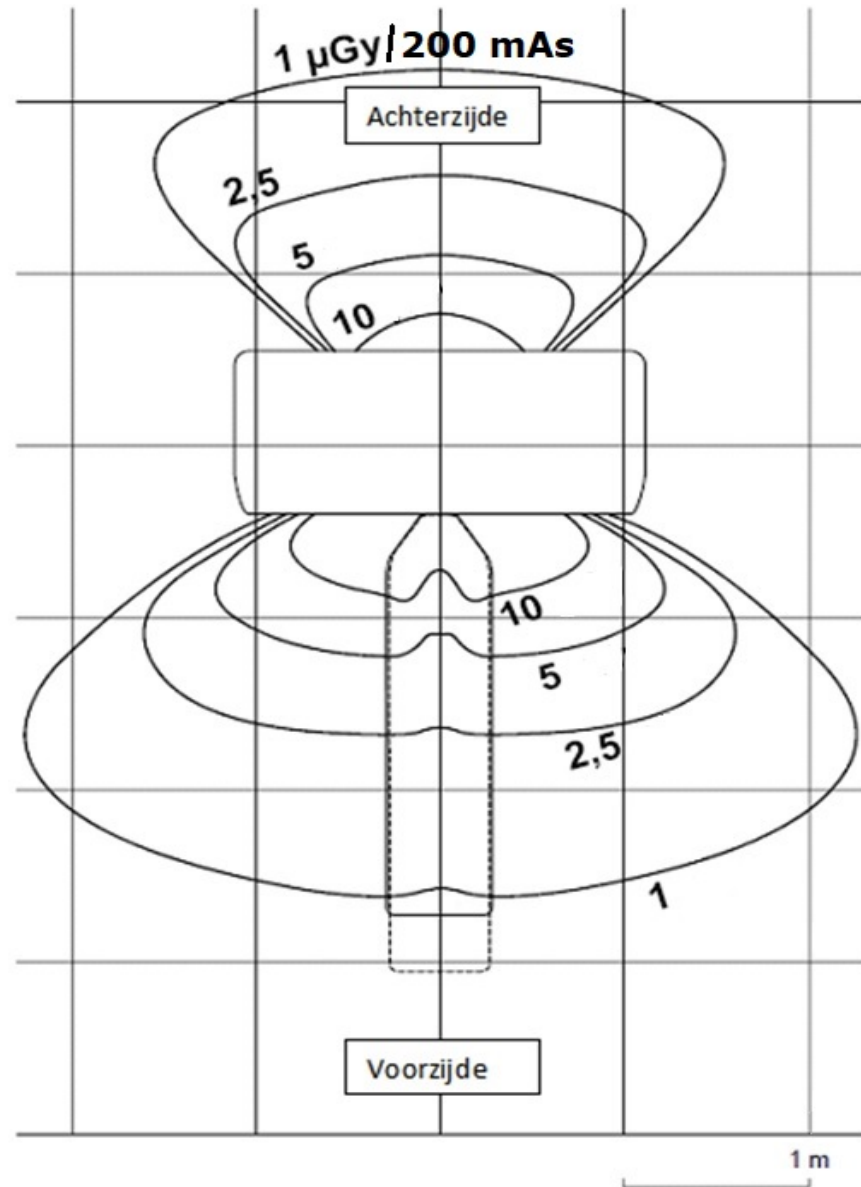
C-boog



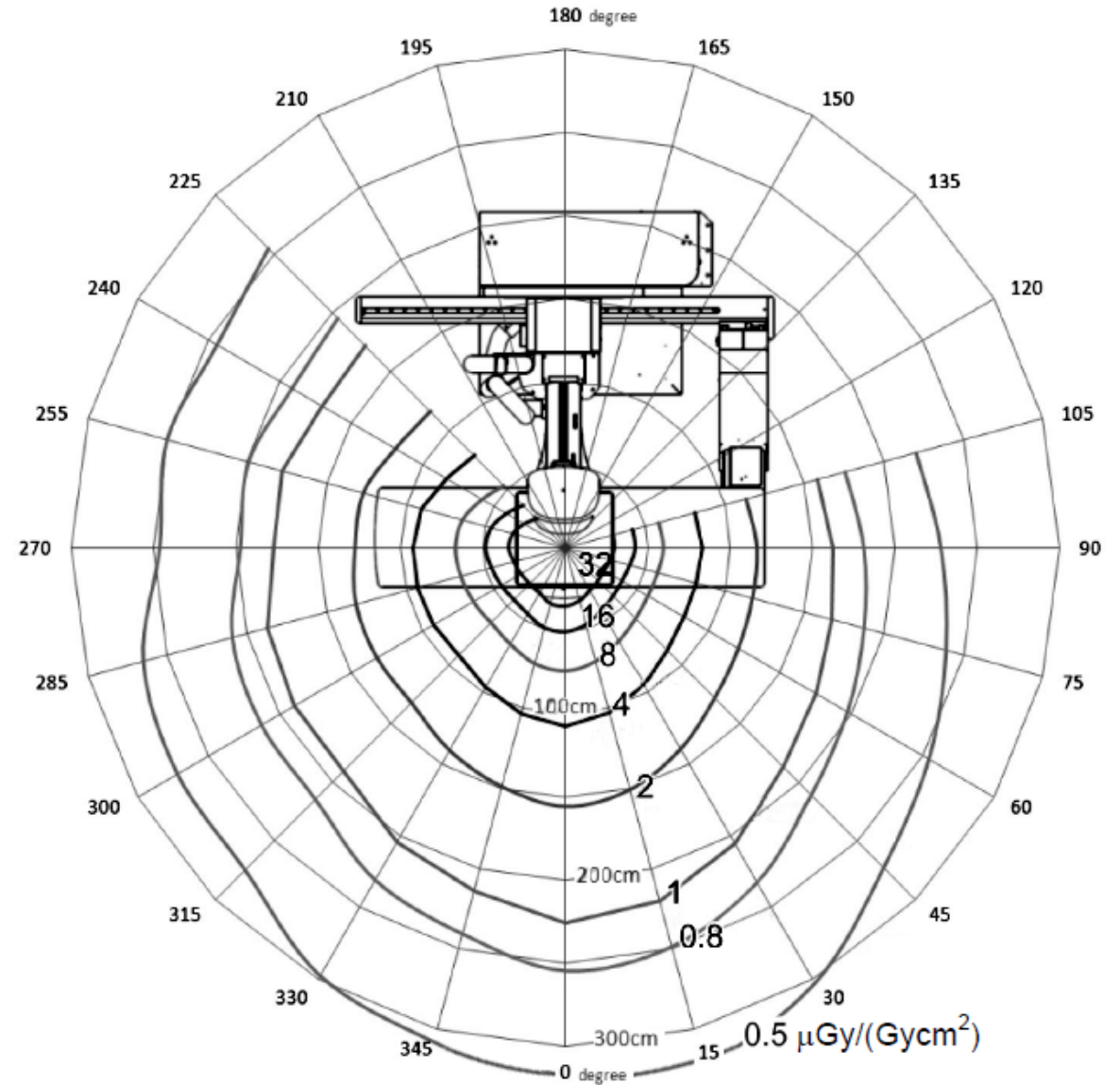
P – positie werknemer in de bedieningsruimte

Wand tussen C-boog en P bestaat uit 1 mm Pb. De afschermdende werking van overig wandmateriaal mag worden verwaarloosd.

CT-scanner



C-boog



Algemene gegevens

- Conversiefactor $E(AP) / K_a = 1,4 \text{ Sv/Gy}$
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door lood
- Omrekening loodequivalent naar loodglasdikte
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door beton

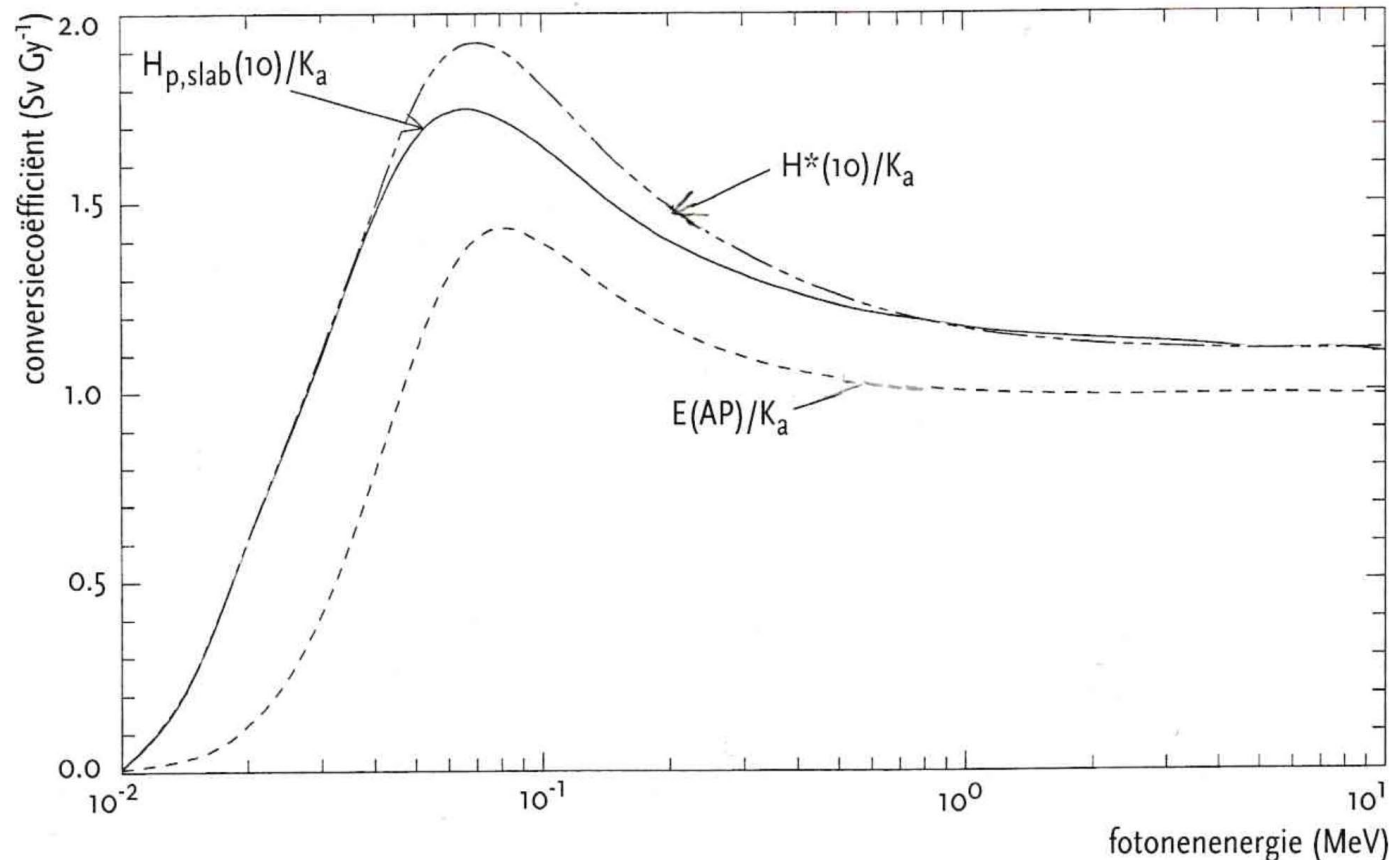
Conversiefactoren (voor H en E) in relatie tot de air-kerma (K_a)

21:33 Vr 22 nov.

7%

Terug

Scanresult.



- $H_{p,slab}(10) / K_a$ (ICRU-fantoom)
- - - $H^*(10) / K_a$ (dosisequivalent)
- · - · $E(AP) / K_a$ (effectieve dosis)

Oplossing 4.2

Oplossing 4.4

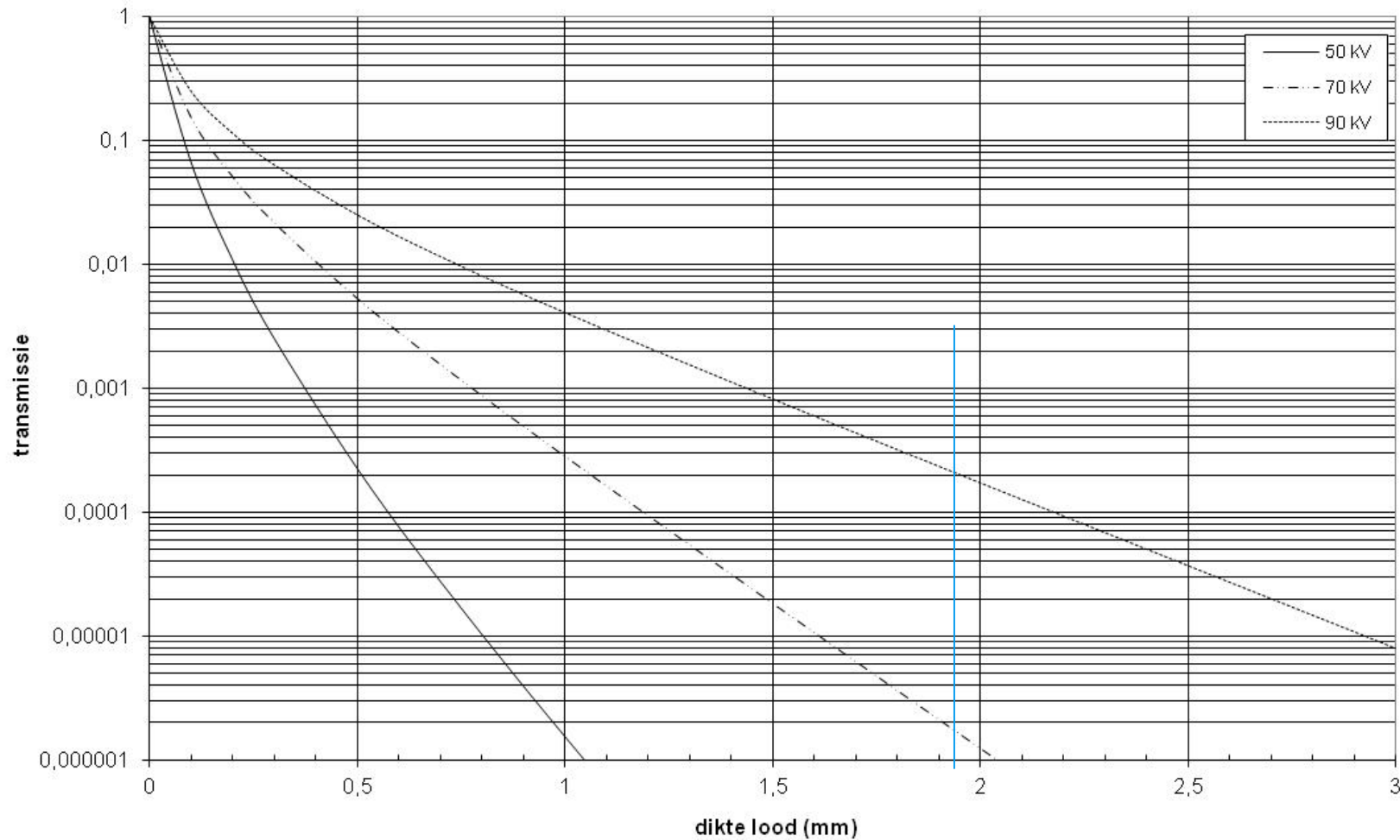


Algemene gegevens

- Conversiefactor $E(AP)/K_a = 1,4 \text{ Sv/Gy}$
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door lood
- Omrekening loodequivalent naar loodglasdikte
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door beton

Transmissie grafieken voor lood

transmissie van röntgenstraling door lood



Oplossing 4.1

Oplossing 4.2

Algemene gegevens

- Conversiefactor $E(AP)/K_a = 1,4 \text{ Sv/Gy}$
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door lood
- Omrekening loodequivalent naar loodglasdikte
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door beton

Omrekening loodequivalent naar loodglasdikte

Conversiefactoren
 van aantal mm
 loodequivalent naar
 mm loodglasdikte bij
 verschillende
 buisspanningen.

Oplossing 4.2

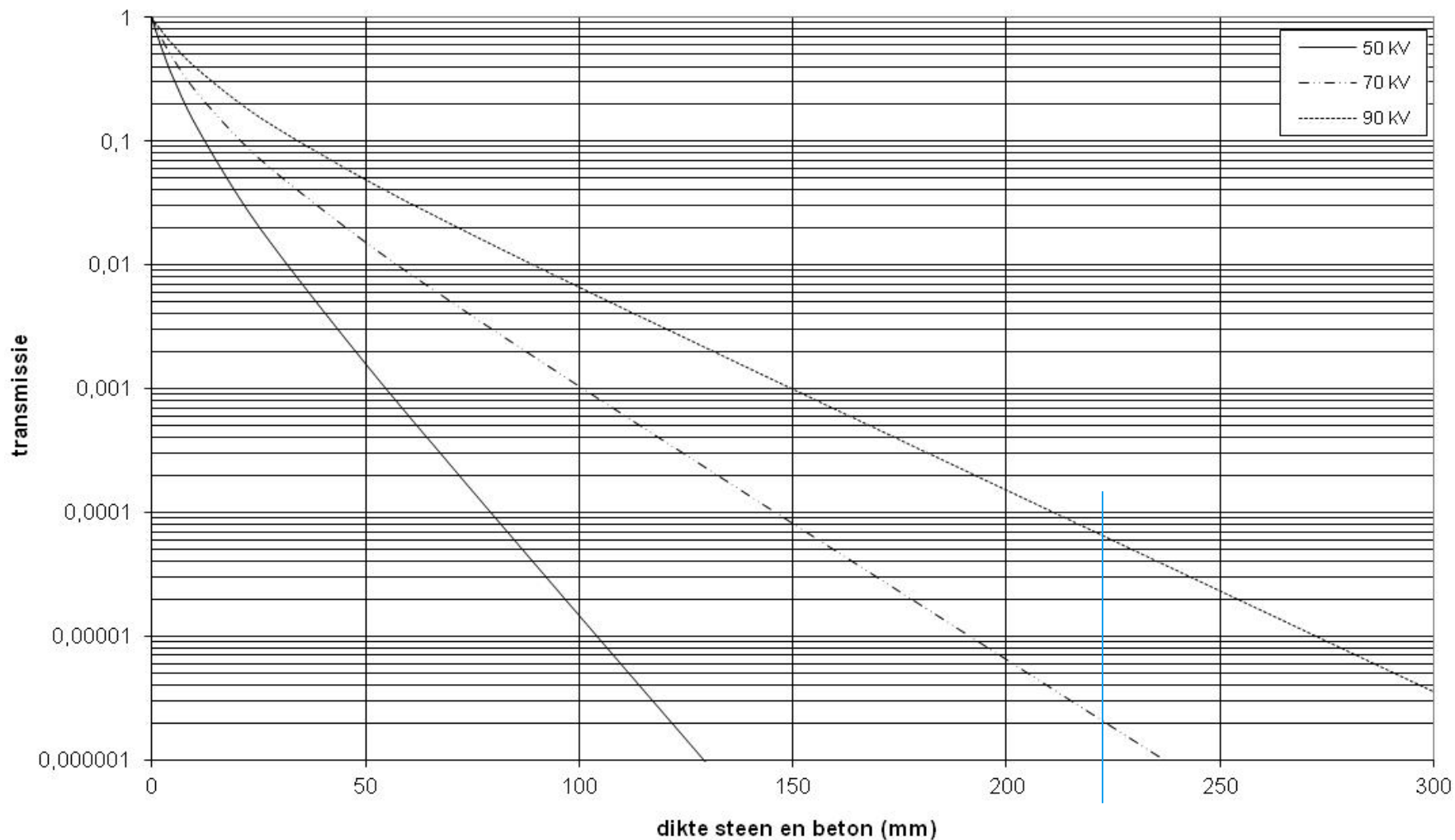
mm loodglas	LOOD-EQUIVALENTEN in mm Pb						
	80 kV	100 kV	110 kV	150 kV	200 kV	250 kV	300 kV
4,0	1,4	1,4	1,3	1,2	1,0	1,0	1,0
5,0	1,7	1,7	1,7	1,5	1,3	1,3	1,3
5,7	1,9	1,9	1,9	1,7	1,5	1,5	1,5
7,0	2,3	2,3	2,3	2,1	1,8	1,8	1,8
8,5	2,7	2,8	2,9	2,6	2,1	2,1	2,2
10,0	3,2	3,2	3,3	2,9	2,5	2,6	2,6
11,0	3,6	3,5	3,6	3,2	2,8	2,8	2,9
12,0	4,0	3,8	4,0	3,5	3,0	3,1	3,2
14,0	4,7	4,5	4,6	4,1	3,5	3,6	3,7
16,0	5,3	5,1	5,3	4,7	4,0	4,1	4,3
18,0	6,0	5,7	5,9	5,2	4,4	4,6	4,8

Algemene gegevens

- Conversiefactor $E(AP)/K_a = 1,4 \text{ Sv/Gy}$
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door lood
- Omrekening loodequivalent naar loodglasdikte
- Transmissiegrafieken van röntgenstraling door beton

Transmissiegrafiek van 50-, 70- en 90-kV-röntgenstraling door beton met een soortelijke gewicht van 2400 kg/m³

transmissie van röntgenstraling door steen en beton

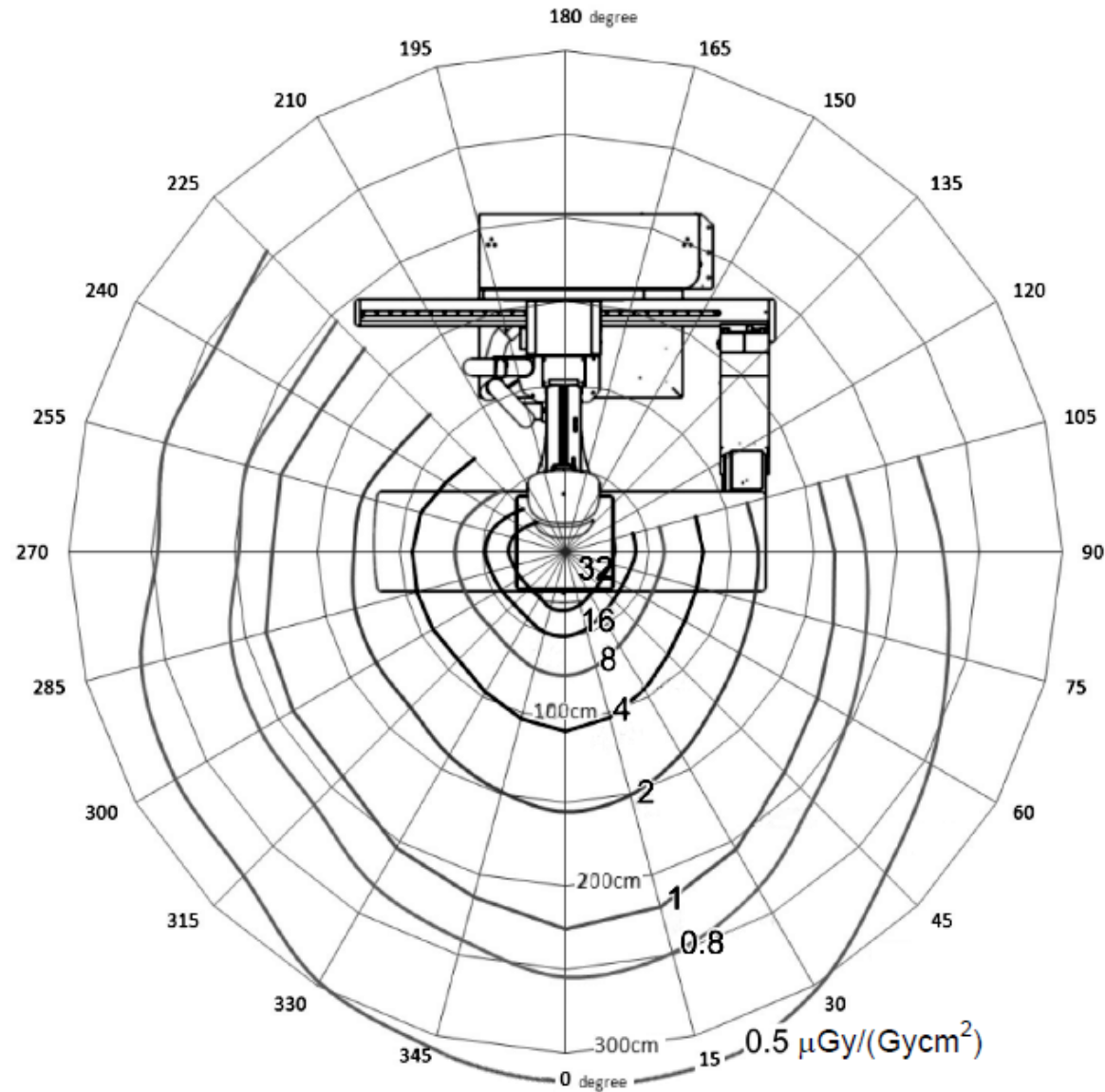


Oplossing 4.3

Gegevens C-boog:

- Per jaar worden er 800 onderzoeken uitgevoerd op de C-boog;
- De C-boog geeft per onderzoek een gemiddelde DOP-waarde van $20 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2$. De DOP-waarde (dosis-oppervlakte-product) is het product van de intreedosis (Gy) en de veldgrootte (cm^2);
- Iso-kermakaart C-boog → volgende dia.

Iso-kermakaart C-boog



Oplossing 4.1

Oplossing 4.4

Gegevens C-boog:

- Per jaar worden er 800 onderzoeken uitgevoerd op de C-boog;
- De C-boog geeft per onderzoek een gemiddelde DOP-waarde van 20 Gy·cm². De DOP-waarde (dosis-oppervlakte-product) is het product van de intreedosis (Gy) en de veldgrootte (cm²)*;
- Iso-kermakaart C-boog.

* N.B. Met een gemiddelde veldgrootte van 15 x 15 cm² komt dit neer op een dosis van een kleine 90 mGy (voor de patiënt)

Vraag 4.1 (4 punten)

Bereken de effectieve jaardosis achter de loodbevattende wand op positie P ten gevolge van alleen de C-boog.

De kerma (K_a) strooistraling op 3 meter afstand bedraagt $0,6 \mu\text{Gy}$ per $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$

Oplossing

Op 3 meter afstand van het verstrooiend vlak bedraagt het dosiskerma:

- $0,6 \mu\text{Gy}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2 \times 20 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2/\text{doorlichting} \times 800 \text{ doorlichtingen} = 9,6 \text{ mGy}/\text{j}$
- Ter plaatse van P op 4 meter afstand $\rightarrow 9,6 \text{ mGy} \times (3\text{m}/4\text{m})^2 = 5,4 \text{ mGy}/\text{j}$
- 1 mm Pb geeft een $T = 0,004$ (uit grafiek) $\rightarrow 5,4 \text{ mGy} \times 0,004 = 21,6 \mu\text{Gy}/\text{j}$
- $21,6 \mu\text{Gy} \times 1,4 \text{ Sv}/\text{Gy} = 30 \mu\text{Sv}/\text{j}$

De muur tussen de bedieningsruimte en de CT-scanner is voorzien van lood, met een venster voorzien van loodglas. Uit ALARA-oogpunt is besloten dat de totale effectieve dosis in de bedieningsruimte niet hoger dan $50 \mu\text{Sv}$ per jaar mag zijn.

Gegevens CT-scanner:

- Iso-kerma kaart van de CT (aantal $\mu\text{Gy}/200 \text{ mAs}$ op diverse afstanden);
- De buisspanning van de CT-scanner is **gemiddeld 90 kV**;
- De mAs-waarde van de CT-scanner is $51.850.000 \text{ mAs}$ per jaar*, voor alle uitgevoerde onderzoeken.

- Wat betekent dit eigenlijk voor het aantal uit te voeren onderzoeken?

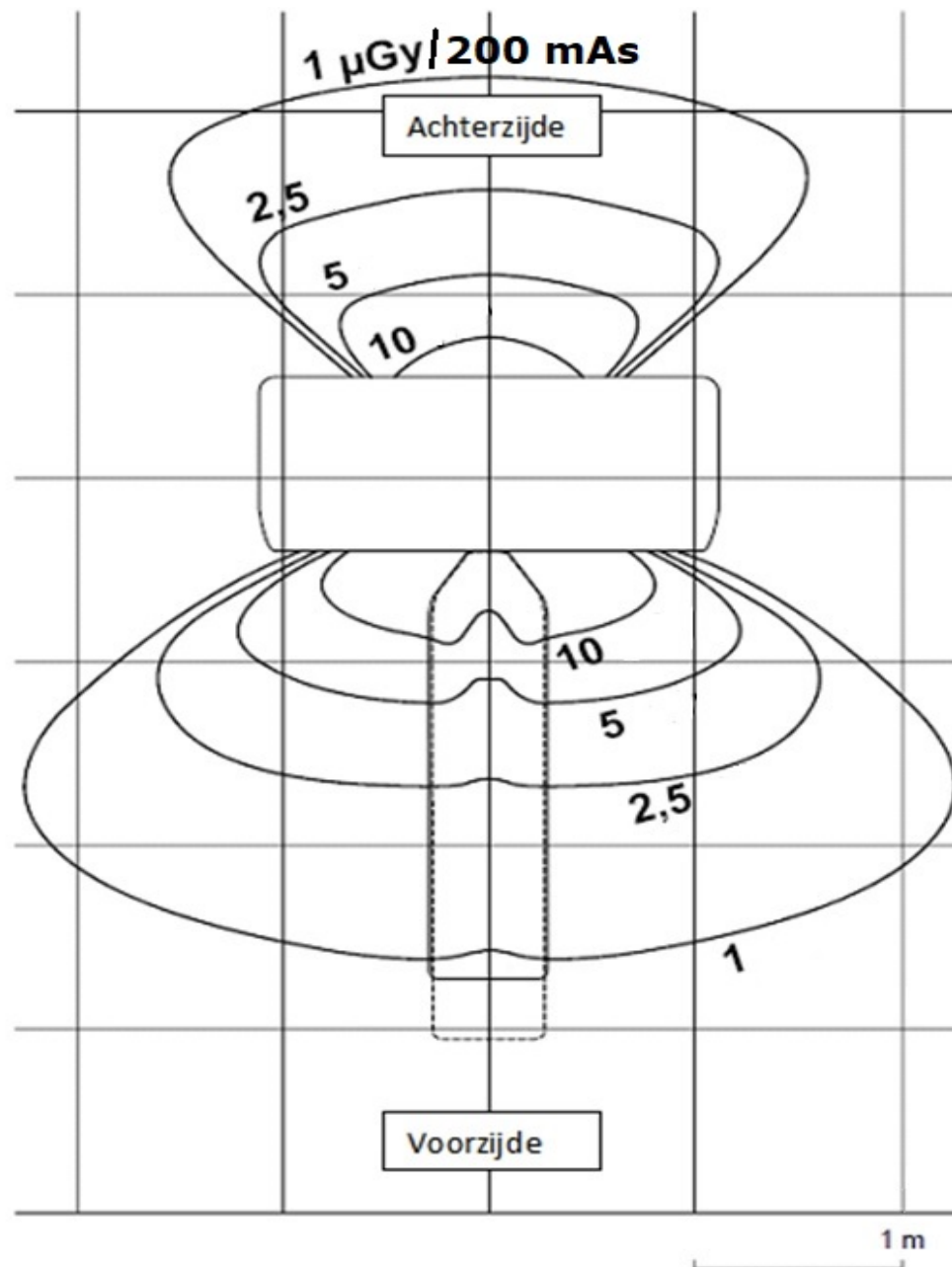
Bij een (vrij hoge) 400 mAs -waarde per onderzoek kom ik dan op zo'n 500 onderzoeken per dag!? Dit gaat je met minimaal 10 min. per onderzoek niet lukken ☺

Kortom: deze 'workload' is niet reëel...

Iso-kerma kaart CT-scanner

Oplossing 4.2

Oplossing 4.3



Vraag 4.2 (5 punten)

Bereken de benodigde dikte van het loodglas in gehele mm's, wanneer de totale effectieve dosis in P niet meer dan $50 \mu\text{Sv}/\text{jaar}$ mag bedragen.

Oplossing

- Op ongeveer 2,6 m afstand van het verstrooiend vlak bedraagt de kerma $1 \mu\text{Gy}/200 \text{ mAs}$ (zie iso-kermakaart).
- Op 5 m afstand: $1 \mu\text{Gy}/200 \text{ mAs} \times (2,6 \text{ m}/5 \text{ m})^2 = 0,2704 \mu\text{Gy}/200 \text{ mAs}$
- Totale airkerma op 5 m bij 51.850.000 onderzoeken $\rightarrow 70101 \mu\text{Gy}$
- $E(\text{AP})/K_a = 1,4 \text{ Sv/Gy}$ $\rightarrow 70101 \mu\text{Gy} \times 1,4 \text{ Sv/Gy} \rightarrow 98100 \mu\text{Sv}$

Door het loodglas mag slechts $50 \mu\text{Gy} - 30 \mu\text{Gy}$ (C-boog) = $20 \mu\text{Gy}$ komen

- $T = \frac{20 \mu\text{Gy}}{98100 \mu\text{Gy}} = 2 \times 10^{-4}$ Dit komt neer op 1,95 mm Pb (grafiek)
- Deze 1,95 mm Pb komt overeen met 6 mm loodglas (5,85 mm)

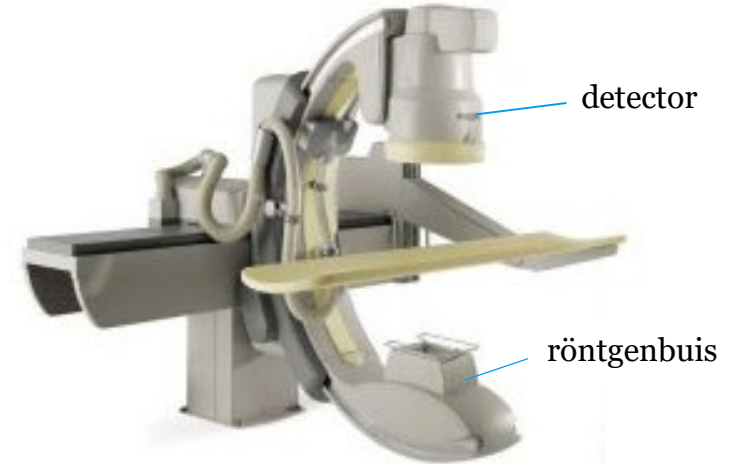
Op naar de volgende vraag.....

De achterzijde van de CT-scanner staat in de richting van de buitengevel. De buitenmuur bestaat uit 20 cm beton en 10 cm gasbeton en is tevens de terreingrens. De afstand tussen het denkbeeldig punt waar de strooistraling ontstaat bij de CT-scanner en de buitenzijde van de buitenmuur is 2,3 meter.

Gasbeton bestaat uit dezelfde grondstoffen als normaal beton, echter met een veel kleinere soortelijke massa doordat er kleine gasbelletjes in zitten. Het soortelijk gewicht van normaal beton is 2400 kg/m^3 . Het soortelijk gewicht van gasbeton is 600 kg/m^3 .

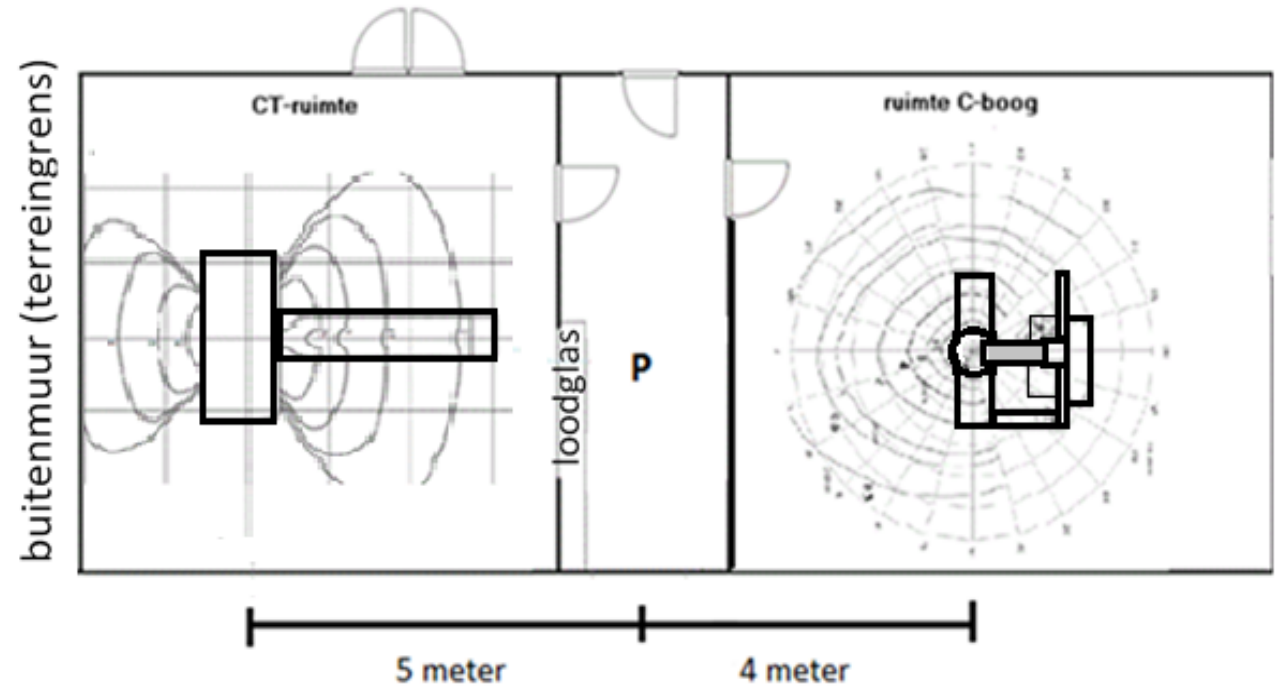


CT-scanner



C-boog

Situatieschets



Vraag 4.3 (4 punten)

Ga na of de bijdrage van de CT-scanner aan de effectieve dosis op de terreingrens lager is dan het secundair niveau*.

* *Secundair niveau (voor externe straling) is $10 \mu\text{Sv/jaar}$*

Oplossing

- Achterzijde scanner op 2,3 m komt 1 μ Sv/200 mAs
- Per jaar is de K_a $\frac{51.850.000}{200} \times 1 \mu\text{Gy} = 259250 \mu\text{Gy}$
- Conversiefactor $E = 259250 \mu\text{Gy} \times 1,4 \text{ Sv/Gy} \rightarrow 363 \text{ mSv/jaar}$
- 20 cm normaal beton + 10 cm gasbeton \rightarrow 22,5 cm normaal beton
- T is ongeveer 0,00006 \rightarrow totale T is $363 \text{ mSv/jaar} \times T = 22 \mu\text{Gy/jaar}$
- N.B. Voldoet derhalve niet aan het secundaire niveau.

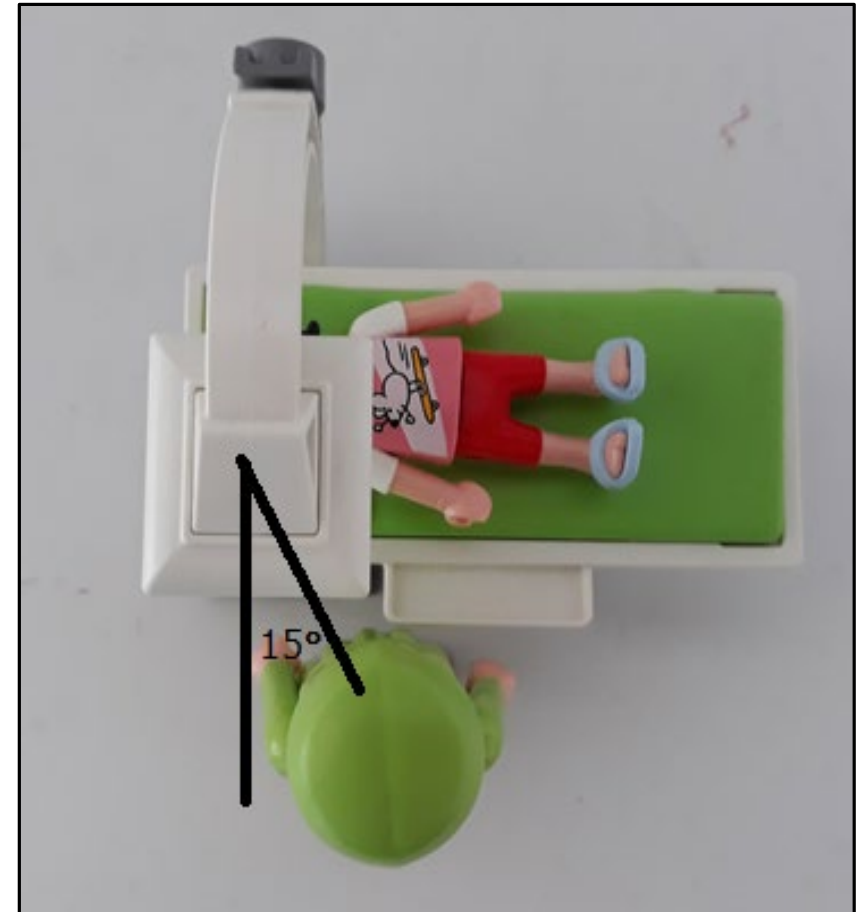
Ooglensdosis bij de C-boog



- röntgenbuis onder de tafel;
- verstrooiingshoek is 15° (\rightarrow ooglens);
- dragen loodschort;

— lensbescherming

200 verrichtingen/jaar



Verdere gegevens

- Bij de C-boog is de afstand tussen het denkbeeldige punt in de patiënt waar de strooistraling ontstaat en de ogen van de radioloog gemiddeld 80 cm;
- De conversiefactor $D_{\text{ooglens}}/K_a = 1,9 \text{ Gy/Gy}$;
- De equivalente dosis voor de ooglens mag u gelijkstellen aan de ooglensdosis:
 $H_{\text{ooglens}} \text{ (Sv)} = D_{\text{ooglens}} \text{ (Gy)} \times 1 \text{ (Sv/Gy)}$
- Iso-kerma kaart van de C-boog op een hoogte van 150 cm ten opzichte van de vloer. Deze iso-kerma kaart mag gebruikt worden voor de kerma op ooghoogte.

Vraag 4.4 (4 punten)

Bereken, met behulp van de iso-kerma kaart van de C-boog of de equivalente dosislimiet voor de ooglen^{*} van de radioloog wordt overschreden.

* dosislimiet ooglensdosis is 20 mSv/j (was 150 mSv/j)

Oplossing

- Uit iso-kaart C-boog → op 100 cm bedraagt de dosis $4 \mu\text{Gy}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$
- Op lensafstand (80 cm) is dit $4 \mu\text{Gy}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2 \times (100/80)^2 = 6,25 \mu\text{Gy}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$
- Kerma op 80 cm: $\text{DOP} \times K_a/\text{DOP}$
- $K \rightarrow 20 \text{ Gy}\cdot\text{cm}^2 \times 6,25 \mu\text{Gy}/\text{Gy}\cdot\text{cm}^2 = 125 \mu\text{Gy}$ per onderzoek
- Bij 200 onderzoeken → $200 \times 125 \mu\text{Gy} = 25 \text{ mGy}$
- Conversiefactor: $D_{\text{ooglens}} = K_a \times D_{\text{ooglens}} / K_a \rightarrow 25 \text{ mGy} \times \underline{1,9 \text{ Gy}/\text{Gy}} = 47,5 \text{ mGy}$
- $H_{\text{ooglens}} (\text{Sv}) = D_{\text{ooglens}} (\text{Gy}) \times 1 \text{ Sv}/\text{Gy} \rightarrow 47,5 \text{ mSv}/\text{jaar}$
- Dit is boven de limiet van 20 mSv/jaar Wat te doen?

Wat zijn eigenlijk de gevolgen voor de patiënten?

Ter completering van het risico-overzicht wilt u bepalen wat de gevolgen zijn van de blootstelling ten gevolge van de CT-opnames voor de patiënten.

Gegevens:

- De gemiddelde effectieve dosis van een CT-opname bedraagt 8 mSv*;
- Het aantal patiënten dat per jaar een CT-onderzoek ondergaat bedraagt naar schatting 5000 (ongeveer 25 onderzoeken per dag)

* *CT-thorax: 7,8 mSv (ICRP 60) en 8,9 mSv (ICRP 103)*

Vraag 4.5

- CT-thorax geeft gemiddeld 8 mSv per onderzoek
- 5000 onderzoeken per jaar

Hoeveel doden ten gevolge van kanker verwacht u per jaar als gevolg van deze CT-onderzoeken?

Oplossing?

Uitgaande van de LNT-hypothese \rightarrow 5% per Sievert

- $5\%/Sv \times 5000$ patiënten $\times 8 \times 10^{-3}$ Sv \rightarrow 2 patiënten †

Theoretisch is dit inderdaad juist, maar

Vraag 4.6

Is het berekenen van het aantal doden ten gevolge van de CT-onderzoeken, gebaseerd op de LNT-hypothese, in lijn met de aanbevelingen van de ICRP?

(Tijd voor discussie?)

Dit zegt de ICRP hierover

*“Nee, door biologische en statistische onzekerheden wordt het door ICRP sterk afgeraden het hypothetische aantal personen met kanker of erfelijke ziekten te berekenen op basis van lage dosiswaarden opgelopen door grote aantallen mensen over langere perioden” **

**ICRP 103 pagina 51 lid 66*