



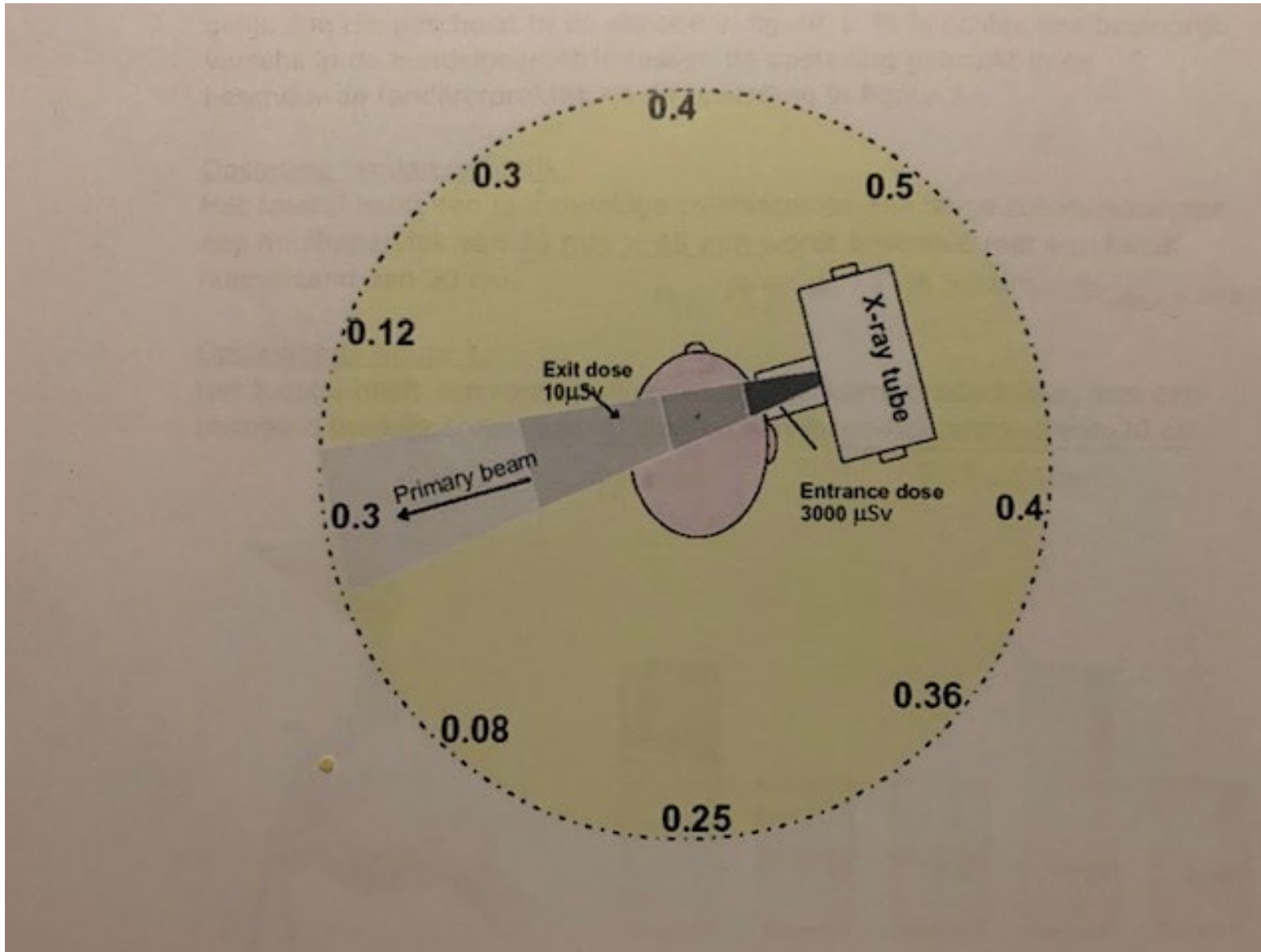
Tandheelkundige röntgenopnames

Examenvraag uit het juli-examen 2020 voor coördinerend deskundige (CD)

Vraagstuk Tandheelkundige röntgenopnames

Een tandarts is gespecialiseerd in het behandelen van angstige patiënten. Tijdens het maken van röntgenopnames blijft deze tandarts altijd bij de patiënt staan. In het kader van een risico-inventarisatie en -evaluatie (RI&E) zoekt de stralingsbeschermingsdeskundige naar dosisgegevens. Hij vindt een figuur met daarin het persoonsdosisequivalent ten gevolge van de primaire bundel en strooistraling. In de fig. zijn ook de waarden van het persoonsdosisequivalent van de ingaande en de uitgaande bundel weergegeven.

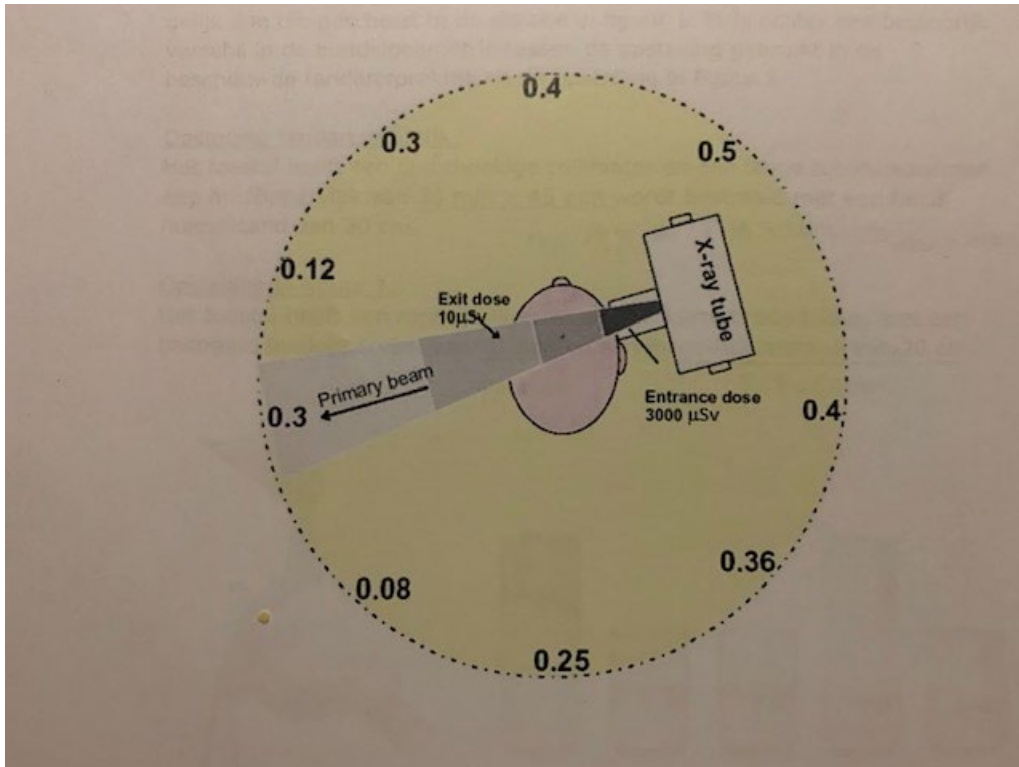
Opdracht: Formuleer op basis van de gegevens en deelvragen uit dit vraagstuk uw evaluatie van de risico's voor de behandelend tandarts.



Persoonsdosisequivalent in μSv als gevolg van stroostraling en de primaire bundel op 1 meter afstand van het centrum van het hoofd bij een tandheelkundige röntgenopname.

Afbeelding uit Radiation Protection for Dentists and Assistants (Office of Radiation Safety, Ministry of Health, Nieuw-Zeeland).

Toelichting figuur



- Ter wille van de eenvoud mag ervan uit worden gegaan, dat de strooistraling in het centrum van het hoofd wordt geproduceerd;
- De dosiswaarden in de uittredende bundel ('*Primary beam*') worden veroorzaakt door zowel de verzwakte primaire bundel als de verstrooide straling;
- Hp(10) op de intree-positie van de bundel ('*Entrance dose*') is 3,0 mSv;
- Hp(10) op de uittree-positie van de bundel (Exit dose) is 10 μSv.

Verdere gegevens

De gebruikte buisstroom, kV, belichtingstijd en filtering zijn in alle situaties gelijk aan die geschetst in de situatie in de figuur.

Er bestaat echter een belangrijk verschil in de bundelgeometrie tussen de opstelling gebruikt in de beschouwde tandartspraktijk en de opstelling in de figuur.

Figuur: Het toestel heeft een ronde collimator en een korte brede tubus, met een bestraald huidoppervlak van 30 cm^2 en een focus-huidafstand van 20 cm.

Tandartspraktijk: Het toestel heeft een rechthoekige collimator en een lange tubus, waarmee een huidoppervlak van $35 \text{ mm} \times 45 \text{ mm}$ wordt bestraald met een focus-huidafstand van 30 cm.

Figuur



Huidveldgrootte is 30 cm²
FHA = 20 cm

Tandartspraktijk

Huidveldgrootte is 15,75 cm²
FHA = 30 cm



Verdere gegevens

- Tabel met Interactiecoëfficiënten (μ/ρ) voor fotonen (*Bos et al*);
- Tabel met Expositie-opbouwfactor ($\mu \cdot d$) voor isotrope puntbron (*Bos et al*);
- In dit vraagstuk mag ervan uit worden gegaan dat de effectieve energie van de uitgezonden röntgenfotonen 50 keV⁺ is;
- Ga ervan uit dat de geabsorbeerde huiddosis gelijk is aan de kerma in lucht;
- De verhouding tussen persoonsdosisequivalent Hp(10) en geabsorbeerde dosis D [$Hp(10)/D$] in de huid bij 50 keV fotonen bedraagt 1,766 Sv/Gy;
- Per jaar maakt de tandarts met dit toestel⁺⁺ 2000 opnamen.

Vraag 1.1

Hoe hoog is de geabsorbeerde dosis in het bestraalde huidoppervlak van een patiënt per opname bij *elk van de* opstellingen met de gegeven instellingen?

Oplossing → figuur:

- Intreedosis is 3000 μ Sv (bij een 'FHA' van 20 cm)
- Verhouding peroonsdosisequivalent en geabsorbeerde dosis: 1,766 Sv/Gy
- $D_{\text{huid}} = 3000 \cdot 10^{-6} [\text{Sv}] / 1,766 [\text{Sv/Gy}] \rightarrow 1,7 \text{ mGy}$

Oplossing → praktijk:

- Door de langere tubus c.q. de grotere 'FHA' wordt de huiddosis lager
- $D_{\text{huid}} = 1,7 \text{ mGy} \times (20 [\text{cm}] / 30 [\text{cm}])^2 \rightarrow 0,76 \text{ mGy}$

Let op: de huiddosis bij verschillende veldgroottes verandert vrijwel niet.

Dosis Referentie Niveau's (DRN)

In Nederland zijn nog geen dosis referentieniveaus (Engels → *DRL*) vastgesteld voor intra-orale röntgenopnames. Op de website van de IAEA staat in “Radiation doses in dental radiology, FAQs for health professionals” de volgende informatie:

- DRL values for adult exposures from various national surveys are in the following ranges: 0.65 to 3.7 mGy in terms of entrance surface kerma, and 26 to 87 mGy·cm² in terms of kerma-area product for intraoral radiography

Vraag 1.2

Vallen de berekende doses voor *elk van de* betreffende opstellingen zich qua dosisniveau boven, in, of beneden deze twee gegeven DRN-gebieden?
(De huiddosis mag gelijk gesteld worden aan de dosis in lucht)

DRN-waarden: intreedosis \rightarrow 0,65 – 3,7 mGy en ‘DOP’ \rightarrow 26 - 87 mGy·cm²

Voor de figuur vallen de waarden beide (1,7 mGy en 51 mGy·cm²) binnen de genoemde DRN-waarden.

Voor de tandartspraktijk valt de intreedosis (0,76 mGy) binnen de DRN-waarden, terwijl de DOP-waarde (0,76 mGy x 3,5 x 4,5 cm² = mGy·cm²) zelfs onder het gebied waarin de DRN-waarden vallen.

Vraag 1.3 Dosis in de praktijk bij 2000 opnames

De tandarts gaat altijd staan op de plek waar de patiënt het best gerustgesteld kan worden. Ten behoeve van de RI&E gaat de stralingsbeschermingsdeskundige daarom uit van de hoogst gegeven dosiswaarde (op basis van de figuur), op 50 cm afstand van het centrum van het hoofd van de patiënt (aan de kant van de röntgenbuis).

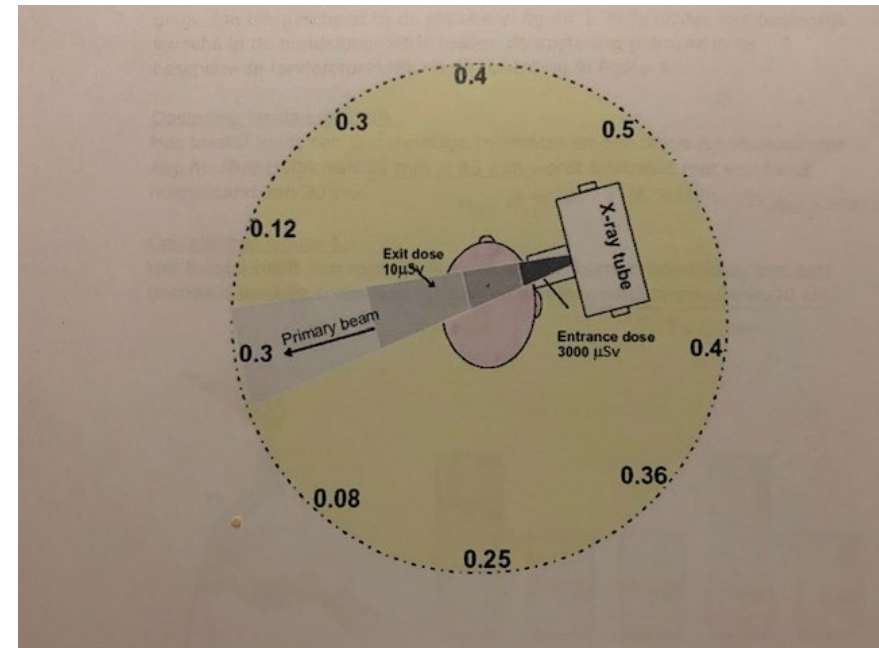
Persoonsequivalent $H_p(10)$ per opname:

$$0,5 \mu\text{Sv} \times \frac{15,75 \text{ cm}^2}{30 \text{ cm}^2} \times \frac{(20 \text{ cm})^2}{(30 \text{ cm})^2} \rightarrow$$

0,117 μSv op 1 m afstand \rightarrow

Dit is 0,47 μSv op een afstand van 50 cm

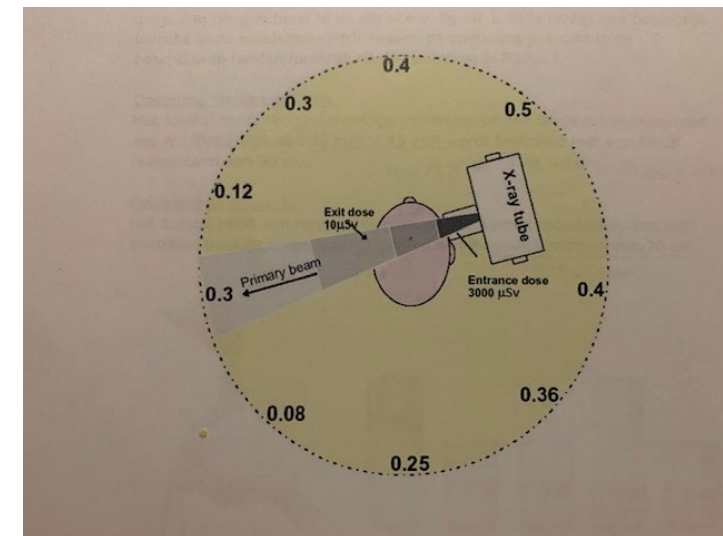
Bij 2000 opnames is dit derhalve **0,94 mSv/j***



*Vraag:

Hoe, kijkende naar de figuur en de gegeven afstand van de tandarts tot de patiënt (50 cm), kan deze dosis van 0,94 mSv gemakkelijk gereduceerd worden?

Beantwoord deze vraag online.



Uitgaan van de berekende dosis bij vr. 1.1?

Vuistregel verstrooide straling (*'Radiobiologie en stralingsbescherming'*):

Onafhankelijk van de verstrooiingshoek is het luchtkermaptempo van de verstrooide straling per m^2 veldgrootte op 1 meter afstand van het strooiende oppervlak altijd kleiner dan 10% van het luchtkermaptempo van de primaire bundel ter plaatse van het verstrooiende vlak.

[De verstrooiing is *maximaal* bij een veldgrootte van $1 m^2$ en een buisspanning van $150 kV^*$]

Deze regel toegepast op de situatie en gecorrigeerd voor de veldgrootte en de buisspanning:

$$\text{Dosis} = 0,76 \text{ mGy} \times 10 \% \times \frac{15,75 \text{ cm}^2}{10.000 \text{ cm}^2} \times 0,9^* \rightarrow \approx 0,11 \text{ } \mu\text{Gy} \text{ op } 1 \text{ m afstand verstrooiend vlak}$$

$$\text{Persoonsdosisequivalent op } 1 \text{ m: } 0,11 \text{ } \mu\text{Gy} \times 1,766 \text{ Sv/Gy} \rightarrow 0,19 \text{ } \mu\text{Sv}$$

$$\text{Op } 50 \text{ cm is dit een persoonsdosisequivalent van } 0,19 \text{ } \mu\text{Sv} \times (1\text{m}/0,5\text{m})^2 \rightarrow 0,76 \text{ } \mu\text{Sv/foto}$$

$$\text{Op jaarbasis is dat: } 0,76 \text{ } \mu\text{Sv/opname} \times 2000 \text{ opnames} \rightarrow \mathbf{1,5 \text{ mSv}}$$

Stralingscursus voor studenten THK

Tijdens deze cursus worden de volgende vuistregels gehanteerd:

- 1) Dosisequivalent per opname op 1 m afstand bij een bestraald oppervlak van 10 cm x 10 cm is 0,1 % van de intreedosis;
- 2) Dosis per opname op 1 m afstand van het verstrooiend vlak is 1 μSv .

Dit zou geven:

$$1) \quad 0,76 \text{ mGy} \times 0,1 \% \times \frac{15,75 \text{ cm}^2}{100 \text{ cm}^2} \rightarrow \approx 0,12 \text{ } \mu\text{Gy} \text{ op } 1 \text{ m afstand}$$

$$\text{Persoonsdosisequivalent op } 50 \text{ cm: } 0,12 \text{ } \mu\text{Gy} \times 1,766 \text{ Sv/Gy} \times 4 = 0,85 \text{ } \mu\text{Sv} \\ \text{(1,7 mSv/jaar)}$$

$$2) \quad \text{Persoonsdosisequivalent op } 50 \text{ cm: } 1 \text{ } \mu\text{Sv} \times 4 \rightarrow 4 \text{ } \mu\text{Sv} \\ \text{(8 mSv/jaar)}$$

En toen....

In het kader van ALARA wordt er een verrijdbare afscherming aangeschaft. De onderste helft van het scherm is volledig van lood, de bovenste helft bevat een groot raam van loodglas. De (equivalente) looddikte van scherm en loodglas bedraagt 1,5 mm.

Vraag 1.4a

Schat op basis van een berekening de transmissie van het scherm en loodglas voor fotonen met een energie van 50 keV.

Oplossing:

- Transmissie $T = e^{-u \cdot d}$ ($\times B$) $\rightarrow u = \mu/\rho \times \rho$; uit **tabel D** (*Bos et al*) volgt dat $u = 7,71 \text{ cm}^2/\text{g} \times 11,34 \text{ g/cm}^3 \rightarrow 87,4 \text{ cm}^{-1}$
- $d = 1,5 \text{ mm}$ en $ud = 13,11$

Dosisopbouwfactor B is $< 2,5$ (zie tabel)

Tabel 11.1 *Exposie-opbouwfactor voor isotrope puntbron*

| Materiaal | Foton-energie E (MeV) | μd | | | | | | |
|-----------|--------------------------|---------|------|------|------|------|------|------|
| | | 1 | 2 | 4 | 7 | 10 | 13,1 | 15 |
| Water | 0,255 | 3,09 | 7,14 | 23,0 | 72,9 | 166 | | 456 |
| | 0,5 | 2,52 | 5,14 | 14,3 | 38,8 | 77,6 | | 178 |
| | 1,0 | 2,13 | 3,71 | 7,68 | 16,2 | 27,1 | | 50,4 |
| | 2,0 | 1,83 | 2,77 | 4,88 | 8,46 | 12,4 | | 19,5 |
| | 3,0 | 1,69 | 2,42 | 3,91 | 6,23 | 8,63 | | 12,8 |
| Aluminium | 0,5 | 2,37 | 4,24 | 9,47 | 21,5 | 38,9 | | 80,8 |
| | 1,0 | 2,02 | 3,31 | 6,57 | 13,1 | 21,2 | | 37,9 |
| | 2,0 | 1,75 | 2,61 | 4,62 | 8,05 | 11,9 | | 18,7 |
| | 3,0 | 1,64 | 2,32 | 3,78 | 6,14 | 8,65 | | 13,0 |
| Ijzer | 0,5 | 1,98 | 3,09 | 5,98 | 11,7 | 19,2 | | 35,4 |
| | 1,0 | 1,87 | 2,89 | 5,39 | 10,2 | 16,2 | | 28,3 |
| | 2,0 | 1,76 | 2,43 | 4,13 | 7,25 | 10,9 | | 17,6 |
| | 3,0 | 1,55 | 2,15 | 3,51 | 5,85 | 8,51 | | 13,5 |
| Lood | 0,5 | 1,24 | 1,42 | 1,69 | 2,00 | 2,27 | 2,50 | 2,65 |
| | 1,0 | 1,37 | 1,69 | 2,26 | 3,02 | 3,74 | | 4,81 |
| | 2,0 | 1,39 | 1,76 | 2,51 | 3,66 | 4,84 | | 6,87 |
| | 3,0 | 1,34 | 1,68 | 2,43 | 3,75 | 5,30 | | 8,44 |

Vraag 1.4a

Schat op basis van een berekening de transmissie van het scherm en loodglas voor fotonen met een energie van 50 keV.

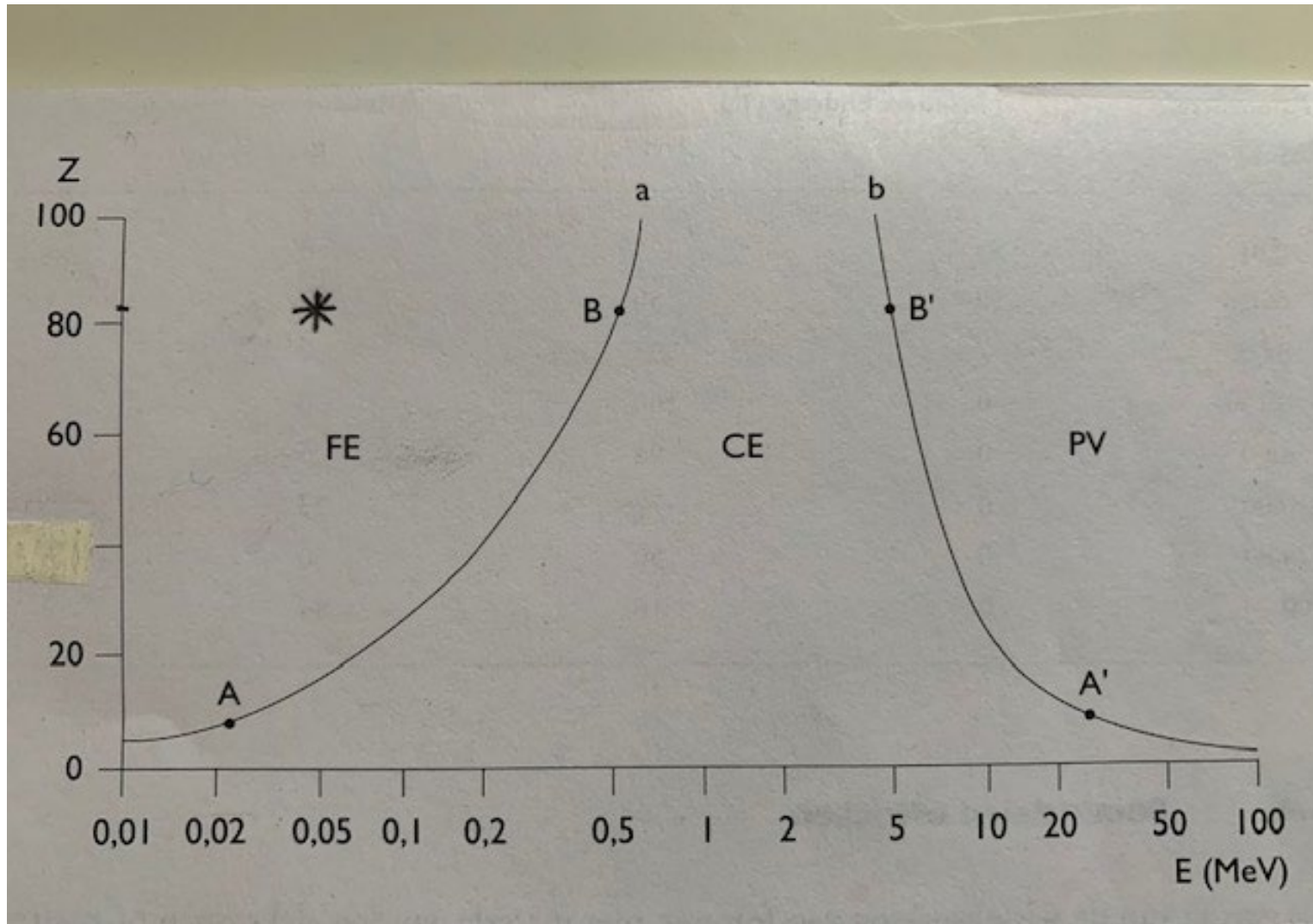
Oplossing:

Transmissie $T = e^{-u \cdot d}$ ($\times B$) $\rightarrow u = u/\rho \times \rho$, waaruit volgt dat $u = 87,4 \text{ cm}^{-1}$

$d = 1,5 \text{ mm}$ en $ud = 13,11$ Dosisopbouwfactor B is $< 2,5$ (zie tabel)

De build-up bij 50 keV zal in werkelijkheid gewoon 1 zijn omdat het foto-effect bij 50 keV in lood veruit dominant is en er weinig straling door het comptoneffect achter het lood wordt 'opgebouwd'.

Bijdrage wisselwerkingen tot verzwakking



Vraag 1.4b (= opdracht)

Formuleer op basis van de berekening uit dit vraagstuk uw evaluatie van de RI&E voor deze tandarts.

Bij een effectieve jaardosis van 0,94 mSv kan de tandarts als niet blootgesteld werker te boek staan (berekeningen toevoegen).

Door verdere invulling van het ALARA-principe (gebruik verrijdbare scherm) kan de extra jaardosis gereduceerd worden tot $< 2 \text{ nSv}$ ($0,94 \text{ mSv} \times 2 \times 10^{-6}$)

Bijgevoegd: berekening waarin bij 1000 opnamen het scherm niet is gebruikt.

Voor een berekende dosis van maximaal 1,5 of 1,7 mSv gaat deze RI&E er uiteraard iets anders uitzien (de tandarts valt hier onder de categorie blootgestelde werker – en wel als B-werker (→ ~~verrijdbare afscherming~~))