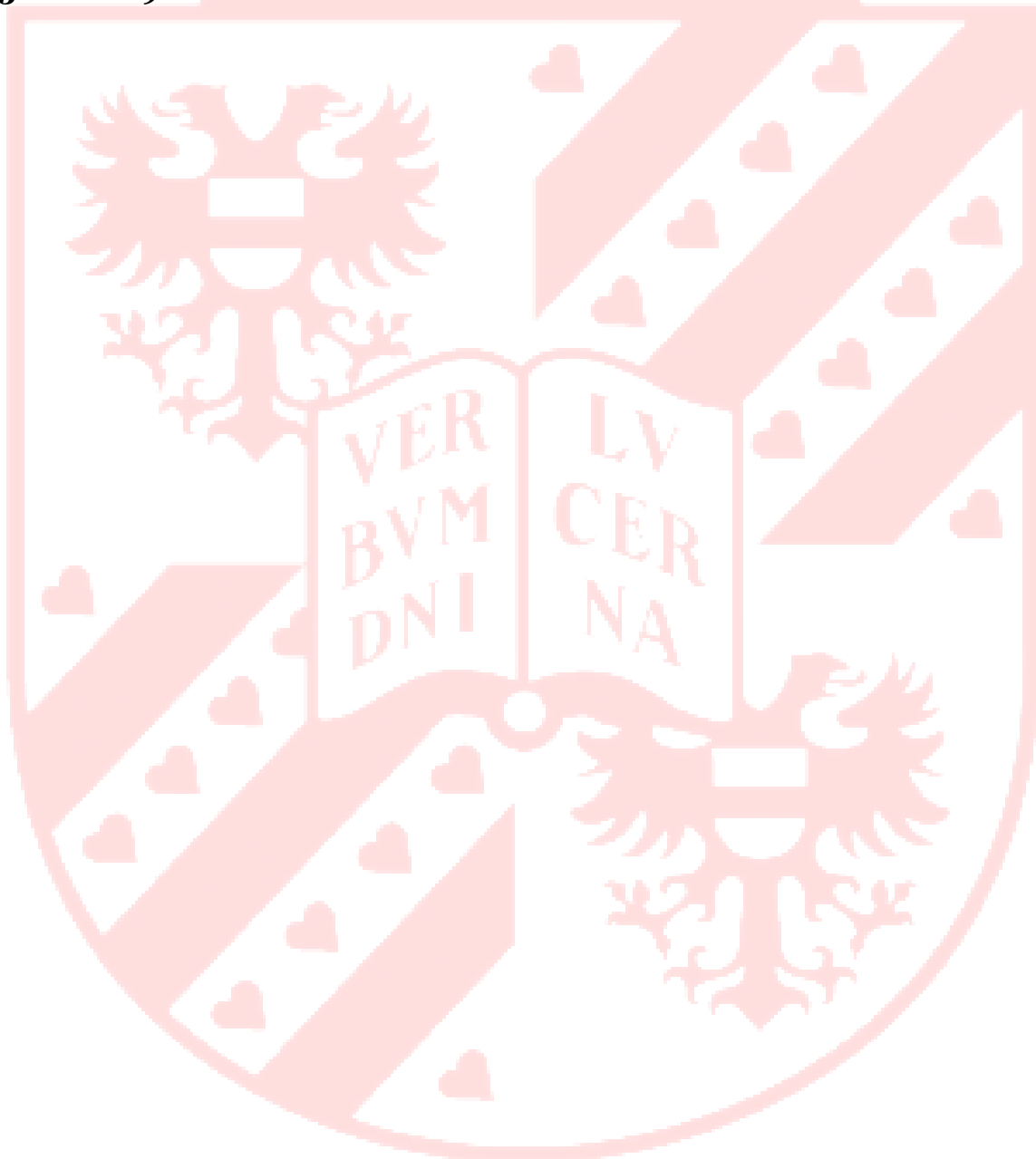


**Vraagstuk bij de
Nascholingsmiddag Stralingsdeskundigen 2019**

**Rijksuniversiteit Groningen
Groningen Academy for Radiation Protection**

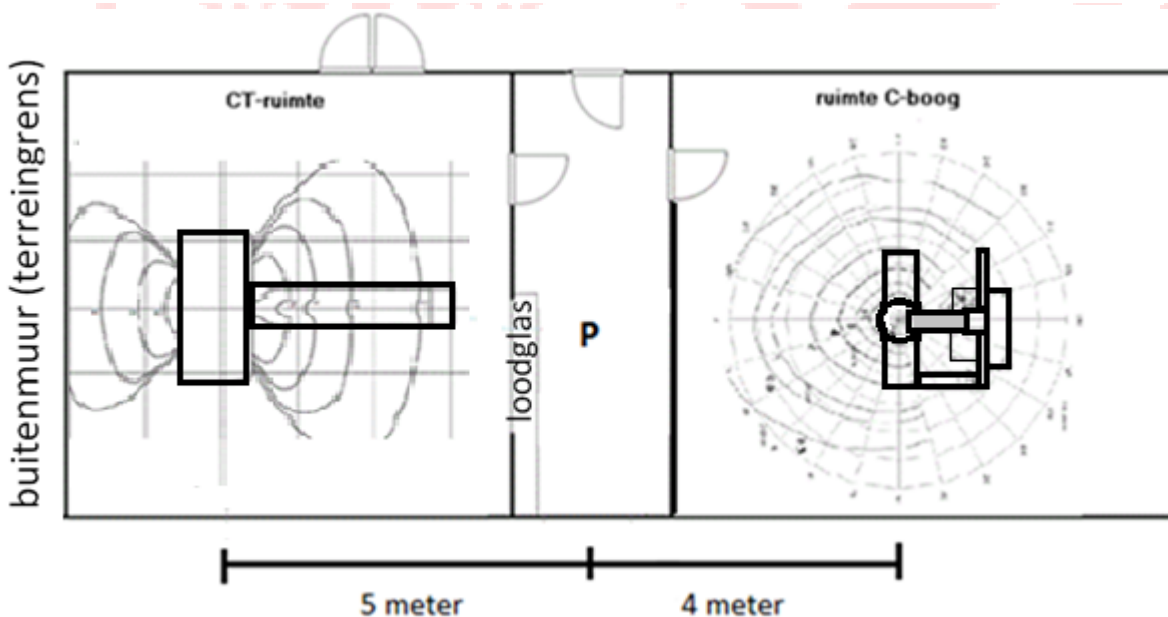
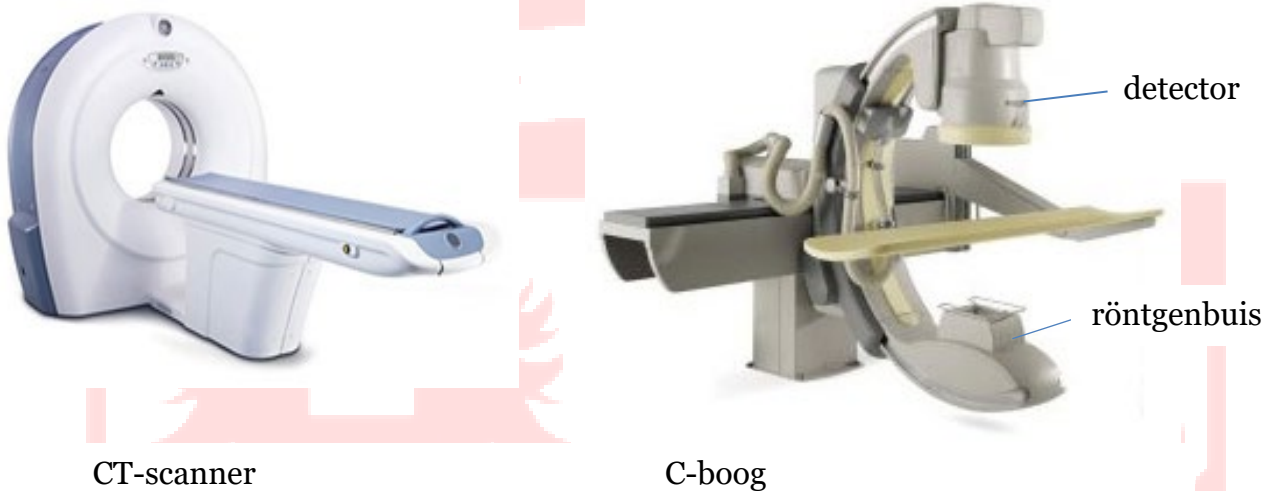
27 november 2019

**Vraagstuk is ontleend aan:
examen deskundigheidsniveau coördinerend deskundige
13 mei 2019**



Consequenties van de plaatsing van een CT-scanner

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.



Figuur 4.1: Situatieschets met de indeling van beide toestelruimtes en de tussenliggende bedieningsruimte.

In figuur 4.1 zijn de CT-scanner en C-boog weergegeven met bijbehorende kermaverdeling in de ruimte (zie ook bijlage blz. 9 en 10). P is de positie van een werknemer in de bedieningsruimte. De wand tussen de C-boog en de bedieningsruimte bevat 1,0 mm lood, de afscherpende werking van overig wandmateriaal wordt verwaarloosd. De afstanden in figuur 4.1 zijn de afstanden tussen P en een denkbeeldig punt waar de strooistraling ontstaat.

Algemene gegevens:

- Conversiefactor $E(AP)/K_a = 1,4 \text{ Sv/Gy}$
- **Bijlage, blz. 6:** Transmissiegrafieken van röntgenstraling door lood
- Het spectrum van de strooistraling van de C-boog en CT-scanner mag u voor transmissieberekeningen gelijkstellen aan 90-kV-röntgenstraling
- **Bijlage, blz. 7:** Omrekening loodequivalent naar loodglasdikte
- **Bijlage, blz. 8:** Transmissiegrafieken van röntgenstraling door beton

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)
- **Bijlage, blz. 9:** iso-kermakaart C-boog

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 door strooistraling op 3 meter afstand bedraagt $K_a = 0,6 \mu\text{Gy}$ per $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$ (afgelezen uit bijlage, blz. 9).

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:

- **Bijlage, blz. 10:** Iso-kerma kaart van de CT-scanner
- 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

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 μSv /jaar mag bedragen.

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 .

Vraag 4.3 (4 punten)

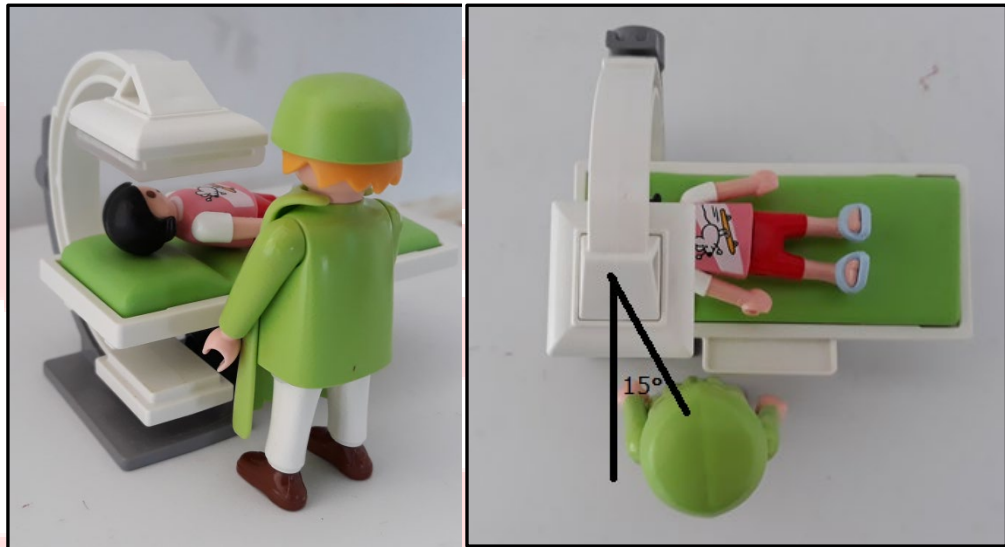
Ga na of de bijdrage van de CT-scanner aan de effectieve dosis op de terreingrens lager is dan het secundair niveau.

Ooglensdosis bij de C-boog

Binnen de kliniek werken meerdere radiologen, die onderling het aantal interventies op de C-boog verdelen, zodat elke radioloog maximaal 200 verrichtingen per jaar uitvoert. Tijdens het doorlichten met de C-boog bevindt de röntgenbuis zich onder de tafel. Elke radioloog staat, van boven af gezien, altijd onder een hoek van 15 graden ten opzichte van de C-boog (zie figuur 4.2). De radiologen dragen een loodschort, maar maken geen gebruik van beschermingsmiddelen voor de ogen.

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:
 $H_{\text{ooglens}} (\text{Sv}) = D_{\text{ooglens}} (\text{Gy}) \times 1 (\text{Sv/Gy})$
- **Bijlage, blz. 9:** Iso-kerma kaart van de C-boog op een hoogte van 150 cm ten opzichte van de vloer. Deze iso-kerma kaart mag worden gebruikt voor de kerma op ooghoogte.



Figuur 4.2: Verrichtingen met de C-boog

Vraag 4.4 (4 punten)

Bereken, met behulp van de iso-kerma kaart van de C-boog (bijlage, blz. 10), of de equivalente dosislimiet voor de ooglenzen van de radioloog wordt overschreden.

U wilt ter completering van uw risico-overzicht 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.

Vraag 4.5 (2 punten)

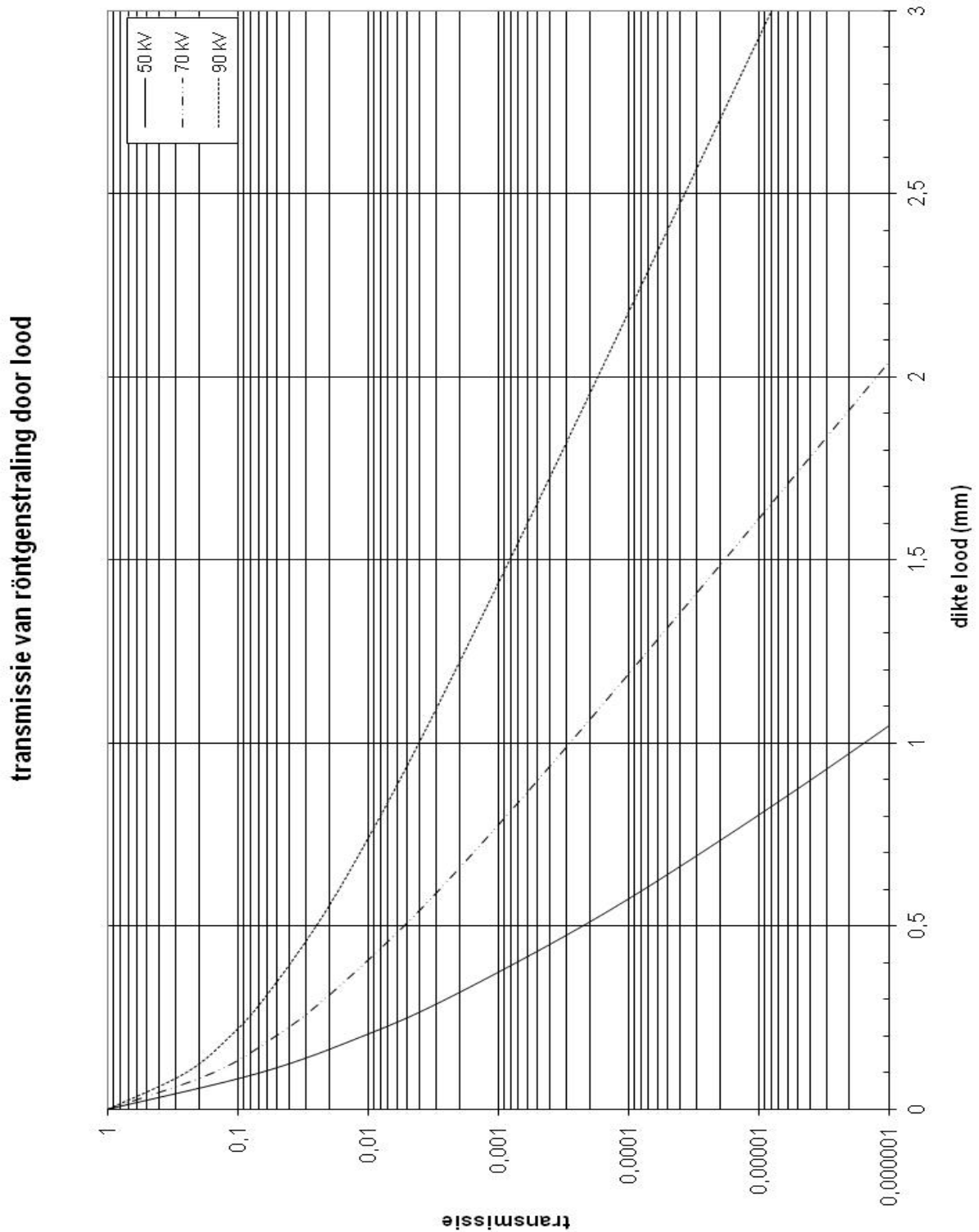
Bereken op basis van de linear no-threshold hypothese (LNT-hypothese) het verwachte aantal doden door kanker ten gevolge van de bij vraag 4.4 berekende effectieve dosis.

Vraag 4.6 (1 punt)

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? Beargumenteer uw antwoord.

Transmissiegrafiek van röntgenstraling door lood

Transmissiegrafiek van 50-, 70- en 90-kV-röntgenstraling door lood.



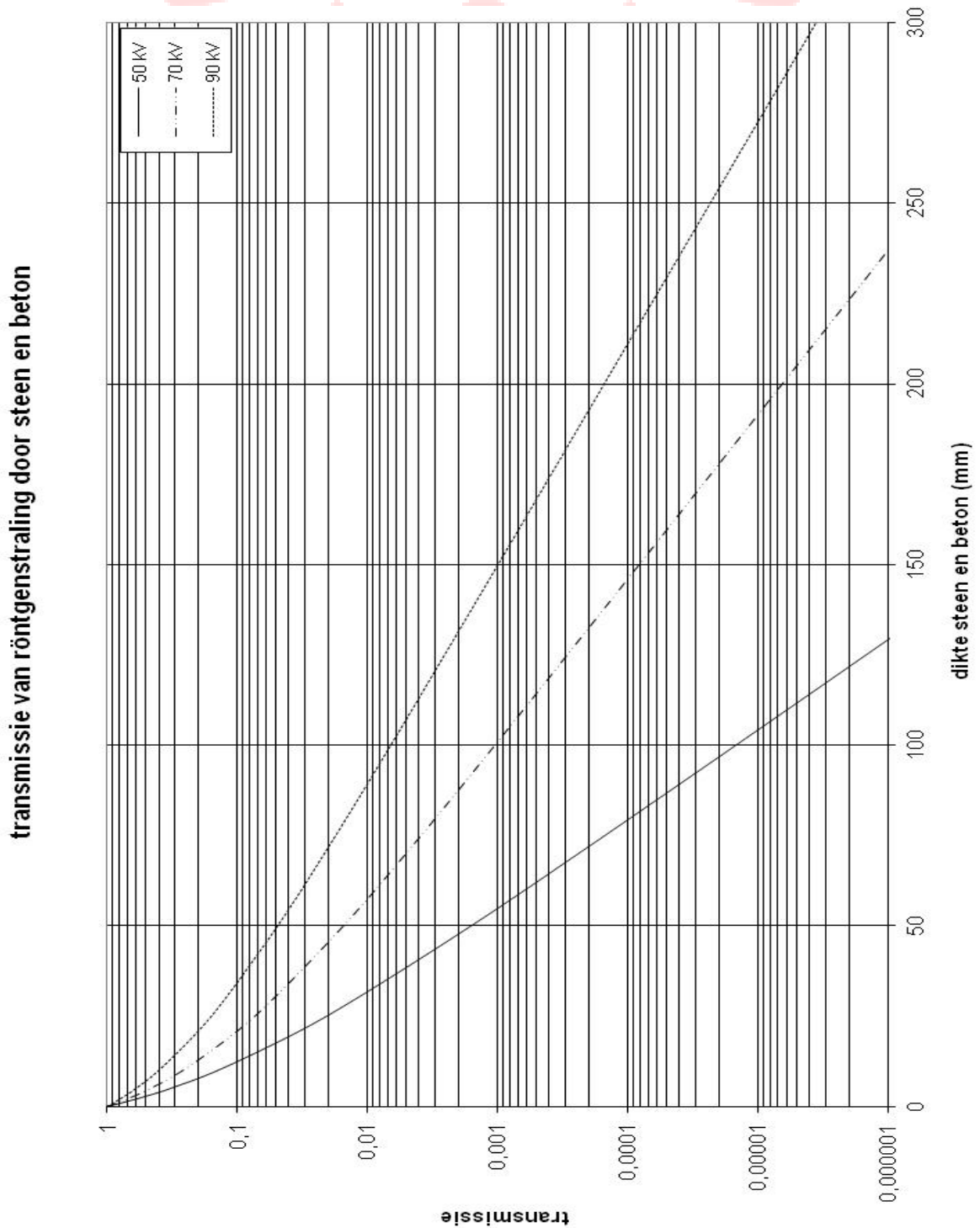
Omrekening loodequivalent naar loodglasdikte

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

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

Transmissiegrafiek van röntgenstraling door beton

Transmissiegrafiek van 50-, 70- en 90-kV-röntgenstraling door beton met een soortelijk gewicht van 2400 kg/m^3 .



Iso-kerma kaart van de C-boog

De afbeelding toont in bovenaanzicht de kerma vrij-in-lucht (K_a) op 150 cm hoogte. Iso-kermacurven zijn gegeven voor 32, 16, 8, 4, 2, 1 en 0,5 μGy per $\text{Gy}\cdot\text{cm}^2$. De afstandslijnen geven de afstand tot het isocentrum van de C-boog, de hoeken zijn in graden ten opzichte van de C-boog.

