

lijk aanwezige caviteiten bijna spelen-derwijs kan behandelen. Bij verbetering van de gebitssituatie van de Nederlandse jeugd zal de kindertandverzorgende steeds meer een preventieve hulpkracht worden, die daarnaast ook nog in staat is de gevolgen van fouten in het preventieve programma tijdig te herstellen. Het voordeel hiervan is, dat de preventieve en curatieve hulpverlening in één hand blijft, hetgeen juist in de kindertandheelkunde zeer wenselijk is. Doordat hiermee alle routinebehandelingen worden uitgevoerd door hulpkrachten, krijgt de tandarts meer tijd beschikbaar voor die onderdelen van de tandheelkunde waarvoor een universitaire opleiding noodzakelijk is. De mondhygiënist kan binnen de georganiseerde jeugdtandverzorging bij uitstek ingeschakeld worden voor de meer groepsgerichte voorlichting en preventie.

Concluderend kan worden gesteld, dat

de twee experimenten hebben aangetoond, dat kindertandverzorgenden een waardevolle bijdrage kunnen leveren in de verbetering van de gebitsgezondheid van de Nederlandse jeugd.

Summary:

Title: Introduction of the (school)dental therapist in the Netherlands.

In this publication two experiments have been described, introducing the (school)dental therapist in the Netherlands. The experiments have been set up to evaluate the possibilities of these auxiliaries in the dental care for children from 2-12 years in a Dutch situation.

The following items have been explained:

- the set up of both experiments;
- the methods for evaluation;
- the results.

Based upon these results it can be concluded that:

- the (school)dental therapist has the ability to perform the expanded duties in an excellent way;

- he can give a valuable contribution to the organized dental care for children.

Literatuur:

1. Amerongen, W. E. van, Eggink, C. O., Groot, K. de, Advokaat, J. G. A., Rijnsburger, B. E., Teeseling, R. van (1975): Een objectieve beoordelingsmethode van tandheelkundige restauraties. Ned Tijdschr Tandheelkd 82: 324-330.
2. Amerongen, W. E. van (1980): Werkzaamheden van kindertandverzorgsters. Stafleu en Tholen, Alphen aan de Rijn.
3. Burgersdijk, R. C. W. (1979): De kindertandverzorgster. Academisch proefschrift. Thoben Offset, Nijmegen.

Mei 1980.

Adres: Dr. R. C. W. Burgersdijk,
Philips van Leydenlaan 25,
6500 HB Nijmegen.
Dr. W. E. van Amerongen,
De Boelelaan 1115,
1081 HV Amsterdam.

ACHTERGRONDEN VAN VOORSCHRIFTEN EN RICHTLIJNEN M.B.T. RÖNTGENDIAGNOSTIEK EN STRALINGSHYGIËNE*)

Z. M. BEEKMAN**)

Trefwoorden: Röntgenologie - Stralingshygiëne - Diagnostiek

1. Inleiding

De Nederlandse stralingshygiënische normen, voorschriften en richtlijnen zijn, evenals die van vrijwel alle landen, afgeleid van die van de I.C.R.P. (International Commission on Radiological Protection).

De huidige basisnormen van de I.C.R.P. zijn drieërlei:

- a. onnodige blootstelling aan straling dient te worden vermeden,
- b. als de blootstelling niet te vermij-

den is, dient de stralingsdosis zo laag mogelijk te zijn,

c. voor radiologische werkers en voor leden van de bevolking mogen bepaalde *maximaal aanvaardbare doses* (MAD) of dosislimieten (DL) niet worden overschreden; hierbij worden de doses, ontvangen als patiënt bij de medische toepassingen van ioniserende straling en die ten gevolge van natuurlijke straling buiten beschouwing gelaten.

De stralingshygiëne in de röntgendiagnostiek heeft zich eerst vrijwel uitsluitend gericht op dosisbeperking bij de röntgenende arts of tandarts en diens medewerkers. Pas tegen het eind van de jaren 50 kwam ook de bescherming van de patiënt in de belangstelling. Bij het tandheelkundig röntgenonderzoek kan de *huiddosis*, in het

Samenvatting:

Alvorens men tot een röntgenonderzoek besluit, moet men zich afvragen of het nut ervan wel opweegt tegen het mogelijke risico. Een goede indicatiestelling speelt daarbij een belangrijke rol. Aan de hand van gegevens uit de literatuur is nader ingegaan op de stralingsdoses in de tandheelkundige röntgendiagnostiek, waarna met behulp van risicofactoren het risico op somatische en genetische effecten is geschat. In combinatie met gegevens over de frequentie van tandheelkundig röntgenonderzoek kan een risico-evaluatie voor de bevolking worden opgesteld. De maximaal toegestane jaardosis van 5 rem voor het gehele lichaam, het actieve beenmerg of de gonaden is niet voor patiënten van toepassing. De stralingsdoses moeten in alle gevallen zo laag mogelijk worden gehouden (ALARA-principe: as low as readily achievable). Het *Toestellenbesluit* wordt - wat de tandheelkundige röntgenapparatuur betreft - kort aangehaald.

centrum van het veld van intree, bij onvoldoende filtratie en een te korte focus-huidafstand, de drempel voor erythemvorming soms bedenkelijk dicht naderen. Ook bleek, o.a. bij een Amerikaans onderzoek (Laughlin en

*) Voordracht gehouden tijdens de Voorjaarsvergadering van de Nederlandse Vereniging van Tandartsen, gehouden op vrijdag 18 april 1980 te Utrecht.

**) Destijds verbonden aan het Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne (Sector Straling).

Pullman, 1958), dat de *gonadendosis* van de patiënt vrij hoog kan zijn: per opname voor meisjes tot 11 jaar ca. 4 mrem, voor vrouwen ca. 2 mrem en voor jongens en mannen resp. 12 en 8 mrem. Ook vreesde men, dat bij een complete röntgenologische gebitsstatus de dosis op de *ooglens* dicht bij de drempel voor staarvorming zou kunnen komen (UNSCEAR, 1962).

Ook in Nederland (Van Aken, 1960) bestond al vroeg belangstelling voor de bescherming van de patiënt in de tandheelkundige röntgendiagnostiek. In de laatste jaren is de belangstelling vooral gericht op de mogelijke inductie van tumoren. Dit was aanzet tot het meten van de *integrale dosis* ('exposure-area product' in $R \cdot cm^2$) en het berekenen van de gemiddelde *beenmergdosis* en '*somatische dosisindices*' etc. Met behulp van deze dosisgegevens en de risicofactoren voor stochastische effecten, zoals o.a. gegeven in het meest recente UNSCEAR*-rapport (1977) kan men het tumorinductie-risico per tandheelkundige opname voor de patiënt schatten.

Aan deze schattingen moet men geen té absolute waarde toekennen, in termen van b.v. 'x aantal doden door tandheelkundig onderzoek in Nederland'. De uitkomsten der schattingen geven slechts een indicatie omtrent de mogelijke tumorinductie. Er is uitgegaan van de veronderstelling, dat er een lineair verband bestaat tussen dosis en effect, zonder drempelwaarde, en dat de effecten bij kleine doses zijn te schatten op basis van een rechtlijnige extrapolatie vanaf waargenomen effecten bij hoge stralingsdoses.

Mede omdat in de tandheelkundige röntgenologie een sterke toename van het aantal verrichtingen valt te constateren, moet men zich afvragen of het nut van deze röntgenonderzoeken wel opweegt tegen het risico ervan. Is het risico in elk geval nog schattenderwijs te kwantificeren, met het nut is dit uiterst moeilijk. Een strikte indicatiestelling speelt hierbij een belangrijke rol.

Welk gezondheidsrisico loopt een patiënt als een bepaalde röntgenfoto achterwege blijft en hoe staat het met de (tandheelkundige) volksgezondheid als, wegens de mogelijke stralingsrisico's van een bepaald bevolkings- of groepsonderzoek wordt afgezien? Wij zullen er niet in slagen op deze vragen een eenduidig antwoord te geven, doch wij kunnen wel wat gegevens aandragen ter afweging van de risico's.

2. Beroepshalve blootstelling aan straling

De röntgenende tandarts en diens medewerkers zijn – voor zover in loondienst ook ingevolge het *Veiligheidsbesluit Ioniserende Straling* (VBIS) – te beschouwen als radiologische werkers. Bij bestraling van het gehele lichaam, of van de meest stralingsgevoelige organen, is thans een dosis van 5 rem per jaar (of gemiddeld 100 mrem per week) maximaal aanvaardbaar.

Relatief weinig stralingsgevoelige organen (huid, botweefsel) mogen maximaal 30 rem per jaar ontvangen, terwijl voor alle andere organen een maximum van 15 rem per jaar geldt. Radiologische werkers zijn in het algemeen, krachtens het VBIS, verplicht een persoonlijke dosismeter te dragen: in Nederland worden de T.N.O.-filmbadges, of meer recent de T.L.D.'s het meest gebruikt. Samen met de doktersassistenten behoren de tandartsassistenten tot de laagst geëxponeerde groep radiologische werkers (Julius, 1969): hun gemiddelde 14 daagse exposie bedroeg in 1957 30 mR, in 1968 nog slechts 10 mR. Hierbij moet worden aangetekend, dat voor een exposie beneden de waarnemingsdrempel (20 mR), arbitrair een waarde van 10 mR is aangenomen. In veel gevallen is dus de 14-daagse exposie lager dan 10 mR geweest, vaak zal er ook in het geheel geen sprake van exposie zijn. Bij tandartsassistenten in Nederland blijft de gemiddelde filmbadge-exposie – en dus zeker de gemiddelde lichaamsdosis – beneden 250 mR per jaar, dus beneden 5% van de maximaal aanvaardbare dosis. De exposie van de tandartsen zelf zal vermoedelijk nog

lager zijn dan die van de tandartsassistenten. Laatstgenoemden maken meestal de röntgenopnamen.

De exposie van degene, die het röntgenapparaat bedient, komt grotendeels voort uit de strooistraling. Het strooistralingsniveau is op een afstand van meer dan 1,5 m van de röntgenbuis gewoonlijk al zeer laag, zelfs bij gebruik van een plastic puntconus en het grootste diafragma (Beeching e.a., 1977).

In ICRP-Publikatie 15 (1969) wordt een snoerlengte van tenminste 2 m voorgeschreven. De blootstelling aan strooistraling is het laagst bij gebruik van een lange, met lood beklede conus en in een positie schuin achter de patiënt (Arnold, 1973). Gebruik van een dergelijke conus geeft ook een aanzienlijke verlaging van de patiëntendosis (Updegrave, 1972; Gross e.a., 1973).

Bouwkundige voorzieningen moeten dienen voor afscherming van de straling, zodat patiënten in de wachtkamer, administratief personeel, burens etc. niet nodeloos aan straling blootstaan. Vooral bij gebruik van hogere buisspanningen dan 50 kV zal men hieraan de nodige aandacht dienen te wijden (Arnold, 1976).

3. Stralingsdoses bij de patiënt

Een stralingsdosis werd tot voor kort uitgedrukt in de eenheid *rad* (radiation absorbed dose): een hoeveelheid geabsorbeerde energie per eenheid van gewicht. Een rad komt overeen met een energie-absorptie van 1 erg per gram weefsel of materie. De nieuwe eenheid is de *gray* (Gy): een energie-absorptie van 1 Joule per kg, waarbij 1 Gy = 100 rad; of 1 mrad = 0,01 mGy = 10^{-5} Gy.

Omdat artsen onder 'dosis' gewoonlijk verstaan een aan de (hele) patiënt toegediende hoeveelheid van b.v. een geneesmiddel, ligt hier een bron van veel misverstand. Bij bestraling van een klein volume, een klein deel van het gehele lichaam, zoals dat in de tandheelkundige röntgenologie het geval is, wordt slechts in dat volume energie afgegeven, en wel het meest in de lagen, die het eerst door de stralen-

* United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation.

bundel worden getroffen. De huiddosis in het veld van intree van de bundel is het hoogst, b.v. 600 mrad bij een 'bitewing'. Maar buiten de bundel is de huiddosis uitsluitend afkomstig van stroostraling en dus zelfs bij slechte collimatie (plastic puntconus) al laag (enkele mrad). Bij een gebitsstatus, d.w.z. bij een onderzoek waarbij 8 tot een twintigtal foto's worden gemaakt, zal er sprake zijn van een zekere overlapping van velden, zodat sommige huidvelden, met name de mondhoeken (Alox, 1974) een dosis van meer dan een rad kunnen ontvangen en andere gedeelten van het gelaat vrijwel niets. Bij orthopantomografie is de huiddosis in de rotatie-as, d.w.z. onder het oor het hoogst; men vindt waarden tot ca. 400 mrad (Wall, 1979).

De *output van de buis* aan het uiteinde van de conus of tubus, of op enige afstand daarvan is gemakkelijk te meten. Men drukt deze meestal uit in röntgen (R), de eenheid van exposie in lucht. Ook kan men, met iets meer moeite op verscheidene plaatsen tegelijk, de exposie van de huid meten.

Deze is sterk afhankelijk van de techniek, met name de focus-huidafstand, de stralenkwaliteit (buisspanning en filtratie) en de collimatie (conus of tubus) spelen hierbij een belangrijke rol. In de literatuur vindt men de waarden voor huidexposie meestal uitgedrukt in mR per foto, soms echter in mR per 2 of 4 foto's, maar vaak ook per volledige röntgenologische tandstatus, hetgeen erg verwarrend werkt. Ook vindt men wel de totale hoeveelheid toegediende energie ('*energy imparted*') vermeld, een grootte, die men in Joule uitdrukt. Een andere grootte is nog het '*exposure-area product*', uitgedrukt in R.cm² (Wochos e.a., 1979). Beide laatste grootheden zijn minder bruikbaar voor risico-evaluaties, doch zeer nuttig bij het optimaliseren van dosisbeperkende maatregelen.

De verwarring wordt nog verder vergroot, omdat veel auteurs de dosis ook in rem uitdrukken. De eenheid *rem* (*rad - equivalent man*) wordt gebruikt om optelling en vergelijking van biologische effectiviteit van verschillende stralingsoorten mogelijk te maken;

voor röntgenstraling is een rem gelijk te stellen aan een rad. De nieuwe eenheid van equivalente dosis is de *sievert* (Sv), waarbij 1 Sv = 100 rem. Om het nog ingewikkelder te maken, drukt White (1979) doses uit in 'background-days', d.w.z. een 'eenheid' die voor het beenmerg overeenkomt met ongeveer 0,24 mrem.

De geabsorbeerde dosis in dieper gelegen lagen en organen, in en buiten de nuttige bundel, zijn niet rechtstreeks te meten. Men berekent deze met behulp van dieptedosis-metingen in fantomen. Ook deze doses zijn sterk afhankelijk van factoren als de oppervlakte van het bestraalde gebied, de gebruikte conus of tubus, de diafragma-mering, de stralenkwaliteit, de richting van de bundel, de gevoeligheid van de filmen de ontwikkeltechniek en de eventuele afscherming van de patiënt met een loodcape of schort.

De gegevens omtrent de organdoses, die men in de literatuur kan vinden zijn meestal moeilijk te vergelijken, omdat men zich in verschillende eenheden uitdrukt en omdat bedoelde factoren vaak niet, of onvolledig, worden aangegeven. Men moet dus voor risicoberekeningen een zeer zorgvuldige keuze doen uit de beschikbare gegevens. Hier wordt verder afgezien van het opsommen van waarden. Voor de risico-evaluatie zal worden volstaan met een - mogelijk wat willekeurige - keuze uit de best gedocumenteerde gegevens uit de recente literatuur.

4. Risico-evaluatie

Voor risico-evaluaties gaat men uit van risicofactoren, zoals die o.a. door UNSCEAR (1977) zijn aangegeven. Deze factoren zijn uit te drukken in aantal personen per miljoen, waarbij een effect (stochastisch) zal optreden per eenheid van dosis in weefsel of orgaan. Wordt, zoals meestal, slechts een gedeelte van een orgaan bestraald, dan moet men voor de risico-berekening de dosis over het gehele orgaan middelen. Zo bevat bij een volwassene b.v. de mandibula 1,3% van het actieve beenmerg (White en Rose, 1979); ontvangt bij een 2-tal foto's ongeveer

de helft van de mandibula een dosis van 500 mrad en de rest van het actieve beenmerg een verwaarloosbare dosis, dan is de gemiddelde beenmergdosis ca. $0,65/100 \times 500 = 3,2$ mrad.

Genetisch risico

In de oudere literatuur vindt men voor gonadendoses bij tandheelkundig röntgenonderzoek waarden in de orde van enkele tot tientallen mrad of mrem (Laughlin en Pullman, 1958). Ten dele zijn deze hoge waarden gevolg van gebrekkige dosis-meettechnieken, ten dele is er zeker ook sprake van bewuste verbetering van opname-technieken. Meer recente waarden voor gonadendoses liggen orden van grootte lager.

Een representatieve waarde lijkt die van Wøhni (1977): per molaire bitewingfoto bij een volwassen man $2 \mu\text{rad}$ ($2 \cdot 10^{-8}$ Gy), bij een volwassen vrouw $0,4 \mu\text{rad}$. Met een gemiddelde risicofactor voor man en vrouw van 2×10^{-2} per Sv is aldus een genetisch risico van maximaal $2 \times 10^{-8} \times 2 \times 10^{-2} = 4 \times 10^{-10}$ per foto te berekenen. Als dus bij 10.000 miljoen mensen ieder één tandfoto wordt gemaakt, zou in het nageslacht van één van hen een genetische afwijking of aandoening kunnen worden geïnduceerd. Het is duidelijk dat dit een zeer gering risico is, zeker gezien tegen de achtergrond dat, door grotendeels onbekende oorzaken, thans bij ongeveer 1 op 10 levendgeborenen sprake is van een genetisch bepaalde afwijking of aandoening.

Non-stochastisch risico

De belangrijkste non-stochastische risico's in dit verband zijn:

- inductie van stralingsstaar in de ooglen,
- aantasting van de vruchtbaarheid,
- beschadiging van de vrucht bij een zwangere.

Voor non-stochastische risico's wordt aangenomen dat er een drempeldosis bestaat, waaronder geen effecten zullen optreden.

De drempeldosis voor *stralingsstaar* ligt in de orde van 10 Sv of hoger. Alcox (1974) geeft als benadering voor de do-

sis op de ooglen de huidexposie aan de neusbrug van ca. 40-160 mR voor een status van 18 tandfilms aan, zodat hierbij de dosis op de ooglen in de orde van 100 mrad = 10^{-5} Gy zal zijn. Men vindt in de literatuur ook wel iets hogere waarden aangegeven, doch zelfs als men rekening houdt met accumulatie van de doses over het leven en met mogelijke hogere gevoeligheid voor inductie van staar bij jonge kinderen (en bij oude mensen?), dan nog kan rustig worden gesteld, dat men honderdtallen foto's per jaar kan nemen, voordat het risico op inductie van stralingsstaar enigszins reëel wordt. Hetzelfde geldt, in mogelijk nog sterkere mate, voor de eventuele aantasting van de vruchtbaarheid: de drempel ligt in de orde van minstens 10 Gy, de dosis op de gonaden per foto in de orde van 10^{-8} Gy.

Mogelijke beschadiging van de vrucht bij een zwangere spreekt sterk tot de verbeelding, doch is in feite evenmin reëel voor röntgenopnamen, waarbij de zwangere uterus niet in de directe bundel kan liggen. Alleen voor röntgenopnamen van de (onder)buik van een (mogelijk)zwangere geldt, dat men deze zo mogelijk tot na de zwangerschap dient uit te stellen. Het is bepaald zeer overdreven om, voordat men een röntgenfoto van b.v. de extremiteten of de schedel neemt, een vrouw te vragen of zij soms zwanger kan zijn. Dit soort vragen wakkert, volkomen ten onrechte, de stralenangst alleen maar verder aan. Men kan dan beter, als routine bij alle patiënten voor afdekking met een loodschort zorgdragen. Bij de vrucht zouden ook stochastische effecten kunnen optreden (verhoogde kans op kanker bij in utero bestraalde kinderen). Hierop wordt hier niet nader ingegaan.

Stochastisch risico

Zelfs al is de plaatselijke huiddosis bij een tandfoto, een gebitsstatus of een orthopantomogram vrij hoog (ca. 500 mrad of $5 \cdot 10^{-3}$ Gy), de dosis gemiddeld over het gehele huidoppervlak is zeer gering. Ook de risicofactor voor inductie van maligne huidtumoren is laag: 2

$\times 10^{-4}$ Gy $^{-1}$ (d.w.z. per Gy). Nemen wij aan, dat één foto bestraling van 0,5% van het huidoppervlak met zich meebrengt, dan is het risico op huidtumoren per foto: $5/1000 \times 5 \cdot 10^{-3} \times 2 \cdot 10^{-4} = 5 \times 10^{-9}$. Een hoge schatting zou zijn: $0,1 \times 10^{-7}$ (zie verder).

Relevant voor de berekening van de inductiekans op leukemie is de gemiddelde beenmergdosis. Volgens Wøhni (1977) en het U.S. Bureau of Radiological Health (1977) is deze per foto ongeveer 1 à 3 mrad ($1 \text{ à } 3 \times 10^{-5}$ Gy). Hier is al gemiddeld over het gehele actieve beenmerg. Bij een risicofactor van $20\text{-}50 \times 10^{-4}$ Gy $^{-1}$ betekent dit een risico op fatale leukemieën van 2 à 15×10^{-8} . Voor pantomografie geeft White (1979) een gemiddelde beenmergdosis van 14 'backgrounddagen' d.w.z. ca. 3 mrad, zodat het risico van een dergelijk onderzoek weinig verschilt van dat van één foto, doch aanzienlijk lager is dan dat van een complete gebitsstatus. Over de dosis op het botweefsel vindt men in de literatuur weinig bruikbare gegevens. Volgens Gregg (1977) wordt bij 4 foto's 2% van het botweefsel bestraald. Uit zijn gegevens valt niet goed op te maken wat de gemiddelde botweefsel-dosis per foto is, doch deze ligt vermoedelijk in de orde van 7 mrad = 7×10^{-5} Gy. Per foto is dan het risico op inductie van maligne bottumoren ca. $7 \cdot 10^{-5} \times 2 \text{ à } 5 \cdot 10^{-4} = 1,4 \text{ à } 3,5 \times 10^{-8}$.

Vooral bij orthopantomografie kan de dosis op de parotis vrij hoog zijn, men berekent waarden tussen 45 en 280

mrad over het gehele orgaan (Wall et al., 1979). Bij een bitewing- of periapicale foto is de gemiddelde dosis over het speekselklierweefsel gewoonlijk niet hoger dan 10 mrad. Bij een risicofactor van 5×10^{-4} Gy $^{-1}$ berekent men dan per opname een risico van $1 \cdot 10^{-4}$ Gy $\times 5 \cdot 10^{-4}$ Gy $^{-1} = 5 \times 10^{-8}$ voor een 'gewone foto' en $23 \text{ à } 140 \times 10^{-8}$ voor een pantomogram.

De schildklier ligt slechts bij uitzondering in de directe bundel; de schildklierdosis is sterk afhankelijk van de bundelcollimatie. Men vindt waarden aangegeven van enkele mrad tot 40 mrad per foto. Nemen we de waarde van Alcox (1974): 9 mrad (9×10^{-5} Gy) en een risico op inductie van maligne schildkliertumoren (ca. 1/3 van alle schildkliertumoren) van 5×10^{-4} , dan berekenen we een risico per foto van $4,5 \times 10^{-8}$.

Voor de volledigheid kan men nog schattingen verrichten betreffende de gemiddelde strooistralendosis op de longen en die op het borstklierweefsel bij vrouwen. De berekende risico's zijn laag.

Samenvattend is het totaal risico voor één 'gewone' tandheelkundige foto als volgt te schatten:

De onnauwkeurigheid van deze schatting is groot, zodat men alleen inzicht heeft in de orde van grootte van het risico: tussen de 10^{-6} en 10^{-7} , d.w.z. voor de inductie van 1 maligne tumor is een stralingsdosis nodig, die overeenkomt met het maken van 1 tandheelkundige foto bij ieder van 1 miljoen tot 10 miljoen mensen. Men spreekt ook

Schatting totaal stochastisch risico per tandfoto

	berekening tekst	afgerond
huidkankerinductie	5×10^{-9}	$0,1 \times 10^{-7}$
leukemie-inductie (beenmerg)	$2 \text{ à } 15 \times 10^{-8}$	$0,8 \times 10^{-7}$
bottumorinductie (botweefsel)	$1,4 \text{ à } 3,5 \times 10^{-8}$	$0,2 \times 10^{-7}$
parotiscarcinoominductie	5×10^{-8}	$0,5 \times 10^{-7}$
inductie fatale mammatumoren		$0,1 \times 10^{-7}$
longcarcinoominductie		$0,1 \times 10^{-7}$
inductie fatale schildkliertumoren		$0,5 \times 10^{-7}$
totaal stochastisch risico		$2,3 \times 10^{-7}$

wel van een zesde orde-risico, een risico dat een mens, althans vrijwillig, zonder problemen neemt. Gezien ook tegen de achtergrond dat, in Nederland, de kans om te overlijden aan een maligne tumor thans al ongeveer 1 op 4 is, lijkt het risico te verwaarlozen. Dit zou echter een fout uitgangspunt zijn. Bij elk risico, al is het nog zo klein, dient men zich af te vragen of het nut wel tegen het risico opweegt, terwijl het voorts bij elk risico de moeite loont na te gaan, of het niet met weinig moeite en kosten kleiner is te maken. De wetgever is van dit laatste uitgegaan bij de recente herziening van het Toestellenbesluit Ioniserende Straling.

5. Toestellenbesluit

Het Toestellenbesluit (ex Kernenergiewet), 1969, verplicht tot melding van alle (röntgen)toestellen aan de overheid: Ministerie van Volksgezondheid en Milieuhygiëne, Sector Straling. Voor alle toestellen met een maximale buisspanning van meer dan 100 kV is een vergunning verplicht. De recente wijziging van het Toestellenbesluit heeft, wat de tandheelkundige röntgenapparatuur betreft, betrekking op de verzekering van een minimale afstand tussen focus en huid (10 cm voor 60 kVp of minder, 20 cm voor meer dan 60 kVp) en op diaframering tot een veld diameter ter plaatse van de top van de conus of het eind van de tubus van ten hoogst 6 cm. Voor alle röntgenapparatuur wordt een minimaal vereiste totale buisfiltratie voorgeschreven, die afhankelijk van de buisspanning 1,5 tot 2,5 mm Al moet bedragen.

Op de details van deze eisen wordt hier niet nader ingegaan, er zij slechts op

gewezen, dat vrijwel elke maatregel, die bijdraagt tot dosisbeperking bij de gebruiker van het röntgenapparaat en bij de patiënt, tevens resulteert in foto's met optimaal diagnostisch nut.

Summary:

Title: Backgrounds of rules and regulations concerning radiodiagnostics and radiation hygiene. Before a radiodiagnostic examination is made, its benefit should be weighed against the risk entailed. Proper indications are of great importance in this respect. Radiation doses in dental radiodiagnostics are discussed with reference to the literature, and risk factors are used in estimating the risk of somatic and genetic ill-effects. A risk evaluation for the general population can be made on the basis of these data in combination with data on the frequency of dental radiodiagnostic examinations. The maximum permissible annual dose of 5 rem for the whole body, the active bone marrow or the gonads does not apply to patients. In all cases the radiation dose should be as low as possible (ALARA principle: As Low As Readily Achievable). Brief mention is made of the *Apparatus Decree* so far as it pertains to dental radiodiagnostic apparatus.

Literatuur:

- Aken, J. van (1960): Beschermende maatregelen tegen röntgenstralen in de tandheelkundige praktijk. Ned Tijdschr Tandheelkd 57:110.
- Alcox, R. W. (1974): Patient exposures from intra-oral radiographic examinations. J Am Dent Ass 88: 568.
- Arnold, L. V. (1973): De toepassing van enkele eenvoudige maatregelen ter bevordering van de stralingshygiëne bij het maken van röntgenopnamen. Ned Tijdschr Tandheelkd 80: 386.
- Arnold, L. V. (1976): De afscherming van röntgenruimten in de tandheelkunde. Ned Tijdschr Tandheelkd 83: 382.
- Beeching, B. W., Ismail, A. Smith, N. J. D. (1977): Exposure to scattered radiation in the vicinity of dental X-ray sets. Dent J 143: 367.
- Gregg, E. C. (1977): Radiation risks from diagnostic X-rays. Radiology 123: 447.
- Gross, R., Marks, M., Andet, M., Benson, J. (1973): The role of the health physicist in reducing medical radiation. Proceed. 3rd International Congress of the International Radiation Protection Association, Washington.
- I.C.R.P.-Publication 15 (1969): Protection against ionizing radiation from external sources. Pergamon Press.
- Julius, H. W. (1969): De T.N.O. - filmbadge - een blik terug en vooruit. Gamma nr. 12: 1-7.
- Laughlin, J. S., Pullman, I. (1958): Gonadal dose produced by the medical use of x-rays. U.N. Docum. A/AC 82 G/R 74, UNSCEAR-rapport: 77-95.
- Schleien, B., Tucker, T. T., Johnson, D. W. (1977): The mean active bone marrow dose to the adult population of the United States from diagnostic radiology. HEW Publ. (FDA-BRH) 77-8013.
- Stelt, P. F. van der (1977): Onontbeerlijke en overbodige röntgenopnamen. Ned Tijdschr Tandheelkd no. 9.
- UNSCEAR-rapport (1962): 386.
- UNSCAER-rapport (1977): 413.
- Updegrave, W. J. (1972): Simplified and standardised intra-oral radiography with reduced tissue irradiation. J Am Dent Assoc 85: 861.
- Wall, B. F. et al. (1979): Doses to patients from pantomographic and conventional dental radiography. J Radiol 32: 727.
- White, S. C., Rose, T. C. (1979): Absorbed bone marrow dose in certain dental radiographic techniques. J Am Dent Assoc 98: 553.
- Wochos, J. F., Deterie, N. A., Cameron, J. R. (1979): Patient exposure from diagnostic X-rays: an analysis of 1972-1975 NEXT data. Health Physics 36: 127.
- Wøhni, T. (1977): Phantom measurements of absorbed doses in dental radiography. Acta Radiol Ther Phys Biol 16: 194.

April 1980.

Adres: Mevr. Dr. Z. M. Beekman,
Directeur Koningin Wilhelmina Fonds,
Sophialaan 8-10,
1075 BR Amsterdam.