

RIVM rapport 861007001/2004

**Standaardisatie van persoonsdosimetrie bij
beroepsmatige blootstelling aan ioniserende straling**

H Eleveld en CP Tanzi

Dit onderzoek werd verricht in opdracht van het Ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid, Directie Arbeidsveiligheid en -gezondheid, in het kader van project M/861007/01 'Werknemers effectieve dosis straling'.

RIVM, Postbus 1, 3720 BA Bilthoven, telefoon: 030 - 274 91 11; fax: 030 - 274 29 71

Inhoud

Abstract.....	5
Samenvatting.....	7
1 Inleiding.....	9
1.1 Probleemstelling.....	9
1.2 Doelstelling.....	9
1.3 Afbakening.....	10
1.4 Dosisgrootheden.....	10
1.5 Leeswijzer.....	10
2 Bepaling van de onderzochte categorieën blootgestelde werkers.....	11
2.1 Selectiecriteria.....	11
2.2 Indeling blootgestelde werknemers.....	11
2.3 Resultaten.....	14
2.4 Selectie van beroepsgroepen.....	18
3 Inventarisatie van implementatie van de EU-richtlijn.....	19
4 Opties voor correctiefactoren ter bepaling van effectieve dosis.....	23
4.1 Literatuuronderzoek.....	23
4.2 Visie van de experts op (implementatie van) correctiefactoren.....	27
4.2.1 Gezondheidszorg.....	27
4.2.2 Nucleaire technieken.....	31
4.2.3 Industrie en bedrijfsleven.....	32
4.2.4 Stralingsbescherming.....	34
5 Beleidsopties voor implementatie van toepassing van correctiefactoren.....	35
5.1 Correctiefactoren.....	35
5.2 Eisen aan deskundige en geautoriseerde instelling.....	37
5.3 Vastleggen van gegevens in NDRIS.....	38
5.4 Retrospectief corrigeren?.....	39
5.5 Ondergrens voor toepassing correctiefactor.....	39
5.6 Voorstel voor protocol bij toepassing correctiefactor.....	40
6 Conclusies en aanbevelingen.....	41
Referenties.....	43

Abstract

The ministry of Social Affairs and Employment requested RIVM to investigate the standardisation of individual monitoring for occupational exposures to ionising radiation. Law lays down the assessment of the effective or equivalent dose of exposed workers. According to the objective of this study a summary is provided of possibilities to relate the monitoring results to the effective dose and its registration in the National Dose Registration and Information System (NDRIS). Thus the possibility is created for the data registered in NDRIS to be an accurate feasible representation of the actually received (effective) dose

By using the available literature and consulting experts in the field of radiation protection and work protocols, four policy options for applying correction factors are proposed. Such a correction would only be appropriate for the medical practice and only if the dosimeter is worn outside the lead apron.

We recommend, in accordance with all other European countries, not to use a correction on the monitored dose. Furthermore, we recommend the following. Only if the monthly or four weekly dose exceeds a derived limit of one tenth of the annual dose limit, one is allowed to reassess the effective dose. This is done in 7 countries of the European Union. An appropriate local radiation expert (minimum level 3) may carry out this reassessment. The radiation expert must work under the responsibility of a radiation expert with a level 2 qualification. When the corrected value significantly differs from the monitored dose the employer may request the Labour Inspectorate to adjust the dose in the dose registration system. When the Inspectorate honours the request, the corrected dose should be entered into NDRIS.

Samenvatting

In opdracht van het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid is een onderzoek gedaan naar de standaardisatie van persoonsdosimetrie bij beroepsmatige blootstelling aan ioniserende straling. Wettelijk is voorgeschreven dat de effectieve of equivalente doses van blootgestelde werkers moeten worden bepaald. Overeenkomstig de doelstelling van het onderzoek is een overzicht gegeven van mogelijkheden om het meetresultaat van de persoonsdosimeter te vertalen naar een effectieve dosis en vast te leggen in het Nationaal Dosisregistratie en Informatiesysteem (NDRIS). Daarmee is de mogelijkheid gecreëerd de in NDRIS geregistreerde dosis een zo juist mogelijke weergave te laten zijn van de werkelijk ontvangen (effectieve) dosis.

Op basis van beschikbare literatuur en door het voorleggen van vragen aan experts op het gebied van stralingsbescherming en werkprotocollen is een viertal beleidsopties voor het eventueel toepassen van een correctiefactor voorgesteld. Een dergelijke correctie zou alleen van toepassing zijn in de medische praktijk en slechts in die gevallen dat een dosimeter op kraaghoogte buiten het loodschort wordt gedragen.

Wij bevelen aan om overeenkomstig met de rest van Europa geen correctie op de gemeten dosis toe te passen. Voorts wordt door ons het volgende aanbevolen. Slechts indien de maaddosis of vierwekelijkse dosis een afgeleide grenswaarde van een tiende van de jaardosislimiet overschrijdt zou een herbepaling van de effectieve dosis zijn toegestaan. Dit gebeurt in zeven landen binnen de Europese Unie. Deze herbepaling mag worden uitgevoerd door een daartoe bevoegd lokaal deskundige met een stralingshygiëne-diploma (minimaal) niveau 3 werkend onder de verantwoordelijkheid van een niveau 2-stralingsdeskundige. Als de gecorrigeerde waarde duidelijk afwijkt van het gemeten persoonsdosisequivalent dan mag de werkgever een verzoek indienen voor een aanpassing van de dosis in het dosisregistratiesysteem bij de Arbeidsinspectie. Als deze het verzoek honoreert dan dient de gecorrigeerde dosis te worden ingevoerd in NDRIS.

1 Inleiding

In opdracht van het ministerie van Sociale Zaken en Werkgelegenheid (SZW) heeft RIVM een onderzoek uitgevoerd naar de stralingsbescherming en het bepalen van de effectieve dosis van de werknemer.

In Euratom richtlijn EU/96/29 [1] zijn taken omschreven voor de lidstaten ter bescherming van werknemers die worden blootgesteld aan ioniserende straling. In het Besluit stralingsbescherming (Bs) [2] is voorgeschreven dat de mate van de blootstelling (art. 87-89) moet worden bepaald en dat deze moet worden vastgelegd in een dosisregistratiesysteem (art. 91). De registratie van de werknemersdosis vindt plaats in het Nationaal Dosisregistratie en Informatiesysteem (NDRIS) [3] dat wordt verzorgd door NRG-Arnhem op basis van op naam gestelde dosimeters.

1.1 Probleemstelling

De dosimeteruitslagen zoals die zijn geregistreerd in NDRIS zullen niet altijd een juist beeld geven van de werkelijke blootstelling. Dit komt bijvoorbeeld doordat badges boven dan wel onder een loodschort gedragen worden, en doordat afhankelijk van de aard en het type van de handelingen de plaats op het lichaam waar de badge wordt gedragen niet overeenkomt met de meest blootgestelde lichaamsdelen. Om een betere schatting te maken van de effectieve dosis passen de dosimetrische diensten van Technische Universiteit Eindhoven en Vrije Universiteit Amsterdam sinds respectievelijk 1993 en 2002 op de buiten het loodschort gemeten dosis een correctiefactor van 0,2 toe vóórdát deze wordt aangeleverd aan het NDRIS [4].

De draagdiscipline, en onzekerheden in de dosimeteruitslagen (energie- en hoekafhankelijkheid, ruis, achtergrondcorrecties, kalibratie) zijn andere factoren die tot fouten in de blootstellingsregistratie aanleiding geven.

1.2 Doelstelling

De doelstelling van het onderzoek betreft het opleveren van een aantal beleidsopties om (met de dosimeteruitslagen van de werknemers) de in NDRIS geregistreerde dosis een zo juist mogelijke weergave te laten zijn van de effectieve dosis, vanuit het perspectief dat deze gegevens bruikbaar zijn voor adequate stralingsbescherming.

1.3 Afbakening

Het onderzoek wordt beperkt tot de personen die een dosimeter dragen en waarvan de dosis wordt geregistreerd in NDRIS. Vandaar dat mogelijke inwendige besmettingen, bijvoorbeeld door inhalatie van natuurlijke radionucliden binnen de procesindustrie, niet nader worden onderzocht. Alhoewel deze tot een relevante dosis kunnen leiden, past dit onderwerp niet in dit rapport.

Onzekerheden in de dosimeteruitslagen ten gevolge van energie- en hoekafhankelijkheid, ruis, achtergrondcorrecties en kalibratiefactoren worden niet in het onderzoek meegenomen. Dit onderwerp wordt in een apart ringonderzoek opgenomen.

1.4 Dosisgrootheden

In het Besluit stralingsbescherming [2] is vastgelegd dat de stralingsdosis van beroepsmatig blootgestelde personen moet worden bepaald en vastgelegd. De effectieve dosis (E) is een rekenkundige maat ter bepaling van de stralingsdosis van het lichaam [5]. De effectieve dosis is echter geen meetbare grootheid. Het persoonsdosisequivalent wordt op 10 mm diepte in zacht weefsel ($H_p(10)$) gemeten met persoonsdosimeters [6] en fungeert als conservatieve schatter voor de effectieve dosis.

1.5 Leeswijzer

In Hoofdstuk 2 wordt een verslag gedaan van een vooronderzoek ter identificatie van de te onderzoeken beroepsgroepen en bijbehorende blootstellingsomstandigheden. De selectiecriteria en de indeling in categorieën werknemers worden eerst toegelicht alvorens de selectie van de te onderzoeken beroepsgroepen wordt behandeld.

In Hoofdstuk 3 staan de resultaten van een inventarisatie van de toepassing van de Euratom richtlijn 96/29 [1] in de 15 EU-landen en Zwitserland met betrekking tot de persoonsdosimetrie. Voor dit rapport wordt uitgegaan van de situatie van de 15 landen waar de EU uit bestond voor 1 mei 2004. Vervolgens geeft Hoofdstuk 4 een overzicht van wetenschappelijke achtergronden voor mogelijkheden ter bepaling van de effectieve dosis op basis van literatuurgegevens en wordt de visie weergegeven van een aantal experts. In Hoofdstuk 5 worden opties voor een implementatie van correctiefactoren gegeven. Het rapport wordt besloten met de conclusies en aanbevelingen.

2 Bepaling van de onderzochte categorieën blootgestelde werkers

De uitkomsten van een vooronderzoek ter identificatie van de te onderzoeken blootstellingsomstandigheden en beroepsgroepen, waarvoor een correctiefactor mogelijk van toepassing is, worden in dit hoofdstuk beschreven. Een drietal selectiecriteria en de beroepsgroepen worden eerst besproken. De resultaten van de selectiecriteria worden in het vervolg van het rapport gebruikt voor het vervolgonderzoek naar mogelijke beleidsopties voor het bepalen van de effectieve dosis op basis van de gemeten dosis.

2.1 Selectiecriteria

Een rapport van Van Dijk [4] is gebruikt om de te onderzoeken beroepsgroepen te identificeren conform de NDRIS-indeling. De volgende selectiecriteria zijn overwogen:

1. Minimaal 5% van de blootgestelde werkers binnen de beroepsgroep heeft een geregistreerde badgedosis ($H_p(10)$) hoger dan 0,5 mSv voor een periode van 10 jaar,
2. minimaal 5% van de blootgestelde werkers binnen de beroepsgroep heeft een badgedosis hoger dan 1,0 mSv in enig jaar voor een periode van 10 jaar,
3. minimaal 0,3% van de blootgestelde werkers binnen de beroepsgroep heeft een badgedosis hoger dan 5,0 mSv in enig jaar voor een periode van 10 jaar.

2.2 Indeling blootgestelde werknemers

De volgende indeling in categorieën werkgevers/werknemers kan worden gehanteerd, zie tabel 99 in het NRG-rapport [4]:

1. gezondheidszorg
 - a. algemene röntgendiagnostiek en mammografie
 - b. cardiologische diagnostiek
 - c. chirurgische diagnostiek
 - d. tandheelkundige diagnostiek
 - e. diergeneeskundige diagnostiek
 - f. oppervlaktetherapie
 - g. overige therapie
 - h. in-vivo onderzoek
 - i. toepassing buiten laboratorium
 - j. overige nucleaire geneeskunde

- k. overige medische toepassingen
- 2. nucleaire technieken
 - a. reactorbedrijf eigen werknemers
 - b. reactorbedrijf externe werknemers
 - c. uraniumverrijking
 - d. \
 - e. -overige nucleaire techniek
 - f. /
- 3. industrie en bedrijfsleven
 - a. niet-destructief onderzoek – vaste opstellingen
 - b. niet-destructief onderzoek – mobiele opstellingen
 - c. diverse röntgentoestellen
 - d. isotopenproductie
 - e. radiochemie
 - f. overige industriële toepassing
- 4. luchtvaart
- 5. stralingsbescherming, onderzoek en onderwijs en overige toepassingen
 - a. stralingsbescherming
 - b. onderzoek en onderwijs
 - c. overige toepassingen

Wat betreft de indeling volgen hier enige opmerkingen:

- Een subcategorie (bijvoorbeeld 1a) binnen deze indeling wordt gedefinieerd als een beroepsgroep;
- De luchtvaartindustrie wordt in dit rapport niet behandeld, omdat binnen deze industrie geen persoonsdosimeters worden gedragen;
- De beroepsgroepen 1i, 1j en 1k zijn niet toegelicht in het rapport van Van Dijk, waarbij het om ongeveer 3.160 werknemers gaat voor het jaar 2002¹. Door een gebrek aan informatie hierover worden deze groepen niet onderzocht;
- Om een betere schatting te maken van de effectieve dosis passen de dosimetrische diensten van Technische Universiteit Eindhoven en Vrije Universiteit Amsterdam sinds respectievelijk 1993 en 2002 op de buiten het loodschoort gemeten dosis een correctiefactor van 0,2 toe vóórdat deze wordt aangeleverd aan het NDRIS;
- Het gemeten persoonsdosisequivalent van de blootgestelde werkers binnen de cardiologische en diergeneeskundige diagnostiek zijn door de auteur met een factor 0,2 vermenigvuldigd ten behoeve van het genoemde rapport. Voor de

¹ Dit is af te leiden door de totalen van de tabellen voor de groepen 1a t/m 5c te sommeren en te vergelijken met het totaal aantal werknemers zoals gemeld in tabel 2 van Van Dijk [4]

selectie van de beroepsgroepen moet daarmee rekening worden gehouden. Nadat de selectie heeft plaatsgevonden wordt hiervoor gecontroleerd.

De selectiecriteria zijn toegepast op de dosisgegevens van de laatste tien jaar. Dus als in enig jaar in het afgelopen decennium een beroepsgroep binnen de selectiecriteria viel, is deze groep geselecteerd. De resultaten van deze selectie zijn in de volgende tabellen weergegeven. Om de aantallen werkers te duiden binnen de selecties is het jaar 2002 gekozen. Let wel, het is mogelijk dat een beroepsgroep wordt geselecteerd omdat die bijvoorbeeld in 1998 voldoet aan het criterium, maar in 2002 niet.

2.3 Resultaten

De resultaten van de drie toegepaste selectiecriteria op de NDRIS-databank, middels gebruik te maken van het rapport van Van Dijk [4], worden hier besproken.

criterium 1

Tabel 1 Criterium 1: “minimaal 5% van de werknemers binnen de beroepsgroep heeft een persoonsdosisequivalent ($H_p(10)$) hoger dan 0,5 mSv in enig jaar in de afgelopen periode van 10 jaar.” Vergelijking van de resultaten van de selectie met de gegevens uit 2002.

Beroeps-groep	voldoet aan criterium (1993-2002) 1 = ja, 0 = nee	aantal werkers in categorie (2002)	aantal werkers $H_p(10) > 0,5$ mSv (2002)	percentage werkers $H_p(10) > 0,5$ mSv (2002)	aantal werkers $H_p(10) > 0,5$ mSv zonder nader onderzoek (2002)
1a	1	10.186	998	9,8%	0
1b	1	1.560	367	23,5%	0
1c	0	-	66	4,6%	66
1d	0	-	11	0,2%	11
1e	0	-	73	2,5%	73
1f	1	110	2	1,8%	0
1g	0	-	21	1,2%	21
1h	1	816	237	29,0%	0
2a	1	541	125	23,1%	0
2b	1	383	83	21,7%	0
2c	1	97	27	27,8%	0
2d-f	1	266	44	16,5%	0
3a	0	-	0	0,0%	0
3b	1	899	313	34,8%	0
3c	0	-	15	3,0%	15
3d	1	410	152	37,1%	0
3e	0	-	9	1,1%	9
3f	0	-	18	2,2%	18
5a	1	73	5	6,8%	0
5b	1	2.296	173	7,5%	0
5c	1	771	15	1,9%	0
totaal	13	18.408	2.754	31,2%	213

- n.v.t.

Toelichting op de tabel aan de hand van de beroepsgroep 1f (oppervlaktetherapie, kolom 1): In de tweede kolom staat een 1 ter duiding dat in minimaal één van de laatste 10 jaar 5% van de werkers een persoonsdosisequivalent hoger dan 0,5 mSv

heeft ontvangen. Het aantal werkers in de beroepsgroep bedraagt in 2002 110, wat is weergegeven in kolom 3. Van die 110 werkers hebben 2 werkers in 2002 een persoonsdosisequivalent hoger dan 0,5 mSv, zie kolom 4; dat is een percentage van 1,8 van die groep (kolom 5). Het aantal werkers met een persoonsdosisequivalent in 2002 hoger dan 0,5 mSv dat geen verder onderzoek behoeft bedraagt 0, aangezien de categorie is geselecteerd (kolom 6).

Bij dit selectie criterium worden 13 van de 21 beroepsgroepen geselecteerd die nader moeten worden onderzocht. Dit houdt in dat voor die groepen, waartoe 18.408 werkers behoren van de 34.652 werkers met een dosimeter, wordt onderzocht of het geregistreerde persoonsdosisequivalent een correctie behoeft. In dit geval geldt dat voor 2.754 werknemers het in 2002 in NDRIS geregistreerde persoonsdosisequivalent op hoger is dan 0,5 mSv. Voor 213 blootgestelde werkers met een persoonsdosisequivalent in 2002 hoger dan 0,5 mSv, die in een categorie vallen die niet is geselecteerd wordt niet nader onderzocht of het persoonsdosisequivalent een correctie behoeft.

criterium 2

Tabel 2 Criterium 2: “minimaal 5% van de werknemers binnen de beroepsgroep heeft een persoonsdosisequivalent ($H_p(10)$) hoger dan 1,0 mSv in enig jaar in de afgelopen periode van 10 jaar.” Vergelijking van de resultaten van de selectie met de gegevens uit 2002.

Beroeps- groep	voldoet aan criterium (1993-2002) 1 = ja, 0 = nee	aantal werkers in categorie (2002)	aantal werkers $H_p(10) > 1,0$ mSv (2002)	percentage werkers $H_p(10) > 1,0$ mSv (2002)	aantal werkers $H_p(10) > 1,0$ mSv zonder nader onderzoek (2002)
1a	1	10.186	564	6%	0
1b	1	1.560	208	13%	0
1c	0	-	28	2%	28
1d	0	-	3	0%	3
1e	0	-	13	0%	13
1f	0	-	1	1%	1
1g	0	-	10	1%	10
1h	1	816	129	16%	0
2a	1	541	65	12%	0
2b	1	383	50	13%	0
2c	1	97	7	7%	0
2d-f	1	266	24	9%	0
3a	0	-	0	0%	0
3b	1	899	227	25%	0
3c	0	-	0	0%	0
3d	1	410	111	27%	0
3e	0	-	3	0%	3
3f	0	-	12	1%	12
5a	1	73	5	7%	0
5b	0	-	31	1%	31
5c	0	-	6	1%	6
TOTAAL	10	15.231	1.497	23%	107

- n.v.t.

Bij dit criterium worden 10 van de 21 beroepsgroepen geselecteerd die nader moeten worden onderzocht. Dit houdt in dat voor die groepen, waartoe 15.231 werkers behoren van de 34.652 werkers met een dosimeter wordt onderzocht of het geregistreerde persoonsdosisequivalent een correctie behoeft. In dit geval geldt dat voor 1.497 werkers het in 2002 in NDRIS geregistreerde persoonsdosisequivalent hoger is dan 1 mSv. Voor 107 blootgestelde werkers met een persoonsdosisequivalent in 2002 hoger dan 1 mSv, die in een categorie vallen die

niet is geselecteerd wordt niet nader onderzocht of het persoonsdosisequivalent een correctie behoeft.

criterium 3

Tabel 3 Criterium 3: “minimaal 0,3% van de werknemers binnen de beroepsgroep heeft een persoonsdosisequivalent ($H_p(10)$) hoger dan 5,0 mSv in enig jaar de afgelopen periode van 10 jaar.” Vergelijking van de resultaten van de selectie met de gegevens uit 2002.

Beroeps-groep	voldoet aan criterium (1993-2002) 1 = ja, 0 = nee	aantal werkers in categorie (2002)	aantal werkers $H_p(10) > 5$ mSv (2002)	percentage werkers $H_p(10) > 5$ mSv (2002)	Aantal werkers $H_p(10) > 5$ mSv zonder nader onderzoek (2002)
1a	1	10.186	108	1,1%	0
1b	1	1.560	10	0,6%	0
1c	1	1.433	5	0,3%	0
1d	0	-	1	0,0%	1
1e	0	-	0	0,0%	0
1f	1	110	1	0,9%	0
1g	1	1.777	3	0,2%	0
1h	1	816	1	0,1%	0
2a	1	541	1	0,2%	0
2b	1	383	1	0,3%	0
2c	1	97	0	0,0%	0
2d-f	1	266	1	0,4%	0
3a	0	-	0	0,0%	0
3b	1	899	48	5,3%	0
3c	1	493	0	0,0%	0
3d	1	410	32	7,8%	0
3e	0	-	0	0,0%	0
3f	0	-	2	0,2%	2
5a	1	73	0	0,0%	0
5b	0	-	4	0,2%	4
5c	1	771	0	0,0%	0
TOTAAL	15	19.815	218	0,5%	7

- n.v.t.

Bij dit criterium worden 15 van de 21 beroepsgroepen geselecteerd die nader moeten worden onderzocht. Dit houdt in dat voor die groepen, waartoe 19.815 werkers behoren van de 34.652 werkers met een dosimeter, wordt onderzocht of het geregistreerde persoonsdosisequivalent een correctie behoeft. In dit geval geldt dat voor 218 werknemers het in 2002 in NDRIS geregistreerde persoonsdosisequivalent hoger is dan 5 mSv. Voor 7 blootgestelde werkers met een persoons-

dosisequivalent in 2002 hoger dan 5 mSv, die in een categorie vallen die niet is geselecteerd wordt niet nader onderzocht of het persoonsdosisequivalent een correctie behoeft.

2.4 Selectie van beroepsgroepen

In dit hoofdstuk zijn drie selectiecriteria onderzocht om te komen tot een dosisgrens waaronder het mogelijk niet noodzakelijk is om een correctie toe te passen. De criteria leiden tot het onderzoeken van blootstellingsomstandigheden van een 15 à 20 duizend medewerkers. Afgaande op het aantal blootgestelde werkers in het jaar 2002 zouden de dosimeteruitslagen van 2754 werkers een correctie behoeven als wordt uitgegaan van een jaardosiscriterium van een 0,5 mSv. Dit aantal zakt naar 1497 als een jaardosiscriterium van 1,0 mSv wordt gehanteerd. Slechts 218 dosimeteruitslagen behoeven een correctie bij een jaardosiscriterium van 5,0 mSv.

Als daarbij een selectie plaatsvindt op basis van beroepsgroepen, dan zou het aantal te corrigeren dosimeteruitslagen verder kunnen worden beperkt. Het betreft dan respectievelijk 2.541 (5% van beroepsgroep > 0,5 mSv), 1.390 (5% van beroepsgroep > 1 mSv) en 211 (0,3% van beroepsgroep > 5mSv) dosimeteruitslagen.

Uiteindelijk is in overleg met SZW ervoor gekozen om voor het vervolg van dit rapport die beroepsgroepen te onderzoeken waarvan minimaal 5% van de blootgestelde werkers een badgedosis op jaarbasis heeft hoger dan 1 mSv in enig jaar in het afgelopen decennium (selectiecriteria 2). Dit is mede ingegeven door artikel 76 van het Bs waarin wordt gesteld dat een ondernemer er voor zorgdraagt dat de effectieve dosis van een niet-blootgestelde werker in een kalenderjaar als gevolg van zijn handelingen de 1 mSv niet overschrijdt. Een blootgestelde werker kan gedurende zijn werktijd een blootstelling ondergaan die leidt tot een effectieve dosis van meer dan 1 mSv in een kalenderjaar.

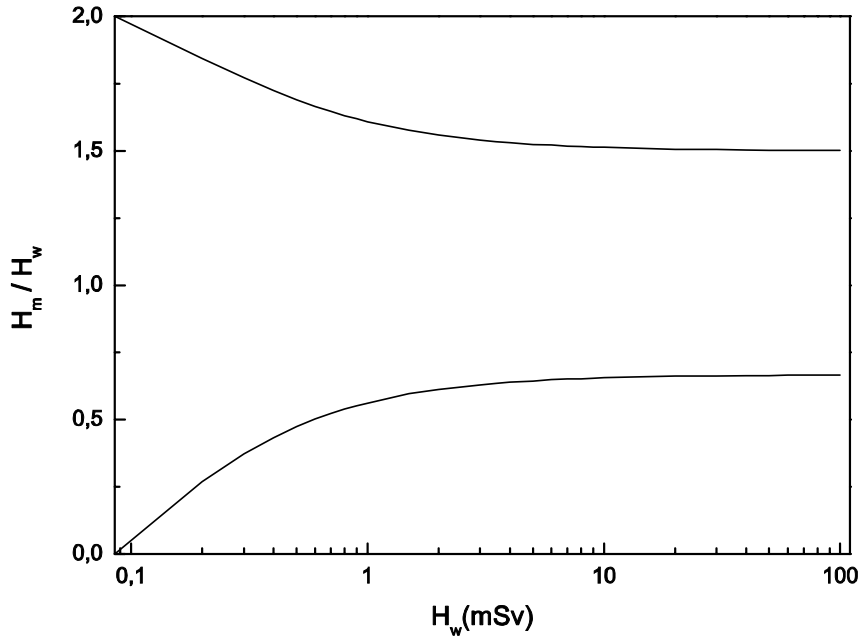
De te onderzoeken beroepsgroepen betreffen algemene röntgendiagnostiek en mammografie (1a), cardiologische diagnostiek (ondanks het feit dat het persoonsdosisequivalent voor werkers in deze groep reeds is gecorrigeerd, 1b), in-vivo onderzoek (1h), de nucleaire technieken (2a-f), mobiele opstellingen bij niet-destructief onderzoek (3b), isotopenproductie (3d) en stralingsbescherming (5a). Daarnaast is bepaald dat de diergeneeskundige diagnostiek (1e) ook wordt meegenomen, aangezien deze beroepsgroep zou zijn geselecteerd als de dosiswaarden niet met een factor 0,2 waren vermenigvuldigd ten behoeve van het NRG-rapport [4].

3 Inventarisatie van implementatie van de EU-richtlijn

De Europese richtlijn 96/29 [1] is inmiddels in de EU-landen geïmplementeerd. In Nederland is de bepaling van de mate van blootstelling van werkers en de registratie daarvan vastgelegd in Bs art. 87 tot en met 95. In een onderzoek in Europees kader, EURADOS, is in 1996 een groep opgericht om te bezien in welke mate de dosimetrische vereisten en procedures voor individuele monitoring van ioniserende straling geharmoniseerd zijn in de Europese lidstaten. Dit onderzoek was voornamelijk ingegeven door de genoemde Europese richtlijn.

In twee artikelen schrijven leden van de EURADOS-actiegroep [7, 8] dat de nationale eisen aan een dosimetrische dienst en dosimeterkarakteristieken grote verschillen laten zien tussen de Europese lidstaten. Tevens wordt door de auteurs van die artikelen ingezien dat enige mate van harmonisatie hiervan aan te bevelen is. Zo is gesteld in ICRP rapporten 60 en 75 [5, 9] dat de gemeten dosiswaarden (H_m) die zich in de buurt van de jaardosislimieten (20 mSv per jaar, gemiddeld over een periode van 5 jaar) bevinden binnen een factor 1,5 van de werkelijke waarde voor de effectieve dosis (H_w) moeten bevinden ($1,5 \geq H_m/H_w \geq 1/1,5$) in 95% van de metingen. Voor de praktische toepassing heeft Böhm [10] een functie voorgesteld waarbij een bandbreedte wordt aangegeven voor de gemeten dosis ten opzichte van de werkelijke dosis, zie Figuur 1. In de functie wordt uitgegaan van een detectielimiet van 0,085 mSv per maand. Toepassing van deze functie wordt door een groot aantal wetenschappers ondersteund [7, 11, 12].

In het kader van toegestane meetonzekerheid moet ook de bepaling van de effectieve dosis in dit rapport worden gezien. Bij de aanname van een werkelijke jaardosis van 1 mSv die gelijkmatig over een jaar wordt ontvangen, bedraagt de maanddosis 0,085 mSv. Bij die dosis mag de gemeten dosis 0 tot 0,17 mSv bedragen. Vandaar dat het redelijk lijkt om bij de bepaling van de effectieve dosis op basis van de gemeten dosis een vergelijkbare onzekerheid aan te houden.



Figuur 1 Limieten voor de toegestane verhouding H_m/H_w voor maandelijkse monitoring. H_m is de gemeten dosiswaarde, H_w is de werkelijke dosiswaarde. 95% van alle meetwaarden moet binnen deze limieten liggen [10].

Ambrosi *et al.* [7] levert tevens informatie over al dan niet toegepaste correctiefactoren op de uitlezing van de persoonsdosimeter in de EU-lidstaten en Zwitserland. Voor zes van de door Ambrosi *et al.* onderzochte landen geldt dat voor de neutronendosimetrie aparte correcties worden toegepast in routinematige situaties, zie Tabel 4. Alleen in het Verenigd Koninkrijk wordt bovendien toegestaan dat een dosimetrische dienst de fotonendosis corrigeert indien de daartoe verantwoordelijke voldoende informatie heeft over de blootstellingsomstandigheden. In acht van de landen is het bovendien zo dat de dosis wordt herberekend als die de relevante afgeleide (bijvoorbeeld een tiende van de jaarlimiet) dosislimiet (mogelijk) overschrijdt.

Het is duidelijk dat in de praktijk in de onderzochte landen geen routinematige correctie wordt toegepast op de (fotonen)dosis. In acht van de landen wordt slechts een correctie toegestaan als een relevante afgeleide limiet (mogelijk) wordt overschreden.

Tabel 4 Toepassing van correctiefactoren door de dosimetrische diensten in de Europese lidstaten en Zwitserland (Ambrosi *et al.* [7])

Land	Routinematig gebruik van correctiefactoren*	Correcties in speciale omstandigheden
België	Afhankelijk van type dosimeter en dosimetrische dienst (bijv. soms voor neutronen)	Geen info
Duitsland	Voor neutronen zijn er correctiefactoren	Ja, indien de maanddosis hoger is dan 1/10 van de jaarlimiet
Denemarken	Nee	Ja, bij een dosis boven een relevante dosislimiet ^{DK}
Frankrijk	Voor neutronen zijn er correctiefactoren ^{F1}	Ja, indien de dosis hoger is dan 1/10 van de dosislimiet ^{F2}
Finland	Nee	Ja, indien de gemeten dosis in de buurt ligt van de dosislimiet
Griekenland	Nee	Nee
Ierland	Nee	Nee
Italië	Nee	Nee
Luxemburg	Nee	Ja, indien de maanddosis hoger is dan 1 mSv ^L
Nederland	Nee	Op verzoek en na autorisatie door bevoegd gezag
Oostenrijk	Alleen voor neutronen	Nee
Portugal	Nee	Nee
Spanje	Soms voor neutronen ^{S1}	Ja, indien een dosislimiet wordt overschreden ^{S2}
Verenigd Koninkrijk	Voor neutronen en soms voor fotonen ^{VK1}	Ja, indien de dosis hoger is dan de relevante dosislimiet ^{VK2}
Zweden	Ja ^Z	Geen info
Zwitserland	Nee	Ja, indien de dosis hoger is dan de jaarlimiet

*De door de dosimetrische diensten toegepaste kalibratiefactoren zijn niet meegenomen in deze kolom.

^{DK}Indien een dosimeteruitslag hoger is dan $H_p(10)=5$ mSv, $H_p(3)=15$ mSv of $H_p(0,07)=50$ mSv, dan moet dit onverwijld worden gerapporteerd aan de werkgever en Nationale Gezondheidsraad. Indien de cumulatieve 12 maandendosis ($H_p(10)$) hoger is dan 10 mSv, dan moet er een onderzoek volgen naar de werkprocedures.

^{F1}In verband met de gevoeligheid voor neutronenenergie en richting worden correctiefactoren afhankelijk van de blootstellingsomstandigheden toegepast.

^{F2}De arboarts van het bedrijf laat een onderzoek uitvoeren wanneer het persoonsdosisequivalent groter is dan 1/10 van de dosislimiet.

^LIndien de maanddosis hoger is dan 1 mSv (1/10 van de jaarlimiet) dan wordt de situatie onderzocht en eventueel een correctieve actie gepleegd.

^{S1}De meeste neutronen-persoonsdoses worden bepaald aan de hand van omgevingsmonitoren, niet door persoonsdosimeters.

^{S2}In het geval van overschrijding van de dosislimieten volgt een onderzoek waarbij de dosis opnieuw wordt geëvalueerd of herberekend, maar alleen als dat zo uitkomt; het is niet verplicht.

^{VK1}correctiefactoren voor fotonen worden voor specifieke installaties toegestaan, indien er voldoende informatie aanwezig is over de stralingsvelden. De bepaling vindt van geval tot geval plaats door een daartoe verantwoordelijke bij de dosimetrische dienst. Voor neutronen is het gebruikelijk om correctiefactoren toe te passen afhankelijk van de blootstellingsomstandigheden (neutronenspectrum).

^{VK2}Indien de gemeten dosis de relevante dosis limiet overschrijdt, dan kan de werkgever de dosimetrische dienst vragen om de gemeten dosis opnieuw te bepalen om een betere schatting te krijgen voor het effectief dosisequivalent. Als de nieuwe waarde duidelijk afwijkt van de originele waarde dan moet de werkgever een verzoek indienen voor een speciaal veld in het registratiesysteem.

^ZBij navraag blijkt het te gaan om kalibratie-correcties van de TLD-uitlesing [13]

4 Opties voor correctiefactoren ter bepaling van effectieve dosis

Ter bepaling van de effectieve dosis op basis van het persoonsdosisequivalent is op twee manieren onderzoek gedaan. Enerzijds is een literatuuronderzoek uitgevoerd naar de wetenschappelijke onderbouwing van toegepaste correctiefactoren om een betere schatting te maken van de effectieve dosis op basis van het gemeten persoonsdosisequivalent. Anderzijds is een vragenlijst voorgelegd aan experts in de stralingsbescherming om te bezien of de toepassing van een correctiefactor wenselijk zou zijn gegeven de praktijksituatie en welke instantie de correctiefactor zou mogen bepalen of toepassen. De bevindingen van beide methoden wordt hieronder beschreven.

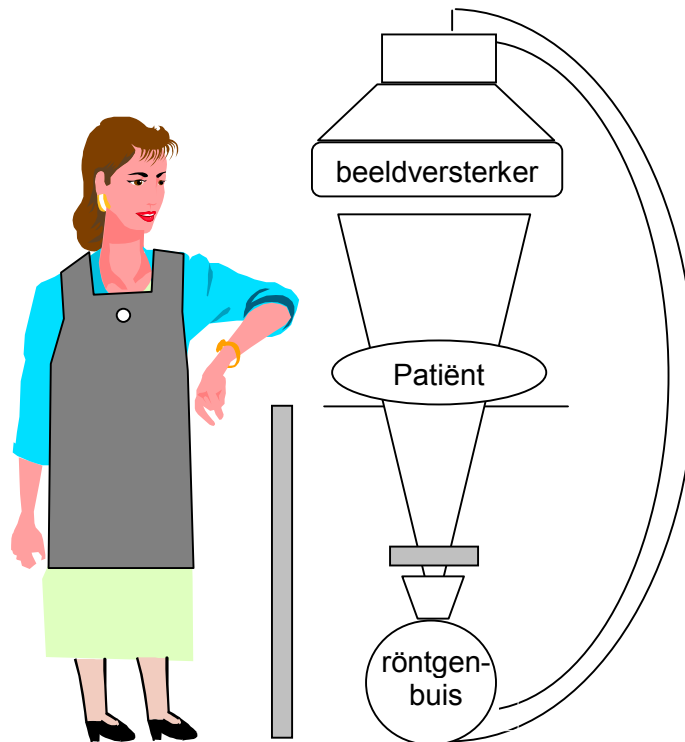
4.1 Literatuuronderzoek

Uit literatuuronderzoek blijkt dat er verschillende methoden bestaan om een effectieve dosis of een effectief dosisequivalent te bepalen. Zo zijn er schattingen met behulp van één dosimeter en meer dosimeters. Op basis van ICRP rapport 74 [14] is het duidelijk dat de effectieve dosis kan worden bepaald op basis van het gemeten persoonsdosisequivalent als men kennis heeft van het stralingsveld. Over het algemeen kan worden gesteld dat de $H_p(10)$ een conservatieve schatter is voor de effectieve dosis [15], hetgeen ook wordt gesteld in het Bs [2]. Bij een onbeschermd werker zou de gemeten dosiswaarde een goede indicatie geven van de werkelijke effectieve dosis. Echter, in een recente publicatie stellen Chumak en Bakhanova [16] dat de $H_p(10)$ juist bij anisotrope stralingsvelden² een significante onderschatting kan leveren. Bij een fotonenergie van 80 keV kan deze onderschatting oplopen tot een factor 16 bij een schuine aanstraling van achteren waarbij de dosimeter aan de voorzijde wordt gedragen.

Als een werker een loodschort draagt is het afhankelijk van de positie van de dosimeter of de gemeten dosis een over- danwel onderschatting levert van de effectieve dosis. In Figuur 2 wordt een situatie bij een röntgenapparaat gegeven. Strooi-straling vanuit de patiënt en de onderzoekstafel draagt bij aan de dosis van de werker, terwijl directe straling van het röntgenapparaat wordt afgeschermd. Een goede pasvorm van een loodschort bij de oksel is belangrijk om gevoelige organen zoals de longen te beschermen. De dosimeter wordt gedragen op kraaghoogte buiten en boven loodschort. Loodschorten worden vooral toegepast binnen de

² anisotroop stralingsveld: straling afkomstig vanuit willekeurige richting.

diagnostiek met röntgen en interventie radiologie. Voor hogere fotonenergieën (> 125 keV) doet een loodschort er nauwelijks meer toe. Vandaar dat loodschorten niet worden toegepast bij nucleaire geneeskunde en bij de productie van radiofarmaca, waar over het algemeen gebruik wordt gemaakt van radionucliden met hogere fotonenergieën.



Figuur 2 Toepassing van een loodschort en persoonsdosismeter bij handelingen met een röntgenapparaat.

Faulkner en Marshall [17] publiceerden in 1993 de resultaten van hun onderzoek naar het dragen van dosimeters, de dikte van loodschorten (0,1 tot 0,5 mm Pb) en de positie van de dosimeter op het lichaam (voorhoofd, kraaghoogte, borst en middel) bij fluoroscopische procedures. Afhankelijk van typische blootstellingsomstandigheden werd gesteld dat de effectieve dosis met een factor 2 tot 60 kan worden overschat als de dosimeter buiten het loodschort wordt gedragen. Als het de dosimeter onder het loodschort wordt gedragen dan zou de effectieve dosis tot een factor 7 kunnen worden onderschat.

In Tabel 5 wordt een overzicht gegeven van de in de literatuur voorgestelde correctiefactoren om de effectieve dosis te bepalen op basis van het gemeten persoonsdosisequivalent.

Bij dosimetrie op basis van één dosimeter is er in Tabel 5 één waarde per rij opgenomen. Als er meer gegevens op een rij aanwezig zijn, bij dosimetrie met meerdere dosimeters, dient men ze op te tellen. Dus bijvoorbeeld:

- bij NCRP [18]: $E = 0,5 H_W + 0,025 H_T$, hierin is H_W de $H_p(10)$ gemeten op romp of middel en H_T is de $H_p(10)$ gemeten op kraaghoogte.

Met H_{TA} wordt de gemeten dosis op kraaghoogte bedoeld, waarbij een schildklierbescherming is gedragen. Met $H_T(0,07)$ wordt de gemeten huid- of oppervlaktedosis op kraaghoogte bedoeld.

De voorgestelde correctiefactoren in Tabel 5 liggen dicht bij de 1 dan de door Faulkner en Marshall [17] aangegeven factoren, omdat de auteurs waarnaar in Tabel 5 wordt verwezen uitgaan van meerdere blootstellingsomstandigheden en niet van een typische situatie.

Mol *et al.* [19] hebben de correctiemethodes geëvalueerd van Wambersie en Delhove [23], Rosenstein en Webster [26] en Huyskens *et al.* [22]. Zij concluderen dat het meten van de dosis onder een loodschort een onderschatting levert van een factor 1,5 tot 5. Bij meting onder een loodschort is enerzijds de onbeschermd oog lens dosis niet te bepalen en anderzijds is een schatting van de effectieve dosis niet altijd mogelijk door de detectielimiet. Mol *et al.* [19] stellen dat dosimetrie met één enkele dosimeter boven het loodschort de kans verhoogt op verkeerd gebruik. Bij veelvuldig gebruik van loodschorten wordt dubbele dosimetrie aanbevolen. Een precieze dosisbepaling op basis van dubbele dosimetrie zou moeten plaatsvinden door een lokaal stralingsdeskundige. Hier staat tegenover dat McKetty [20] rapporteert dat het in de praktijk voorkomt dat de middel- en kraagdosimeters worden verwisseld.

Tabel 5 Voorgestelde correctiefactoren $E/H_p(10)$ ter schatting van de effectieve dosis op basis van het gemeten persoonsdosisequivalent in de literatuur op basis van dosimetrie met één of meerdere dosimeters. Bij meting op kraaghoogte is de badge onafgeschermd.

	Romp of middel (als middel expliciet genoemd is - i.p.v. romp - wordt dit door H_w aangegeven)		Kraag (loodschort wordt gedragen)
	<u>Boven / op Lood-schort</u>	<u>Onder Loodschort</u>	
NCRP 95 [18]			1/21 = 0,048
NCRP 95 [18]		0,5	0,025
Franken& Huyskens [21] Huyskens <i>et al.</i> [22]	0,2		
Franken& Huyskens [21]	0,1	1	
Wambersie& Delhove [23]	0,1	1	
Kicken [24]	0,1		
Niklason <i>et al.</i> [25]		0,94 H_w	0,06 $H_T(0,07)$
Niklason <i>et al.</i> [25]		0,98 H_w	0,02 $H_{TA}(0,07)$
Rosenstein& Webster [26]		0,5 H_w	0,025
McEwan [27]		0,71	0,05
McEwan [27]			0,08
McEwan [27]		2	

Franken en Huyskens [21] zijn tegen een protocol om de dosimeter onder het loodschort te dragen bij dosimetrie op basis van één dosimeter. Zij vinden net als Mol *et al.* [19] dat de effectieve dosis dan vaak niet goed kan worden gereconstrueerd, omdat de detectielimiet aanzienlijk toeneemt door de afschermdende werking van het loodschort. Vooral voor röntgentoestellen met lage buisspanningen (<100 kV) treedt dit probleem op, maar ook bij hogere buisspanningen wordt de detectielimiet verhoogd met een factor 10 tot 20. Een ander argument van Franken en Huyskens tegen een dergelijk protocol is dat een uitlezing van een afgeschermd dosimeter nooit kan worden toegepast ter bepaling van de blootstelling van onbedekte lichaamsdelen zoals de ooglenzen.

Over Tabel 5 zij verder opgemerkt dat Kicken *et al.* [28] de correctiefactoren van Rosenstein en Webster [26] (en daarmee die van NCRP) niet aanbevelen, aangezien de schatting voor de effectieve dosis te laag zou zijn vergeleken met resultaten van hun onderzoek. De resultaten van Kicken *et al.* [28] komen meer overeen met die van Niklason *et al.* [25]. In de eerste stelling van zijn proefschrift stelt Kicken [24] dat een factor 0,1 zou kunnen worden toegepast ter schatting van de effectieve dosis bij interventie-radiodiagnostiek uitgaande van een oppervlakedosis van de op kraaghoogte gedragen persoonsdosismeter boven het loodschort.

4.2 Visie van de experts op (implementatie van) correctiefactoren

In hoofdstuk 2 zijn de categorieën werknemers geselecteerd voor nader onderzoek. Uit die categorieën zijn vertegenwoordigers geselecteerd die of verantwoordelijk zijn voor de stralingsbescherming of kennis hebben van en ervaring hebben met het vakgebied. Aan de vertegenwoordigers zijn vragen gesteld die betrekking hebben op de in de beroepsgroep gebruikelijke positie van de persoonsdosismeter op het lichaam, het al dan niet toepassen van meerdere dosimeters, het gebruik van een loodschort, het mogelijk alternatief van ruimtemonitoring, eventuele toepassing van een correctiefactor en welke bevoegde instantie die correctie zou mogen uitvoeren. De antwoorden verschaffen een inzicht in de mogelijke opties voor toepassing van correctiefactoren ter bepaling van de effectieve dosis.

4.2.1 GEZONDHEIDSZORG

Van de gezondheidszorg zijn de volgende ‘beroepsgroepen’ geselecteerd in paragraaf 2.4: algemene röntgendiagnostiek en mammografie, cardiologische diagnostiek (voor een toelichting, zie [29]), in-vivo onderzoek en diergeneeskundige diagnostiek. De vertegenwoordigers van de medische wereld werken bij TU Eindhoven, ErasmusMC te Rotterdam, Academisch Ziekenhuis Groningen en Academisch Medisch Centrum te Amsterdam. Voor de beschrijving van de diergeneeskundige diagnostiek zijn deskundigen van Universiteit Utrecht en een dierenkliniek in Gelderland als vertegenwoordigers geselecteerd. De diergeneeskundige diagnostiek wordt apart van de medische praktijk telkens als laatste besproken bij de behandeling van de onderwerpen als de beantwoording afwijkt van die voor de medische beroepsgroepen.

Positie van dosismeter

De dosismeter wordt, al dan niet volgens voorschrift, boven het loodschort gedragen. De plaats van de dosismeter is verschillend en afhankelijk van het wel of niet dragen van een loodschort. De dosismeter wordt veelal op kraaghoogte, of

schouderhoogte gehangen of in de borstzak gedaan. Bij gebruik van een schildklierbescherming wordt de dosimeter op een andere plek gedragen. Voor werkers bij in-vivo onderzoek is het gebruikelijk dat de dosimeter juist op middelhoogte wordt gedragen, aangezien deze geen loodschort dragen.

Meerdere dosimeters (geen extremitendosimeters)?

Op één medische instelling na, waar een proef is gehouden met het dragen van twee dosimeters wordt in geen enkele instelling meer dan één dosimeter toegepast tegelijkertijd. Wel komt het voor dat men een andere dosimeter voor andere type handelingen gebruikt. Via de sofi-nummers in NDRIS is vast te stellen dat dergelijke dosimeters aan één persoon toebehoren. Een vertegenwoordiger van de medische wereld kan zich voorstellen dat A-werkers een tweede dosimeter dragen (één voor en één achter het loodschort). Een andere vertegenwoordiger claimt dat het voorschrijven van het dragen van twee dosimeters lastig is, aangezien het cardiologen en interventieradiologen belemmert in hun primaire taken (men vindt één dosimeter reeds meer dan genoeg). Verder zou het dragen van twee dosimeters, afhankelijk van het type werkzaamheid, onhandig zijn. Bovendien zouden twee dosimeters fouten in de hand werken, als ze verwisseld worden. De dosimeter die voor het loodschort zou moeten worden gedragen wordt eventueel achter het loodschort gedragen en andersom, en willekeurig in de tijd.

Draagdiscipline persoonsdosimeter

De draagdiscipline van persoonsdosimeters is in orde volgens elke vertegenwoordiger. Dit wordt gewaarborgd door controles door lokale stralingsdeskundigen. Alleen bij wisseling van badges kan het voorkomen dat men de nieuwe nog niet heeft afgehaald, waardoor de oude langer wordt gedragen. De jaardosis wordt daarmee wel juist geregistreerd.

Voor de diergeneeskundige praktijk in het algemeen is het matig gesteld met de draagdiscipline volgens een vertegenwoordiger. Beide vertegenwoordigers stellen dat in hun eigen instituut het (tegenwoordig) wel in orde is.

Dosimeter voor blootgestelde werknemers met persoonsdosisequivalent $\ll 1$ mSv?

De vertegenwoordigers vinden dat de indeling als blootgestelde werker (A of B) op basis van de te verwachten stralingsdosis in orde is. Als men met straling werkt dan heeft de werker recht op monitoring van hun blootstelling. Echter, een enkeling is van mening dat men bij continu lage stralingsbelasting ($\ll 1$ mSv) geen dosimeter zou moeten verstrekken. Het is dan nog goedkoper ook. Daar staat tegenover dat de medewerkers graag hun badge behouden. Men wordt dan serieus genomen. Ook is

de ontwikkeling van de claimcultuur nog een reden voor de werkgevers om de dosisuitslag vast te leggen.

Ruimte monitoring als alternatief voor werkers met persoonsdosisequivalent $\ll 1$ mSv

Voor een aantal vertegenwoordigers zou ruimte monitoring alleen van toepassing zijn voor het controleren van het aanstaan van toestellen of bij het beheer van bronnen. Voor de controle van de stralingsdosis van A- en B-werkers is het niet voldoende. Daarvoor bestaat juist de persoonsdosismeter. Echter, een ander kan het zich voorstellen dat bij een te verwachten jaardosis die minder is dan 1 mSv ruimte monitoring wordt toegepast. Afhankelijk van een hoog percentage van aanwezigheid in een dergelijke ruimte zou dat goed kunnen. Daarnaast zou die verantwoordelijke wel een jobdosismeter willen voorschrijven, in het geval dat een bepaalde handeling een relatief hoge dosis tot gevolg heeft.

Is het aannemelijk dat de effectieve dosis meer dan een factor twee afwijkt van gemeten $H_p(10)$?

Elke vertegenwoordiger gaat ervan uit dat de $H_p(10)$ een goede maat is voor de effectieve dosis. Een goede maat houdt in dat de gemeten dosis binnen een factor twee overeenstemt met de effectieve dosis. Alleen indien een werker een loodschort draagt en daarboven op een dosimeter of door gedeeltelijke bestraling is de $H_p(10)$ geen juiste maat voor de effectieve dosis.

Toepassing loodschort/schildklierbescherming

Het loodschort is over het algemeen voorgeschreven voor handelingen bij röntgentoestellen. Het is echter niet eenduidig. Zo is het mogelijk dat fysisch assistenten geen loodschort dragen tijdens het sleutelen aan röntgentoestellen. Dat wordt zo gedaan, omdat men zonder loodschort sneller en handiger kan werken.

Toepassing van een loodschort onder arbeidsomstandigheden waarbij de te verwachten jaardosis beneden 0,1 mSv blijft wordt niet nodig geacht volgens een vertegenwoordiger. Verder is het zo dat bij toepassing van radioactieve bronnen met relatief hoge gamma-energieën (>125 keV) het logisch is om te werken met bronafscherming, aangezien een loodschort te dik (zwaar) zou worden.

Een schildklierbescherming wordt volgens één van de vertegenwoordigers voorgeschreven voor A-werkers. Bij de anderen wordt dat overgelaten aan de beoordeling van de lokaal stralingsdeskundige of aan de medewerker zelf.

Voor de diergeneeskundige diagnostiek is de toepassing van een loodschort niet vanzelfsprekend! Dit heeft vooral te maken met de onhandigheid van een

loodschort bij bijvoorbeeld scintigrafie (botskans middels radionucliden) van paarden.

Is NDRIS-indeling duidelijk?

Bij de diverse medische instellingen is het niet altijd even helder onder welke NDRIS-categorie men de medewerker moet scharen. Ook zou bij verandering van de werkzaamheden binnen de medische wereld, dit niet altijd worden doorgegeven aan de dosimetrische dienst. Voor de verantwoordelijke stralingsbeschermingsdienst is het van belang dat de dosis wordt geregistreerd, niet dat het in een bepaald hokje wordt ingedeeld.

Voor de diergeneeskundige diagnostiek geeft één van de vertegenwoordigers aan dat de huidige NDRIS-indeling in ieder geval afwijkt van de daadwerkelijke praktijk. Zo is een verkeerde beroepsgroep gekozen in dit geval.

Toepassing correctiefactor en door welke instantie

Twee van de vertegenwoordigers geven aan dat een correctiefactor zou kunnen worden toegepast als een loodschort wordt gedragen en de badge bovenop. De een geeft aan dat die factor $E/H_p(10)$ conservatief gezien 0,2 zou moeten zijn. De dosimeter moet dan op kraaghoogte hangen. De ander geeft aan dat een factor 0,1 zou kunnen worden toegepast. Daarbij gaat hij uit van het tweede principe binnen de stralingsbescherming: optimalisatie. Het delen van de gemeten dosis door een factor 10 is een meer reële schatting van de effectieve dosis, waardoor het nemen van maatregelen op een juiste basis plaatsvindt. Zo zou je een loodschort met 0,5 mm Pb-equivalent kunnen voorschrijven in het kader van stralingsbescherming. Echter, een goed sluitend loodschort met 0,2 mm Pb-equivalent is toereikend of beter, omdat die lichter en dus handzamer (optimaal) is.

Voor het eventueel toepassen van correctiefactoren op de gemeten dosis vindt één van de vertegenwoordigers dat slechts een niveau 2 of 3 deskundige van een stralingsbeschermingsdienst daarvoor in aanmerking zou kunnen komen. Daarbij moet elke afwijking (zowel hoog als laag) op de normale stralingsbelasting worden gecontroleerd. Dit kan aan de hand van de gemeten doses in specifieke werkperiodes. De lokale stralingsdeskundige weet beter hoe de blootstellingsomstandigheden zijn geweest. Een andere vertegenwoordiger vindt juist dat slechts een NDRIS-beheerder mag corrigeren, aangezien de lokale deskundigen er mogelijk baat bij hebben om de dosis naar beneden aan te passen. In voorkomende gevallen is de onderlinge vergelijking niet meer mogelijk.

Een van de vertegenwoordigers van de diergeneeskundige diagnostiek stelt dat er veel onwetendheid is binnen de beroepsgroep als het gaat om straling. Echter, nu er

ISO-certificering wordt geëist zal het wellicht goed komen. Zo wordt binnen die certificering gegarandeerd dat een KeW-dossier moet worden bijgehouden. Iedere dierenarts heeft in ieder geval niveau 5A-stralingshygiëne.

Retrospectief corrigeren (voor de reeds bestaande gegevens, dus voor eerdere jaren) wordt niet haalbaar geacht door de vertegenwoordigers, vanwege het feit dat voor de werkgever het de bedoeling was dat het persoonsdosisequivalent werd geregistreerd. Vandaar dat het afdoende werd gevonden om persoons- en werkgegevens aan te leveren, waarbij het niet noodzakelijk werd geacht om er voor te zorgen dat elke werker in de juiste categorie werd ondergebracht.

4.2.2 NUCLEAIRE TECHNIEKEN

De nucleaire technieken zijn vertegenwoordigd door een medewerker van Kerncentrale Borssele (KCB).

Positie van dosimeter

De dosimeters worden altijd in de borstzak gedragen. In de centrale worden ten allen tijde twee dosimeters gehanteerd. Zo is er de zogenaamde ambtelijke dosimeter (de gebruikelijke TLD) en de EPD (de elektronische persoonsdosimeter, de KCB-eigen dosimeter).

De tweede wordt als backup en als directe controle gebruikt voor de daglimiet zoals die door KCB zelf wordt toegepast. De daglimiet bedraagt 0,5 mSv. De stralingscontroledienst is de controlerende instantie bij KCB en ziet er wekelijks op toe dat de dosimeteruitslagen zich binnen een bepaalde bandbreedte bewegen.

Meerdere dosimeters (geen extremitendosimeters)?

Zie hierboven.

Draagdiscipline persoonsdosimeter

De vertegenwoordiger stelt dat de draagdiscipline 100% is. Dit wordt gerealiseerd doordat het toegangkaartje bij de gecontroleerde zone gekoppeld is aan de badge met behulp van barcodes.

Dosimeter voor blootgestelde werknemers met persoonsdosisequivalent $\ll 1$ mSv?

Over het algemeen zijn de medewerkers geclassificeerd als A-werkers, hoewel het op basis van de dosisgeschiedenis voor de hand lijkt te liggen dat die medewerkers worden ingedeeld als B-werkers.

Ruimte monitoring als alternatief voor werkers met persoonsdosisequivalent $\ll 1$ mSv

Men is geen voorstander van ruimte monitoring in gecontroleerd gebied. Ten eerste kost dat ook geld en ten tweede worden grote stralingsruimtes afgesloten. Ten derde is het veel verstandiger dat de dosis van een persoon wordt gevolgd, omdat men dan de persoonlijke blootstelling eenduidig heeft vastgelegd. Door de centrale wordt dat dus gedaan door het toepassen van twee badges

Is het aannemelijk dat de effectieve dosis meer dan een factor twee afwijkt van gemeten Hp(10)?

Het is volgens de vertegenwoordiger niet te verwachten dat een correctiefactor zou moeten worden gebruikt. De gammastraling is uniform waardoor de badgeuitslag (Hp(10)) een goede indicatie is van de effectieve dosis. De correctiefactoren die soms worden toegepast door de dosimetrische dienst hebben te maken met uitleesapparatuur van de TLD's en neutronenstraling. Zo is een daartoe bedoelde neutronendosismeter nogal gevoelig voor gammastraling, vandaar dat neutronendosis moet worden bijgesteld indien er een gammadosis is gemeten. Op de totale dosis blijft de neutronendosis beperkt (ongeveer 1% in voorkomende gevallen is er neutronenstraling aanwezig).

Toepassing loodschort/schildklierbescherming

Een loodschort wordt niet gedragen. Wel wordt in speciale gevallen beschermende kleding gedragen tegen uitwendige besmetting.

Is NDRIS-indeling duidelijk?

Niet van toepassing: de centrale dosisregistratie (CDR) is elektronisch geregeld en werkt als een subcomponent van NDRIS. Bij de CDR zijn de nucleaire installaties inclusief KEMA/NRG aangesloten.

Toepassing correctiefactor en door welke instantie

Niet van toepassing.

4.2.3 INDUSTRIE EN BEDRIJFSLEVEN

Van de NDO-bedrijven is een vertegenwoordiger gevraagd van een groot Rotterdams bedrijf. De vertegenwoordigers voor de stralingsbescherming binnen de isotoopenproductie zijn NRG en TUE.

Positie van dosimeter

De positie van de dosimeter kan in of op een borstzak zijn of ter hoogte van het middel.

Meerdere dosimeters (geen extremitendosimeters)?

Twee van de vertegenwoordigers vinden dat toepassing van twee dosimeters voorstelbaar is bij A-werkers. De derde stelt dat twee dosimeters onnodig zijn, tenzij het gaat om een specifieke neutronendosimeter.

Dosimeter voor blootgestelde werknemers met persoonsdosisequivalent $\ll 1$ mSv?

Het registreren van een lage dosiswaarde wordt gezien als een nuttige actie, aangezien dat ook van waarde is. In verband met eventuele claims is in ieder geval de stralingsdosis geregistreerd.

Draagdiscipline persoonsdosimeter

De draagdiscipline van persoonsdosimeters is volgens de vertegenwoordiger van een NDO-bedrijf in orde, aangezien de draagdiscipline van het operationele personeel twee keer per jaar gecontroleerd wordt. Dit houdt verband met VCA: Veiligheid Certificaat Aannemers. Dit certificaat is vereist voor bedrijven die bij grote bedrijven als Shell en DSM hun werk verrichten. Incidenteel komt het voor dat een medewerker geen dosimeter draagt, zoals blijkt uit de interne controles.

Bij de isotopenproductie is de draagdiscipline in orde, mede door het strakker toepassen ofwel controleren van de regels.

Ruimte monitoring als alternatief voor werkers met persoonsdosisequivalent $\ll 1$ mSv

Ruimte monitoring is geen optie ter vervanging van de bepaling van het persoonsdosisequivalent. Het persoonsdosisequivalent is een directe maat.

Is het aannemelijk dat de effectieve dosis meer dan een factor twee afwijkt van gemeten $H_p(10)$?

Het is niet te verwachten dat het persoonsdosisequivalent meer dan een factor twee afwijkt van de effectieve dosis. De neutronendosis levert slechts een relatief kleine bijdrage als het gaat om jaartotalen (gamma- versus neutronendosis). Over de neutronendosis zelf is het wat moeilijker om een precieze uitspraak te doen (zie ook een artikel in NVS-Nieuws [30]).

Voor de gammastraling geldt dat die behoorlijk uniform is, waardoor de gemeten dosis geen correctie behoeft. Voor medewerkers van de NDO-bedrijven wordt dit gegarandeerd door de afstand tussen de bron en de medewerker die minimaal 15 m bedraagt. Gedeeltelijke blootstelling komt nauwelijks voor bij NDO-bedrijven.

Voor de isotopenproductie stelt één van de vertegenwoordigers dat men precies moet weten hoe de blootstellingsomstandigheden zijn eer men een correctie zou kunnen uitvoeren.

Toepassing loodschort/schildklierbescherming

Een loodschort wordt niet toegepast. De NDO-medewerker zou teveel in zijn bewegingsvrijheid worden beperkt wanneer die gebruikt zou worden. Voor de isotopenproductie geldt dat de gamma-energieën over het algemeen te hoog zijn voor toepassing van een loodschort, vandaar dat men werkt met bronafscherming.

Is NDRIS-indeling duidelijk?

De NDRIS-indeling is over het algemeen vrij duidelijk.

Toepassing correctiefactor en door welke instantie

De toepassing van een correctiefactor is volgens twee van de vertegenwoordigers niet van toepassing. De andere vertegenwoordiger claimt dat alleen een stralingsbeschermingsdienst een correctie zou mogen toepassen.

4.2.4 STRALINGSBESCHERMING

De stralingsbeschermers zijn zelf tevens onderwerp binnen dit onderzoek. Aangezien de vertegenwoordigers van de diverse categorieën over het algemeen de verantwoordelijken voor de stralingsbescherming zijn, lijkt het niet noodzakelijk hier een aparte toelichting te geven. Hun inbreng is reeds verwerkt in voorgaande paragrafen.

5 Beleidsopties voor implementatie van toepassing van correctiefactoren

In dit hoofdstuk worden vier beleidsopties voor een correctiefactor voorgesteld. Daarnaast worden voorstellen gedaan voor de eisen aan de deskundige die de correctiefactoren zou moeten toepassen en de daartoe geautoriseerde instelling. Tevens wordt het al dan niet retrospectief bepalen van de stralingsdosis behandeld. Tenslotte wordt een protocol voorgesteld voor het eventueel corrigeren van de effectieve dosis in NDRIS.

5.1 Correctiefactoren

Vanuit de literatuur en de vraaggesprekken met de deskundigen worden hier drie waarden voor een correctiefactor voorgesteld. Voor de eventuele toepassing van een correctiefactor om een betere schatting te maken van de effectieve dosis volgt allereerst een eis waaraan voldaan moet worden. Daarna volgen de voorgestelde correctiefactoren.

EIS: Ter hantering van de correctiefactoren wordt geëist dat de dosismeter te allen tijde buiten het loodschort op kraaghoogte wordt gedragen voor handelingen met röntgentoestellen en radioactieve bronnen met gamma-energieën lager dan 125 keV.

1. Nuloptie Er wordt niets gewijzigd aan het huidige systeem. De huidige praktijk wordt voortgezet inclusief de toepassing van de factor 0,2 op de buiten het loodschort gemeten dosis door Technische Universiteit Eindhoven en Vrije Universiteit Amsterdam.

Toelichting Het vasthouden aan de nuloptie zou inhouden dat men de bezwaren tegen het huidige systeem accepteert (paragraaf 1.1).

2. Factor 1 In navolging van de rest van Europa wordt voorgesteld om niet te corrigeren. Daarnaast zou in navolging van een aantal landen in Europa het aan te bevelen zijn dat, indien de maand- of vierwekelijkse dosis een afgeleide grenswaarde van een tiende van de jaarlimiet overschrijdt, een herbepaling van de effectieve dosis toe te staan door een daartoe bevoegd deskundige. Als de nieuwe waarde duidelijk afwijkt van het gemeten persoonsdosisequivalent dan mag de werkgever een verzoek indienen voor een aanpassing van de dosis in het dosisregistratiesysteem.

Toelichting In Hoofdstuk 3 zijn overzichtsartikelen [7, 8] aangehaald, waarin is aangegeven dat geen van de landen een correctie uitvoert op de gemeten dosis. Door over te gaan op correcties op de gemeten dosis zou Nederland uit de pas lopen met de rest van Europa. De tegenwoordig toegepaste correctiefactoren door de twee dosimetrische diensten moeten teruggedraaid worden.

3. Factor 0,2 Sinds respectievelijk 1993 en 2002 passen de dosimetrische diensten van Technische Universiteit Eindhoven en Vrije Universiteit Amsterdam een correctiefactor 0,2 toe op de buiten het loodschort gemeten doses [4]. Dit principe moet ook elders worden toegepast.

Toelichting Op basis van de artikelen van Huyskens en Franken [21, 22] en gesprekken met deskundigen lijkt de toepassing van een factor 0,2 op de gemeten dosis een conservatieve benadering van de effectieve dosis te zijn. Faulkner en Marshall [17] stellen overigens dat de effectieve dosis door een buiten loodschort gemeten dosis met een factor 2 tot 60 wordt overschat, afhankelijk van bestralingsgeometrie en loodschortdikte. Het bezwaar blijft dat Nederland met deze aanpak uit de pas loopt met de rest van Europa.

4. Factor 0,1 Een correctiefactor van 0,1 op de buiten het loodschort gemeten doses ter bepaling van de effectieve dosis wordt voorgesteld, zie Wambersie en Delhove [23] en Kicken [24].

Toelichting Mede op basis van de het tweede principe van de stralingsbescherming, optimalisatie, waarbij de kosten en baten van stralingsbeschermingsmaatregelen in overweging worden genomen, wordt uitgegaan van een reële schatting van de effectieve dosis, vandaar dat voor een factor 0,1 gekozen is. Het bezwaar blijft dat Nederland met deze aanpak uit de pas loopt met de rest van Europa.

5.2 Eisen aan deskundige en geautoriseerde instelling

Afhankelijk van de opties die in de vorige paragraaf zijn gegeven kunnen eisen worden gesteld aan de deskundige die de correctiefactor mag toepassen. De opties en de eisen aan de deskundige worden hier een voor een behandeld.

Nuloptie Hierbij wordt de huidige situatie gecontinueerd. Onder verantwoordelijkheid van een stralingshygiëne-deskundige niveau 2 passen de genoemde twee dosimetrische diensten de correcties 0,2 toe. Hieraan worden geen evaluaties toegevoegd, aangezien de huidige situatie wordt gecontinueerd.

Factor 1 Er wordt geen correctiefactor toegepast, tenzij de gemeten maand- of vierwekelijkse dosis een afgeleide grenswaarde van een tiende van de jaarlimiet overschrijdt.

Voor een herschatting van de effectieve dosis moet de deskundige een inschatting maken van de werkelijke blootstellingsomstandigheden van de werker. Een dergelijke inschatting is voorbehouden aan een stralingshygiënedeskundige niveau 3 werkend onder de verantwoordelijkheid van een niveau 2 deskundige. Voor deze beleidsoptie zijn twee mogelijkheden aanwezig voor de werkplek van de deskundige. Enerzijds zou de deskundige de correcties kunnen uitvoeren die op afstand is geplaatst bij een dosimetrische dienst, waardoor de onafhankelijkheid van de herschatting kan worden gegarandeerd. Anderzijds zou de lokaal stralingsdeskundige van de instelling deze herschatting kunnen uitvoeren, aangezien die de blootstellingsomstandigheden van de werker goed kent. Een mogelijk probleem doet zich hierbij voor dat de lokaal deskundige eventueel baat heeft bij het lager schatten van de effectieve dosis. Hierbij wordt voorgesteld dat de lokaal deskundige toch de herschatting uitvoert en de Arbeidsinspectie toestemming kan verlenen voor de toepassing van de voorgestelde correctie van de effectieve dosis. Op die manier is de onafhankelijkheid toch gewaarborgd. Hierbij zij volledigheidshalve opgemerkt dat de herschatting significant moet afwijken van de gemeten dosis, alvorens een verzoek tot aanpassing kan worden ingediend.

Het verdient hierbij de aanbeveling om voor te schrijven dat alle correcties slechts één keer per jaar mogen worden uitgevoerd. Een herschatting vindt plaats (voor alle perioden) wanneer in minimaal één van de meetperiodes de afgeleide grenswaarde van een tiende van de jaarlimiet van 20 mSv is overschreden.

Factor 0,1 of 0,2 Toepassing correctiefactor van 0,1, of 0,2 op de buiten het loodschort gemeten doses ter bepaling van de effectieve dosis.

Een stralingshygiënedeskundige niveau 3 van een dosimetrische dienst zou de correctiefactor (0,1 of 0,2) kunnen toepassen, wanneer het persoonsdosisequivalent buiten het loodschort is gemeten. Allereerst zou consensus moeten bestaan over de toe te passen correctiefactor. Ofwel, als een correctiefactor wordt toegepast moet die voor alle werkers, met een dosimeter buiten het loodschort, hetzelfde zijn. De correctie zou ook automatisch in NDRIS kunnen worden doorgevoerd op basis van het gemeten persoonsdosisequivalent als het loodschort gedragen is in de gemeten periode, op basis van de door de dosimetrische dienst aangeleverde gegevens.

Het verdient aanbeveling dat de toepassing van de correctiefactor wordt uitgevoerd door de dosimetrische dienst, aangezien de correctie dan plaatsvindt onder de verantwoordelijkheid van een niveau 2 deskundige. Daarmee worden mogelijke foutieve automatische correcties in NDRIS, eventueel gebaseerd op verouderde gegevens voorkomen.

5.3 Vastleggen van gegevens in NDRIS

De volgende gegevens moeten in NDRIS worden vastgelegd wat betreft de toepassing van een correctiefactor:

- persoonsgegevens/sofi-nummer
middels de persoonsgegevens/sofi-nummer zijn de dosisgegevens gekoppeld aan een uniek persoon;
- categorie werkzaamheden
de categorie werkzaamheden kan een indicatie zijn voor toepassing van een specifieke correctiefactor;
- gemeten persoonsdosisequivalent (en termijn)
de gemeten persoonsdosisequivalent is een basisgegeven in het NDRIS-systeem;
- gebruik van loodschort (waarbij een dergelijke categorie alleen opgevoerd dient te worden in de medische beroepsgroepen³)
in geval van toepassing van een (dosimeter buiten het) loodschort kan een correctiefactor (0,1 of 0,2) eventueel direct worden toegepast;
- effectieve dosis
indien er een door Arbeidsinspectie gehonoreerd verzoek is ingediend, mag de effectieve dosis, in afwijking van het persoonsdosisequivalent, worden ingevoerd in het systeem;

³ de andere beroepsgroepen maken nauwelijks gebruik van loodschorten.

- draagplaats van de dosismeter
indien de dosismeter is gedragen in afwijking van de voorgeschreven plaats,
dan moet die plaats in het NDRIS-systeem worden vastgelegd.

5.4 Retrospectief corrigeren?

Door de onzekerheden omtrent handelingen van blootgestelde werkers lijkt het niet mogelijk om de effectieve dosis retrospectief in NDRIS op te nemen, dat wil zeggen voor eerdere jaren. Daartoe zouden immers vragenlijsten moeten worden opgesteld waarin werknemers aangeven op welke afdeling men heeft gewerkt en of men een loodschort heeft gedragen. Ook als men kiest voor de benadering dat een stralingshygiëne-deskundige niveau 3 of 2 een bepaling doet bij overschrijding van een (afgeleide) dosislimiet, lijkt het retrospectief corrigeren onhaalbaar. Alhoewel het in dat geval om een beperkt aantal mensen gaat, zouden ook dan de blootstellingsomstandigheden van voorbije periodes (van meer dan een jaar geleden) moeten worden achterhaald.

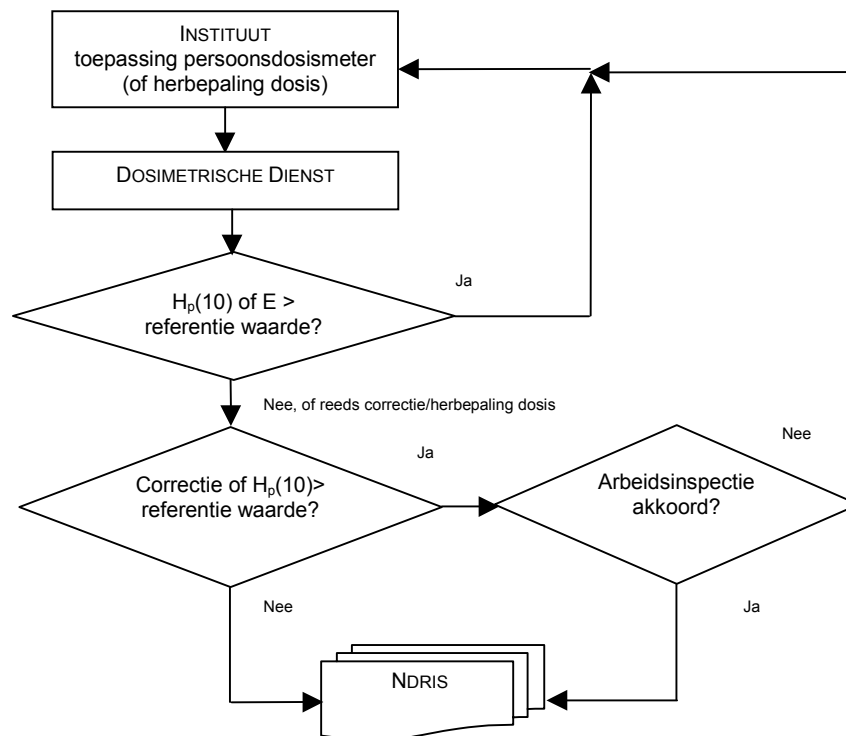
5.5 Ondergrens voor toepassing correctiefactor

Afhankelijk van de te kiezen correctiefactor kan een bijbehorende ondergrens worden toegepast. Zo is het eenvoudig middels een databank (NDRIS) een correctie uit te voeren, mits men gebruik maakt van een voor het loodschort op kraaghoogte gemeten persoonsdosisequivalent. In dit geval is het niet noodzakelijk een ondergrens te hanteren. Toepassing van een correctiefactor bij overschrijding van een (afgeleide) dosislimiet zou betekenen dat voor A-werkers (dosislimiet 20 mSv per jaar) en B-werkers (dosislimiet 6 mSv per jaar) een respectievelijke afgeleide limiet van 2 mSv en 0,6 mSv per vierwekelijkse periode wordt gebruikt.

Een eerste schatting van het aantal categorie A-werkers binnen de medische wereld dat een dergelijk limiet overschrijdt is enkele tientallen. Dit is gebaseerd op een elftal mensen dat in 2002 de jaardosislimiet van 20 mSv overschreed. Daarbij zij aangetekend dat is aangenomen dat het vermoedelijk A-werkers zijn. Het werkelijke aantal personen waarvoor de dosis gecorrigeerd moet worden zal hoger liggen doordat twee dosimetrische diensten reeds een correctiefactor hanteren. Ook zijn in het NDRIS-rapport dat als bron voor de schatting wordt gebruikt de dosiswaarden van de werkers in de cardiologische en diergeneeskundige diagnostiek reeds gecorrigeerd. Bovendien moet worden opgemerkt dat het vierwekelijkse persoonsdosisequivalent vermoedelijk vaker wordt overschreden dan de jaardosis.

5.6 Voorstel voor protocol bij toepassing correctiefactor

De eventuele toepassing van een correctiefactor op de gemeten dosis moet praktisch uitvoerbaar zijn en protocollair geregeld worden. In Figuur 3 wordt de beleids optie nader toegelicht waarbij slechts een herschatting plaatsvindt (voor alle periodes) wanneer in minimaal één van de meetperiodes de afgeleide grenswaarde van een tiende van de jaarlimiet is overschreden.



Figuur 3 Stroomschema voor protocol voor het eventueel toepassen van een correctie. Hierin is $H_p(10)$ het persoonsdosisequivalent, E de effectieve dosis en de referentiewaarde is de afgeleide dosislimiet, zie verder de begeleidende tekst.

6 Conclusies en aanbevelingen

In dit rapport is verslag van een onderzoek gedaan naar mogelijkheden ter schatting van de effectieve stralingsdosis op basis van het gemeten persoonsdosisequivalent. Zo is het belangrijk dat de wijze van bepaling van de effectieve dosis en de registratie van de dosis op een eenduidige manier plaatsvindt, zodat gepaste beleidsmaatregelen kunnen worden geïmplementeerd. Er is een overzicht gegeven van mogelijkheden om het meetresultaat van de persoonsdosismeter te vertalen naar een effectieve dosis en vast te leggen in NDRIS. Op die manier kunnen de NDRIS-gegevens beter inzicht geven in de werkelijke effectieve dosis aan ioniserende straling van blootgestelde werkers.

Om te komen tot een voorstel voor een eventuele correctiefactor is eerst het percentage en aantal blootgestelde werkers geïnventariseerd binnen de NDRIS-categorieën werknemers dat boven een bepaald dosiscriterium uitkomt. Volgens afspraak werden de beroepsgroepen onderzocht waarvan minimaal 5% van de blootgestelde werknemers binnen de beroepsgroep een dosis ontvangt hoger dan 1,0 mSv in enig jaar in de afgelopen 10 jaar. Uitgaande van dit criterium zouden in 2002 1497 personen in aanmerking komen om de dosis eventueel te corrigeren.

In twee overzichtsartikelen is weergegeven hoe de persoonsdosimetrie in Europa geregeld is. Het blijkt dat in de huidige EU en Zwitserland de gemeten dosis alleen wordt gecorrigeerd indien de maanddosis (of vierwekelijkse dosis) in de buurt komt van de afgeleide limiet van een tiende van de jaardosislimiet of die limiet overschrijdt. Dit concept wordt toegepast in 8 van de 16 landen als het gaat om dosimetrie van fotonen. Voor neutronendosimetrie bestaan er wel correctiefactoren, maar die hebben meer te maken met bepaling van het persoonsdosisequivalent ($H_p(10)$) in plaats van de effectieve dosis (E). Ofwel, het gaat dan juist om de interpretatie van de gemeten neutronendosis op basis van kennis van de blootstellingsomstandigheden (het neutronenspectrum en richting van het veld).

Op basis van literatuur en de visie van experts van de geselecteerde beroepsgroepen zijn vier opties voor een correctiefactor aangedragen. Deze opties betreffen, bij de eis dat ter hantering van de correctiefactoren de dosimeter te allen tijde buiten het loodschort op kraaghoogte wordt gedragen voor handelingen met röntgentoestellen en radioactieve bronnen met gamma-energieën lager dan 125 keV:

- De huidige praktijk wordt voortgezet inclusief de toepassing van de factor 0,2 op de buiten het loodschort gemeten dosis door Technische Universiteit Eindhoven en Vrije Universiteit Amsterdam.

- Een correctiefactor 1: in navolging van de rest van Europa wordt voorgesteld om niet te corrigeren. Het is aan te bevelen om een herschatting van de dosis toe te staan, indien de maand- of vierwekelijkse dosis een afgeleide grenswaarde van een tiende van de jaarsosislimiet overschrijdt.
- Een correctiefactor 0,2: sinds respectievelijk 1993 en 2002 passen Technische Universiteit Eindhoven en Vrije Universiteit Amsterdam een correctiefactor 0,2 [4] toe. Toepassing van deze correctiefactor op het persoonsdosisequivalent levert een conservatieve schatting van de effectieve dosis.
- Een correctiefactor 0,1: deze wordt voorgesteld op voorspraak van Wambersie en Delhove [23] en Kicken [24], mede op basis van de het tweede principe van de stralingsbescherming: optimalisatie.

Een bepaling van de effectieve dosis op basis van meerdere dosimeters (bijvoorbeeld onder en boven het loodschort) wordt niet aanbevolen, omdat het a) een schijnbare nauwkeurige schatting oplevert van de effectieve dosis (bedenk daarbij dat het gemeten persoonsdosisequivalent zich binnen een bandbreedte van een factor twee verhoudt tot de werkelijke persoonsdosis, zie Figuur 1), b) in de praktijk kan leiden tot verwisseling van de dosimeters en c) het voor werknemers een mogelijke belemmering is in het functioneren, wanneer men twee dosimeters moet gebruiken.

Bij het toepassen van een correctiefactor loopt Nederland uit de pas met de rest van de EU. Vandaar dat het aan te bevelen is om alleen bij overschrijding van een afgeleide grenswaarde van een tiende van de jaardosislimiet een herschatting van de effectieve dosis toe te staan door een daartoe bevoegd lokaal deskundige met een stralingshygiëne-diploma niveau 3 (werkend voor een verantwoordelijk niveau 2 stralingsdeskundige). Als de gecorrigeerde waarde duidelijk afwijkt van het gemeten persoonsdosisequivalent dan mag de werkgever een verzoek indienen voor een aanpassing van de dosis in het dosisregistratiesysteem bij de Arbeidsinspectie. Als deze het verzoek honoreert dan dient de gecorrigeerde dosis te worden ingevoerd in NDRIS.

Referenties

- 1 Richtlijn 96/29/Euratom van de Raad van 13 mei 1996 tot vaststelling van de basisnormen voor de bescherming van de gezondheid der bevolking en der werkers tegen de aan ioniserende straling verbonden gevaren. Publicatieblad van de Europese Gemeenschappen L-159, 29 juni 1996.
- 2 Bs. Besluit van 16 juli 2001, houdende vaststelling van het Besluit stralingsbescherming. Staatscourant 2002, 49.
- 3 Van Dijk JWE, Tien jaar Nationaal Dosisregistratie- en Informatiesysteem NDRIS, Nederlandse Vereniging voor Stralingshygiëne, NVS publicatie nr. 30, 2000.
- 4 Van Dijk JWE, “Statistische Analyse van de Dosis als gevolg van Beroepsmatige Blootstelling aan Ioniserende Straling 1993-2002”. NRG-rapport K5098/03.IM333. Arnhem. 2004.
- 5 International Commission on Radiological Protection. 1990 recommendations of the International Commission on Radiological Protection, Oxford, ICRP publication 60, Oxford, Pergamon Press, 1991.
- 6 International Commission on Radiation Units and Measurements, Quantities and Units in Radiation Protection Dosimetry, ICRU Report 51, Bethesda, 1993.
- 7 Ambrosi P, E Fantuzzi, AF de Carvalho, A Delgado, L Lindborg and DT Bartlett, Procedures for routine individual dose assessment of external radiation within EU countries and Switzerland—Status of Harmonisation on 1 April 1999, Radiation Protection Dosimetry 89(1-2): 7-51, 2000.
- 8 Bartlett DT, P Ambrosi, C Back, JM Bordy, P Christensen, PA Colgan, AF de Carvalho, A Delgado, JW van Dijk, E Fantuzzi, H Hyvonen, L Lindborg, H Stadtmann, F Vanhavere, C Wernli M Zamani Valasiadou, Harmonisation and dosimetric quality assurance in individual monitoring for external radiation, Radiation Protection Dosimetry 96(1-3):27-33, 2001
- 9 International Commission on Radiological Protection. General principles for the radiation protection of workers, ICRP Publication 75, Pergamon, Oxford, UK, 1997.
- 10 Böhm J, Some remarks on accuracy and precision in individual monitoring, IAEA intercomparison for individual monitoring, Wenen, 1989, PTB Bericht: PTB Dosimetry 20, 1991.
- 11 European Commission, Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation, Radiation Protection 73, EUR 14852 EN, 1994.

- 12 Marshall TO, C Wernli, RJ Tanner. Performance requirements of personal dosimeters: can these be met by present and future designs? *Radiation Protection Dosimetry* 54(3/4): 287-294, 1994.
- 13 E-mail contact tussen prof. L Lindborg (SSI, Stockholm, Zweden) en dr C Tanzi d.d 22-12-2003.
- 14 International Commission on Radiological Protection. Conversion Coefficients for use in Radiological Protection against External Radiation. ICRP Publication 74, Pergamon, Oxford, UK, 1996.
- 15 Clark MJ, J-L Chartier, BRL Siebert, M Zankl, Comparison of personal dose equivalent and effective dose, *Radiation Protection Dosimetry* 78(2): 91-99, 1998.
- 16 Chumak VV and EV Bakhanova, Relationship between protection and operational quantities in dosimetry of photon external exposure – Deficiencies of $H_p(10)$, *Radiation Protection Dosimetry* 104(2): 103-111, 2003.
- 17 Faulkner K and NW Marshall, The Relationship of Effective Dose to Personnel and Monitor Reading for Simulated Fluoroscopic Irradiation Conditions. *Health Physics* 64(5):502-508, 1993.
- 18 National Council on Radiation Protection and Measurements, Use of Personal Monitors to Estimate Effective Dose Equivalent and Effective Dose to Workers for External Exposure to Low-Let Radiation, Report No. 122 Bethesda, US, 1995.
- 19 Mol H, I de Luyck, S Vandenbranden, G Eggermont, R van Loon, Dosimetrie bij het gebruik van een loodschort. *Annalen Van De Belgische Vereniging Voor Stralingbescherming* 23(1): 85-100, 1998
- 20 McKetty MH. Study of Radiation Doses to Personnel in a Cardiac Catheterization Laboratory. *Health Physics* 70(4): 563-567, 1996.
- 21 Franken Y and CJ Huyskens, Guidance on the use of protective lead aprons in medical radiology. Protection efficiency and correction factors for personal dosimetry, 6th EAN ALARA Workshop, 2002.
- 22 Huyskens CJ, Y Franken, WA Hummel, Proceedings IPRA regional Congress on Radiological Protection. Portsmouth, UK, 1994.
- 23 Wambersie A and J Delhove, Radioprotection in radiology, a controversial practice: how to wear the individual dosimeters? *J. Bel. Rad./ Bel. Tijd. Rad.* 76: 382-385, 1993.
- 24 Kicken PJH, Radiation dosimetry in vascular radiology: organ and effective dose to patients and staff. Proefschrift, Rijksuniversiteit Limburg, Maastricht, 1996.

- 25 Niklason LT, VM Marx, HP Chan, The Estimation of Effective Dose in Diagnostic Radiology with Two Dosimeters. *Health Physics* 67(6):611-615, 1994.
- 26 Rosenstein M and EW Webster, Effective Dose to Personnel Wearing Protective Aprons During Fluoroscopy and Interventional Radiology. *Health Physics* 67: 88-89, 1994.
- 27 McEwan AC, Assessment of occupational exposure in New Zealand from Personal Monitoring Records. *Radiation Protection in Australasia* 17:60-66, 2000.
- 28 Kicken PJH, GJ Kemerink, FW Schultz, J Zoetelief, JJ Broerse, JMA van Engelshoven, Dosimetry of Occupationally Exposed Persons in Diagnostic and Interventional Arteriography, PART II: Assessment of Effective Dose. *Radiation Protection Dosimetry* 82(2): 105-114, 1999.
- 29 Van Dijk JWE, Onderzoek naar doses bij interventieradiologie, 1996-2001. NRG-rapport K5098/03.IM039/RE/JvD/VL, Arnhem, 2003.
- 30 Draaisma FS, Twaalf jaar persoonsdosimetrie voor neutronen met Albedodosimeters, *NVS-Nieuws*, September 2001, 18-21.